Г. Н. Ополева

# СХЕМЫ И ПОДСТАНЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

## СПРАВОЧНИК

*Рекомендовано Сибирским региональным отделением учебно-методического объединения по образованию в области энергетики и электротехники для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки 650900 (140200) «Электроэнергетика» и специальностям 100100 (140204) «Электрические станции», 100200 (140205) «Электроэнергетические системы и сети» и 100400 (140211) «Электроснабжение»*

Москва
ФОРУМ — ИНФРА-М
2006

УДК 621.311
ББК 31.277
О60

*Рецензенты:*
кафедра электроснабжения и электротехники Иркутского государственного технического университета. Зав. кафедрой д. т. н., проф., чл.-корр. РАН *Н. И. Воропай*;
кафедра электроснабжения с. х. Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. Зав. кафедрой д. т. н., проф. *И. В. Наумов*;
к. т. н., доцент Московского энергетического института (Технический университет) *А. А. Гремяков*;
исполнительный директор ОАО «Востоксибсельэнергопроект» *Б. И. Римлянд*;
начальник технического отдела ОАО «Востоксибсельэнергопроект» *Д. Я. Яценко*

Составители: Кротов С. К.,
Коваленко П. М.,
Ловцов С. В.

**Ополева Г. Н.**
О60 Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособие. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. — 480 с. — (Высшее образование).

ISBN 5-8199-0254-8 (ФОРУМ)
ISBN 5-16-002581-2 (ИНФРА-М)

Рассматриваются вопросы построения схем электроснабжения, проектирования распределительных и трансформаторных подстанций, передачи электрической энергии. Справочник содержит нормативно-технические материалы, необходимые для проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий и городов. Приведены описания и технические данные комплектных трансформаторных подстанций напряжением 10(6)—220 кВ, комплектных распределительных устройств напряжением 10(6)—220 кВ, низковольтных комплектных устройств распределения, самонесущих изолированных проводов, кабелей с СПЭ-изоляцией.

Для студентов электроэнергетических специальностей высших учебных заведений. Может быть полезна инженерно-техническим работникам, занимающимся проектированием и эксплуатацией систем электроснабжения.

УДК 621.311
ББК 31.277

ISBN 5-8199-0254-8 (ФОРУМ)
ISBN 5-16-002581-2 (ИНФРА-М)

© Г. Н. Ополева, 2006
© ИД «ФОРУМ», 2006

# Предисловие

В справочнике рассматриваются вопросы проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий и городов, трансформаторных подстанций и распределительных устройств различных напряжений, низковольтных устройств распределения электроэнергии, проблемы канализации электрической энергии, даны рекомендации по выбору схем электроснабжения. Кроме того, приведены технические данные комплектных трансформаторных подстанций, комплектных распределительных устройств, в том числе с элегазовой изоляцией, низковольтных устройств распределения электроэнергии, проводов с самонесущими изолированными проводами, кабелей с СПЭ-изоляцией и другая техническая информация, необходимая при проектировании системы электроснабжения.

Разработанные новые материалы и технологии производства позволили создать более совершенные электротехнические устройства, которые по своим характеристикам значительно превосходят ранее созданные, значительно повышают надежность и качество электроустановок, позволяют совершенствовать компоновки распределительных устройств и подстанций, сокращать занимаемую ими площадь, обеспечивают удобство эксплуатации, увеличивают продолжительность межремонтного периода.

За последние годы были освоены и внедрены в производство:

- комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией напряжением 110 кВ и выше;
- комплектные распределительные устройства выкатного исполнения напряжением 35 кВ;
- комплектные распределительные устройства напряжением 6—20 кВ принципиально новых модульных конструкций (КРУ/TEL, КСО «Аврора» и др.);
- моноблоки с элегазовой изоляцией напряжением 6—20 кВ;
- «реклоузеры» напряжением 6—10 кВ;
- комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением до 35 кВ включительно;
- комплектные трансформаторные подстанции в бетонной оболочке напряжением 10(6) кВ;
- кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением до 500 кВ;

- воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами;
- линии с изолированными проводами напряжением 6—10 кВ

Сегодня в распределительных устройствах всех напряжений применяются более совершенные вакуумные и элегазовые выключатели, измерительные трансформаторы тока и напряжения новых конструкций на основе литой, полимерной и элегазовой изоляции, современные антиферрорезонансные трансформаторы напряжения, ограничители перенапряжений в фарфоровых и полимерных покрышках. Все это отражено в данном справочнике.

# 1. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

## 1.1. Основные термины и определения

Термины и определения в основном даны в соответствии с Правилами устройства электроустановок [1, 2, 3] в табл. 1.1.1.

*Таблица 1.1.1.* **Термины и определения**

| Термин | Определение |
|---|---|
| 1. Электроустановка | Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии |
| 2. Открытая или наружная электроустановка | Электроустановка, не защищенная зданием от атмосферных воздействий |
| 3. Закрытая или внутренняя электроустановка | Электроустановка, размещенная внутри здания, защищающего от атмосферных воздействий |
| 4. Электроснабжение | Обеспечение потребителей электрической энергией |
| 5. Система электроснабжения | Совокупность электроустановок, предназначенная для обеспечения потребителей электрической энергией |
| 6. Централизованное электроснабжение | Электроснабжение потребителей от энергосистемы |
| 7. Электрическая сеть | Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории |
| 8. Приемник электрической энергии (электроприемник) | Аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии |
| 9. Потребитель электрической энергии | Электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещенных на определенной территории |

*Продолжение табл. 1.1.1*

| Термин | Определение |
|---|---|
| 10. Независимый источник питания электроприемника или группы электроприемников | Источник питания, на котором сохраняется напряжение в послеаварийном режиме в регламентированных пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.<br>К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:<br>• каждая из секций или систем шин, в свою очередь, имеет питание от независимого источника питания;<br>• секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секции (систем) шин |
| 11. Подстанция | Электроустройство, служащее для распределения и преобразования электрической энергии, состоящее из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений. Подстанции называются трансформаторными, преобразовательными, распределительными в зависимости от преобладания той или иной функции |
| 12. Распределительное устройство (РУ) | Устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии и содержащее коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы, входящие в состав трансформаторной или преобразовательной подстанции |
| 13. Открытое распределительное устройство (ОРУ) | РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе |
| 14. Закрытое распределительное устройство (ЗРУ) | РУ, оборудование которого расположено в здании |
| 15. Комплектное распределительное устройство (КРУ) | РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде |
| 16. Распределительный пункт (РП) | РУ, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции |
| 17. Комплектная трансформаторная подстанция (КТП) | Подстанция, состоящая из трансформаторов и блоков (КРУ и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные подстанции или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам. КТП, устанавливаемые на открытом воздухе, относятся к наружным установкам |
| 18. Узловая распределительная подстанция (УРП) | Центральная подстанция предприятия напряжением 110—220 кВ, получающая электроэнергию от энергосистемы и распределяющая ее на том же напряжении по главным понизительным подстанциям (ГПП) или подстанциям глубокого ввода (ПГВ) по территории предприятия |
| 19. Главная понизительная подстанция (ГПП) | Трансформаторная подстанция, получающая электроэнергию от энергосистемы на напряжениях 35 кВ и выше и распределяющая ее по территории предприятия |

*Продолжение табл. 1.1.1*

| Термин | Определение |
|---|---|
| 20. Подстанция глубокого ввода (ПГВ) | Подстанция с первичным напряжением 35 кВ и выше, выполняемая по упрощенным схемам первичной коммутации, получающая питание от энергосистемы или узловой распределительной подстанции данного предприятия и предназначенная для питания отдельного цеха, корпуса, группы цехов предприятия |
| 21. Центральная распределительная подстанция (ЦРП) | Подстанция предприятия, получающая электроэнергию от энергосистемы на напряжении 10(6) кВ и распределяющая ее на том же напряжении по территории предприятия |
| 22. Пристроенная подстанция (пристроенное РУ) | Подстанция (РУ), непосредственно примыкающая (примыкающее) к основному зданию |
| 23. Встроенная подстанция (встроенное РУ) | Закрытая подстанция (закрытое РУ), вписанная (вписанное) в контур основного здания |
| 24. Внутрицеховая подстанция | Подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном закрытом помещении) |
| 25. Столбовая (мачтовая) трансформаторная подстанция | Открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой установлено на конструкциях или опорах воздушных линий на высоте, не требующей ограждения подстанции |
| 26. Токопровод | Устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных и изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций |
| 27. Шинопровод | Жесткий токопровод до 1 кВ, поставляемый комплектными секциями |
| 28. Кабельная линия | Линия для передачи электроэнергии или отдельных ее импульсов, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслонаполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла |
| 29. Кабельная маслонаполненная линия низкого или высокого давления | Линия, в которой длительно допустимое избыточное давление составляет:<br>• 0,0245—0,294 МПа — для кабелей низкого давления в свинцовой оболочке;<br>• 0,0245—0,49 МПа — для кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке;<br>• 1,08—1,57 МПа — для кабелей высокого давления |
| 30 Кабельное сооружение | Сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей, кабельных муфт, а также маслоподпитывающих аппаратов и другого оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы маслонаполненных кабельных линий. К кабельным сооружениям относятся: кабельные тоннели, каналы, короба, блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты и т. д. |
| 31. Воздушная линия | Устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.) |

*Окончание табл 1.1*

| Термин | Определение |
|---|---|
| 32. Электропроводка | Совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями |
| 33. Низковольтное комплектное устройство (НКУ) | Совокупность конструкций, аппаратов и приборов, предназначенных для приема, распределения электрической энергии (НКУ распределения электроэнергии). Может осуществлять функцию управления электроприемниками (НКУ распределения и управления, НКУ управления) |
| 34. Вводное устройство (ВУ) | Совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или его обособленную часть. Вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий, называется вводно-распределительным (ВРУ) |
| 35. Главный распределительный щит (ГРЩ) | Распределительный щит, через который снабжается электроэнергией все здание или его обособленная часть. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низкого напряжения подстанции |
| 36. Распределительный шкаф (пункт) | Устройство напряжением до 1 кВ, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, групповых щитков) |
| 37. Групповой щиток | Устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только коммутационные аппараты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников |

## 1.2. Общие требования к системам электроснабжения

Системы электроснабжения промышленных предприятий должны обеспечивать следующее:

- экономичность,
- надежность электроснабжения;
- безопасность и удобство эксплуатации;
- качество электрической энергии;
- гибкость системы (возможность дальнейшего развития),
- максимальное приближение источников питания к электроустановкам потребителей.

Выбор системы электроснабжения промышленного предприятия должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

При создании системы электроснабжения необходимо учитывать категорию приемников электроэнергии. При определении категории следует руководствоваться требованиями ПУЭ [3]. При этом надо избегать необоснованного отнесения электроприемников к более высокой

категории. Электроприемники и отделения цехов разной категории рассматриваются как объекты с разными условиями резервирования.

Надежность электроснабжения потребителя обеспечивается требуемой степенью резервирования. Электроприемники первой и второй категорий должны иметь резервные источники питания. Резервирование необходимо для продолжения работы основного производства в послеаварийном режиме. Питание электроприемников третьей категории не требует резервирования.

В соответствии с ПУЭ для электроприемников первой категории должны предусматриваться два независимых взаимно резервируемых источника питания

В ряде электроприемников первой категории необходимо выявлять наиболее ответственные (особая группа приемников). Для них предусматривается третий независимый источник питания. В качестве третьего источника питания для особой группы и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы собственные электростанции или электростанции энергосистемы (в частности, шины генераторного напряжения), агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п. Назначение третьего независимого источника питания — обеспечение безаварийного останова производства. Завышение мощности третьего источника в целях использования его для продолжения работы производства при отключении двух основных независимых источников питания может быть допущено только при выполнении в проекте технико-экономического обоснования.

Схема электроснабжения электроприемников особой группы первой категории должна обеспечивать:

- постоянную готовность третьего независимого источника к включению и автоматическое его включение при исчезновении напряжения на обоих основных источниках питания;
- перевод независимого источника питания в режим горячего резерва при выходе из строя одного из двух основных источников питания (в обоснованных случаях может быть допущено ручное включение третьего независимого источника питания).

Электроприемники второй категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервируемых источников питания. Ко второй категории следует относить только такое технологическое оборудование, без которого невозможно продолжение работы основного производства на время послеаварийного режима

Для правильного решения вопросов надежности необходимо различать аварийный и послеаварийный режимы работы. Систему электроснабжения следует строить таким образом, чтобы она в послеаварийном режиме обеспечивала функционирование основных производств предприятия после необходимых переключений. Мощности независимых источников питания в послеаварийном режиме определяются по

степени резервирования системы. При этом используются все дополнительные источники и возможности резервирования.

Схема электроснабжения должна обеспечивать необходимое качество электрической энергии в соответствии с ГОСТ 13109—97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». На промышленных предприятиях могут быть установлены электроприемники с резкопеременными графиками нагрузок (приводы прокатных станов, дуговые электрические печи), однофазные электроприемники (электротермические и сварочные установки, освещение), электроприемники, нарушающие синусоидальность токов и напряжений (преобразователи всех типов, дуговые электрические печи и т. п.). Это приводит к возникновению колебаний напряжения, к нарушению симметрии токов и напряжений, к появлению высших гармонических составляющих токов и напряжений. Снижение качества электрической энергии приводит к дополнительным потерям энергии, уменьшает пропускную способность электрических сетей, приводит к сокращению срока службы электрооборудования, электрических машин, конденсаторных установок и т. д.

Качество электрической энергии может быть достигнуто:

- применением повышенных напряжений в питающих и распределительных сетях и приближением источников питания к электроприемникам (для электроприемников с резкопеременной нагрузкой);
- уменьшением реактивного сопротивления элементов схемы от источников питания до электроприемников с резкопеременной нагрузкой;
- включением на параллельную работу вторичных обмоток трансформаторов, питающих резкопеременную нагрузку;
- применением глубоких вводов напряжением 35 кВ и выше для питания крупных дуговых электропечей, главных электроприводов прокатных станов, преобразовательных установок большой мощности и т. д или питания таких электроприемников от отдельных линий непосредственно от энергосистемы, ГПП или ПГВ;
- применением симметрирующих устройств, фильтров высших гармоник, быстродействующих синхронных компенсаторов для выравнивания графиков электрических нагрузок и осуществлением других мероприятий, уменьшающих вредное воздействие электроприемников на системы электроснабжения.

Трансформаторные и распределительные подстанции следует максимально приближать к электроустановкам потребителей электроэнергии, сокращая число ступеней трансформации путем внедрения глубоких вводов, повышенных напряжений питающих и распределительных сетей, дальнейшего развития принципа разукрупнения подстанций, внедрения магистральных токопроводов.

## 1.3. Источники питания и пункты приема электрической энергии

Основными источниками питания большинства предприятий являются электростанции (в том числе шины генераторного напряжения), собственные ТЭЦ и районные подстанции энергосистем. Выбор независимых источников питания осуществляет энергоснабжающая организация, которая в технических условиях на присоединение указывает их характеристики.

С начала 90-х годов в энергосистемах наметилась тенденция питания потребителей с шин районных подстанций на напряжениях 110—220 кВ. Это диктуется стремлением гальванически развязать сети генераторов и потребителей для исключения влияния различного рода повреждений в сети потребителя на работу генераторов. На многих строящихся электростанциях вообще не предусматриваются распределительные устройства 6, 10 и 35 кВ, предназначенные для потребителей электроэнергии, вся мощность передается на напряжениях 110 и 220 кВ к ближайшим районным подстанциям. Строительство собственных ТЭЦ на предприятиях также считается невыгодным. Такие решения экономически оправданы для энергокомпаний, но могут существенно снизить надежность электроснабжения потребителей [4].

В соответствии с нормативными требованиями, определенными в ПУЭ [3], питание потребителей первой категории допускается производить от двух секций или систем шин одной районной подстанции. В настоящее время это широко используется при проектировании многих промышленных предприятий, но является недостаточно надежным. Разработчику проекта электроснабжения следует обратить особое внимание на следующие факторы, определяющие бесперебойность питания электроприемников при аварийном отключении одного из независимых источников питания [5]:

- установившееся значение напряжения на оставшемся источнике питания в послеаварийном режиме должно быть не менее 0,9 номинального напряжения;
- при аварийном отключении одного из источников питания и действии релейной защиты и автоматики на оставшемся источнике питания может иметь место кратковременное снижение напряжения. Если значение провала напряжения и его продолжительность таковы, что вызывают отключение электроприемников на оставшемся источнике питания, то эти источники питания не могут считаться независимыми. Значение оставшегося напряжения на резервирующем источнике питания должно быть не менее 0,7 номинального напряжения.

Для повышения надежности электроснабжения предприятий с потребителями первой категории большой мощности необходимо предусматривать два территориально независимых источника питания.

Число независимых источников питания, обеспечивающих электроснабжение предприятия с электроприемниками первой и второй категорий, может быть больше двух (при обосновании), например, при протяженных линиях электропередачи, прокладываемых в неблагоприятных условиях, при недостаточной надежности одного из независимых источников питания и т. д.

Сооружение собственных электростанций (ТЭЦ, ТЭС) целесообразно при следующих обстоятельствах:

- при значительной потребности предприятия в паре и горячей воде;
- при наличии на предприятии отходного топлива (газа и т. п.) и возможности его использования для электростанции;
- при значительной удаленности или недостаточной мощности энергосистемы;
- при наличии особых групп электроприемников с повышенными требованиями к бесперебойности питания, когда собственный источник питания необходим для резервирования электроснабжения.

Мощность собственного источника питания зависит от его назначения и может колебаться в очень широких пределах. Размещение собственной электростанции определяется общей схемой электроснабжения и теплоснабжения предприятия. Неудачное ее расположение может привести к удлинению и удорожанию электрических и тепловых сетей.

Электростанция, используемая в качестве собственного источника питания, должна быть электрически связана с ближайшими электрическими сетями энергосистемы Связь может осуществляться либо непосредственно на генераторном напряжении, либо на повышенном напряжении через трансформаторы связи.

От источника питания электроэнергия поступает на **пункт приема электроэнергии** — электроустановку, служащую для приема электроэнергии от источника питания и распределяющую (или преобразующую и распределяющую) ее между отдельными цехами и потребителями электроэнергии. Число пунктов приема и их вид зависят от мощности предприятия, территориального расположения нагрузок, требований надежности электроснабжения, очередности строительства предприятия и других факторов.

На промышленных предприятиях пунктами приема электроэнергии могут быть:

- узловые распределительные подстанции напряжением 110 кВ и выше, предназначенные для распределения электроэнергии на крупных предприятиях между подстанциями глубокого ввода;
- главные понизительные подстанции напряжением 35 кВ и выше (одна или несколько);
- подстанции глубокого ввода 35 кВ и выше в случаях, когда их питание осуществляется от подстанций энергосистемы;
- центральные распределительные подстанции или распределительные подстанции при одинаковом напряжении питающей и распределительной сетей предприятия;

- трансформаторные подстанции (ТП) напряжением 6—20 кВ на предприятиях с небольшой электрической нагрузкой.

Условно все предприятия в зависимости от суммарной установленной мощности электроприемников можно разделить на три группы [6]:

- крупные — установленная мощность более 75 МВт;
- средние — установленная мощность от 5 до 75 МВт;
- малые — установленная мощность до 5 МВт.

Для крупных энергоемких предприятий с электрической нагрузкой порядка 100—150 МВт и выше в качестве пунктов приема электроэнергии могут быть использованы узловые распределительные подстанции напряжением 110—500 кВ. Целесообразность сооружения УРП рассматривается совместно с энергоснабжающей организацией в случаях, когда на проектируемом предприятии намечается сооружение нескольких ГПП или ПГВ. При этом учитывается возможность питания от узловых распределительных подстанций других промышленных предприятий и прочих объектов, размещаемых в данном районе. В большинстве случаев узловые распределительные подстанции напряжением 220—500 кВ совмещаются с трансформаторными подстанциями 220—500/110—220 кВ. УРП осуществляют прием и распределение электроэнергии на напряжениях 220—500 кВ, а трансформаторная подстанция — частичную трансформацию электроэнергии и распределение ее по промышленному предприятию и другим потребителям напряжением 110—220 кВ.

При напряжении питающей сети энергосистемы 110 или 220 кВ и целесообразности сооружения узловых распределительных подстанций для питания нескольких ГПП или ПГВ, функции УРП — прием и распределение электроэнергии на напряжении 110—220 кВ без ее трансформации.

Узловые распределительные подстанции чаще всего находятся в ведении энергоснабжающей организации, поэтому они размещаются, как правило, вне площадки промышленного предприятия, но в непосредственной близости от него. В тех случаях, когда узловые распределительные подстанции предназначаются для питания нескольких подстанций глубокого ввода одного предприятия, может быть рассмотрена возможность размещения узловых распределительных подстанций на территории предприятия. В этом случае эксплуатация должна осуществляться персоналом промышленного предприятия.

Для предприятий с электрической нагрузкой, составляющей десятки мегаватт, пунктами приема электроэнергии могут быть главные понизительные подстанции, подстанции глубокого ввода, распределительные подстанции 10(6) кВ.

Число пунктов приема электроэнергии на промышленном предприятии определяется рядом факторов. Системы электроснабжения с одним приемным пунктом следует применять, как правило, при отсутст-

вии специальных требований к надежности питания и при компактном расположении нагрузок.

Системы электроснабжения с двумя пунктами приема следует применять:

- при повышенных требованиях к надежности питания электроприемников первой категории;
- при наличии на объекте двух или более относительно мощных и обособленных групп потребителей;
- при поэтапном развитии предприятия в тех случаях, когда для питания нагрузок второй очереди целесообразно сооружение отдельного приемного пункта электроэнергии;
- при экономической целесообразности.

Системы электроснабжения с тремя и более приемными пунктами требуют технико-экономического обоснования.

## 1.4. Основные сведения о схемах электроснабжения

Схемы электроснабжения промышленных предприятий должны разрабатываться с учетом следующих основных принципов [5]:

- источники питания должны быть максимально приближены к потребителям электрической энергии;
- число ступеней трансформации и распределения электрической энергии на каждом напряжении должно быть по возможности минимальным;
- схемы электроснабжения и электрических соединений подстанций должны обеспечивать необходимые надежность электроснабжения и уровень резервирования;
- распределение электроэнергии рекомендуется осуществлять по магистральным схемам питания. Радиальные схемы могут применяться при соответствующем обосновании;
- схемы электроснабжения должны быть выполнены по блочному принципу с учетом технологической схемы предприятия. Питание электроприемников параллельных технологических линий следует осуществлять от разных секций шин подстанций, взаимосвязанные технологические агрегаты должны питаться от одной секции шин;
- все элементы электрической сети должны находиться под нагрузкой. Резервирование предусматривается в самой схеме электроснабжения путем перераспределения отключенных нагрузок между оставшимися в работе элементами схемы. При этом используется перегрузочная способность электрооборудования и, в отдельных случаях, отключение неответственных потребителей. Наличие резервных неработающих элементов сети должно быть обосновано;

- следует применять раздельную работу элементов системы электроснабжения: линий, секций шин, токопроводов, трансформаторов. В некоторых случаях, по согласованию с энергоснабжающей организацией, может быть допущена параллельная работа, например, при питании ударных резкопеременных нагрузок, если автоматическое включение резервного питания не обеспечивает необходимое быстродействие восстановления питания с точки зрения самопуска электродвигателей.

В схемах электроснабжения промышленных предприятий следует выделять схемы **внешнего** и **внутреннего электроснабжения**. К схемам внешнего электроснабжения относят электрические сети, связывающие источники питания предприятия с пунктами приема электроэнергии. К схемам внутреннего электроснабжения относят электрические сети от пунктов приема электроэнергии до электроприемников высокого и низкого напряжения.

Схемы электроснабжения промышленных предприятий, как правило, выполняются разомкнутыми и строятся по ступенчатому принципу. Число ступеней распределения электроэнергии на предприятии определяется мощностью и расположением электрических нагрузок на территории предприятия. Обычно применяется не более двух ступеней распределения электроэнергии на одном напряжении. При большем числе ступеней распределения ухудшаются технико-экономические показатели системы электроснабжения и усложняются условия эксплуатации. Распределение электроэнергии выполняется по радиальным, магистральным или смешанным схемам.

**Радиальная схема** — схема, в которой линия электропередачи соединяет подстанцию верхнего уровня с подстанцией нижнего уровня (или устройством распределения электроэнергии, приемником электроэнергии) без промежуточных отборов мощности (рис. 1.4.1, *а*). Радиальные схемы просты, надежны, в большинстве случаев позволяют использовать упрощенные схемы первичной коммутации подстанции нижнего уровня. Аварийное отключение радиальной линии не отражается на потребителях электроэнергии, подключенных к другим линиям. К недостаткам радиальных схем можно отнести более высокую стоимость по сравнению с магистральными схемами, больший расход коммутационной аппаратуры и цветных металлов.

Радиальные схемы следует применять:

- при сосредоточенных нагрузках;
- для питания мощных электроприемников с нелинейными, резко переменными, ударными нагрузками, отрицательно влияющими на качество электрической энергии;
- при повышенных требованиях к надежности электроснабжения.

При **магистральной** схеме от подстанции верхнего уровня питаются по одной линии электропередачи (магистрали) несколько подстанций нижнего уровня (или устройств распределения электроэнергии). Пре-

имуществами магистральных схем являются лучшая загрузка магистральных линий по току, меньшее число коммутационной аппаратуры, уменьшение расхода цветных металлов и затрат на выполнение электрической схемы. К недостаткам можно отнести усложнение схем первичной коммутации подстанций нижнего уровня, более сложные схемы релейной защиты, низкую надежность электроснабжения.

Магистральные схемы распределения электроэнергии следует применять при распределенных нагрузках и при таком взаимном расположении подстанций (ПГВ, РП, ТП) на территории проектируемого объекта, когда магистрали могут быть проложены без значительных обратных направлений.

Магистральные схемы можно разделить (рис. 1.4.1, *б—ж*):

- на одиночные магистрали с односторонним питанием;
- на одиночные магистрали с двухсторонним питанием;
- на двойные магистрали с односторонним питанием;
- на двойные магистрали с двухсторонним питанием;
- на кольцевые.

Выбор схемы зависит от территориального размещения нагрузок, их значения, необходимой степени надежности электроснабжения и других особенностей проектируемого предприятия.

Схему электроснабжения промышленного предприятия проще всего представить в виде **структурной схемы электроснабжения**, на которой прямоугольниками показаны источники питания, подстанции и другие устройства распределения электрической энергии с электрическими связями между ними

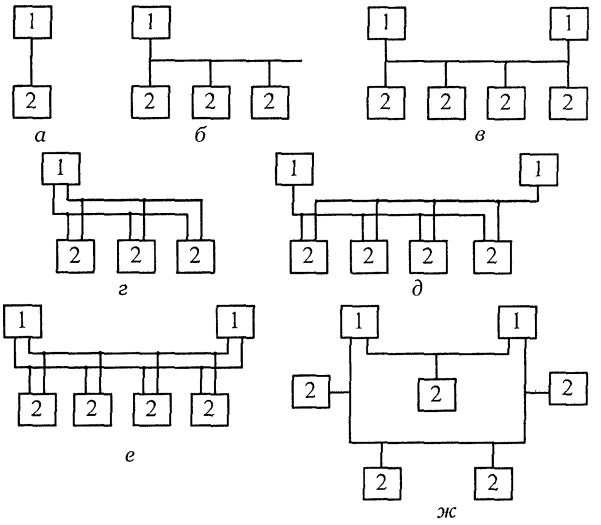



**Рис. 1.4.1.** Схемы распределения электрической энергии: *1* — подстанция верхнего уровня; *2* — подстанция нижнего уровня; *а* — радиальная; *б* — одиночная магистраль с односторонним питанием; *в* — одиночная магистраль с двухсторонним питанием; *г* — двойная магистраль с односторонним питанием; *д*, *е* — двойные магистрали с двухсторонним питанием; *ж* — кольцевая

На рис. 1.4.2 представлена структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия, получающего электрическую энергию от двух источников питания (ИП1, ИП2) по линиям напряжением 110 кВ и выше. Пунктами приема электроэнергии служат узловые распределительные подстанции, от которых электроэнергия передается по радиальным и магистральным схемам к подстанциям глубокого ввода (первая ступень распределения электроэнергии). Такая схема, позволяющая максимально приблизить высшее напряжение непосредственно к электроустановкам потребителей, называется схемой **глубокого ввода**.

Второй ступенью распределения электроэнергии является сетевое звено от РУ 10(6) кВ подстанций глубокого ввода до трансформаторных подстанций или приемников электроэнергии напряжением 10(6) кВ. Применение схем глубокого ввода позволяет во многих случаях отказаться от РП 10(6) кВ, что значительно упрощает схему распределения электроэнергии на этом напряжении.

С шин (напряжением 0,4—0,69 кВ) трансформаторных подстанций электрическая энергия поступает на низковольтные устройства распределения (НКУ), от которых получают питание приемники электрической энергии.

На рис. 1.4.3 представлена структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия, где объектами приема электроэнергии являются подстанции глубокого ввода. Схема распределения

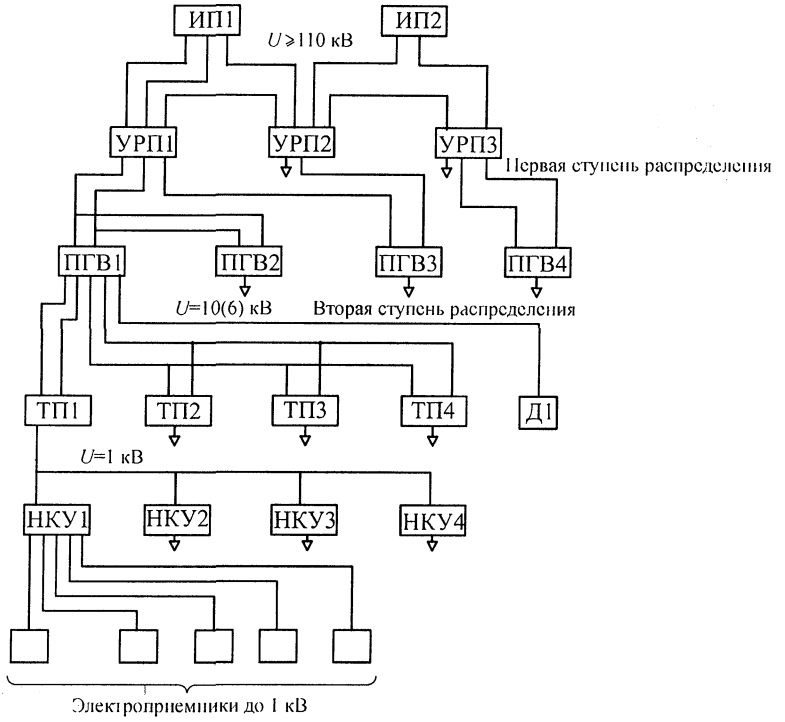



**Рис. 1.4.2.** Структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия

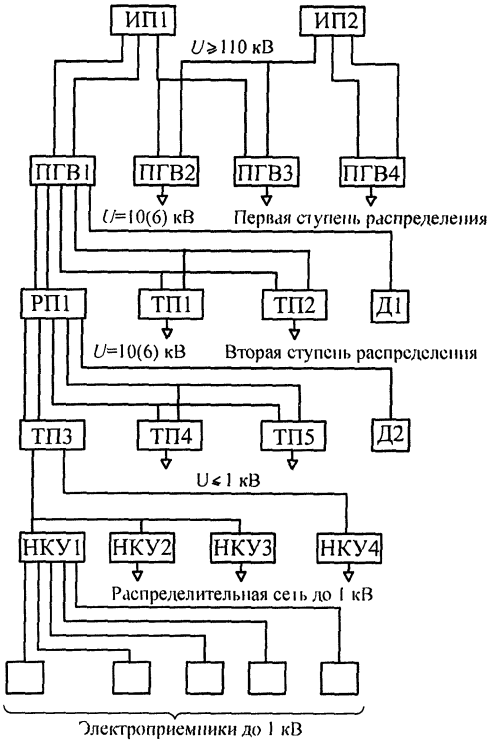



**Рис. 1.4.3.** Структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия

электроэнергии на напряжении 10(6) кВ без промежуточных РП будет одноступенчатой. Если возникает необходимость применения промежуточных РП 10(6) кВ, то распределение электроэнергии производится в две ступени: первая — от РУ 10(6) кВ подстанции глубокого ввода до РП; вторая — от РП 10(6) кВ до трансформаторных подстанций и электроприемников. Данная схема может применяться на крупных и средних предприятиях при наличии мощных сосредоточенных нагрузок.

Иной вариант построения схемы электроснабжения представлен на рис. 1.4.4, где приемным пунктом является главная понизительная подстанция напряжением 35—110 кВ и выше. С шин РУ 10(6) кВ ГПП осуществляется питание всех потребителей промышленного предприятия. Распределение электроэнергии на напряжении 10(6) кВ производится, как правило, в две ступени: первая ступень — от РУ 10(6) кВ ГПП до РП; вторая ступень — от РП 10(6) кВ до трансформаторных подстанций и приемников электроэнергии. Данная схема применяется в основном для предприятий средней мощности.

Для крупных промышленных предприятий в схемах, где пунктом приема электроэнергии является главная понизительная подстанция, распределение электрической энергии может производиться на двух напряжениях 110(35) кВ и 10(6) кВ (см. рис. 1.6.3) или в качестве прием-

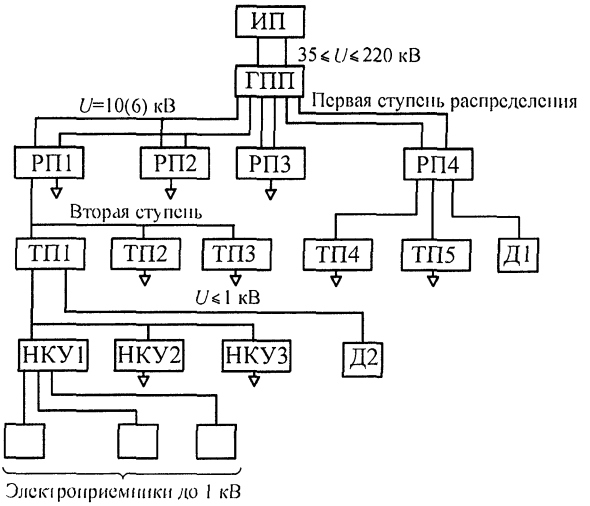



**Рис. 1.4.4.** Структурная схема электроснабжения промышленного предприятия средней мощности с главной понизительной подстанцией

ных пунктов электроэнергии выступают одновременно ГПП и ПГВ (см. рис. 1.6.2).

При наличии на предприятии собственной электростанции или при незначительном удалении предприятия от источника питания питающая сеть выполняется на напряжении 10(6) кВ. В этом случае приемным пунктом электроэнергии служит, как правило, центральная распределительная подстанция 10(6) кВ (рис. 1.4.5) или одна или несколько распределительных подстанций предприятия. Примером может служить схема электроснабжения Усть-Илимского целлюлозно-бумажного комбината (рис. 1.4.6), где источниками питания служат шины генераторного напряжения 10 кВ ТЭЦ и ТЭС, а электрическая энергия распределяется на территории комбината по двум двухцепным токопроводам 10 кВ.

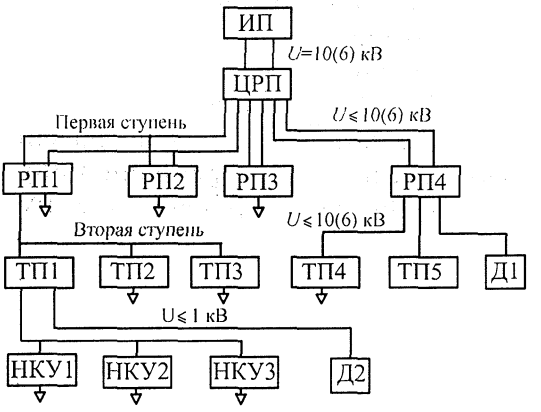



**Рис. 1.4.5.** Структурная схема электроснабжения промышленного предприятия средней мощности с центральной распределительной подстанцией

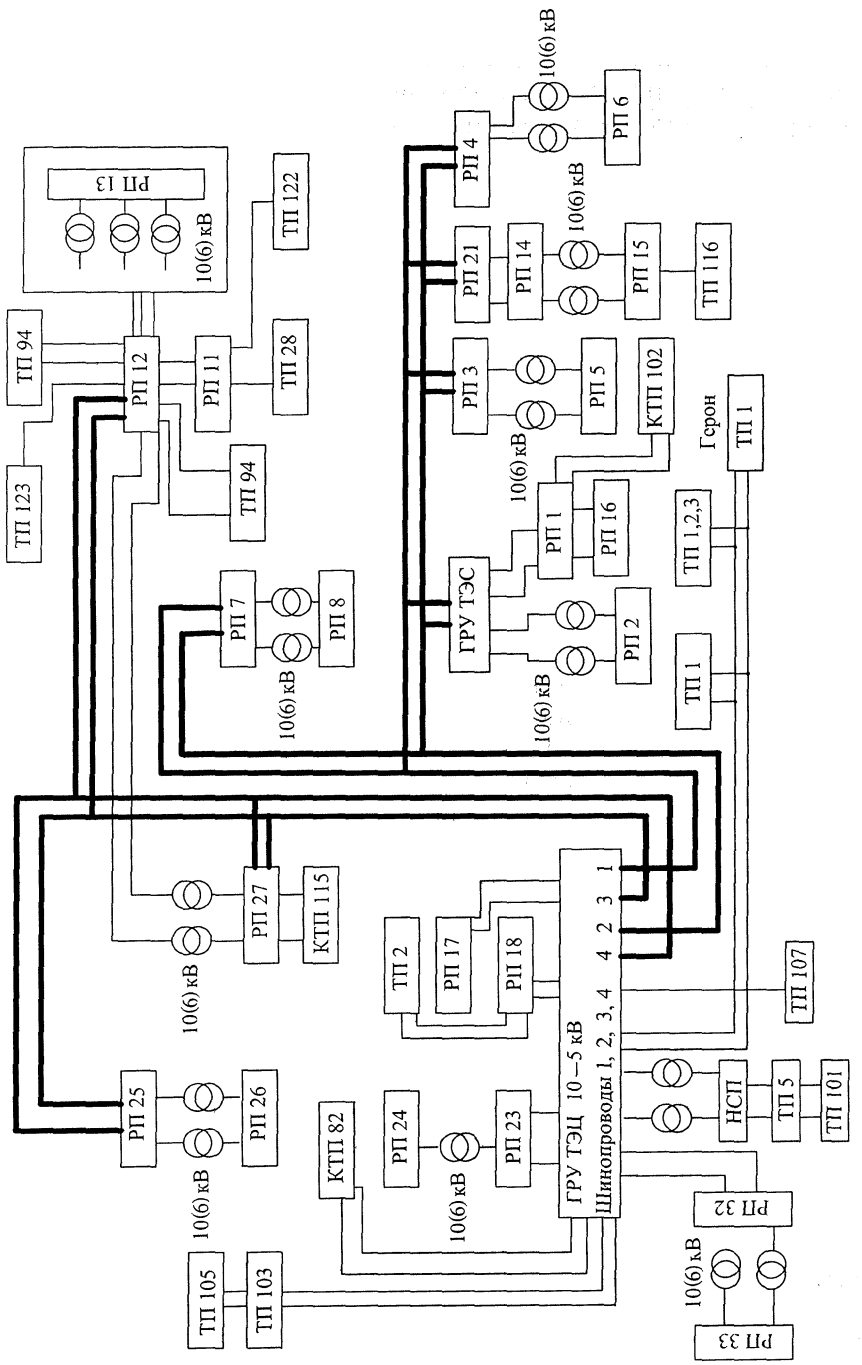



**Рис. 1.4.6.** Структурная схема электроснабжения Усть-Илимского целлюлозно-бумажного комбината

## 1.5. Выбор напряжения питающих и распределительных сетей

Выбор напряжения **питающих сетей** зависит от напряжений сетей энергосистемы в данном районе, от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, числа и мощности электроприемников (электродвигателей, электропечей, преобразователей и пр.). При неоднозначности выбора величины напряжения следует проводить технико-экономическое сравнение различных вариантов. При равенстве или незначительной разнице затрат (5—10 %) предпочтение следует отдавать варианту с более высоким напряжением.

### Рекомендации по выбору напряжения питающих сетей промышленных предприятий

Питание крупных энергоемких предприятий от сетей энергосистемы следует осуществлять на напряжении 110, 220 или 330 кВ. Напряжение 110 кВ — при потребляемой мощности 10—150 МВ·А, напряжение 220 кВ и выше целесообразно применять при потребляемой мощности более 120—150 МВ·А. Напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВ·А. Его применение целесообразно для удаленных насосных станций водозаборных сооружений промышленных предприятий, для распределения электроэнергии на предприятиях указанной мощности с помощью глубоких вводов в виде магистралей, к которым присоединяются трансформаторы 35/0,4 кВ или 35/10(6) кВ, а также для питания мощных электроприемников на предприятиях большой мощности.

Напряжение 10(6) кВ может быть использовано при питании предприятия от собственной электростанции, а также при небольшой потребляемой мощности и небольших расстояниях от предприятия до подстанции энергосистемы

### Рекомендации по выбору напряжений распределительных сетей высокого напряжения

Распределительную сеть энергоемкого производства при сооружении нескольких подстанций глубокого ввода и питании их от УРП рекомендуется выполнять следующим образом:

- первая ступень распределения электроэнергии на напряжении 110 кВ;
- вторая ступень распределения электроэнергии на напряжении 10 кВ.

Напряжение 35 кВ в качестве распределительного может быть применено на энергоемком предприятии с мощными специфическими электроприемниками (электропечи, преобразовательные установки и др.),

для которых целесообразно создание локальной сети 35 кВ, не являющейся сетью общего назначения. Питание этой сети осуществляется либо от трехобмоточных трансформаторов ГПП с обмоткой среднего напряжения 35 кВ, либо от специальных трансформаторов 110(330)/35 кВ.

Напряжение 10 кВ рекомендуется в качестве основного для распределения электроэнергии по территории предприятия.

Использование напряжения в 6 кВ следует ограничивать и применять при следующих обстоятельствах:

- при питании предприятия от собственной электростанции на генераторном напряжении;
- при большом числе электродвигателей небольшой мощности (до 500 кВт);
- при реконструкции или расширении действующего предприятия, ранее запроектированного на данное напряжение.

При наличии на предприятии большого числа двигателей напряжением 6 кВ (более 20 % суммарной потребляемой мощности) целесообразна установка на главной понизительной подстанции трансформаторов с расщепленной обмоткой 110/10(6) кВ. В этом случае на территории предприятия выполняются сети двух напряжений:

- 10 кВ — для питания трансформаторов 10/0,4 кВ;
- 6 кВ — для питания электродвигателей.

Если электродвигатели напряжением 6 кВ составляют менее 20 % общего числа электродвигателей, целесообразна групповая установка трансформаторов 10/6 кВ. Использование в этом случае трансформаторов 110/10/6 кВ приведет к значительному завышению мощности трансформаторов, так как соотношение номинальных мощностей обмоток 100/50/50 %. Если доля двигателей напряжением 6 кВ превышает 80 % суммарной потребляемой мощности, то от выполнения сети 10 кВ можно отказаться.

В начале 60-х годов ГОСТом было введено напряжение 20 кВ. Применение этого напряжения во многих случаях может быть экономически оправданным для питающих и распределительных сетей предприятия, так как позволяет увеличить радиус обслуживания подстанций, уменьшить потери мощности, энергии, напряжения, сократить расход цветных металлов, в ряде случаев сократить число трансформаций напряжения [6]. При проектировании напряжение 20 кВ, как правило, не рассматривается, так как фактически не налажен выпуск электрооборудования на это напряжение.

### Рекомендации по выбору напряжения в электрических сетях до 1 кВ

Для распределения электроэнергии в электрических сетях переменного тока до 1 кВ могут применяться напряжения 380 и 660 В.

Напряжение 380 В получило широкое распространение на промышленных предприятиях с большим числом электродвигателей малой и

средней мощности (до 200 кВт). Для питания двигателей мощностью выше 200 кВт используется напряжение 6 кВ. Достоинством использования напряжения 380 В является возможность совместного питания силовой и осветительной нагрузки, к недостаткам можно отнести следующее:

- имеют место большие потери мощности, энергии, напряжения, особенно в протяженных электрических сетях;
- возникает необходимость использования распределительной сети напряжением 6 кВ при наличии на предприятии двигателей мощностью 200—630 кВт.

С 1962 г. напряжение 500 В было заменено на напряжение 660 В. Технико-экономические расчеты [6, 7] показали целесообразность применения напряжения 660 В. Переход на напряжение 660 В дает следующие преимущества:

- повышается пропускная способность сети и уменьшаются потери энергии в ней;
- увеличивается радиус действия цеховых трансформаторных подстанций, что приводит к увеличению единичной мощности трансформаторов, уменьшению числа трансформаторов и, следовательно, сокращению числа линий и выключателей, питающих трансформаторную подстанцию;
- отпадает необходимость применения напряжения 6 кВ, что значительно упрощает схему электроснабжения;
- повышается предельная мощность двигателей за счет уменьшения тока статора двигателя, что дает экономию на стоимости двигателя и увеличение его КПД на 1,5—2 %.

Напряжение 660 В находит применение во многих отраслях промышленности: горно-добывающей, металлургической, химической, текстильной и др. При проектировании систем электроснабжения напряжение 660 В рекомендуется применять [5]:

- при значительной протяженности сетей низкого напряжения;
- когда основную часть электроприемников составляют низковольтные нерегулируемые электродвигатели мощностью свыше 10 кВт;
- если поставщики технологического оборудования (станков, автоматических линий, прессов, термического и сварочного оборудования, кранов и т. д.) обеспечивают поставку комплектуемого электрооборудования и систем управления на напряжение 660 В.

При выборе напряжения 660 В возникает необходимость установки дополнительных трансформаторов 0,66/0,22 кВ и выполнения электрических сетей на напряжение 220 В для питания люминесцентных ламп, ламп накаливания, тиристорных преобразователей, установок контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), средств автоматизации электродвигателей мощностью до 0,4 кВт и др. Необходимость устройства для одного объекта сетей напряжением 660 и 220 В снижает эффективность использования напряжения 660 В.

Выбор напряжения электрических сетей постоянного тока зависит от требований технологического процесса и величины тока. Для сетей, питающих электроприводы постоянного тока, используются напряжения 220 и 440 В. Для электроприводов постоянного тока с индивидуальными преобразователями используются и более высокие напряжения — 750 и 850 В. Для электролиза применяются напряжения 450 и 850 В.

### Рекомендации по выбору напряжения осветительных сетей [2]

Питание силовых и осветительных электроприемников при напряжении 380/220 В рекомендуется производить от общих трансформаторов при условии соблюдения требуемых норм по качеству электрической энергии.

Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов независимо от высоты их установки.

Напряжение 380 В для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения может использоваться при соблюдении следующих условий:

- ввод в осветительный прибор и независимый, не встроенный в прибор, пускорегулирующий аппарат выполняется проводами или кабелем с изоляцией на напряжение не менее 660 В;
- ввод в осветительный прибор двух или трех проводов системы 660/380 В не допускается.

В устройствах освещения фасадов зданий, установленных ниже 2,5 м от поверхности земли или площадки обслуживания, может применяться напряжение до 380 В при степени защиты осветительных приборов не ниже IP54.

Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должны применяться напряжения: в помещениях без повышенной опасности — не выше 220 В, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 50 В. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных допускается для светильников напряжение до 220 В, в этом случае должно быть предусмотрено защитное отключение линии при токе утечки до 30 мА или разделяющий трансформатор.

Для питания светильников местного освещения с люминесцентными лампами может применяться напряжение не выше 220 В. При этом в помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции. Для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 50 В.

При особо неблагоприятных условиях: опасность поражения электрическим током обусловлена теснотой, неудобным положением работающего, возможностью соприкосновения с большими металлическими хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах) и в наружных установках для питания ручных светильников, должно применяться напряжение не выше 12 В.

Переносные светильники, предназначенные для подвешивания, настольные, напольные и т. п. приравниваются к стационарным светильникам местного стационарного освещения. Для переносных светильников, устанавливаемых на переставных стойках на высоте 2,5 м и более, допускается применять напряжение 380 В.

## 1.6. Схемы внешнего электроснабжения

Схемы внешнего электроснабжения в значительной степени зависят от характеристик источников питания, числа приемных пунктов, их размещения на территории предприятия, наличия собственной электростанции, мощных электроприемников с резкопеременными, нелинейными, несимметричными нагрузками. Электроснабжение потребителей при имеющейся собственной ТЭЦ достаточной мощности чаще всего осуществляется от шин генераторного напряжения 6 или 10 кВ. В некоторых случаях в схемах внешнего электроснабжения предусматриваются связи источников питания с потребителями на генераторном напряжении 10(6) кВ, особенно для предприятий большой мощности с потребителями первой и второй категорий. Это позволяет существенно повысить надежность электроснабжения потребителей. Для того чтобы исключить влияние различных повреждений на работу генераторов, следует шире применять современные микропроцессорные системы релейной защиты и автоматики, обеспечивающие высокочувствительную многофункциональную диагностику повреждений, локализацию повреждений на отдельных участках сети и предотвращение перерастания локальных аварий в системные.

На промышленных предприятиях с потребителями первой и второй категорий, значительно удаленных от ТЭЦ, целесообразно сооружение собственного независимого источника питания. До последнего времени считалось, что создание собственных источников питания на предприятиях экономически нецелесообразно, за исключением источников питания для потребителей особой группы электроприемников первой категории. Но в условиях рыночной экономики, при постоянном росте тарифов на электроэнергию, собственные источники питания — оправданное решение, позволяющее существенно повысить надежность электроснабжения потребителей первой и второй категорий [4].

Схемы внешнего электроснабжения могут быть кольцевыми, магистральными с односторонним и двухсторонним питанием и радиальными.

Кольцевые питающие сети применяются для крупных металлургических заводов, нефтеперерабатывающих предприятий [10] и др. На рис. 1.6.1 представлена схема кольцевой питающей сети 110 кВ, к которой присоединяются приемные пункты электроэнергии — узловые распределительные подстанции УРП1—УРП4, которые получают питание от двух территориально независимых источников питания: от ТЭЦ и подстанции энергосистемы по линиям 110 кВ. С шин 110 кВ УРП получают питание подстанции глубокого ввода.

На рис. 1.6.2 приведена схема электроснабжения крупного предприятия цветной металлургии, которое получает питание от двух территориально независимых источников питания: подстанции энергосистемы и ТЭЦ по линиям 110 кВ. Пунктами приема электроэнергии являются главная понизительная подстанция предприятия и подстанция электролиза. При построении схемы учитывают то, что преобразовательная подстанция электролиза является источником высших гармоник тока и напряжения. Ее питание осуществляется по отдельной линии 110 кВ от подстанции энергосистемы по схеме глубокого ввода. Для повышения надежности электроснабжения электролиза предусмотрена связь подстанции электролиза с ТЭЦ и ГПП по двухцепному токопроводу 10 кВ.

На рис. 1.6.3 представлена схема питания крупного химического комбината. Источником электрической и тепловой энергии предприятия служит собственная ТЭЦ. Недостающая электроэнергия передается от подстанции энергосистемы по радиальным линиям 220 кВ на приемный пункт — ГПП с автотрансформаторами напряжением 220/110/10 кВ. Для повышения надежности электроснабжения предусмотрена связь ГПП по магистральным линиям 110 кВ с другой подстанцией энергосистемы. Распределение электрической энергии по территории предприятия производится от ГПП на двух напряжениях — 110 и 10 кВ. По радиальным линиям глубокого ввода с шин 110 кВ ГПП получают питание мощные потребители химкомбината: стройбаза, фабрика, завод, остальные потребители получают питание с шин РУ 10 кВ ГПП.

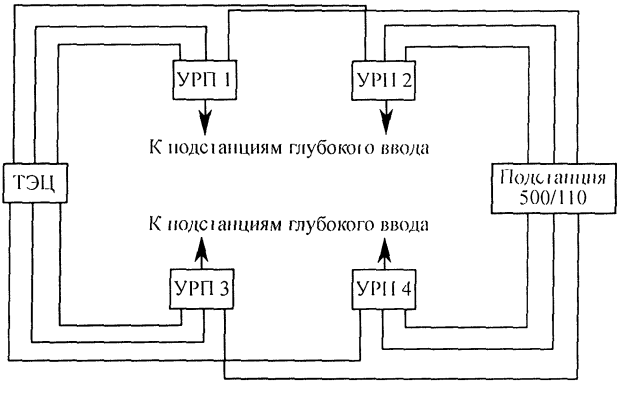



**Рис. 1.6.1.** Схема внешнего электроснабжения крупного металлургического завода

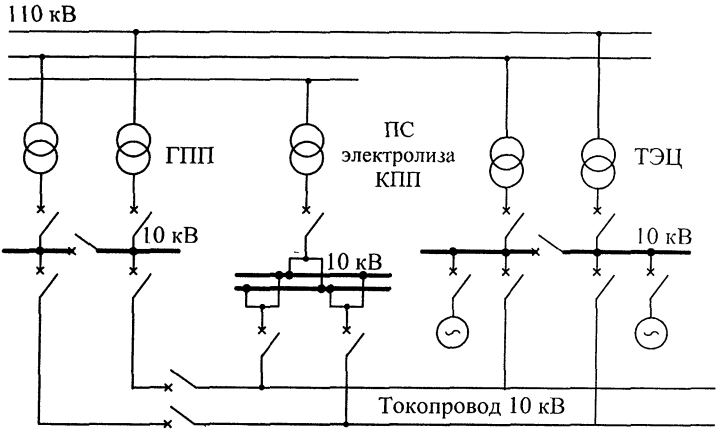



**Рис. 1.6.2.** Схема внешнего электроснабжения крупного предприятия цветной металлургии

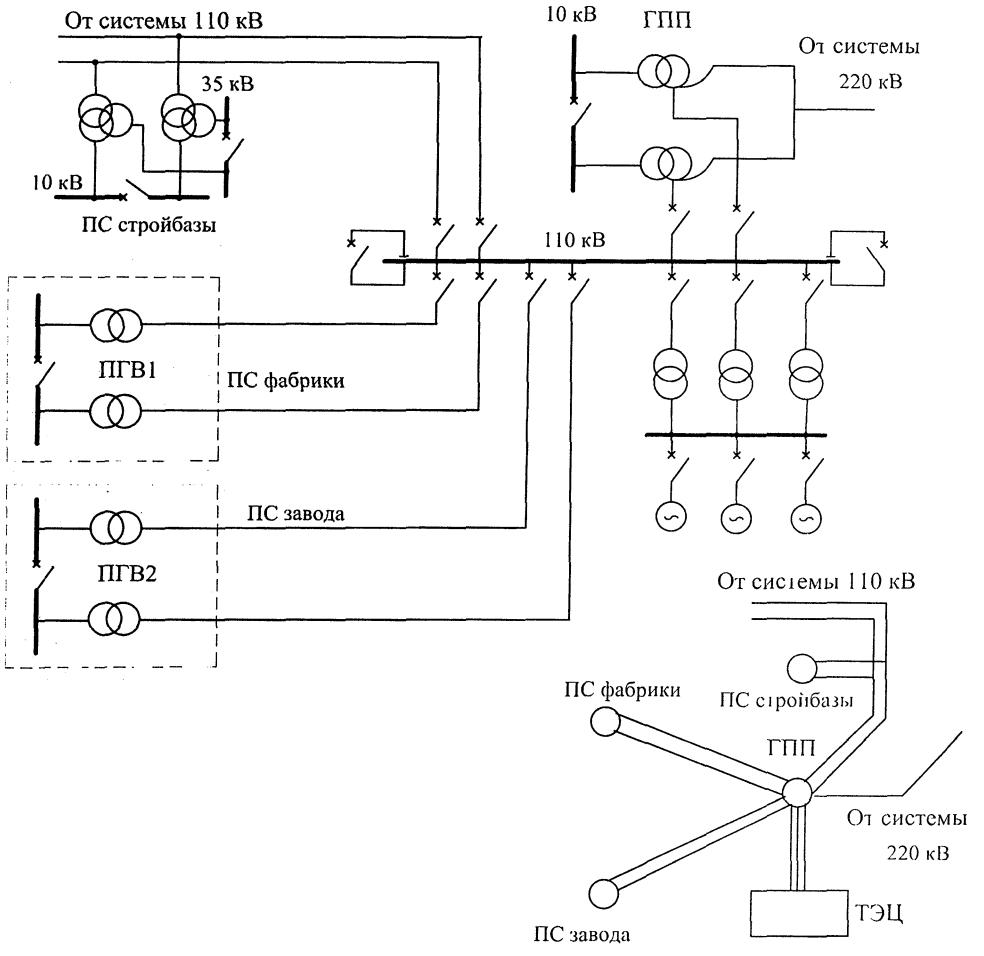



**Рис. 1.6.3.** Схема внешнего электроснабжения крупного химического комбината

Для предприятий средней мощности применяются радиальные и магистральные схемы питания с одним и более приемными пунктами. В схемах, представленных на рис. 1.6.4, питание предприятия осуществляется радиальными линиями от подстанции энергосистемы и собственной ТЭЦ. Если подстанция энергосистемы расположена на значительном расстоянии от предприятия, то используется схема, в которой питающая сеть выполняется на напряжениях 35, 110 или 220 кВ, а приемным пунктом электроэнергии служит главная понизительная подстанция предприятия (рис. 1.6.4, *а*). При небольшом расстоянии от подстанции энергосистемы питающая сеть может быть выполнена на напряжение 10(6) кВ, в этом случае приемным пунктом служит центральная распределительная подстанция предприятия (рис. 1.6.4, *б*).

На рис. 1.6.5 представлены схемы внешнего электроснабжения предприятия при питании его от разных систем (секций) шин районной подстанции энергосистемы с приемными пунктами: главная понизительная подстанция (рис. 1.6.5, *а*); центральная распределительная подстанция (рис. 1.6.5, *б*) и подстанции глубокого ввода (рис. 1.6.5, *в*). При наличии на предприятии электроприемников первой, второй категорий пункты приема электроэнергии должны иметь два трансформатора, две секции шин, запитываемые не менее чем по двум линиям от разных систем (секций) шин подстанции энергосистемы. Предпочтительным является вариант, когда линии выполняются на отдельных опорах и идут по разным трассам.

Выбор пропускной способности питающих линий производится таким образом, чтобы при выходе одной из линий оставшиеся обеспечивали питание электроприемников первой и второй категорий.

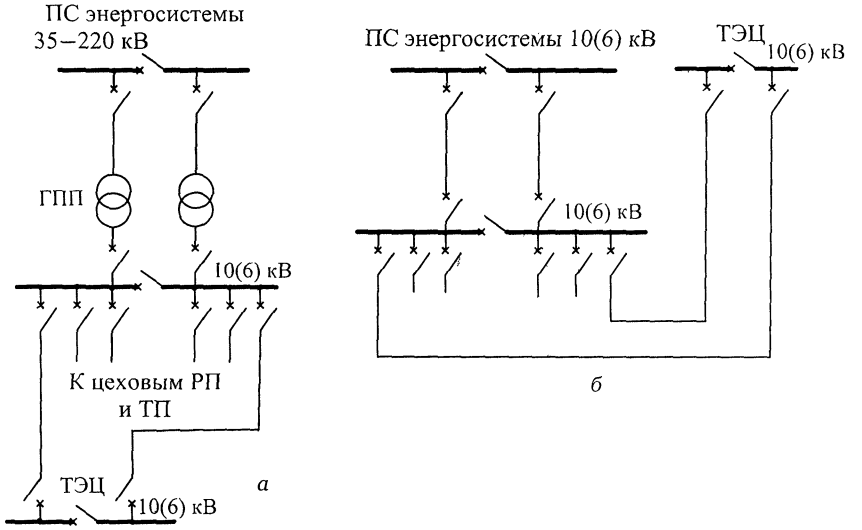



**Рис. 1.6.4.** Схемы внешнего электроснабжения предприятий средней мощности с приемным пунктом электроэнергии: *а* — ГПП; *б* — ЦРП

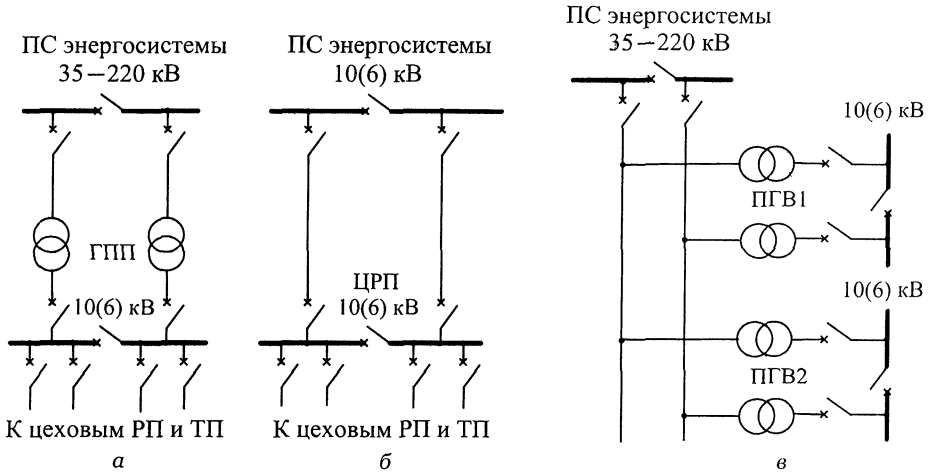



**Рис. 1.6.5.** Схемы внешнего электроснабжения предприятий средней мощности с приемным пунктом электроэнергии: *а* — ГПП; *б* — ЦРП; *в* — ПГВ

Решение о питании промышленного предприятия от сетей энергосистемы напряжением 35 кВ следует принимать при невозможности питания предприятия на других напряжениях. В зависимости от потребляемой мощности и состава электроприемников в качестве приемных пунктов могут быть применены: трансформаторная подстанция 35/10(6) кВ с трансформаторами мощностью 1,6—10 МВ·А и (или) трансформаторные подстанции 35/0,4 кВ с трансформаторами мощностью до 2,5 МВ·А. Пример выполнения питающей сети по схеме глубокого ввода напряжением 35 кВ приведен на рис. 1.6.6.

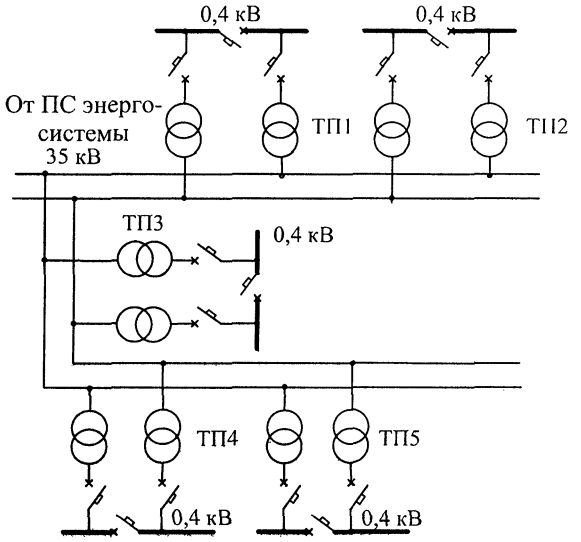



**Рис. 1.6.6.** Схема глубокого ввода напряжением 35 кВ

Электроснабжение предприятий малой мощности осуществляется, как правило, от сетей энергосистемы напряжением 10(6) кВ. В качестве приемных пунктов могут быть применены: распределительная, распределительно-трансформаторная или трансформаторная подстанции. Питание указанных подстанций осуществляется кабельными или воздушными линиями 6 или 10 кВ по радиальной или магистральной схемам.

## 1.7. Глубокие вводы 35—220 кВ

Глубокие вводы широко применяются в схемах внешнего и внутреннего электроснабжения промышленных предприятий и считаются наиболее прогрессивными схемами электроснабжения. Их применение позволяет [7]:

- расположить подстанции глубокого ввода в крупных узлах потребления электроэнергии (электролизные установки, прокатные станы, азотно-кислородные станции и т. д.);
- исключить промежуточные РП, так как их функции выполняют РУ вторичного напряжения подстанций глубокого ввода;
- использовать упрощенные схемы первичной коммутации ПГВ;
- резко сократить протяженность электрических сетей напряжением 10(6) кВ, а следовательно, уменьшить потери мощности, энергии, напряжения в этих сетях, протяженность кабельных эстакад, число используемой коммутационной и защитной аппаратуры;
- уменьшить емкостные токи в сетях 10(6) кВ, что позволяет во многих случаях обойтись без установок компенсации емкостных токов;
- осуществить питание характерных групп электроприемников с нелинейными, резкопеременными, ударными нагрузками отдельными линиями непосредственно от подстанций глубокого ввода, что позволяет значительно уменьшить влияние данных нагрузок на систему электроснабжения и повысить качество электрической энергии;
- повысить надежность электроснабжения и уменьшить капитальные затраты и эксплуатационные издержки на систему электроснабжения.

Схемы глубоких вводов напряжением 110—220 кВ выполняются воздушными или кабельными линиями, схемы глубоких вводов 330 кВ и выше — воздушными линиями.

Применение воздушных линий целесообразно при невысокой плотности застройки промышленной площадки. В целях снижения отчуждаемой под воздушную линию площади допускается прохождение линий над всеми несгораемыми зданиями и сооружениями, за исключением взрывоопасных установок. При выборе высоты опор воздушной линии должна учитываться возможность прокладки под проводами воз-

душных линий трубопроводов, транспортных и других коммуникаций. В обоснованных случаях может оказаться целесообразным применение специальных опор для увеличения длины пролетов.

Все большее применение в системах электроснабжения предприятий находят кабельные линии напряжением 110—220 кВ. Разработка новых конструкций кабелей и совершенствование технических решений по прокладке кабельных линий способствует их широкому применению.

*Маслонаполненные кабельные линии низкого давления* требуют повышенного внимания со стороны обслуживающего персонала, так как имеют маслосистему, а в отдельных случаях и систему охлаждения, которые считаются ненадежными звеньями кабельных линий. Прокладка данных линий осуществляется в лотках, земле, траншеях, каналах и ниже зоны промерзания, а также с устройством специальных колодцев для муфт. Прокладка маслонаполненных кабелей в тоннелях не рекомендуется из-за значительной стоимости [5].

*Кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена* (СПЭ-изоляцией) имеют более высокие технико-экономические показатели по сравнению с маслонаполненными кабельными линиями. Это позволило рекомендовать их в качестве основных для применения в сетях 110—220 кВ промышленных предприятий при высокой плотности застройки предприятия [5]. Прокладка кабелей с СПЭ-изоляцией осуществляется в открытых кабельных сооружениях (на технологических и кабельных эстакадах, кабельных галереях). Следует отметить, что передача электрической энергии по кабельным линиям с СПЭ-изоляцией в настоящее время обходится в 7—20 раз дороже, чем по воздушным линиям напряжением 110—220 кВ. При увеличении напряжения разница в стоимости увеличивается. Вместе с тем для прохождения воздушной линии требуется полоса, свободная от застройки и коммуникаций, шириной более 20 м для линий напряжением 110 кВ и более 30 м для линий напряжением 220 кВ, что в условиях промышленного предприятия не всегда допустимо [11]. Применение кабельных линий для питания подстанций глубокого ввода позволяет выполнять распределительные устройства 110—220 кВ подстанций по схеме «линия—трансформатор» без коммутационных аппаратов.

По мере освоения промышленностью производства токопроводов напряжением до 330 кВ с элегазовой изоляцией увеличивается их применение для схем глубоких вводов при высокой плотности застройки промышленной площадки и наличии агрессивной окружающей среды.

**Радиальные схемы глубоких вводов 110—220 кВ** позволяют использовать простейшие схемы первичной коммутации подстанций глубокого ввода — схемы «линия—трансформатор»: без коммутационных аппаратов (глухого присоединения) с разъединителем, предохранителем, выключателем. Примеры выполнения радиальных схем глубоких вводов подстанций ПГВ1 и ПГВ2 показаны на рис. 1.6.3.

**При магистральных схемах глубоких вводов** отключение магистрали приводит к потере питания всех трансформаторов, подключенных к магистрали. Поэтому используются схемы, позволяющие отключать поврежденный трансформатор на самой подстанции и повторно включать магистраль устройством АПВ. Примеры выполнения магистральных схем глубокого ввода приведены на рис. 1.6.5, *в* и 1.6.6.

## 1.8. Схемы распределения электроэнергии в сетях 10(6) кВ

В электрических сетях 10(6) кВ применяются радиальные, магистральные и смешанные схемы. Предпочтение отдается магистральным схемам, как более экономичным.

Схема распределения электроэнергии должна быть увязана с технологической схемой объекта следующим образом:

- питание электроприемников разных параллельных технологических потоков предусматривается от разных трансформаторных или распределительных подстанций, магистралей, разных секций шин одной подстанции для того, чтобы при аварии не остановились оба технологических потока;
- в пределах одного технологического потока все взаимосвязанные агрегаты присоединяются к одной подстанции, РП, магистрали, секции шин, чтобы при прекращении питания потока все входящие в его состав электроприемники были одновременно обесточены.

Схемы распределения электроэнергии в сетях 10(6) кВ могут быть одно- и двухступенчатые. Одноступенчатые схемы применяются на малых предприятиях, где распределяемая мощность и токи невелики, а также на энергоемких предприятиях с подстанциями глубокого ввода. В остальных случаях применяются, как правило, двухступенчатые схемы распределения электроэнергии. Применение схем с большим числом ступеней распределения электроэнергии должно иметь технико-экономическое обоснование.

Распределение электроэнергии может осуществляться кабельными, воздушными линиями или токопроводами. Воздушные линии электропередачи на промышленных предприятиях используются сравнительно редко, так как имеют сравнительно малую пропускную способность, что не позволяет осуществить магистральную схему распределения электроэнергии и практически невозможно в условиях промышленного предприятия выполнить несколько параллельно идущих воздушных линий.

Кабельные линии целесообразно использовать при передаче мощности в одном направлении не более 15—20 МВ·А при напряжении 6 кВ и не более 25—35 МВ·А при напряжении 10 кВ [1]. Кабельные сети следует прокладывать открыто в надземных сооружениях: на технологических и кабельных эстакадах, в кабельных частично закрытых

галереях. При невозможности или нецелесообразности выполнения открытой прокладки кабелей напряжением до 35 кВ может быть осуществлена прокладка кабелей в земляных траншеях и в подземных кабельных сооружениях (блоках, каналах, тоннелях).

При передаче мощностей, превышающих 15—20 МВ·А, целесообразно применение токопроводов. Трассы токопроводов выбирают таким образом, чтобы они проходили через зоны размещения основных нагрузок данного предприятия. В настоящее время рекомендуется использовать открытые симметричные гибкие и жесткие токопроводы следующих конструктивных исполнений: жесткий подвесной с трубчатыми шинами и подвесными изоляторами или гибкий с расщепленными проводами.

Жесткие токопроводы следует применять при наличии агрессивной среды, так как на жесткие проводники легче нанести антикоррозийное покрытие. Токопроводы требуют меньшей полосы, свободной от застройки и подземных коммуникаций (отчуждение территории под жесткий токопровод составляет 10 м). Не рекомендуется прокладывать токопроводы в тоннелях и в полностью закрытых галереях из-за существенного увеличения затрат В настоящее время разработаны токопроводы с трубчатыми шинами из алюминиевого сплава АД31 в исполнении для внутренней установки при нормальной среде и в исполнении для наружной установки для предприятий с сильно загрязненной средой.

Гибкие токопроводы выполняются из нескольких оголенных проводов, закрепленных равномерно по периметру кольца и подвешенных к опоре на подвесных изоляторах. Серьезный недостаток гибких токопроводов — большие габаритные размеры (отчуждение территории под гибкий токопровод составляет 18 м) и недостаточная стойкость к воздействию химически активной среды. Гибкие токопроводы рекомендуется использовать, если одновременно имеет место нестесненная планировка предприятия, позволяющая не учитывать стоимость отчуждаемой под гибкий токопровод территории, и минимальное число (до двух-трех на 1 км) поворотов трассы.

Токопроводы более надежны, они имеют более высокую перегрузочную способность, но характеризуются большим индуктивным сопротивлением по сравнению с линиями, выполненными из большого числа параллельно проложенных кабелей,

**Схемы питания распределительных пунктов 10(6) кВ.** Промежуточные распределительные пункты, получающие питание с шин ГПП, ЦРП, рекомендуется сооружать в цехах или производственных корпусах при наличии высоковольтных электроприемников и нескольких ТП 10(6)/0,4 кВ, а также для удаленных от ГПП или ЦРП потребителей (компрессорных, насосных станций и т. д.). При наличии менее восьми отходящих от распределительных пунктов линий целесообразность сооружения РП должна быть обоснована [5]. Распределительные пункты

следует размещать на границе питаемых ими участков сети таким образом, чтобы не было обратных потоков мощности.

Радиальные схемы для питания РП следует применять:

- при расположении РП в различных направлениях от ГПП, ЦРП;
- при повышенных требованиях к надежности электроснабжения электроприемников, если к РП подключаются в основном электроприемники первой категории.

В остальных случаях следует применять магистральные схемы с односторонним или двухсторонним питанием. Если все распределительные подстанции предприятия получают питание от токопроводов, то применяется схема трансформатор—токопровод без сборных шин на вторичном напряжении ГПП (рис. 1.8.1, *а*). Для ограничения токов короткого замыкания на ответвлениях от токопроводов к РП могут устанавливаться реакторы.

При наличии на предприятии большого числа двигателей напряжением 6 кВ обмотки трансформаторов ГПП могут быть выполнены на разные напряжения: 6 и 10 кВ. На напряжении 6 кВ получают питание распределительные подстанции, предназначенные для питания электродвигателей, на напряжении 10 кВ — остальные потребители.

Если по токопроводам распределяется только часть электроэнергии, то питание токопроводов выполняется от шин РУ 10(6) кВ ГПП и ПГВ

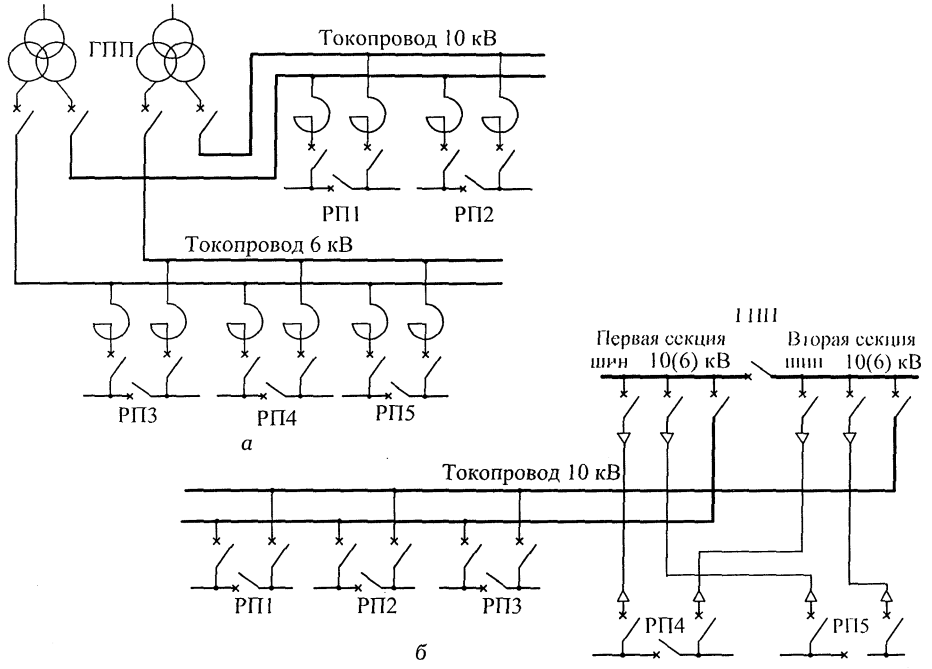



**Рис. 1.8.1.** Схемы распределения электроэнергии на напряжениях 6 и(или) 10 кВ, выполненные токопроводами: *а* — без сборных шин на вторичном напряжении ГПП; *б* — со сборными шинами на вторичном напряжении ГПП

(рис. 1.8.1, *б*). Распределительные пункты, отдаленные от трассы токопроводов, получают питание от шин РУ 10(6) кВ ГПП или ПГВ кабельными радиальными или магистральными линиями.

**Схемы питания трансформаторных подстанций и электроприемников напряжением 10(6) кВ.** Трансформаторные подстанции и электроприемники могут получать питание от РУ 10(6) кВ ГПП и ПГВ или от распределительных пунктов 10(6) кВ. Для питания трансформаторных подстанций используются практически все схемы (см. рис. 1.4.1).

*Радиальные схемы*, выполненные кабельными линиями (рис. 1.8.2, *а*), применяются, когда подстанции расположены в различных направлениях от источника питания или предъявляются повышенные требования к надежности электроснабжения. Радиальные схемы используются также для питания индивидуальных приемников электроэнергии 10(6) кВ (двигателей, печей и т. п.). Трансформаторы к радиальным линиям могут подключаться без коммутационных аппаратов («глухое» присоединение) или только через разъединитель, если защита, установленная

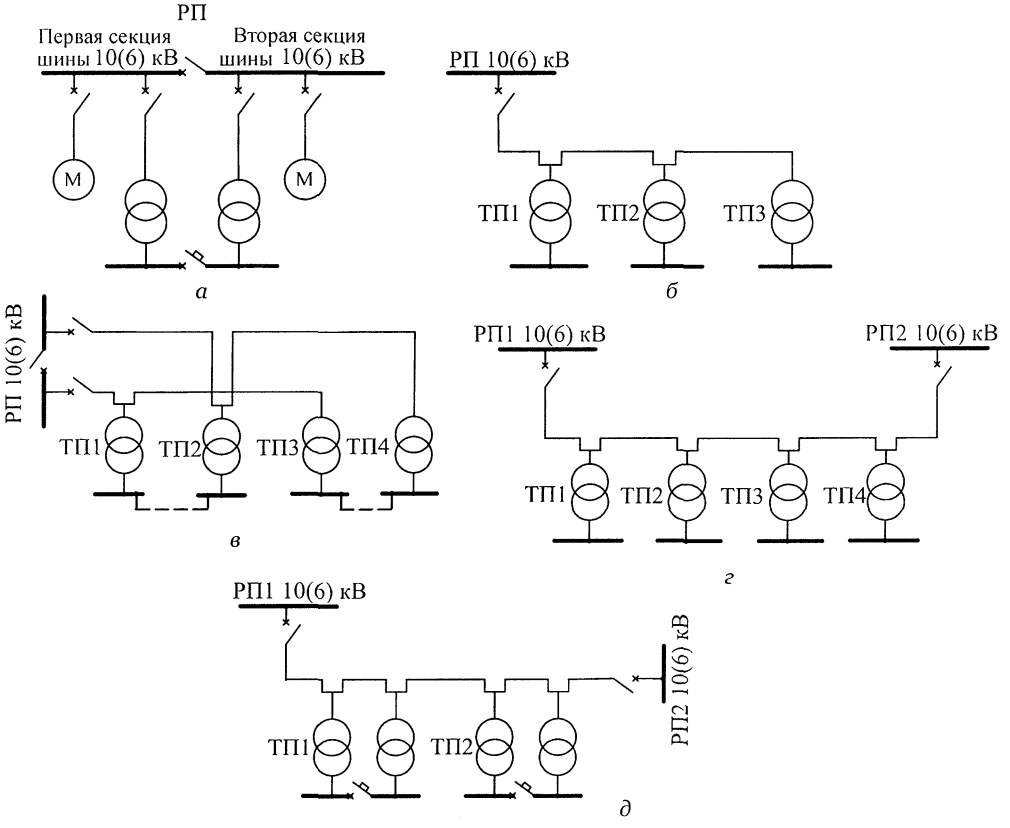



**Рис. 1.8.2.** Схемы питания ТП 10(6) кВ: *а* — радиальная; *б* — одиночная магистраль с односторонним питанием; *в* — одиночная магистраль с частичным резервированием по связям вторичного напряжения; *г* — петлевая для питания однотрансформаторных ТП; *д* — для питания двухтрансформаторных ТП

в начале радиальной линии, чувствительна при всех повреждениях в трансформаторе.

Для промышленных предприятий могут быть использованы радиальные схемы с присоединением под один выключатель 10(6) кВ двух кабельных линий, идущих к разным подстанциям. В этом случае питание ТП должно предусматриваться не менее чем по двум линиям, отходящим от разных секций шин распределительной подстанции.

*Магистральные схемы* являются основными для питания трансформаторных подстанций и выполняются, как правило, кабельными линиями. К одной магистрали могут быть подключены: не более пяти трансформаторов мощностью 250—630 кВ·А; до трех трансформаторов мощностью 1000 кВ·А или два трансформатора мощностью 1600 кВ·А [5].

При магистральной схеме питания на подстанциях используются более сложные схемы первичных соединений. Для удобства обслуживания и возможности отключения участков магистрали на входе и выходе магистрали к трансформатору устанавливают шинные накладки, разъединители или выключатели нагрузки. На вводе 10(6) кВ трансформатора устанавливают разъединитель или выключатель нагрузки с предохранителями. Функции последнего — обеспечить селективную защиту трансформатора. При соответствующем обосновании могут быть установлены высоковольтные вакуумные выключатели.

*Одиночные магистрали с односторонним питанием* (рис. 1.8.2, *б*) применяются для питания однотрансформаторных подстанций, когда можно допустить перерыв в электроснабжении потребителей на время, необходимое для отключения, определения места повреждения и восстановления поврежденного участка магистрали. Для повышения надежности электроснабжения можно предусматривать связи по вторичному напряжению между ближайшими подстанциями, получающими питание от разных магистралей (рис. 1.8.2, *в*, пунктирная линия). Как правило, такие магистрали прокладываются по разным трассам. При резервировании по вторичному напряжению для части потребителей подстанции (15—20 % общей нагрузки) сохраняется питание при аварии на магистрали.

*Одиночные магистрали с двухсторонним питанием* (рис. 1.8.2, *г*, *д*) могут применяться для питания потребителей третьей и частично второй категорий. Данные схемы называются **петлевыми**. Возможны различные варианты работы схемы в нормальном режиме. Если один из источников питания магистрали маломощный, удаленный или неэкономичный, то он может играть роль резервного и включаться (вручную или автоматически) только при отключении магистрали от основного источника питания. Если же оба источника питания равноценны, то в нормальном режиме магистраль получает питание с двух сторон, но в точке токораздела по одной из промежуточных подстанций магистраль размыкается. В точке токораздела могут быть установлены разъединители, в том числе телеуправляемые или высоковольтные выключатели.

*Кольцевые магистрали* (рис. 1.8.3) рекомендуется применять для питания потребителей третьей, частично — второй категории при соответствующем расположении питаемых ими групп подстанций при единичной мощности трансформаторов не более 630 кВ·А.

Для питания двухтрансформаторных подстанций с электроприемниками первой и второй категорий применяются более надежные схемы распределения электроэнергии — с двойными магистралями. Каждая магистраль получает питание от разных секций шин РУ 10(6) кВ ГПП, ПГВ или РП, которые должны отвечать требованиям независимых источников питания. Трансформаторы на подстанциях в нормальном режиме работают раздельно, секционный автоматический выключатель на 0,4 кВ отключен, а при аварии на магистрали все потребители переключаются на магистраль, оставшуюся в работе. С этой целью автоматически или вручную обслуживающим персоналом включается секционный выключатель.

Примеры выполнения схем с двойными магистралями приведены на рис. 1.8.4. На рис. 1.8.4, *а* показана схема двойной сквозной магистрали с односторонним питанием, которая широко применяется в про-

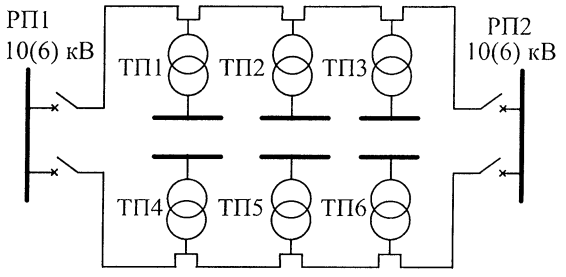



**Рис. 1.8.3.** Кольцевая схема питания трансформаторных подстанций

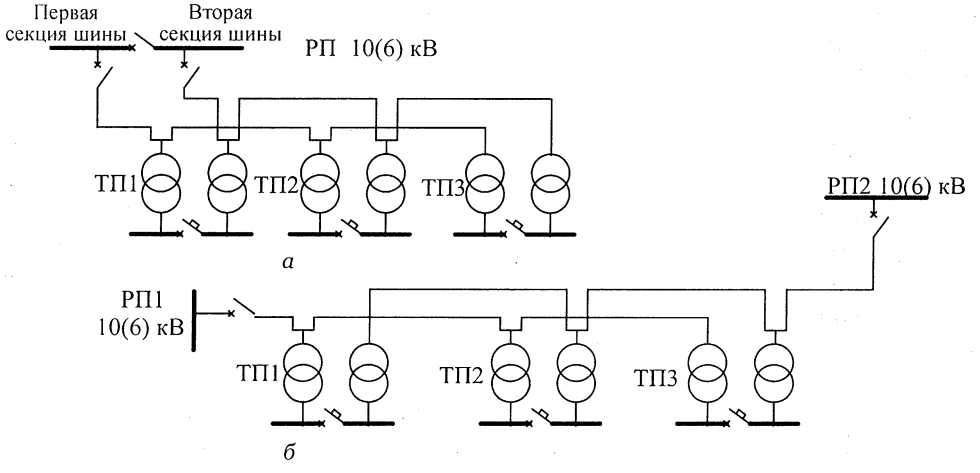



**Рис. 1.8.4.** Схемы с двойными магистралями: *а* — двойная сквозная магистраль с односторонним питанием; *б* — двойная магистраль с двухсторонним питанием

мышленных электрических сетях для питания электроприемников первой и второй категорий. На схеме рис. 1.8.4, *б* каждая магистраль получает питание от разных территориально удаленных друг от друга распределительных пунктов: РП1 и РП2. Данная схема аналогична схеме двойной сквозной магистрали с односторонним питанием, но является более надежной вследствие территориальной независимости источников питания.

**Схемы питания различных групп потребителей (нелинейных, резкопеременных, несимметричных).** Питание данных потребителей в нормальном режиме работы рекомендуется производить от отдельных секций шин 10(6) кВ. Указанные секции сборных шин рекомендуется подключать к разным ветвям расщепленной обмотки трансформатора, к разным ветвям сдвоенного реактора, к разным трансформаторам. Трансформаторные подстанции 10(6)/0,4 кВ, от которых получают питание осветительные приборы с лампами накаливания, чувствительные к изменениям показателей качества электроэнергии, следует подключать к секции шин 10(6) кВ, не питающей специфической нагрузки.

На рис. 1.8.5 приведена схема питания дуговых сталеплавильных печей. Наиболее мощные дуговые сталеплавильные печи получают питание радиальными линиями от третьей и четвертой секций шин трансформаторов ГПП с расщепленной обмоткой. Печи небольшой мощности получают питание по двухступенчатой радиальной схеме, для чего предусматривается дополнительный распределительный пункт на 10 кВ. В комплект печи входит сама печь и печной трансформатор. В непосред-

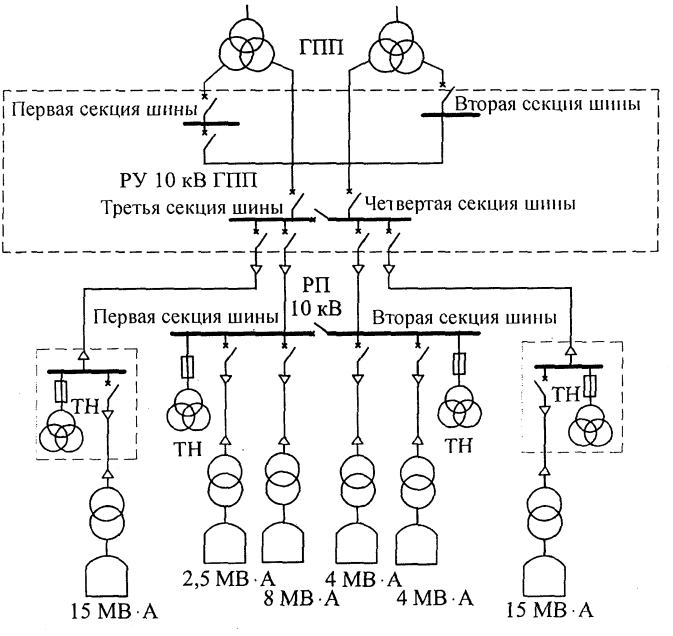



**Рис. 1.8.5.** Схема питания дуговых сталеплавильных печей

ственной близости от печи устанавливается высоковольтная ячейка с печным выключателем. На предприятиях с мощными дуговыми сталеплавильными печами может выполняться локальная сеть на 35 кВ. Питание этой сети осуществляется от трехобмоточных трансформаторов, или автотрансформаторов с обмоткой среднего напряжения 35 кВ, или от специальных двухобмоточных трансформаторов. С шин 35 кВ по радиальным линиям электроэнергия поступает к печным трансформаторам. К одной секции сборных шин 35 кВ может быть подключено несколько ДСП мощностью 25 и 50 МВ·А. Печи с печными трансформаторами 80 МВ·А подключаются к отдельным секциям сборных шин 35 кВ.

## 1.9. Схемы распределения электроэнергии в сетях напряжением до 1 кВ

### 1.9.1. Системы заземления электроустановок напряжением до 1 кВ

Электрические сети напряжением до 1 кВ переменного тока могут выполняться с глухозаземленной или с изолированной нейтралью. До 1995 г. в России электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью выполнялись четырехпроводными: три фазы и нулевой проводники, нейтраль трансформатора или другого источника питания присоединялась к земле (заземляющему устройству) через малое сопротивление. Нулевой проводник соединялся с нейтралью трансформатора и выполнял функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. По принятым в настоящее время стандартам такая система заземления относится к системе TN-C с PEN проводником. Система TN-C получила очень широкое распространение в промышленных, городских и сельских сетях благодаря своему основному преимуществу — наличию двух стандартных напряжений: фазному и линейному. Данная система заземления достаточно проста, экономична, но не обеспечивает должный уровень электробезопасности [12].

С середины 90-х годов в качестве государственных стандартов были приняты международные стандарты [МЭК 364 (ГОСТ Р 50571—94)], требования которых были включены в ПУЭ. Новые требования к выполнению систем заземления привели к существенным изменениям при проектировании электроснабжения жилых, общественных, административных и бытовых зданий. Так, было запрещено использовать систему заземления TN-C. Вместо нее были предложены новые системы: TN-C-S и TN-S, в которых нулевой рабочий и нулевой защитный проводники во всей сети или в ее части работают раздельно.

**Типы систем заземления.** ГОСТ Р 50571.2—94 (МЭК 364-3—93) предусматривает три типа систем заземления электрических сетей: TN, TT, IT. Система TN в зависимости от устройства нулевого рабочего и нулевого защитного проводников разделяется на три вида: TN-C, TN-C-S и TN-S.

В обозначении системы заземления первая буква (I или T) определяет тип заземления нейтрали трансформатора. Буква «I» означает, что нейтраль трансформатора изолирована от земли или связана с землей через сопротивление или разрядник. Буква «T» указывает на прямую связь по меньшей мере одной точки сети (нейтрали трансформатора) с землей. Вторая буква характеризует связь с землей открытых проводящих частей электроустановки. Буква «T» означает прямое соединение открытых проводящих частей[1] электроустановки с землей без связи их с нейтралью трансформатора. Буква «N» указывает на прямое соединение открытых проводящих частей электроустановки с заземленной нейтралью посредством PEN или PE проводников.

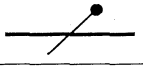
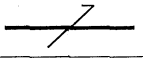
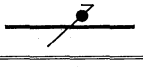
Последующие буквы характеризуют устройство нулевого защитного и нулевого рабочего проводников. Буква «C» означает, что функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников объединены в одном проводнике (PEN проводнике), буква «S» — функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечиваются раздельными проводниками.

В системах заземления используются следующие нулевые проводники:

- N проводник — нулевой рабочий проводник, который служит для питания однофазных электроприемников и для подключения к нему нулевых точек трехфазных электроприемников;
- PE проводник — нулевой защитный проводник, соединяющий зануляемые части (корпуса) электроприемников с заземленной нейтралью трансформатора или генератора в сетях переменного трехфазного тока или с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока;
- PEN проводник выполняет функции PE проводника и N проводника. PEN проводник присоединяется к заземленной нейтрали вторичной обмотки трансформатора или генератора, может иметь повторное заземление в других точках сети.

В табл. 1.9.1 приведены условные графические обозначения нулевых рабочих и защитных проводников в соответствии с МЭК 617-11.

*Таблица 1.9.1.* **Условные графические обозначения нулевых рабочих и защитных проводников**

| Обозначение | Проводник |
|---|---|
|  | Нулевой рабочий проводник (N) |
|  | Нулевой защитный проводник (PE) |
|  | Совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник (PEN) |

[1] К открытым проводящим частям электроустановки относятся нетоковедущие части, доступные прикосновению, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции токоведущих частей.

**Система TN** — система, в которой нейтраль трансформатора или другого источника питания глухо заземлена (соединена с землей в одной или нескольких точках), а все доступные прикосновению открытые проводящие части электроустановки соединяются с заземленной точкой с помощью PEN или PE и N проводников. Проводимость PEN проводника, идущего от нейтрали трансформатора или генератора, должна быть не менее 50 % проводимости фаз.

В качестве N проводника следует использовать дополнительную жилу провода или кабеля (четвертая жила в сетях переменного трехфазного тока).

В качестве защитных проводников (PEN и PE проводников) должны быть в первую очередь использованы специально предусмотренные для этой цели проводники, в том числе жилы кабелей, изолированные провода в общей оболочке с фазными проводами, стационарно проложенные неизолированные или изолированные проводники. В качестве PEN или PE проводников между нейтралью и щитом распределительного устройства следует использовать: при выводе фаз шинами — шину на изоляторах; при выводе фаз кабелем (проводом) — жилу кабеля (провода).

Допускается использовать в качестве PEN и PE проводников следующие проводники, конструкции и элементы, если они обеспечивают непрерывность цепи заземления и удовлетворяют нормативным требованиям:

- алюминиевые оболочки кабелей;
- металлические конструкции и опорные конструкции шинопроводов;
- стальные трубы электропроводок;
- металлические конструкции зданий или сооружений (фермы, колонны);
- арматуру железобетонных конструкций и фундаментов зданий;
- металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, канализации и центрального отопления.

**Система TN-C** — система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (рис. 1.9.1). В настоящее время система TN-C остается основной в питающих и распределительных сетях низкого напряжения промышленных предприятий.

В четырехпроводных сетях переменного трехфазного тока или трехпроводных сетях постоянного тока заземление нейтрали или средней точки источников тока является обязательным. Открытые проводящие части электроустановки должны быть электрически соединены с заземленной нейтралью трансформатора или генератора в сетях переменного тока, с заземленной средней точкой источника питания — в сетях постоянного тока, т. е. должно быть выполнено зануление. Заземление

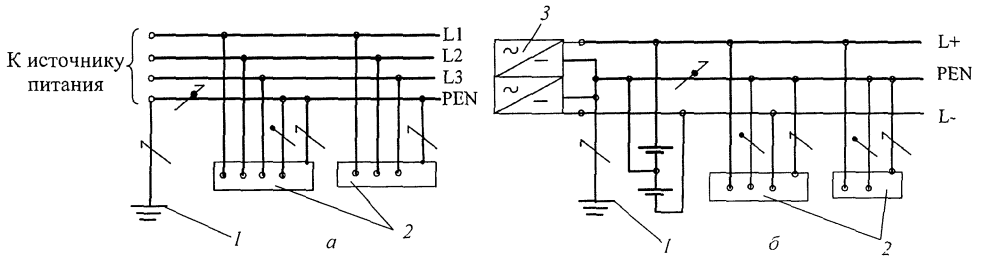



**Рис. 1.9.1.** Системы TN-C переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока (нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике): *1* — заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания; *2* — открытые проводящие части; *3* — источник питания постоянного тока

корпусов электроприемников без их зануления недопустимо. Зануление предназначено для создания цепи короткого замыкания с малым сопротивлением при пробое одной из фаз на корпус электроустановки и для обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

В системе TN-C предусматриваются устройства защиты от сверхтоков (коротких замыканий, перегрузок). Устройства защиты, реагирующие на дифференциальный ток (устройства защитного отключения — УЗО), как правило, не предусматриваются из-за неэффективности их применения.

**Система TN-C-S** является комбинацией систем TN-C и TN-S, в которой PEN проводник используется только в сети общего пользования. В какой-то точке сети PEN проводник разделяется на два проводника: PE и N проводники (рис. 1.9.2). После точки разделения PE и N проводники объединять запрещается, N проводник изолируется от корпуса, предусматриваются раздельные зажимы или шины для PE и N проводников. Разделение PEN проводника в системе TN-C-S обычно осуществляется на вводе в электроустановку (в здание). В точке разделения PEN проводник заземляется на повторный контур заземления.

Стандарты предъявляют следующие требования к PEN проводнику в системе TN-C-S:

- площадь сечения медного проводника должно быть не менее 10 мм$^2$;

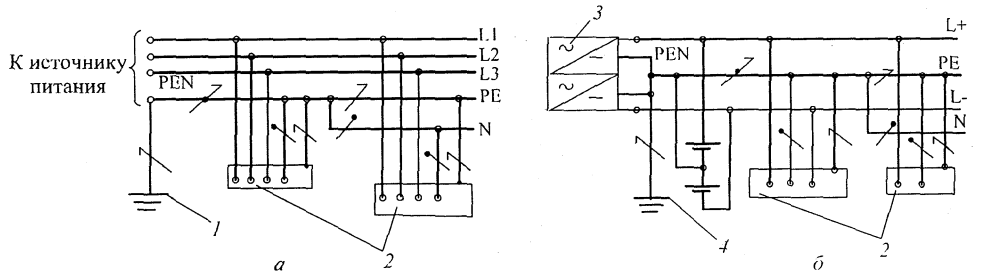



**Рис. 1.9.2.** Системы TN-C-S переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока: *1* — заземлитель нейтрали источника переменного тока; *2* — открытые проводящие части; *3* — источник питания; *4* — заземлитель средней точки источника постоянного тока

- площадь сечения алюминиевого проводника должно быть не менее 16 мм$^2$;
- часть электроустановки с PEN проводником не должна быть оснащена устройствами УЗО, реагирующими на дифференциальный ток.

Устройства защитного отключения в системе могут быть установлены только после разделения PEN проводника со стороны электроприемников. Система TN-C-S является наиболее перспективной для практического применения, так как она позволяет обеспечить более высокий уровень электробезопасности по сравнению с системой TN-C и не требует проводить реконструкцию существующей электрической сети.

**Система TN-S** имеет N и PE проводники, которые работают раздельно по всей системе. В системе TN-S устройство защитного отключения может устанавливаться в любой точке сети. В трехфазных сетях переменного тока для реализации системы TN-S требуется применять пятипроводные линии во всей сети от источника питания до электроприемника. Это делает систему TN-S более дорогой и сложной (рис. 1.9.3).

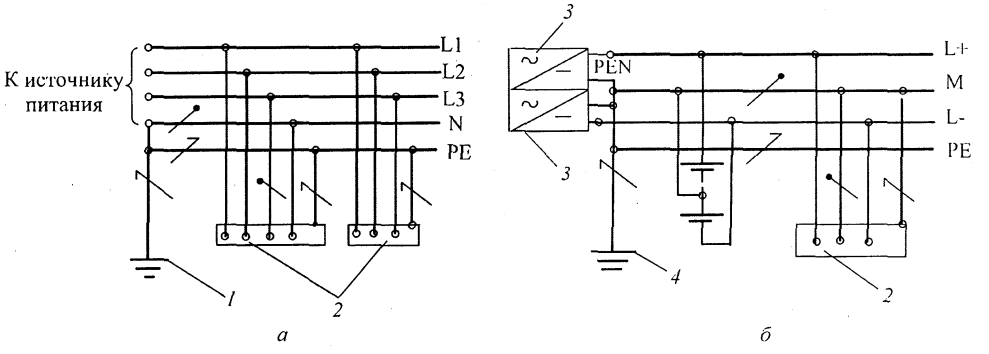



**Рис. 1.9.3.** Системы TN-S переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока: *1* — заземлитель нейтрали источника переменного тока; *2* — открытые проводящие части; *3* — источники питания; *4* — заземлитель средней точки источника постоянного тока

**Система IT** — система с изолированной нейтралью (в установках постоянного тока с изолированной средней точкой), в которой нейтраль трансформатора или генератора изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление. Открытые проводящие части электроустановки заземлены (присоединены к заземлителю, электрически независимому от заземлителя нейтрали трансформатора или генератора. Систему следует применять при недопустимости перерыва электроснабжения электроприемников. Так как наиболее частые аварии в сетях с глухозаземленной нейтралью — однофазные короткие замыкания, то применение сетей с изолированной нейтралью позволяет не нарушать работу электроприемников в

случае пробоя или нарушения изоляции в одной фазе. Сети с изолированными нейтралями применяются в шахтах, для передвижных установок, торфяных разработок, в отдельных цехах предприятий цветной металлургии и т. д.

Для сетей с изолированной нейтралью заземление корпусов электроприемников является обязательным. Кроме того, должен предусматриваться непрерывный контроль изоляции сети и обеспечена возможность быстрого отыскания замыканий на землю. В сетях системы IT предусматриваются защиты от сверхтоков, защита от замыканий на землю, могут применяться устройства защиты, реагирующие на дифференциальный ток. Защита от замыканий на землю должна действовать на отключение в тех случаях, когда это необходимо для обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

**Система TT** — система, в которой нейтраль трансформатора или генератора глухо заземлена, а открытые проводящие части заземлены с помощью заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника питания. Данная система заземления имеет ограниченную область применения. ГОСТ Р 50669—94 рекомендует использовать систему TT при проектировании и монтаже электроустановок зданий из металла (киосков, павильонов).

### 1.9.2. Схемы силовых и осветительных сетей

Электрические сети напряжением до 1 кВ на промышленных предприятиях делятся на сети для электроснабжения электросиловых и осветительных установок. Поэтому электрические сети называют силовыми и осветительными. Питание силовых и осветительных электроприемников при напряжении 380/220 В рекомендуется производить от общих трансформаторов при условии соблюдения требований ГОСТ 13109—97.

При напряжении 660 В возникает необходимость установки дополнительных трансформаторов 660/220 В и выполнения электрических сетей на напряжение 220 В для питания люминесцентных ламп, ламп накаливания, тиристорных преобразователей, установок контрольно-измерительных приборов и автоматики, средств автоматизации электродвигателей мощностью до 0,4 кВт и др.

**Схемы силовых сетей.** В соответствии с [1] и [13] силовые сети принято делить на питающие и распределительные.

*Питающая сеть* — сеть от РУ 0,4—0,69 кВ ТП до низковольтных устройств распределения электроэнергии: распределительных щитов, распределительных пунктов, щитов станций управления и т. д.

*Распределительная сеть* — сеть от низковольтных устройств распределения электроэнергии до электроприемников. Питающие и распределительные сети выполняются по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

**Радиальные схемы** распределения электроэнергии (рис. 1.9.4) рекомендуется применять в случае:

- взрывоопасных, пожароопасных и пыльных производств;
- питания индивидуальных электроприемников: электродвигателей, электропечей, электросварочных установок и т. п.;
- для питания низковольтных устройств распределения электроэнергии, если они расположены в разных направлениях от источника питания.

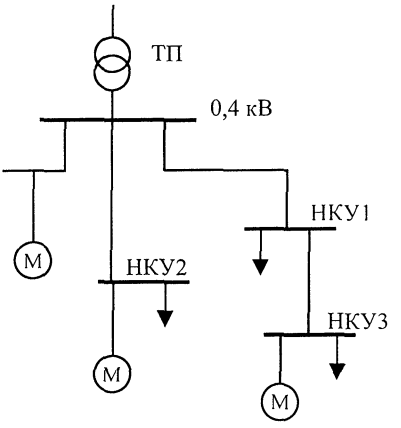



**Рис. 1.9.4.** Радиальная схема распределения электроэнергии

Электропроводки при радиальных схемах обычно выполняют кабелем или проводами. Недостатком радиальных схем является недостаточная гибкость, при всяких перемещениях технологического оборудования требуется переделка электрических сетей. Кроме того, РУ 0,4—0,69 кВ ТП получаются громоздкими, дорогими, с большим числом коммутационных аппаратов.

**Магистральные схемы** находят применение при нагрузках, распределенных по площади цеха. Выполняются они чаще всего шинопроводами. Данные схемы надежны, универсальны, позволяют производить перестановку производственно-технологического оборудования в цехах без существенного изменения электрических сетей.

По назначению шинопроводы могут быть:

- магистральными — для присоединения распределительных шинопроводов, низковольтных комплектных устройств распределения и отдельных мощных электроприемников;
- распределительными — для присоединения электроприемников;
- троллейными — для питания передвижных электроприемников;
- осветительными — для питания светильников и электроприемников небольшой мощности.

В силовых сетях широкое применение нашли комплектные магистральные и распределительные шинопроводы серий ШМА и ШРА. Номи-

нальная сила тока магистральных шинопроводов: 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300 А. Номинальная сила тока ответвлений от магистральных шинопроводов: 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500, 4000 А. Номинальная сила тока распределительных шинопроводов: 100, 160, 250, 400, 630 А. Номинальная сила тока ответвлений: 25, 63, 100, 160, 250 и 400 А. Номенклатура ответвительных коробок предусматривает коробки с предохранителями, разъединителями, автоматическими выключателями [14].

Широкое применение получила схема блока **«трансформатор—магистраль»**, выполненная с помощью комплектных магистральных или распределительных шинопроводов. Пример выполнения схемы блока «трансформатор—магистраль» приведен на рис. 1.9.5. В данной схеме распределительное устройство низкого напряжения подстанции либо отсутствует, либо выполняется с небольшим числом отходящих от него линий для питания освещения и некоторых электроприемников. К магистральному шинопроводу подключаются распределительные шинопроводы, НКУ и отдельные электроприемники большой мощности. К распределительным шинопроводам через ответвительные коробки подключаются НКУ и отдельные электроприемники.

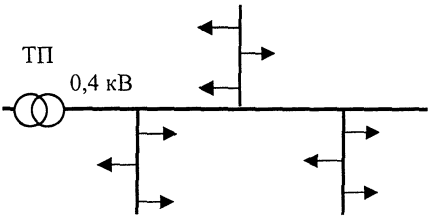



**Рис. 1.9.5.** Схема блока «трансформатор—магистраль»

Небольшое распределительное устройство низкого напряжения требуется при выполнении магистральной схемы с помощью нескольких распределительных шинопроводов (рис. 1.9.6).

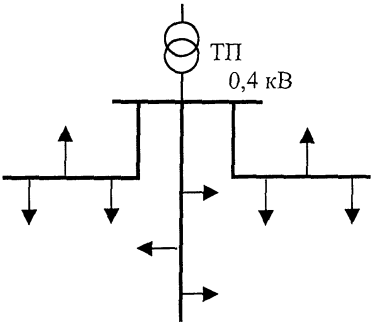



**Рис. 1.9.6.** Магистральная схема, выполненная распределительными шинопроводами

Примеры выполнения схем питающих и распределительных сетей приведены в табл. 1.9.2—1.9.4.

*Таблица 1.9.2.* **Принципиальная схема питающей сети напряжением 0,4 кВ, выполненная в соответствии с ГОСТ 21.613—88**

| Магистраль | Участок сети 1 | Аппарат отходящих линий (ввода): обозначен тип; $I_{ном}$, А расцепитель или плавкая вставка, А | Участок сети 2 | Аппарат ввода в распределительное устройство или пусковой аппарат: обозначение; тип; $I_{ном}$, А расцепитель или плавкая вставка; уставка теплового реле | Участок сети 3 | Кабель, провод | | | | | Труба | | Распределительное устройство или электроприемник | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Участок сети | Обозначение | Марка | Количество, число жил, сечение | Длина, м | Обозначение | Длина, м | Обозначение | $P_{уст}$ или $P_{ном}$, кВт | $\frac{I_{расч} \text{ или } I_{ном}}{I_{пуск.}}$, А | Наименование, тип, обозначение чертежа, принципиальной схемы |
| МГ1 ШМА4 1600 А 380/220 В | | - | | - | | 1 | м209 | АВВ | 4(1×1500) | 100 | - | - | - | 830 | 911 | Ввод от КТП |
| | | | | | | - | | | | | | | | | | |
| | | | | | | - | | | | | | | | | | |
| | | - | | - | | 1 | м270 | АПВ | 3(1×120)+ +1×70 | 15 5 | П270 80 | 4 | ШР7 | 40 | 75 | Распр.пункт ПР 24Г-7206 34 хххххх-ЭМ2 |
| | | | | | | - | | | | | | | | | | |
| | | | | | | - | | | | | | | | | | |
| | | | | 387Ш комплектно с механизмом | | - | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 2 | 387 | АПВ | 3(1×120)+ +1×70 | 30 10 | 387-П1 80 | 8 | 387 | 75 | 150 / 1050 | Газодувка 741 |
| | | | | - | | 3 | * | | | | | | | | | |
| | | QF1 А3726Ф 250; 160 | | ЯР1 ЯВ3-31-1, 100 - | | 1 | м271 | АПВ | 3(1×50)+1×25 | 6 2 | - | - | МГ2 | 64 | 91 | Распредел. шинопровод ШРА |
| | | | | | | 2 | м272 | АПВ | 3(1×50)+1×25 | 90 30 | - | - | | | | |
| | | | | | | 3 | м273 | АПВ | 3(1×50)+1×25 | 10 3 | - | - | | | | |
| | | на МГ1 А3736Ф 630; 250 | | 152Ш комплектно с механизмом | | - | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 2 | 152А 152Б | АВВГ | 2(3×70+ +1×25) | 100 | - | - | 152 | 144 | 230 | Станки |
| | | | | | | 3 | | | | | | | | | | |

*Таблица 1.9.3.* **Принципиальная схема распределительной сети, выполненная в соответствии с ГОСТ 21.613—88**

| Распределительное устройство | Аппарат отходящих линий (ввода): обозначен тип; $I_{ном}$, А расцепитель или плавкая вставка, А | Участок сети 1 | Пусковой аппарат: обозначение; тип; $I_{ном}$, А расцепитель или плавкая вставка; уставка теплового реле, А | Участок сети 2 | Кабель, провод | | | | | Труба | | Электроприемники | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Участок сети | Обозначение | Марка | Количество, число жил, сечение | Длина, м | Обозначение | Длина, м | Обозначение на плане | $P_{уст}$ или $P_{ном}$, кВт | $\frac{I_{расч} \text{ или } I_{ном}}{I_{пуск}}$, А | Наименование, тип, обозначение чертежа, принципиальной схемы |
| МГ 2 Б7 ГУ ШРА4 400 А 380/220 В | - | | - | | 1 | м273 | АПВ | 3(1×50)+1×25 | - | - | - | | 64 | 91 | Ввод от МГ1 ШМА4 |
| | | | | | - | | | | | | | | | | |
| | А3716Ф 160; 40 | | 45 ЯУ1 ЯБ110 | | 1 | 46м1 | АПВ | 3(1×4) | 10 | 45-п120 | 3 | 45 | 10 | - | Вентилятор приточный |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | | | 46-КМ1; ПМЕ 122; 5 | | 1 | 46м1 | АПВ | 3(1×2,5) | 15 | - | - | 46 | 2,2 | - | Вентилятор вытяжной |
| | | | | | 2 | 46-2 | АПВ | 3(1×2,5) | 5 | - | - | | | | |
| | | | - | | - | | | | | | | 46-531 | - | - | Кнопка ПКЕ 212-2 |
| | | | | | 2 | 45м3 | АПВ | 3(1×2,5) | 5 | - | - | | | | |
| | А3716Ф 160; 20 | | 49 Х ПШ-П-2-0 1Р-01-10 10 | | 1 | 49м1 | АПВ | 3(1×2,5) | 10 | - | - | 49 | - | 10 | Полотер |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | А3710Ф 160; 25 | | 47-ЯУ1 Я5124 1 фидер 2-1,6 | | 1 | 47м1 | АПВ | 3(1×2,5) | 12 | 47-П120 | - | 47 | 16 | - | Насос |
| | | | | | 2 | 47м2 | АПВ | 3(1×2,5) | 9 | - | - | | | | |
| | | | 2 фидер 5-4 | | - | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | 48м1 | АПВ | 3(1×2,5) | 9 | - | - | 48 | 11 | - | Насос |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

*Таблица 1.9.4.* **Принципиальная схема распределительной сети, выполненная в соответствии с ГОСТ 21.613—88**

| Распределительное устройство | Аппарат отходящих линий (ввода): обозначение тип; $I_{ном}$, А расцепитель или плавкая вставка, А | Участок сети 1 | Пусковой аппарат: обозначение; тип; $I_{ном}$, А расцепитель или плавкая вставка; уставка теплового реле, А | Участок сети 2 | Кабель, провод: Участок сети | Обозначение | Марка | Количество, число жил, сечение | Длина, м | Труба: Обозначение | Длина, м | Электроприемники: Обозначение на плане | $P_{уст}$ или $P_{ном}$, кВт | $\frac{I_{расч} \text{ или } I_{ном}}{I_{пуск}}$, А | Наименование, тип, обозначение чертежа, принципиальной схемы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ШР2 ГВ ПР24--7206-54 380/220 В | А3736Ф 160; 400 | | - | | 1 | м270 | АПВ | 3(1×120)+ +1×70 | - | П270 80 | - | - | 40 | 75 | Ввод от МГ1 ШМА4 |
| | | | | | - | | | | | | | | | | |
| | А3716Ф 160; 80 | | 43-КМ1 ПАЕ432 | | 1 | 43м1 | АВВГ | 1(3×25+1×16) | 25 | - | - | | | | |
| | | | | | 2 | 43м2 | АВВГ | 1(3×25+1×16) | 2 | - | - | | | | |
| | | | 43-ЯШ1 | | - | | | | | - | а | | 31 | ΔU= | Преобразователь свароч. |
| | | | а ЯВ3Ш 100 | | 2 | 43м3 | КРПТ | 1(3×16+1×10) | 7 | - | - | 43 | кВ·А | =3% | |
| | АЕ2046 63; 16 | | 44-КМ1 ПМЕ 122 | | 1 | 44м1 | АПВ | 3(1×2,5) | 15 | - | - | | | | Вентилятор вытяжной |
| | | | | | 2 | 44м2 | АПВ | 3(1×2,5) | 5 | - | - | 44 | 2,2 | - | |
| | | | 51-QF1 | | 1 | 51м1 | АВВГ | 1(2×2,5) | 10 | - | - | 51 | 0,06 | - | Заслонка ПЕ-51 |
| | | | АП50Б-2МТ 63 | | 2 | 51м2 | АВВГ | 1(2×2,5) | 5 | - | - | | | | |
| | А3716Ф 160; 40 | | 15ЯУ Я5410 8-6 | | 1 | 15м1 | АПВ | 1(19×2,5) | 8 | - | - | | | | |
| | | | | | 2 | 15м2 | АКВВГ | 4(1×2,5) | 11 | - | - | | | | |
| | | | 15ЯК | | - | | | | | | б | | | | Двигатель задвижки |
| | | | б | | 2 | 15м3 | АПВ | 3(1×2,5) | 6 | - | - | 15 | 2,0 | - | |
| | | | | | - | | | | | | | 15-581 | - | - | Кнопка управления задвижки |
| | | | | | 2 | 15м4 | АПВ | 7(1×2,5) | 14 | - | - | | | | |
| | | | | | - | | | | | | | 15-ВК | - | - | Коробка конечных выключателей, задвижки |
| | | | | | 2 | 15м5 | АПВ | 10(1×2,5) | 20 | - | - | | | | |

При разработке принципиальных схем руководствуются следующим:

- принципиальную схему выполняют в однолинейном изображении, при этом PEN проводник (N и PE проводники) отдельной линией (отдельными линиями) не изображают;
- в трехфазных трех-, четырех- и пятипроводных сетях изображение и обозначение фаз указывают только для одно- и двухфазных линий;
- условные графические обозначения электроприемников, пусковых и защитных аппаратов на принципиальной схеме, как правило, не изображают, а указывают над линией их буквенно-цифровое обозначение, типы и технические данные;
- электроприемники, подключаемые непосредственно к питающей магистрали, показывают на принципиальных схемах питающей сети;
- в графе «Магистраль» (см. табл. 1.9.2) указывают буквенно-цифровые обозначения магистрали, тип шинопровода и его номинальный ток (материал и сечение шин — для магистралей нетипового изготовления), напряжение;
- в графе «Распределительное устройство» (см. табл. 1.9.3, 1.9.4) указывают буквенно-цифровое обозначение распределительного пункта или распределительного шинопровода, его координаты по плану расположения электрооборудования (при необходимости), тип (для НКУ — обозначение чертежа общего вида, напряжение, установленную мощность $P_{уст}$ и расчетный ток — $I_{расч}$ — для пунктов, соединенных в цепочку).

Для сетей, где целесообразно выполнение принципиальных схем с учетом расположения электротехнологического оборудования в здании, сооружении; для совмещенных сетей силового электрооборудования и электрического освещения; для разветвленных сетей с несколькими напряжениями, частотами и т. д. допускается выполнение схем в произвольной форме.

**Схемы питания передвижных электроприемников.** Для питания электродвигателей подъемно-транспортных устройств (кранов, кран-балок, тельферов, передаточных тележек и др.) применяются троллейные линии, выполненные, как правило, троллейными шинопроводами.

Троллейные шинопроводы серии ШТМ выпускаются на номинальные токи 200 и 400 А и предназначены для питания трехфазных и однофазных электроприемников. Каждая секция шинопровода представляет собой стальной короб, имеющий внизу сплошную щель. Внутри короба в пазах изолятора троллея монтируются четыре медных троллея — три фазных и один нулевой.

Питание троллейных сетей может производиться от распределительных устройств 0,4 кВ трансформаторных подстанций, от магистральных, распределительных шинопроводов или от НКУ. В точке подклю-

чения питающей линии к троллейной линии устанавливается коммутационный аппарат.

На рис. 1.9.7 изображены схемы питания троллейных линий [15]. При несекционированной троллейной линии подвод питания лучше осуществлять к средней части троллея, что позволяет уменьшить потери напряжения (рис. 1.9.7, *а*).

При питании от троллейной линии в пролете одного крана ремонтные секции не сооружаются, при питании двух кранов по концам троллейной линии обязательно предусматриваются ремонтные секции, присоединенные к основной троллейной линии с помощью рубильников (рис. 1.9.7, *б*). При питании от троллейной линии в пролете трех и более кранов необходимо устройство нескольких ремонтных секций. Их располагают вдоль троллейной линии и по ее концам (рис. 1.9.7, *в*, *г*). Передача электроэнергии от неподвижной троллейной линии к электродвигателям, установленным на передвигающихся частях механизмов, осуществляется токосъемниками, укрепленными с помощью изоляторов на механизме. Для троллейных линий, имеющих подпитку и секционирование, принципиальные схемы допускается выполнять в произвольной форме.

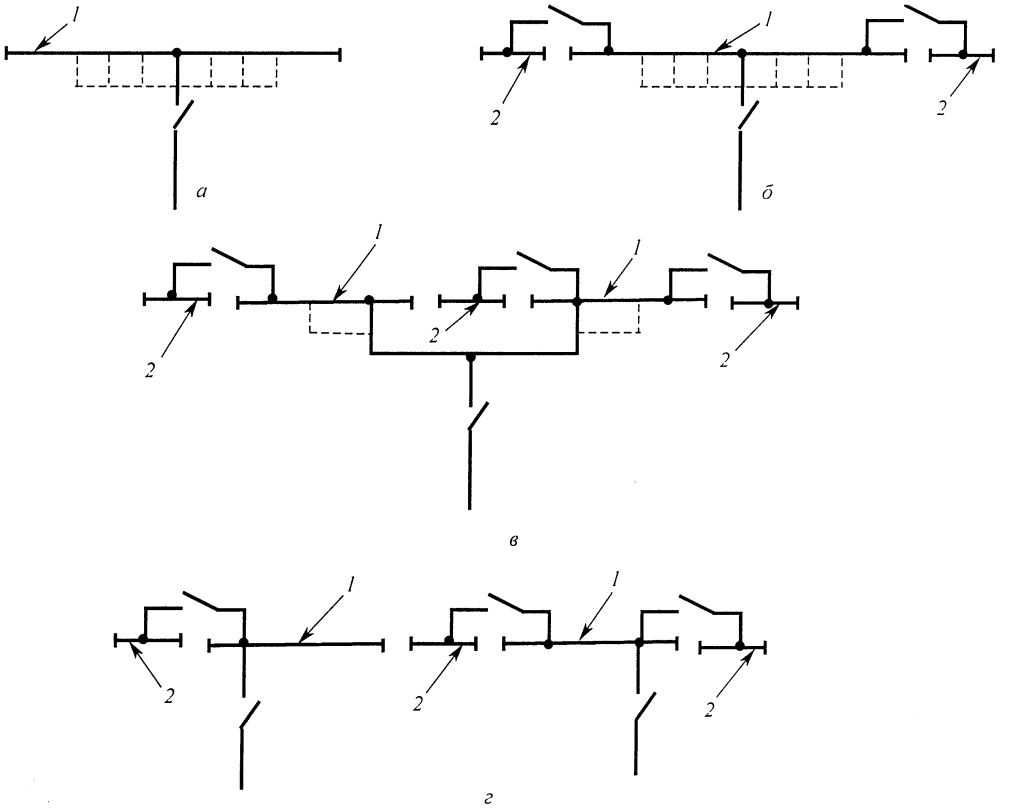



**Рис. 1.9.7.** Схемы троллейных линий: *а* — несекционированная; *б* — с двумя ремонтными секциями; *в*, *г* — с тремя ремонтными секциями; *1* — троллейная линия; *2* — ремонтные секции

**Схемы сетей электрического освещения.** Установки освещения делятся на внутренние и наружные. Установки внутреннего освещения предназначены для освещения производственных, административных, жилых и общественных зданий и помещений. Установки наружного освещения предназначены для освещения территорий предприятий и учреждений, городов, поселков и т. д.

Установки внутреннего освещения делятся на установки рабочего и аварийного освещения. Рабочее освещение служит для освещения помещений в целом и рабочих поверхностей. Аварийное освещение может быть освещением безопасности и эвакуационным освещением.

Освещение безопасности предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Светильники рабочего освещения и освещения безопасности должны получать питание от независимых источников питания. Эвакуационное освещение предназначено для обеспечения безопасной эвакуации людей по основным проходам, оснащенным световыми указателями «выход», и предусматривается в производственных помещениях, где может одновременно находиться более двадцати человек.

Электрические сети освещения делятся на питающие, распределительные и групповые сети.

*Питающая осветительная сеть* — сеть от РУ подстанции до вводного устройства (ВУ), вводно-распределительного устройства (ВРУ) или главного распределительного щита (ГРЩ).

*Распределительная сеть* — сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения.

*Групповая сеть* — сеть от распределительных пунктов, щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

**Питающая и распределительная сети освещения.** Питание установок внутреннего освещения рекомендуется выполнять от распределительных устройств подстанций, щитов, магистральных и распределительных шинопроводов самостоятельными линиями, выполненными проводами или кабелями.

Сети наружного освещения могут получать питание от распределительных устройств подстанций, распределительных пунктов и вводно-распределительных устройств и выполняются кабельными или воздушными линиями (с использованием самонесущих изолированных проводов). Линии наружного освещения могут прокладываться на существующих опорах, принадлежащих электросетевым организациям, по опорам контактной сети электрифицированного транспорта (с помощью кабельных линий или самонесущих изолированных проводов), на инженерных сооружениях (мостах, транспортных эстакадах и т. д.).

Питающие и распределительные сети внутреннего и наружного освещения выполняются трехфазными четырех- или пятипроводными в зависимости от используемой системы заземления.

Рабочее освещение рекомендуется питать по линиям, не связанным с силовыми установками. Все виды освещения допускается питать от общих линий с электросиловыми установками или от силовых распределительных пунктов, за исключением сетей в производственных зданиях без естественного освещения. В местах присоединения линий питающей осветительной сети к линии питания электросиловых установок или к силовым распределительным пунктам должны устанавливаться аппараты защиты и управления. Если питающая и распределительная осветительная сети выполняются шинопроводами, групповые щитки могут не предусматриваться. Вместо них могут применяться аппараты защиты и управления для питания групп светильников. Применение для питания рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения общих групповых щитков не допускается. Для освещения безопасности и эвакуационного освещения допускается использование общих щитков.

На рис. 1.9.8 приведена схема питающей и распределительной сетей внутреннего освещения. С первой секции шин 0,4 кВ двухтрансформаторной подстанции получает питание щит освещения, с шин которого по магистральной или радиальной схемам запитываются групповые щитки рабочего освещения. Щиток аварийного освещения получает питание от второй секции шин 0,4 кВ ТП. Аварийное освещение должно включаться автоматически при аварийном отключении рабочего освещения.

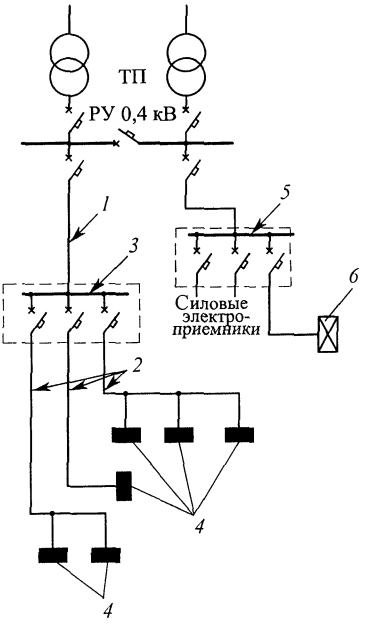



**Рис. 1.9.8.** Схема питающей и распределительной сети освещения: *1* — питающая сеть; *2* — распределительная сеть; *3* — щит рабочего освещения; *4* — групповые щитки рабочего освещения; *5* — распределительный пункт; *6* — щиток аварийного освещения

На рис. 1.9.9 показана возможность подключения рабочего освещения к головному участку магистрального шинопровода. Питание аварийного освещения в этом случае рекомендуется выполнять от другой ТП или иного независимого источника питания.

Схема перекрестного питания освещения от двух ТП приведена на рис. 1.9.10. Рабочее и аварийное освещение получают питание самостоятельными линиями от разных трансформаторных подстанций. Аварийное освещение в производственных зданиях допускается подключать к распределительным пунктам, шинопроводам, за исключением производственных зданий без естественного освещения.

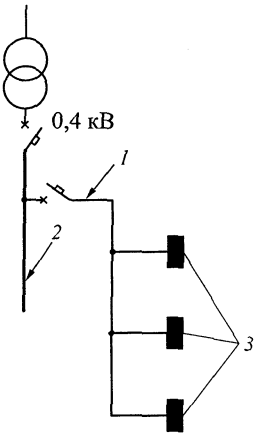



**Рис. 1.9.9.** Схема питания сети освещения от шинопровода: *1* — питающая сеть; *2* — шинопровод; *3* — групповые щитки рабочего освещения

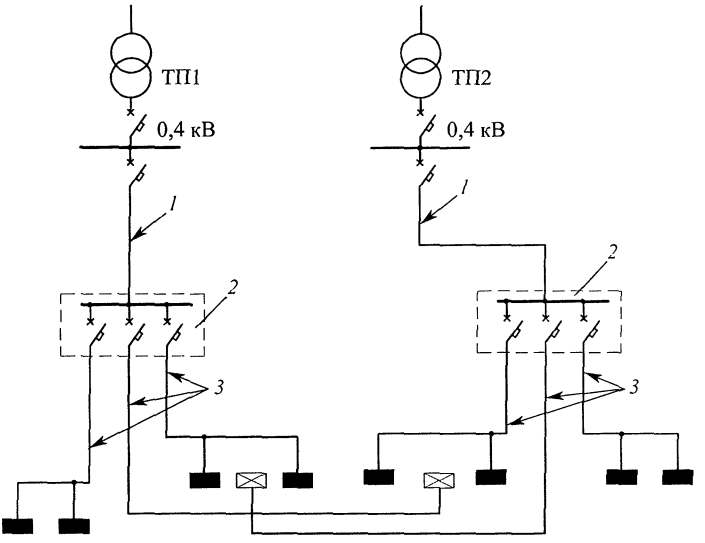
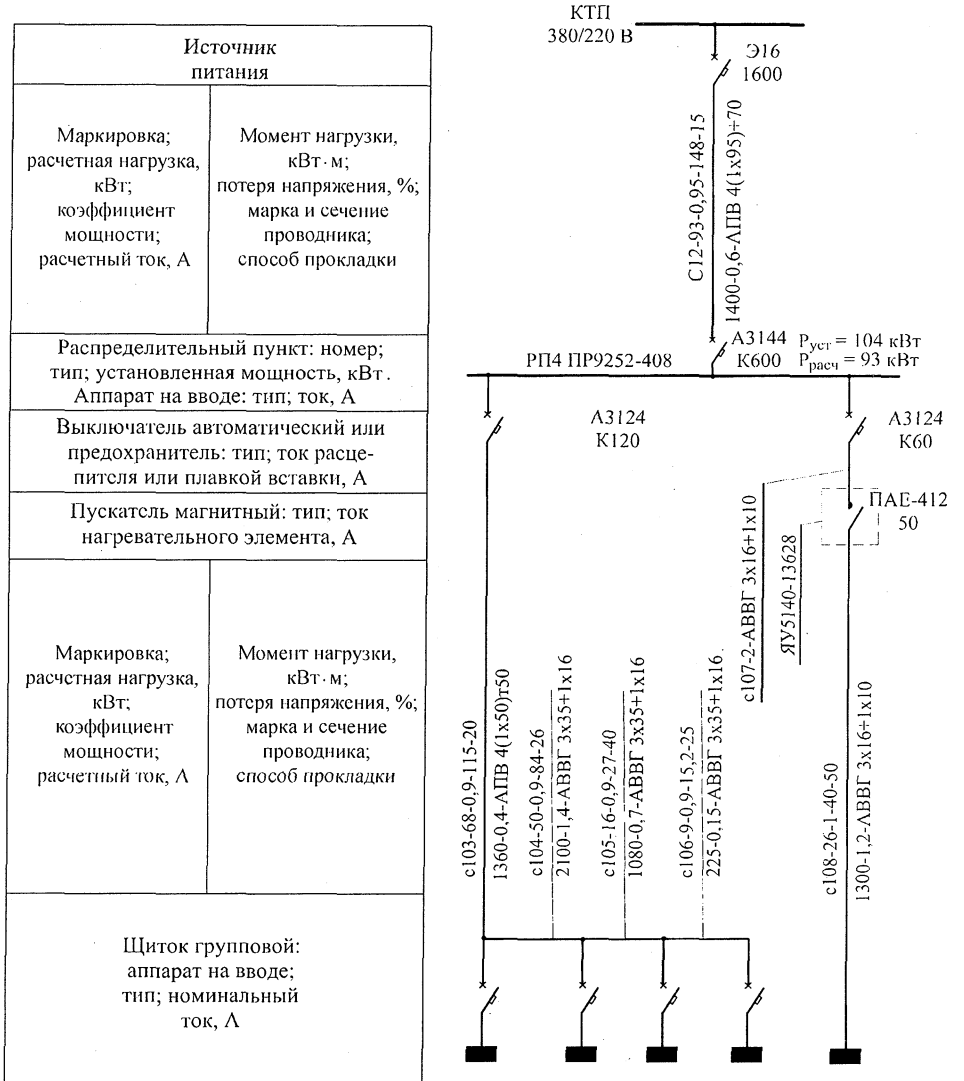



**Рис. 1.9.10.** Схема перекрестного питания освещения от двух трансформаторных подстанций: *1* — питающая сеть освещения; *2* — щит освещения; *3* — распределительная сеть освещения

В соответствии с ГОСТ 21.608—84 и ГОСТ 21.607—84 принципиальные схемы питающих и распределительных сетей освещения выполняются в однолинейном исполнении, при этом может учитываться расположение электрического оборудования по частям и этажам здания.

Примеры выполнения питающей сети внутреннего и наружного освещения приведены на рис. 1.9.11 и 1.9.12.




| Номер по схеме расположения на плане | ЩО-5 | ЩО-6 | ЩО-7 | ЩО-8 | ЩО-9 |
|---|---|---|---|---|---|
| Установленная мощность, кВт | 20 | 37 | 8 | 10 | 29 |
| Потеря напряжения до щитка, % | 1,0 | 2,4 | 3,1 | 3,25 | 1,8 |

**Рис. 1.9.11.** Пример оформления принципиальной схемы питающей сети в соответствии с ГОСТ 21.608—84

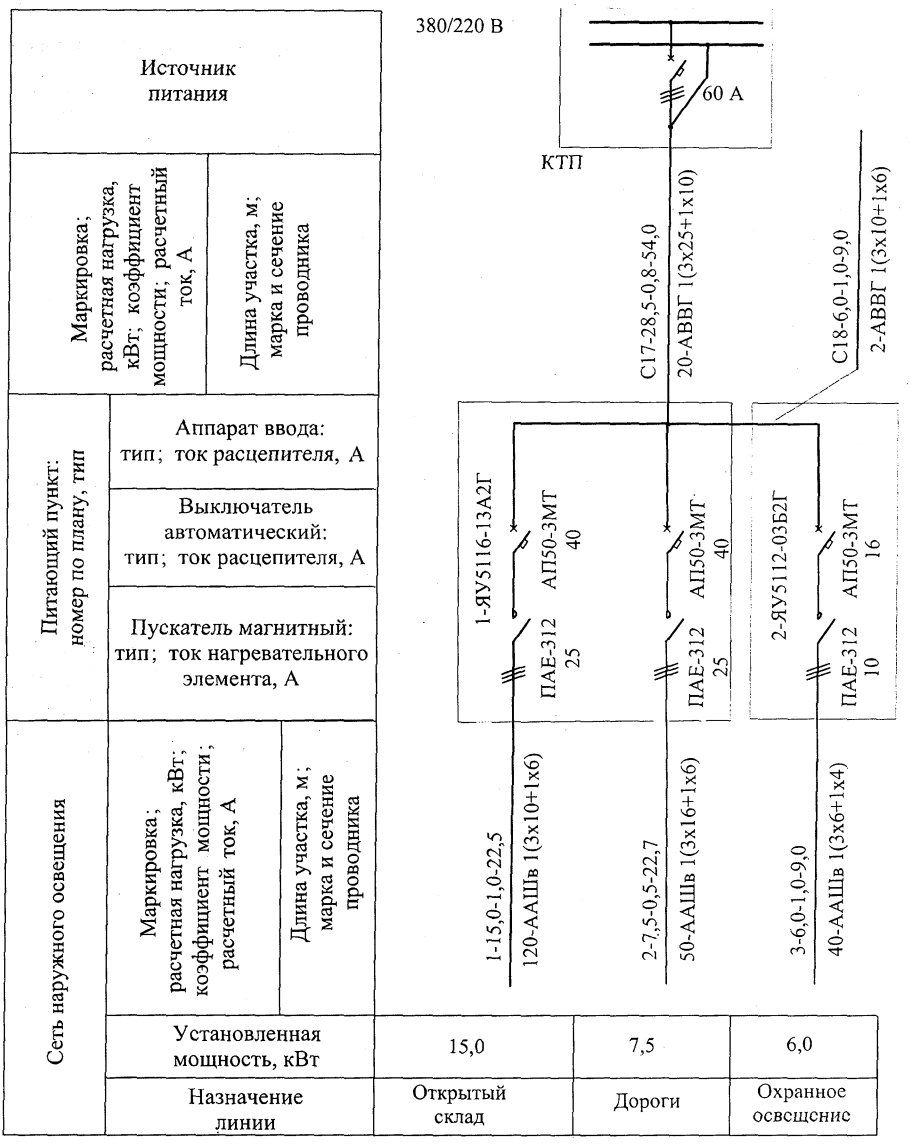



**Рис. 1.9.12.** Пример оформления принципиальной схемы питания освещения территории в соответствии с ГОСТ 21.607—82

Групповая сеть освещения предназначена для питания отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, выполняется в одно-, двух- или трехфазном исполнении. Распределение нагрузки по фазам групповой сети должно быть равномерным.

Число источников света на фазу не должно превышать значений, указанных в табл. 1.9.5. В начале каждой групповой линии должны быть установлены аппараты защиты во всех фазных проводниках. Уста-

*Таблица 1.9.5.* **Число источников света на фазу в зависимости от назначения групповой линии и источника света**

| Назначение групповой линии | Источники света | Число источников света на фазу, не более |
|---|---|---|
| Для питания источников света и штепсельных розеток | Лампы накаливания, лампы ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДнаТ | 20 |
| Для производственных, общественных, жилых зданий, освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков | Лампы накаливания мощностью до 60 Вт | 60 |
| Для питания световых карнизов, световых потолков | Лампы накаливания | 60 |
| Для питания световых карнизов, световых потолков, светильников с люминесцентными лампами | Люминесцентные лампы мощностью до 80 Вт | 60 |
| То же | Люминесцентные лампы мощностью до 40 Вт | 75 |
| » » | Люминесцентные лампы мощностью до 20 Вт | 100 |

новка аппаратов защиты в PEN, PE и N проводниках запрещается. В групповых линиях, питающих лампы мощностью 10 кВт и более, каждая лампа должна иметь самостоятельный аппарат защиты. Применение для аварийного и рабочего освещения общих групповых щитков не допускается.

# 2. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

## 2.1. Основные принципы построения системы электроснабжения города

Требования, предъявляемые к системам электроснабжения городов, и принципы их построения во многом соответствуют требованиям, перечисленным выше.

Система электроснабжения города формируется десятилетиями. По мере развития города развивается перспективная схема электроснабжения и схема развития электрических сетей города, которые строятся на основе уже существующей системы электроснабжения, с учетом возможностей источников питания, расположения подстанций с первичным напряжением 35 кВ и выше и согласовываются со схемой развития сетей энергосистемы. В генеральном плане города предусматривается территория для объектов электросетевого назначения (площадки подстанций, зона для кабельных линий, коридоры для воздушных линий электропередачи и т. п.).

Вопросы электроснабжения города решаются комплексно, с учетом возможностей использования подстанций и распределительных пунктов системы электроснабжения города для питания промышленных предприятий, расположенных на территории города.

Схема электроснабжения должна предусматривать возможности поэтапного создания за определенный срок и последующего ее развития без кардинального переустройства. При проектировании системы электроснабжения необходимо использовать более простые схемы распределения электрической энергии и применять повышенные напряжения. Подстанции следует максимально приближать к центрам электрических нагрузок районов города, при необходимости применять схемы глубоких вводов напряжением 35 кВ и выше.

Напряжения городских сетей выбираются с учетом: концепции развития города; наименьшего числа ступеней трансформации электрической энергии; технических характеристик источников питания, плотности и величины нагрузок и т. п. В любых случаях следует сокращать число трансформаций электроэнергии. Для большинства городов наиболее целесообразной является система напряжений 110—220/10 кВ, для крупнейших городов 500/220—110/10 кВ или 330/110/10 кВ. В су-

ществующих сетях следует стремиться к переводу сетей напряжением 35 кВ на напряжения 110 или 220 кВ.

Для городских распределительных сетей рекомендуется применять напряжение не ниже 10 кВ. Напряжение 6 кВ во вновь проектируемых сетях применяться не должно. При расширении и реконструкции действующих сетей 6 кВ рекомендуется переводить их на напряжение 10 кВ с использованием установленного оборудования при соответствии его характеристик напряжению 10 кВ.

Напряжение 20 кВ в городских распределительных сетях впервые в России применено в сетях Московской области в 2003 г. Использование этого напряжения должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Сети до 1 кВ выполняются на напряжение 380 В с глухим заземлением нейтрали. Напряжение 660 В при проектировании городских сетей не применяется.

## 2.2. Структурная схема электроснабжения города

Схему электроснабжения города принято делить на следующие составные части (рис. 2.2.1): электроснабжающая сеть города напряжением 35—220 кВ; питающая электрическая сеть 10(6) кВ; распределительная электрическая сеть 10(6) кВ; и распределительная сеть 380 В.

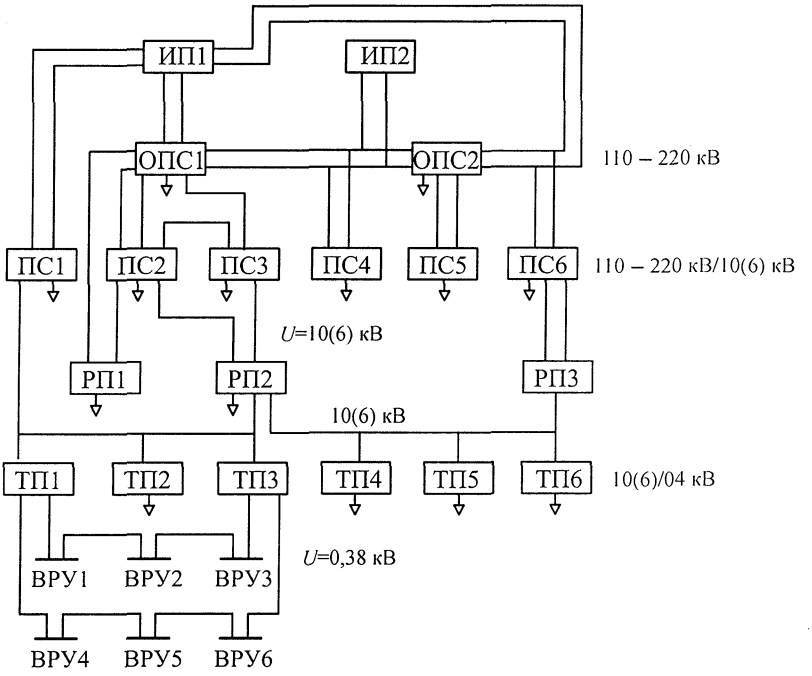



**Рис. 2.2.1.** Структурная схема электроснабжения крупного города

*Электроснабжающей сетью города* являются линии электропередачи напряжением 35—220 кВ вместе с опорными подстанциями и подстанциями глубокого ввода.

*Опорной подстанцией* (ОПС) называется подстанция, получающая электроэнергию от источника питания и распределяющая ее по кольцевой или магистральной сети по подстанциям глубокого ввода

*Питающая сеть 10(6) кВ* состоит из линий электропередачи от шин 10(6) кВ опорных подстанций или ПГВ до шин 10(6) кВ РП и связей между РП

*Распределительная сеть 10(6) кВ* — сеть от шин 10(6) кВ РП до трансформаторных подстанций 10(6) кВ.

*Распределительная сеть 380 В* — сеть от шин 0,4 кВ ТП до вводных распределительных устройств зданий и сооружений.

## 2.3. Электроснабжающая сеть города

Электроснабжающая сеть города выполняет двойственную роль: с одной стороны, с ее помощью осуществляется параллельная работа источников питания, с другой — электроснабжающая сеть используется для распределения электроэнергии среди районов города. Особенности ее построения определяются местными условиями: технической характеристикой источников питания, размерами города, величиной и плотностью нагрузки.

Для крупных городов электроснабжающая сеть выполняется в виде кольцевой или магистральной сети с двухсторонним питанием. Источниками питания служат подстанции энергосистемы или электрические станции. Кольцевое исполнение линии обеспечивает надежную и гибкую систему электроснабжения города, а также достаточно экономичное развитие электроснабжающей сети с ростом нагрузки отдельных районов города.

Напряжение кольцевой сети определяется размерами города. Для крупных и крупнейших городов сеть выполняется на напряжение 110—220 кВ и выше. Существующие сети напряжением 35 кВ, как правило, переводятся на напряжение 110 кВ.

Кольцевая сеть 110 кВ и выше должна быть связана по сети внешнего электроснабжения не менее чем с двумя территориально удаленными, независимыми источниками питания через разные опорные подстанции. Опорные подстанции рекомендуется располагать в противоположных местах кольцевой сети. Линии связи кольцевой сети с опорными подстанциями должны сооружаться по разным трассам. Пример выполнения электроснабжающей сети города приведен на рис. 2.3.1.

Увеличение пропускной способности кольцевой сети производится либо сооружением дополнительных подстанций, связанных с энерго-

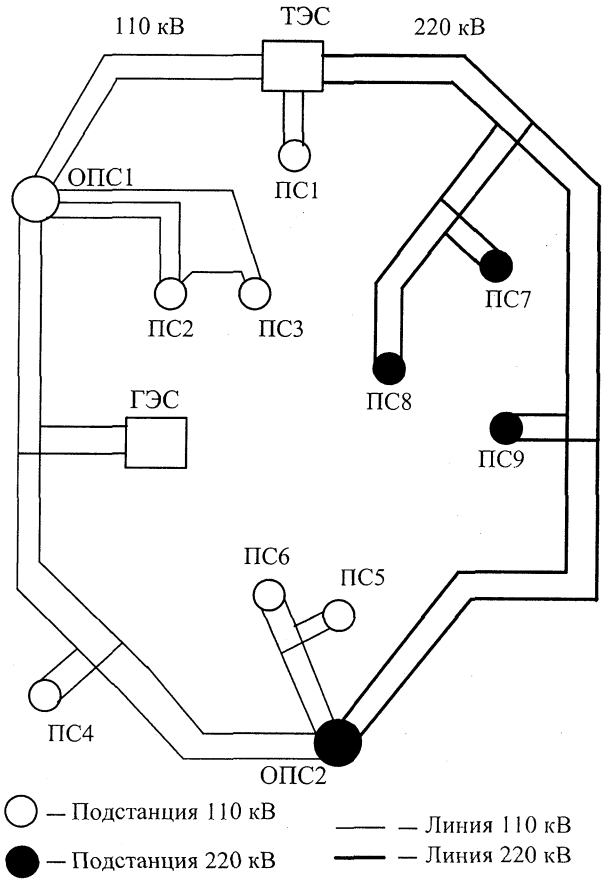



**Рис. 2.3.1.** Электроснабжающая сеть города

системой, либо усилением отдельных участков кольца за счет дополнительных кольцевых линий или создания новой кольцевой сети более высокого напряжения. К одной линии электропередачи с двухсторонним питанием рекомендуется присоединять не более трех подстанций при условии сохранения питания потребителей при аварийном отключении любого участка линии [19].

Для питания отдельных районов города сооружаются глубокие вводы напряжением 110—220 кВ. В зависимости от местных условий питание подстанций глубокого ввода может предусматриваться от разных секций шин одной или разных опорных подстанций, а также ответвлениями от кольцевой сети с двухсторонним питанием. Подстанции глубокого ввода необходимо выполнять двухтрансформаторными. Допускается применение однотрансформаторных подстанций, если может быть обеспечена требуемая надежность электроснабжения потребителей.

Принципиальные схемы глубоких вводов представлены на рис. 2.3.2. Радиальная схема глубокого ввода (рис. 2.3.2, *а*) предусмат-

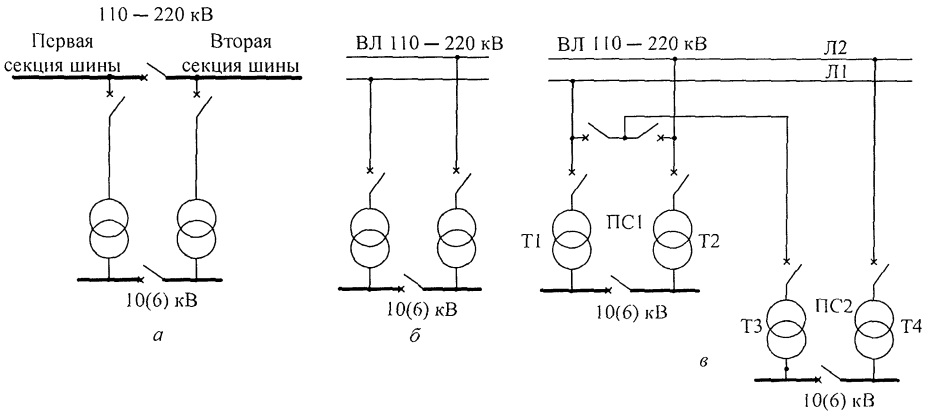



**Рис. 2.3.2.** Схемы глубокого ввода 110—220 кВ: *а* — радиальная схема; *б* — магистральная схема; *в* — магистральная схема с питанием Т3 от ПС1

ривает использование на подстанции упрощенных схем первичной коммутации. Магистральная схема питания ПГВ (рис. 2.3.2, *б*) требует установки на ПГВ коммутационных аппаратов, позволяющих отключать трансформатор при повреждениях в нем. На рис. 2.3.2, *в* приведена магистральная схема с питанием трансформатора Т3 подстанции ПС2 от подстанции ПС1. Два выключателя в перемычке подстанции ПС1 позволяют подключать Т3 к одной из двух линий 110—220 кВ.

Использование глубоких вводов связано с дроблением подстанций 35—220 кВ. При этом увеличивается стоимость сети 35—220 кВ, но резко сокращаются затраты, вкладываемые в сеть 10(6) кВ, за счет уменьшения протяженности сети, снижения числа распределительных подстанций 10(6) кВ, потерь мощности, энергии, напряжения.

Мощность трансформаторов подстанций должна соответствовать [19]: при питании по воздушным линиям электропередачи напряжением 110 кВ не менее 25 МВ·А, по линиям 220 кВ не менее 40 МВ·А; при питании по кабельным линиям 110—220 кВ не менее 40 МВ·А.

## 2.4. Схемы питающих и распределительных электрических сетей 10(6) кВ

### Схемы питающих электрических сетей 10(6) кВ

Назначение питающих электрических сетей — концентрированная передача мощности в районы, удаленные от подстанций глубокого ввода и опорных подстанций. Питающие электрические сети состоят из распределительных пунктов и линий электропередачи, питающих эти пункты.

Целесообразность сооружения распределительных пунктов должна определяться в каждом конкретном случае технико-экономическими расчетами. Допускается применение распределительных пунктов при нагрузке на их шинах не менее 7 МВт при напряжении 10 кВ, не менее 4 МВт при напряжении 6 кВ [19]. Распределительные пункты на 10(6) кВ обычно выполняются с одной системой шин (секционированной или несекционированной).

Питание распределительных пунктов осуществляется по радиальным схемам от разных секций шин 10(6) кВ опорных подстанций или подстанций глубокого ввода либо от разных подстанций. Шины 10(6) кВ ОПС или ПГВ называют **центром питания** (ЦП).

На рис. 2.4.1 представлены радиальные схемы питания распределительных пунктов. В схеме питания, показанной на рис. 2.4.1, *а*, питающие линии могут работать параллельно и раздельно. При параллельной работе линий обеспечивается минимум потерь электроэнергии в питающей сети. Такой режим обеспечивается включенными секционными выключателями на ЦП и РП или питанием обеих линий от одной секции шин ЦП. В последнем случае при повреждении шин прерывается электроснабжение потребителей.

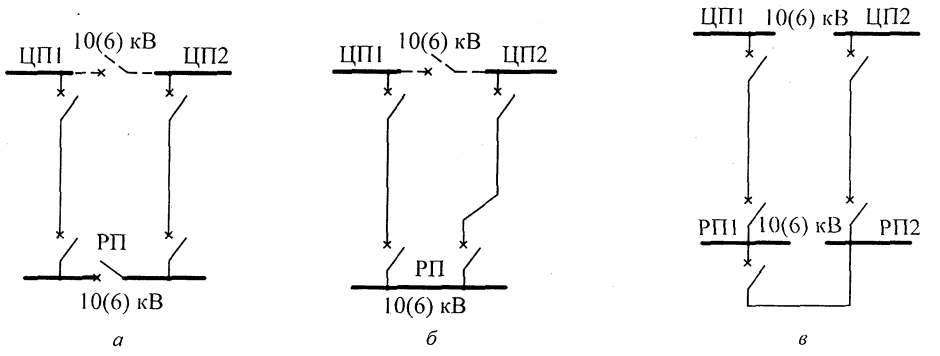



**Рис. 2.4.1.** Радиальные схемы питания РП 10(6) кВ: *а* — РП с секционированной системой шин при раздельной или параллельной работе питающих линий; *б* — РП с несекционированной системой шин с резервной питающей линией; *в* — РП с несекционированной системой шин с резервированием по связям между РП

При раздельной работе линий предполагается режим разомкнутого секционного выключателя на распределительном пункте и в центре питания. Питание потребителей при исчезновении напряжения на одной из секций шин РП восстанавливается путем автоматического включения секционного выключателя. Если на распределительной подстанции используется несекционированная система шин, то резервирование осуществляется путем использования резервной питающей линии (рис. 2.4.1, *б*) либо путем горизонтальных связей между разными распределительными пунктами (рис. 2.4.1, *в*). И в том, и в другом случае может предусматриваться устройство АВР.

## Схемы распределительных сетей 10(6) кВ [19]

Для электроснабжения электроприемников первой категории используются следующие схемы (рис. 2.4.2):

- радиальная (рис. 2.4.2, *а*);
- двухлучевая с односторонним питанием (рис. 2.4.2, *б*);
- двухлучевая с двухсторонним питанием (рис. 2.4.2, *в*);
- трехлучевая с двухсторонним питанием (рис. 2.4.2, *г*).

Во всех вариантах исполнения сети электроснабжение потребителей не прекращается при повреждениях на линии 10(6) кВ или в трансформаторе, так как в схеме предусматривается АВР на секционном выклю-

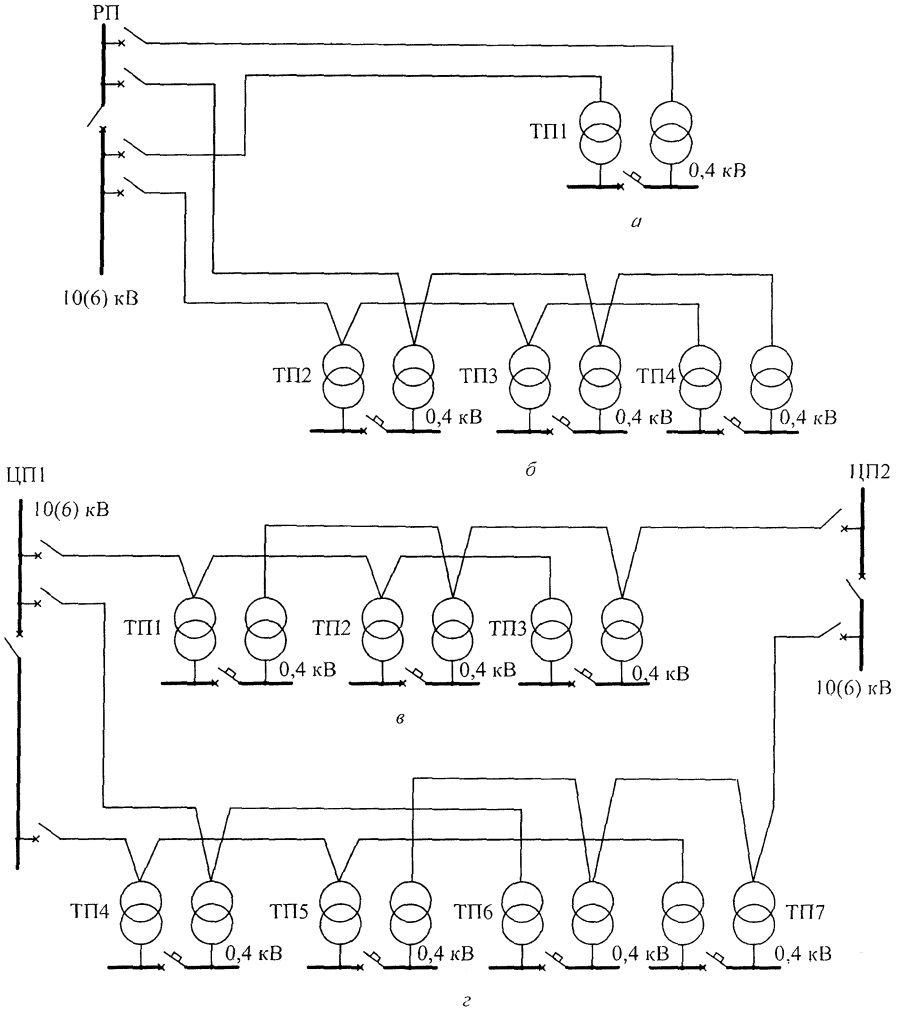



**Рис. 2.4.2.** Схемы питания трансформаторных подстанций в городских сетях: *а* — радиальная; *б* — двухлучевая с односторонним питанием; *в* — двухлучевая с двухсторонним питанием; *г* — трехлучевая с двухсторонним питанием

чателе РП 10(6) кВ и на стороне 0,38 кВ ТП. Схемы с АВР называют автоматизированными схемами.

Для электроснабжения электроприемников второй категории применяются петлевые и кольцевые схемы питания При этом на подстанции устанавливается, как правило, один трансформатор (рис 2.4.3, *а*, *б*). Допускается применение двухлучевых и других автоматизированных схем, рекомендованных для электроприемников первой категории, если их применение приводит к увеличению приведенных затрат на сооружение сети не более чем на 5 %.

Для электроснабжения районов с электроприемниками первой и второй категорий рекомендуется применение комбинированной петлевой и одно- или двухлучевой схемы (рис. 2.4.3, *в*).

Для районов с электроприемниками третьей категории рекомендуются петлевые схемы.

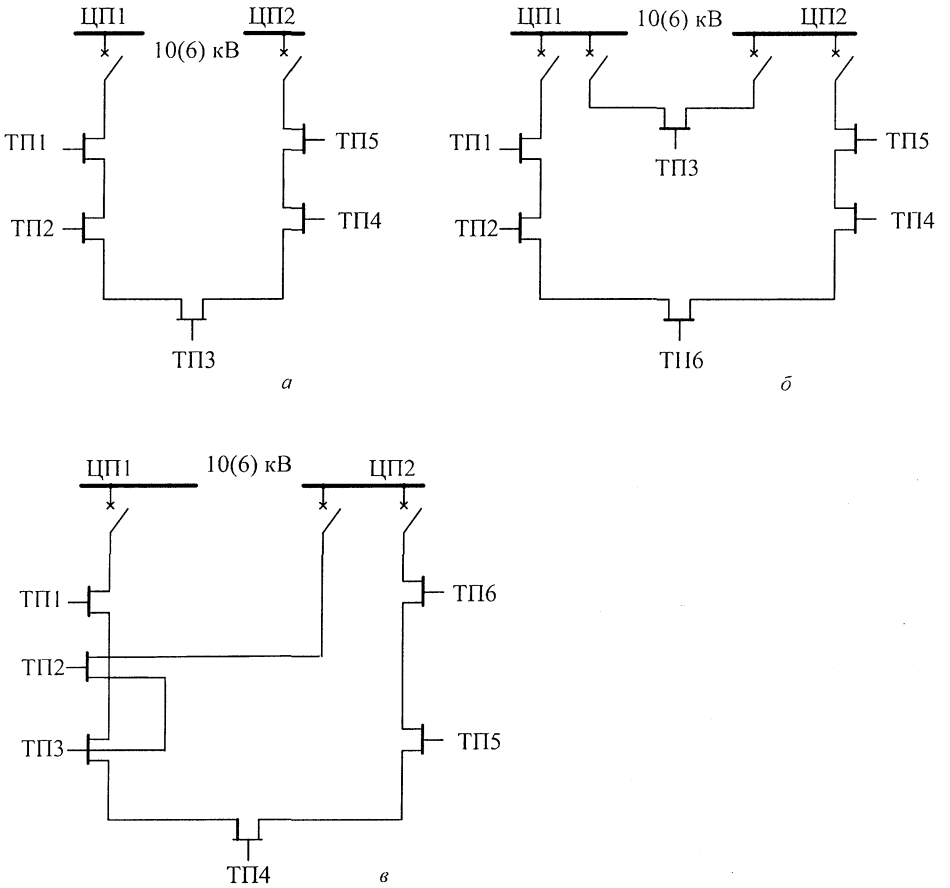



**Рис. 2.4.3.** Схемы питания трансформаторных подстанций в городских сетях: *а* — петлевая; *б* — кольцевая; *в* — комбинированная петлевая и однолучевая

**Автоматизация распределительной сети 10(6) кВ**

В городских электрических сетях для передачи электрической энергии часто применяют воздушные линии. Одним из основных путей повышения надежности работы распределительных воздушных электрических сетей 10(6) кВ является их секционирование и автоматизация. Схема с автоматическим секционированием и резервированием называется **схемой с сетевым АВР**. Традиционно автоматизация электрической сети выполняется с помощью выключателей, устанавливаемых в петлевых и кольцевых сетях в точке токораздела, для чего могут использоваться пункты секционирования, комплектные распределительные ячейки К-112, К-112М и др.

Для этой же цели могут быть применены выключатели-реклоузеры, которые устанавливаются на опоре совместно с устройствами современной релейной защиты и автоматики и соответствующими средствами связи. Выпуск реклоузеров с выключателями ВВ/TEL на номинальный ток 630 А и ток отключения 16 кА освоила фирма «Таврида Электрик».

## 2.5. Схемы электрических сетей на 0,38 кВ

Питание электроприемников первой категории следует осуществлять от разных трансформаторных подстанций, присоединенных к независимым источникам питания (на рис. 2.5.1 этому условию соответствуют вводные распределительные устройства В3, В5). При этом необходимо предусматривать необходимые резервы в пропускной способности элементов схемы в зависимости от нагрузок электроприемников первой категории. На шинах 0,38 кВ двухтрансформаторных ТП и непосредственно у потребителя должно быть предусмотрено АВР (возможные варианты выполнения схем АВР на шинах 0,38 кВ на контакторах и автоматических выключателях показаны на рис. 2.5.2, *а*, *б*).

Для электроприемников второй категории рекомендуются к применению петлевые схемы на 0,38 кВ в сочетании с петлевыми схемами на стороне 10(6) кВ. При этом линии 0,38 кВ в петлевых схемах могут присоединяться к одной или разным ТП. Рекомендуется параллельная работа трансформаторов на напряжении 0,38 кВ по схеме «со слабыми» связями или по полузамкнутой схеме при условии обслуживания указанных сетей 0,38 кВ электроснабжающей организацией.

Для электроприемников третьей категории рекомендуется схема одиночной магистрали с односторонним питанием. При применении в сети 0,38 кВ воздушных линий электропередачи резервирование линий может не предусматриваться. При применении кабельных линий должна учитываться возможность использования временных шланговых кабелей.

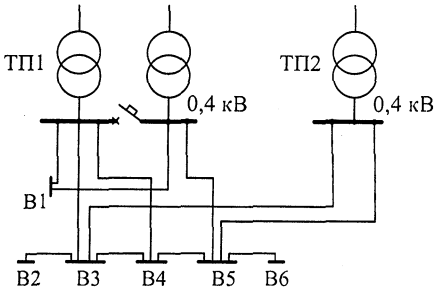



**Рис. 2.5.1.** Схема распределения электрической энергии

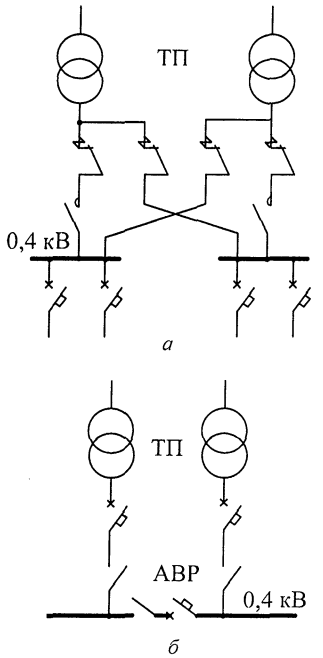



**Рис. 2.5.2.** Варианты выполнения АВР:
*а* — с контакторами; *б* — с автоматическими выключателями

**Электроснабжение жилых, общественных, административных и бытовых зданий.** Питание электроприемников должно осуществляться от сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S [3]. На вводе в здании должно быть установлено вводное устройство, вводно-распределительное устройство или главный распределительный щит. В здании может устанавливаться одно или несколько ВУ или ВРУ. При воздушном вводе должны устанавливаться ограничители перенапряжений.

На ВУ, ВРУ на всех вводах питающих линий должны быть установлены аппараты защиты (при необходимости — аппараты управления). На отходящих линиях допускается установка одного аппарата защиты (при необходимости — аппарата управления) для нескольких линий. Электрические цепи в пределах ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительных

пунктов и групповых щитков, а также внутренние электропроводки следует выполнять проводами и кабелями с медными жилами

Во всех зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего назначения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, должны выполняться трехпроводными (фазный L, нулевой рабочий N и нулевой защитный PE проводники).

**Запрещается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий!**

**Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать к проводникам под общий контактный зажим!**

Минимально допустимые сечения N и PE проводников определяют Правила устройства электроустановок.

**Применение устройств защитного отключения (УЗО) в электроустановках жилых и общественных зданий** позволяет обеспечить высокую степень защиты людей от поражения электрическим током при прямом и косвенном прикосновении и снизить пожарную опасность электроустановок. УЗО реагируют на дифференциальный ток (на разность токов в фазных и нулевом рабочем проводниках в пятипроводной сети и фазном и нулевом рабочем проводниках — в трехпроводной сети).

УЗО представляет собой коммутационный аппарат, который при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения должен приводить к отключению электрической цепи. Необходимость применения УЗО, место установки и номинальный ток срабатывания определяются проектной организацией в соответствии с требованиями заказчика и утвержденными в установленном порядке нормативными документами. Промышленностью выпускаются УЗО в виде самостоятельных аппаратов и в виде дополнительного элемента к автоматическому выключателю. Автоматические выключатели с УЗО называются дифференциальными.

При установке УЗО последовательно в сети (при двух- и многоступенчатой схемах) должны выполняться требования селективности. УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь установку и время срабатывания не менее чем в три раза большую, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю. В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

Не допускается применять УЗО в четырех проводных трехфазных цепях (система TN-C). В случае необходимости применения УЗО для отдельных электроприемников, получающих питание от системы TN-C, защитный PE проводник электроприемника должен быть подключен к PEN проводнику цепи, питающей электроприемник до защитно-коммутационного аппарата. Примеры выполнения УЗО в квартирах приведены на рис. 2.5.3—2.5.6 [22].

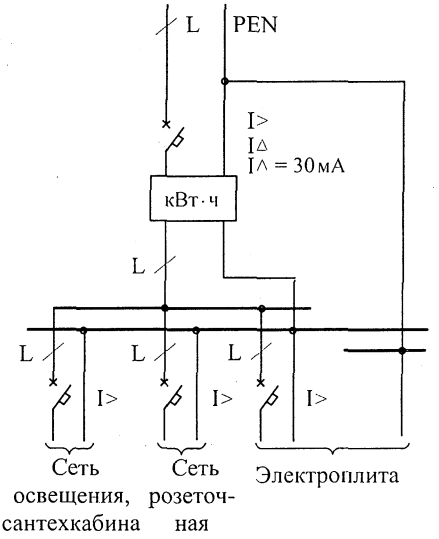



**Рис. 2.5.3.** Схема электроснабжения квартиры при отсутствии PE проводника в розеточной сети для существующего жилого фонда

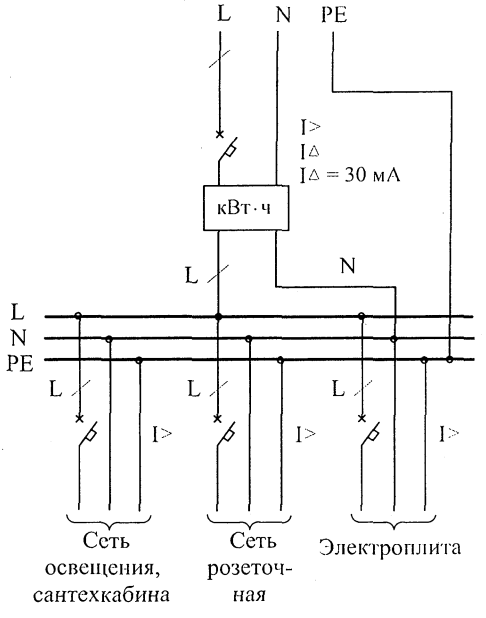



**Рис. 2.5.4.** Схема электроснабжения квартиры с системой TN-C-S

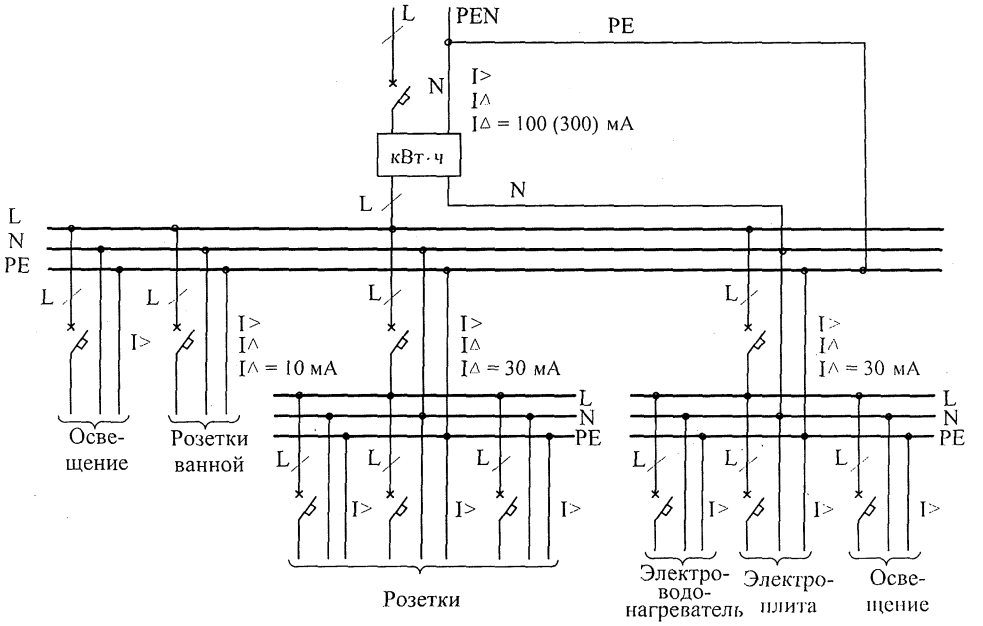



**Рис. 2.5.5.** Схема электроснабжения квартиры повышенной комфортности с однофазным вводом с системой TN-C-S

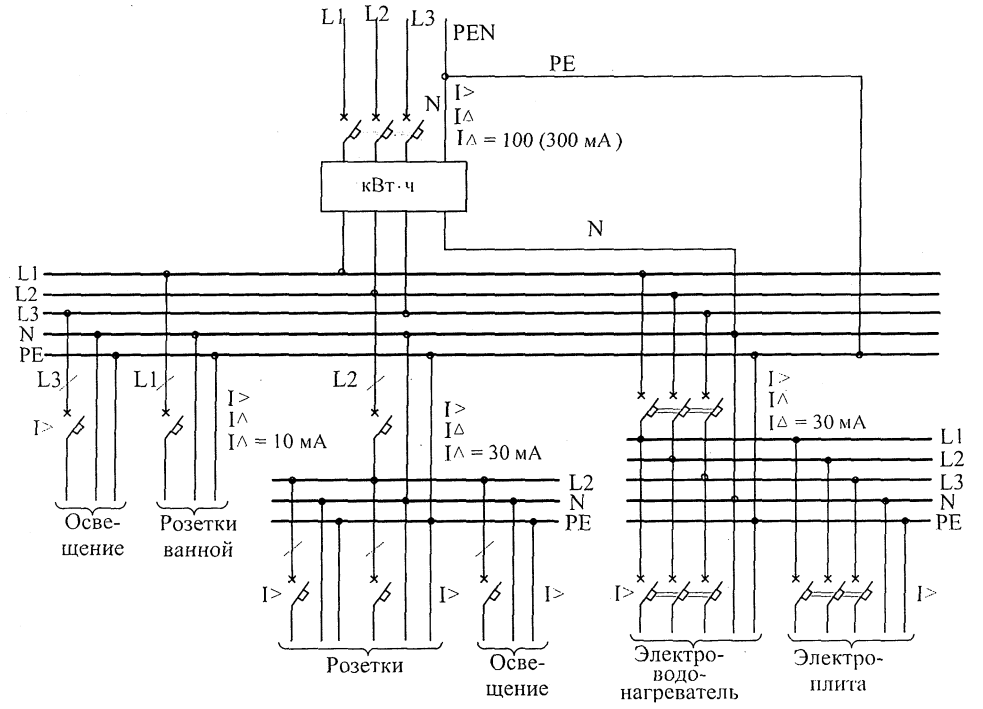



**Рис. 2.5.6.** Схема электроснабжения квартиры повышенной комфортности с трехфазным вводом с системой TN-C-S

# 3. ПОДСТАНЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

## 3.1. Классификация подстанций

Функционально подстанции делятся на трансформаторные, преобразовательные и распределительные.

*Трансформаторные подстанции* предназначены для приема, преобразования (тока и напряжения), распределения электрической энергии.

*Преобразовательные подстанции* предназначены для приема, преобразования (частоты, рода тока) и распределения электрической энергии.

*Распределительные подстанции* предназначены для приема и распределения электрической энергии без ее преобразования.

Трансформаторные подстанции по значению в системе электроснабжения делятся на главные понизительные подстанции, подстанции глубокого ввода, трансформаторные подстанции 10(6) кВ (ТП). Последние называются цеховыми подстанциями в промышленных сетях, городскими — в городских сетях.

Распределительные подстанции делятся на узловые распределительные подстанции напряжением 110 кВ и выше; центральные распределительные подстанции (пункты) напряжением 10(6) кВ; распределительные подстанции (пункты) напряжением 10(6) кВ.

В зависимости от способа присоединения подстанции к питающей линии трансформаторные подстанции делятся на тупиковые, проходные, ответвительные.

Если линия питает только одну подстанцию, то подстанция называется тупиковой (рис. 3.1.1, *а*). К тупиковым подстанциям относятся подстанции, получающие питание по радиальным схемам, и последние подстанции в магистральной схеме с односторонним питанием. Про-

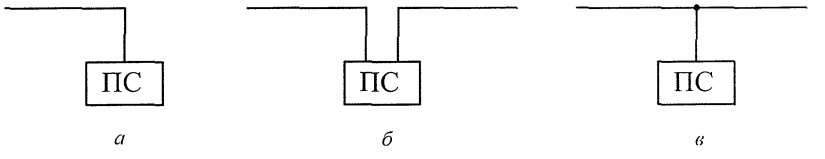



**Рис. 3.1.1.** Схемы присоединения подстанций к питающей линии
*а* — тупиковая, *б* — проходная, *в* — ответвительная

ходная подстанция включается в рассечку питающей магистральной линии, т. е. имеется вход и выход питающей линии (рис. 3.1.1, *б*).

Если подстанция подключается через ответвление от питающей линии, она называется ответвительной (3.1.1, *в*).

По типу подстанции делятся на открытые и закрытые. Открытой подстанцией называется подстанция с открытой установкой трансформаторов, закрытой — подстанция, все элементы которой (распределительные устройства и трансформаторы) устанавливаются в специальном помещении.

В зависимости от места установки и размещения оборудования подстанции напряжением 10(6) кВ делятся на внутрицеховые, встроенные, пристроенные, отдельно стоящие.

*Внутрицеховой* подстанцией называется подстанция, расположенная внутри здания (открыто или в отдельном закрытом помещении).

*Встроенной подстанцией* называется подстанция, вписанная в контур основного здания.

*Пристроенная подстанция* непосредственно примыкает к основному зданию.

*Отдельно стоящая подстанция* располагается отдельно от производственных и общественных зданий.

В зависимости от числа обмоток трансформатора подстанции могут быть с двух- и трехобмоточными трансформаторами, с расщепленными обмотками низшего напряжения.

## 3.2. Структурные схемы трансформаторных подстанций

Подстанция с двухобмоточными трансформаторами состоит из трех основных узлов: распределительного устройства высшего напряжения (РУВН); силового трансформатора или автотрансформатора[1] (одного или нескольких), распределительного устройства низшего напряжения (РУНН) (рис. 3.2.1, *а*, *в*), вспомогательных устройств (компрессорных, аккумуляторных и т. п.), устройств релейной защиты, автоматики, измерения. В подстанциях с трехобмоточными трансформаторами добавляется четвертый узел — распределительное устройство среднего напряжения (РУСН) (рис. 3.2.1, *б*). В схемах электроснабжения могут применяться трансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения (рис. 3.2.1, *в*, *д*), что приводит к увеличению секций сборных шин в РУНН. Применение трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения позволяет уменьшить токи короткого замыкания за трансформаторами. С этой же целью на подстанциях могут устанавливаться сдвоенные реакторы (рис. 3.2.1, *г*, *д*).

[1] В дальнейшем, если не требуется уточнений, под термином «трансформатор» будет подразумеваться и автотрансформатор.

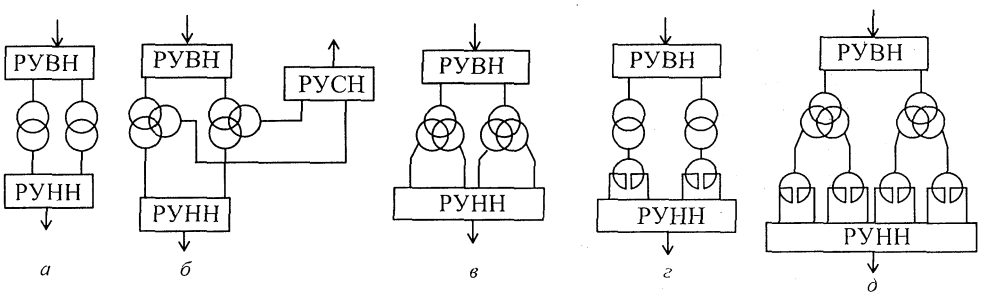



**Рис. 3.2.1.** Структурные схемы трансформаторных подстанций

Распределительное устройство высокого напряжения подстанции чаще всего выполняет функции приема электрической энергии от линии электропередачи к трансформатору. В отдельных случаях РУВН может выполнять функции приема и распределения электроэнергии (по требованию энергоснабжающей организации или при целесообразности питания от главной понизительной подстанции нескольких подстанций глубокого ввода на напряжениях 110—330 кВ).

Распределительные устройства средних и низших напряжений всегда выполняют функции приема и распределения электроэнергии. Аналогичные функции выполняют и распределительные подстанции. Идентичность функций определяет идентичность схем и конструкций распределительных устройств и распределительных подстанций, поэтому в дальнейшем под термином «распределительное устройство» может подразумеваться и распределительная подстанция.

Распределительные устройства могут быть комплектными, сборными, открытыми и закрытыми. При стесненной городской и промышленной застройке в распределительных устройствах может быть применено электрооборудование с элегазовой изоляцией.

## 3.3. Общие вопросы проектирования подстанций

Проектирование подстанций регламентируется нормативными документами, разработанными институтами Энергосетьпроект и Тяжпромэлектропроект [25] и [26]. Проект подстанции разрабатывается на 5 лет с момента предполагаемого ввода ее в эксплуатацию и с перспективой развития на последующее время (не менее 5 лет).

Проектирование подстанций ведется на основе следующих утвержденных схем:

- схемы развития энергосистемы или электрических сетей города;
- схемы внешнего электроснабжения объекта (промышленного предприятия, микрорайона города и т. д.);
- схемы организации ремонта, технического и оперативного обслуживания;

- схемы развития средств управления общесистемного назначения (СУОН), включающие в себя релейную защиту и автоматику аварийного режима (РЗА), противоаварийную автоматику, а также схемы развития автоматизированных систем диспетчерского управления.

Исходными данными для проектирования служат:

- район размещения подстанции;
- нагрузки на расчетный период и их перспективное развитие с указанием распределения по напряжениям и категориям;
- число присоединяемых линий напряжением 35 кВ и выше, их нагрузки;
- число линий 10(6) кВ и их нагрузки;
- расчетные значения токов однофазного и трехфазного короткого замыкания с учетом развития сетей и генерирующих источников на срок не менее пяти лет, считая от предполагаемого ввода в эксплуатацию;
- уровни и пределы регулирования напряжения на шинах подстанции и необходимость дополнительных регулирующих устройств с учетом требований к качеству электрической энергии;
- режимы заземления нейтралей трансформаторов;
- границы раздела обслуживания объектов различными энергообъединениями и энергопредприятиями и т. д.

При проектировании подстанций решаются следующие задачи:

- выбор площадки для строительства подстанции;
- выбор типа и исполнения подстанций и распределительных устройств (закрытого или открытого типа, комплектная, сборная и т. д.);
- определение схемы электрических соединений распределительных устройств высокого, среднего и низшего напряжений;
- ограничение токов короткого замыкания;
- выбор основного электротехнического оборудования и токоведущих частей;
- ограничение перенапряжений, выбор места установки, числа ограничителей перенапряжений или вентильных разрядников и других защитных средств для ограничения перенапряжений;
- заземление подстанций;
- выбор источников оперативного тока и источников питания собственных нужд подстанции;
- управление, релейная защита, автоматика, сигнализация.

Для трансформаторных подстанций дополнительно решаются следующие задачи:

- выбор числа трансформаторов, определение их мощности, номинальных напряжений, соотношения мощностей обмоток трехобмоточных трансформаторов;

- выбор режимов заземления нейтралей трансформаторов; при необходимости решается вопрос компенсации емкостных токов в электрических сетях 6—35 кВ (выбор места установки, числа и мощности дугогасящих реакторов);
- определение уровней и пределов регулирования напряжения на шинах подстанции, необходимости установки дополнительных регулирующих устройств с учетом требований к качеству электрической энергии.

Основные рекомендации для решения вышеперечисленных вопросов приведены в [25]. Кроме того, Министерством энергетики РФ изданы «Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35—750 кВ» (Издательство НЦ ЭНАС, 2004 г.).

## 3.4. Распределительные устройства напряжением 6—220 кВ

### 3.4.1. Основные элементы распределительных устройств

Распределительные устройства всех напряжений, осуществляющие прием и распределение электрической энергии, выполняются со сборными шинами. Распределительные устройства ВН трансформаторных подстанций, предназначенные только для приема электрической энергии (без ее распределения), выполняются без сборных шин по блочным, мостиковым и другим схемам.

Распределительное устройство со сборными шинами состоит из сборных шин, к которым через ответвительные шины подключаются различные присоединения:

- питающие линии (ввод);
- отходящие линии;
- секционирование;
- трансформаторы напряжения;
- трансформаторы для собственного обслуживания;
- заземляющие разъединители сборных шин и др.

**Сборными шинами** называются короткие участки шин жесткой или гибкой конструкции, обладающие малым электрическим сопротивлением, предназначенные для подключения присоединений.

По своему назначению сборные шины делятся на рабочие, резервные и обходные. Рабочая система шин в нормальном режиме находится под напряжением и осуществляет питание всех подключенных к ней присоединений. Резервная система шин служит для питания присоединений подстанции в случае ремонта или ревизии рабочей системы шин. В нормальном режиме резервная система шин находится не под напряжением. Обходная система шин применяется при повышенных требованиях к надежности электроснабжения и позволяет осуществлять кон-

троль и ремонт любого коммутационного аппарата без отключения потребителей. В нормальном режиме обходная система шин не под напряжением.

На всех присоединениях на участках от сборных шин до выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения и т. п., а также на участках, где возможна подача напряжения от других источников напряжения, обязательно устанавливаются разъединители, обеспечивающие видимый разрыв цепи. Указанное требование не распространяется на шкафы КРУ и КРУН с выкатными тележками, высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, разрядники, устанавливаемые на вводах трансформаторов и на отходящих линиях.

Питающие и отходящие линии подключаются к сборным шинам через разъединители и выключатели. На каждую линию необходим один выключатель, один или два шинных разъединителя (в зависимости от применяемой системы сборных шин) и один линейный разъединитель (рис. 3.4.1, *а*, *б*). Выключатель служит для включения и отключения линии в нормальных и аварийных режимах. Шинный разъединитель предназначен для создания видимого отключения сети и создания безопасных условий для проведения контроля и ремонта выключателя, а также при двух системах шин — для переключения присоединений с одной системы шин на другую без перерыва в работе. Линейный разъединитель предусматривается в присоединениях, где при отключенном выключателе линия может оказаться под напряжением и необходимо видимое отключение линии для безопасного ремонта выключателя.

При использовании комплектных распределительных устройств выкатного исполнения выключатели, трансформаторы напряжения и другое оборудование устанавливаются на выкатных тележках. В этом случае на схеме указываются штепсельные разъемы (рис. 3.4.1, *в*).

В распределительных устройствах обязательно предусматриваются стационарные заземляющие ножи, обеспечивающие заземление аппаратов и ошиновки без применения переносных заземлителей. Распре-

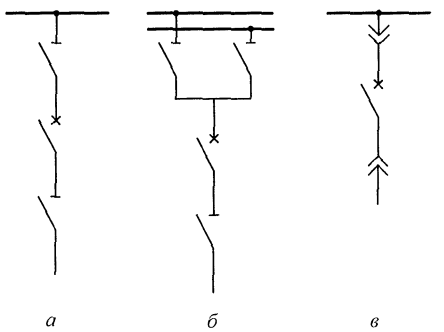



**Рис. 3.4.1.** Присоединения выключателей к сборным шинам: *а* — с одной системой шин; *б* — с двумя системами шин; *в* — с одной системой шин выкатного исполнения

делительные устройства должны быть оборудованы оперативной блокировкой, исключающей ошибочные действия с разъединителями, выключателями, заземляющими ножами и т. д.

На присоединениях питающих и отходящих линий кроме коммутационных аппаратов устанавливаются трансформаторы тока, на воздушных линиях напряжением 35 кВ и выше — высокочастотные заградители и конденсаторы связи.

Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждую систему шин, а если система шин делится на части (секции), то на каждую секцию шин. Трансформаторы напряжения подключаются к сборным шинам через разъединители и предохранители в РУ 6—35 кВ и через разъединители в РУ 110 кВ и выше.

При необходимости в распределительном устройстве предусматриваются трансформаторы для собственного обслуживания, которые служат для питания оперативных цепей, а также освещения технологических и вспомогательных зданий и сооружений подстанции. Трансформаторы для собственного назначения подключаются через предохранители до выключателей ввода, если ТСН используются для питания оперативных цепей, и на сборные шины, если ТСН не используются для питания оперативных цепей.

### 3.4.2. Схемы распределительных устройств напряжением 6—220 кВ со сборными шинами

Применяются следующие схемы распределительных устройств [26]:

- с одной несекционированной системой шин;
- с одной секционированной системой шин;
- с двумя одиночными секционированными системами шин[1];
- с четырьмя одиночными секционированными системами шин[2];
- с одной секционированной и обходной системами шин;
- с двумя системами шин;
- с двумя секционированными системами шин;
- с двумя системами шин и обходной;
- с двумя секционированными системами шин и обходной.

**Схема с одной несекционированной системой шин** — самая простая схема, которая применяется в сетях 6—35 кВ (рис. 3.4.2). В сетях 10(6) кВ схему называют **одиночной системой шин**. На отходящих и питающих линиях устанавливается один выключатель, один шинный и один линейный разъединители.

---

[1] Для РУ 10(6) кВ ПС с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой или с одним трансформатором с расщепленной обмоткой и двумя сдвоенными реакторами.

[2] Для РУ 10(6) кВ ПС с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой и двумя сдвоенными реакторами.

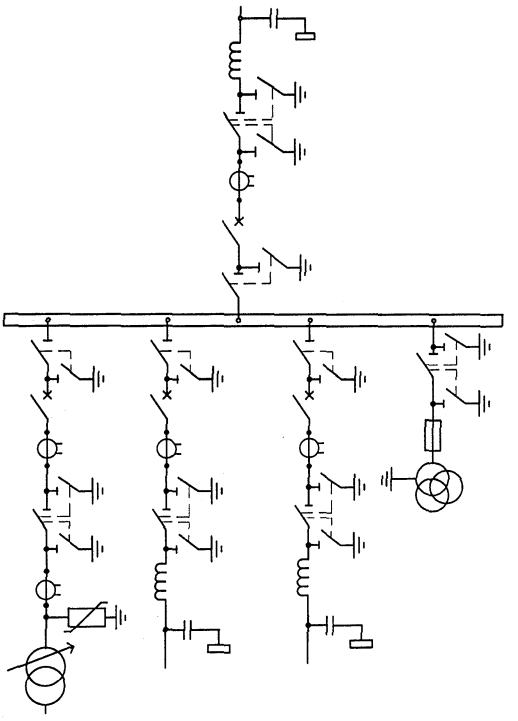


**Рис. 3.4.2.** Схема с одной системой шин

Недостатки данной схемы:

- в схеме используется один источник питания;
- профилактический ремонт сборных шин и шинных разъединителей связан с отключением распределительного устройства, что приводит к перерыву электроснабжения всех потребителей на время ремонта;
- повреждения в зоне сборных шин приводят к отключению распределительного устройства;
- ремонт выключателей связан с отключением соответствующих присоединений.

**Схема с одной секционированной выключателем системой шин** (рис. 3.4.3) позволяет частично устранить перечисленные выше недостатки предыдущей схемы путем секционирования системы шин, т. е. разделения системы шин на части с установкой в точках деления секционных выключателей. Секционирование, как правило, выполняется так, чтобы каждая секция шин получала питание от разных источников питания. Число присоединений и нагрузка на секциях шин должны быть по возможности равными.

В нормальном режиме секционный выключатель может быть включен (параллельная работа секций шин) или отключен (раздельная работа секций шин). В системах электроснабжения промышленных предприятий и городов предусматривается обычно раздельная работа сек-

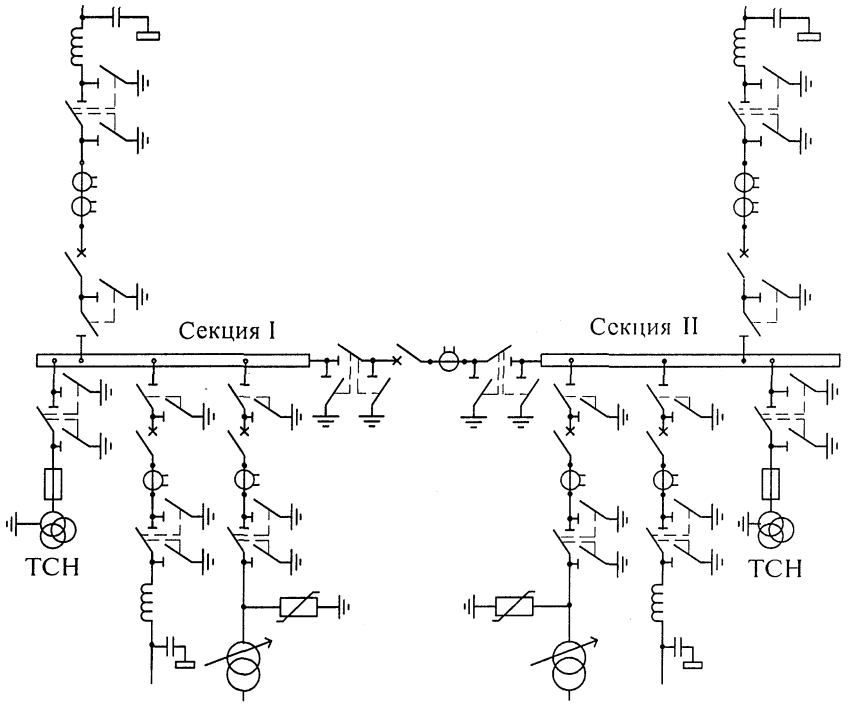



**Рис. 3.4.3.** Схема с одной секционированной системой шин

ций шин. Данная схема проста, наглядна, экономична, обладает достаточно высокой надежностью, широко применяется в промышленных и городских сетях для электроснабжения потребителей любой категории на напряжениях до 35 кВ включительно. Допускается применять данную схему при пяти и более присоединениях в РУ 110—220 кВ из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии возможности замены выключалей в эксплуатационный период. В сетях 10(6) кВ эта схема имеет преимущество. По сравнению с одиночной несекционированной системой шин данная схема имеет более высокую надежность, так как при коротком замыкании на сборных шинах отключается только одна секция шин, вторая остается в работе.

Недостатки схемы с одной секционированной выключаталем системы шин:

- на все время проведения контроля или ремонта секции сборных шин один источник питания отключается;
- профилактический ремонт секции сборных шин и шинных разъединителей связан с отключением всех линий, подключенных к этой секции шин;
- повреждения в зоне секции сборных шин приводят к отключению всех линий соответствующей секции шин;
- ремонт выключателей связан с отключением соответствующих присоединений.

Вышеперечисленные недостатки частично устраняются при использовании схем с большим числом секций. На рис. 3.4.4 представлена схема РУ 10(6) кВ подстанции с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой или с двумя сдвоенными реакторами. Схема имеет четыре секции шин и называется **«две одиночные секционированные выключателями системы шин»**. При наличии одновременно двух трансформаторов с расщепленной обмоткой и двух сдвоенных реакторов применяется схема, состоящая из восьми секций шин, которая называется **«четыре одиночные секционированные выключателями системы шин»** (рис. 3.4.5).

**Схема с одной секционированной выключателем и обходной системами шин** позволяет проводить ревизию и ремонт выключателей без отключения присоединения. В нормальном режиме обходная система шин находится без напряжения, разъединители, соединяющие линии и трансформаторы с обходной системой шин, отключены. В схеме могут быть установлены два обходных выключателя, осуществляющие связь каждой секции шин с обходной. В целях экономии средств ограничиваются одним обходным выключателем с двумя шинными разъединителями, с помощью которых обходной выключатель может быть присоединен к первой или второй секциям шин. Именно эта схема предлагается в качестве типовой для распределительных устройств напряжением 110—220 кВ при пяти и более присоединениях (рис. 3.4.6).

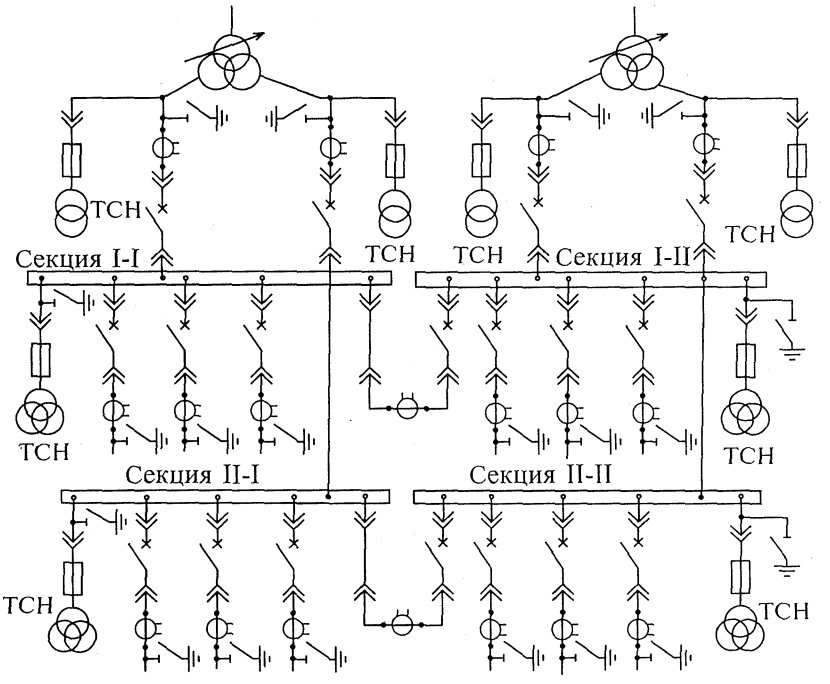



**Рис. 3.4.4.** Схема с двумя одиночными секционированными системами шин (ТСН при постоянном оперативном токе подключаются к сборным шинам)

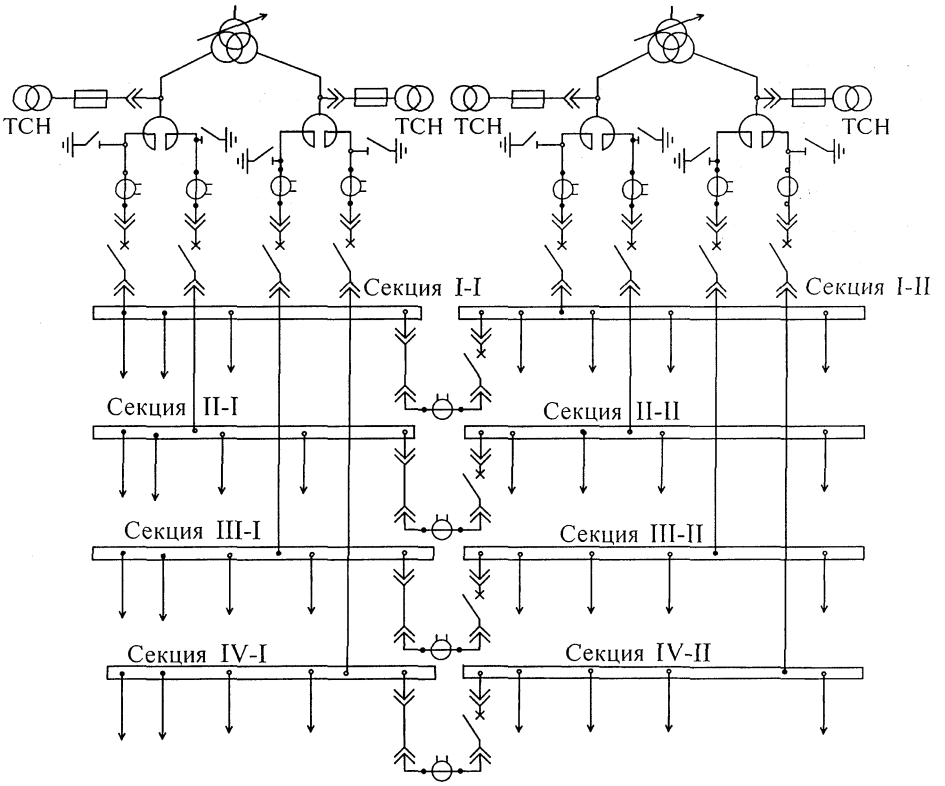



**Рис. 3.4.5.** Схема с четырьмя одиночными секционированными системами шин

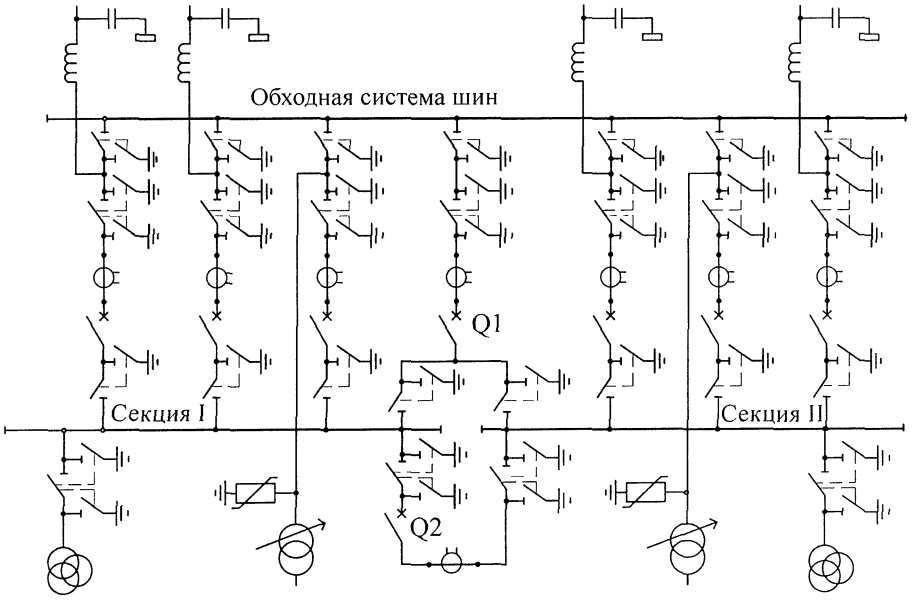



**Рис. 3.4.6.** Схема с одной секционированной и обходной системами шин с обходным (Q1) и секционным (Q2) выключателями

**В схеме с двумя системами сборных шин** каждое присоединение содержит выключатель, два шинных разъединителя и линейный разъединитель. Системы шин связываются между собой через шиносоединительный выключатель (рис. 3.4.7). Возможны два принципиально разных варианта работы этой схемы. В первом варианте одна система шин является рабочей, вторая — резервной. В нормальном режиме работы все присоединения подключены к рабочей системе шин через соответствующие шинные разъединители. Напряжение на резервной системе шин в нормальном режиме отсутствует, шиносоединительный выключатель отключен. Во втором варианте, который в настоящее время получил наибольшее применение, вторую систему сборных шин используют постоянно в качестве рабочей в целях повышения надежности электроустановки. При этом все присоединения к источникам питания и к отходящим линиям распределяют между обеими системами шин. Шиносоединительный выключатель в нормальном режиме работы замкнут. Схема называется «**две рабочие системы шин**».

Схема с двумя системами шин позволяет производить ремонт одной системы шин, сохраняя в рабочем состоянии все присоединения. Для этого все присоединения переводят на одну систему шин путем соответствующих переключений коммутационных аппаратов. Данная схема является гибкой и достаточно надежной.

Недостатки схемы с двумя системами шин:

- при ремонте одной из систем шин на это время снижается надежность схемы;

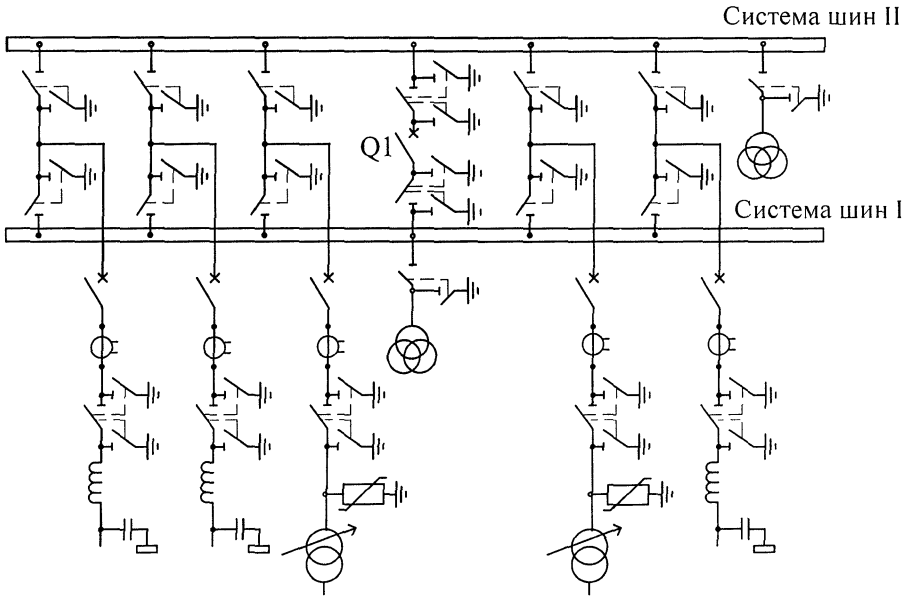



**Рис. 3.4.7.** Схема с двумя системами шин с шиносоединительным выключателем *Q1*

- при замыкании в шиносоединительном выключателе отключаются обе системы шин;
- ремонт выключателей и линейных разъединителей связан с отключением на время ремонта соответствующих присоединений;
- сложность схемы, большое число разъединителей и выключателей. Частые переключения с помощью разъединителей увеличивают вероятность повреждений в зоне сборных шин. Большое число операций с разъединителями и сложная блокировка между выключателями и разъединителями приводят к возможности ошибочных действий обслуживающего персонала.

Схему «две рабочие системы шин» допускается применять в РУ 110—220 кВ при числе присоединений от 5 до 15, если РУ выполнено из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время.

В РУ 110—220 кВ при числе присоединений более 15 делят сборные шины на секции с установкой в точках деления секционных выключателей (рис. 3.4.8). При этом должно предусматриваться два шиносоединительных выключателя. Таким образом, распределительное устройство делится на четыре части, связанные между собой двумя секционными и двумя шиносоединительными выключателями. Данная схема называется **«две рабочие секционированные выключателями системы шин»**. Она используется при тех же условиях, что и схема «две рабочие системы шин».

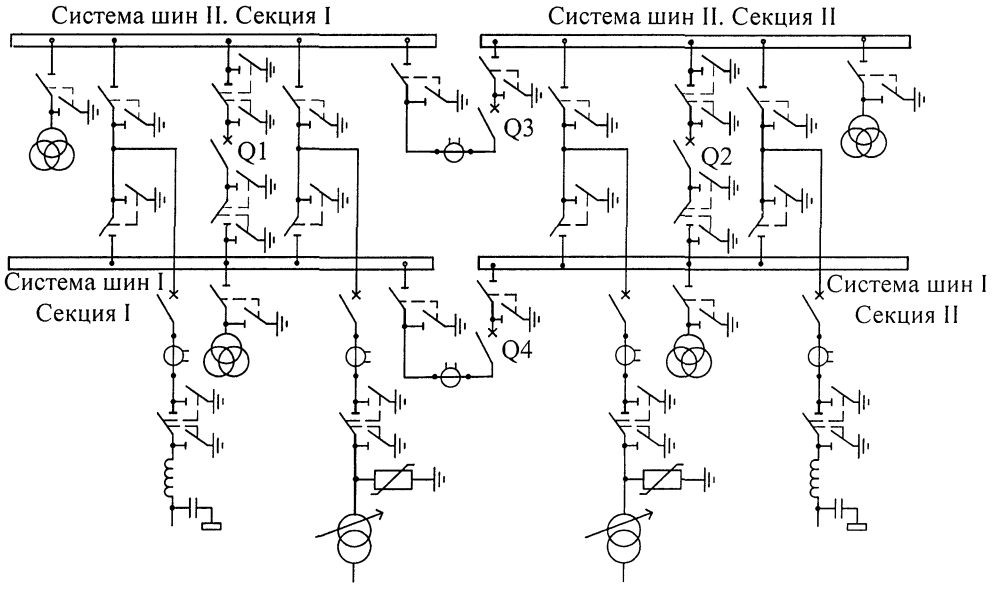



**Рис. 3.4.8.** Схема с двумя секционированными системами шин с двумя шиносоединительными (Q1, Q2) и двумя секционными (Q3, Q4) выключателями

**Схема с двумя системами шин и обходной** с шиносоединительным и обходным выключателями обеспечивает возможность поочередного ремонта выключателей без перерыва в работе соответствующих присоединений (рис. 3.4.9). Схема рекомендуется к применению в РУ 110—220 кВ при числе присоединений от 5 до 15. В нормальном режиме работы обе системы шин являются рабочими, шиносоединительный выключатель находится во включенном положении.

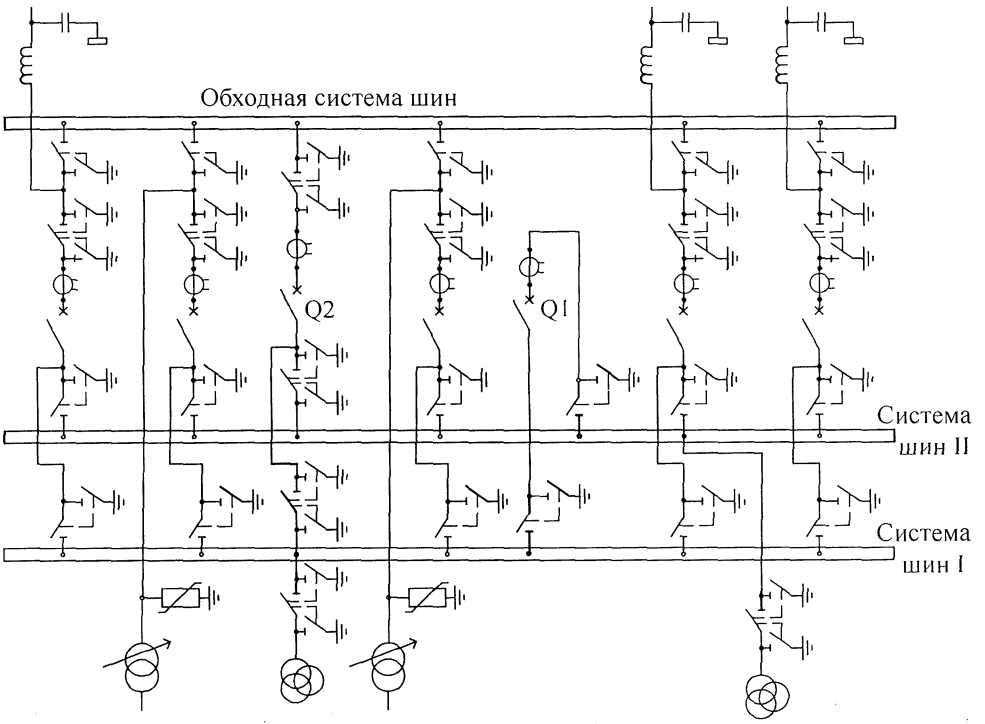



**Рис. 3.4.9.** Схема с двумя системами шин и обходной с шиносоединительным (Q1) и обходным (Q2) выключателями

При числе присоединений более 15 или более 12 и при установке на подстанции трех трансформаторов мощностью 125 МВ·А и более рекомендуется к применению схема **«две рабочие секционированные выключателями и обходная системы шин»** с двумя шиносоединительными выключателями и двумя обходными выключателями. Связь между секциями шин обеспечивается через секционные выключатели, которые в нормальном режиме отключены (рис. 3.4.10).

Рекомендации по применению данной схемы распределительных устройств 6—220 кВ приведены в табл. 3.4.1.

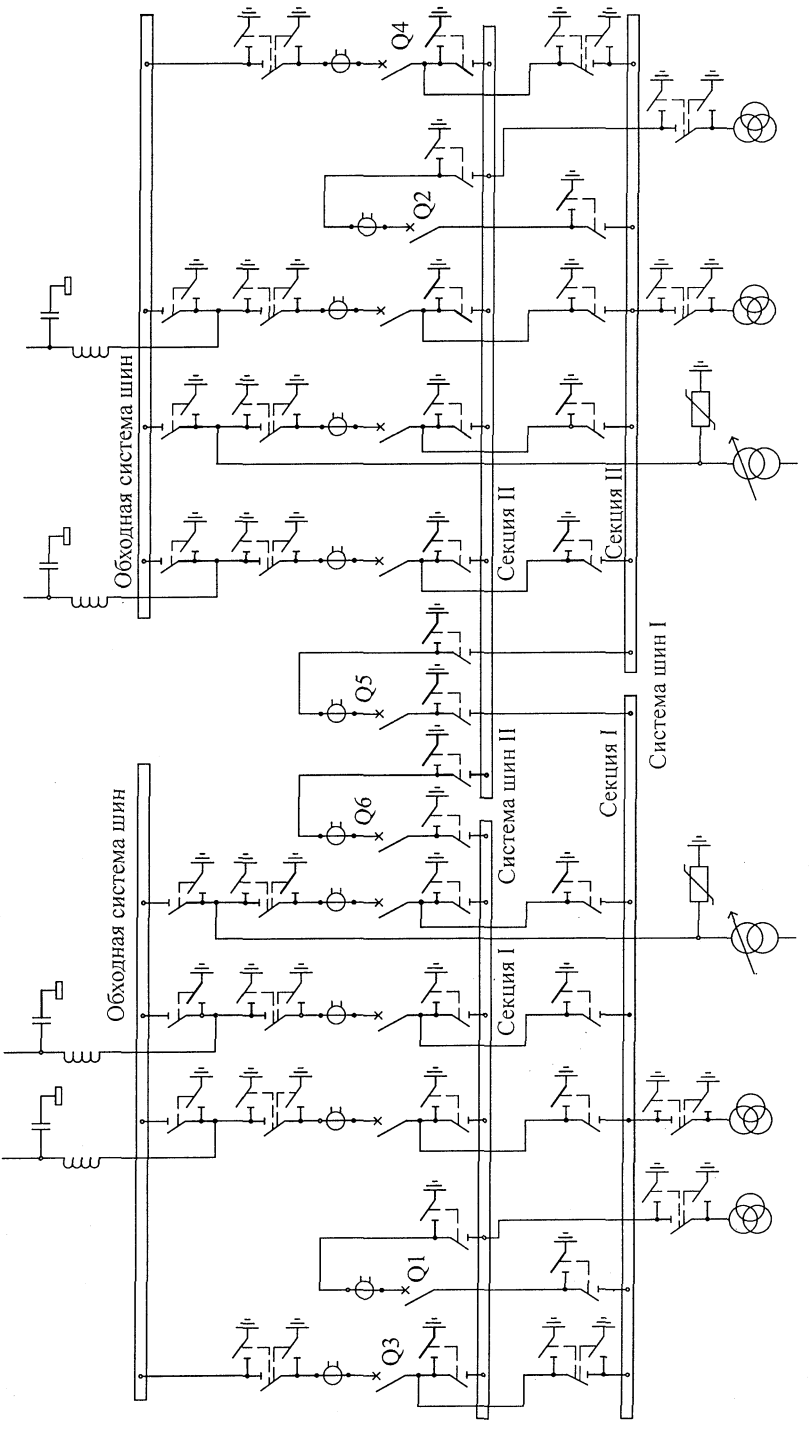



**Рис. 3.4.10.** Схема с двумя системами шин и обходной с двумя шиносоединительными (Q1, Q2) и двумя обходными (Q3, Q4) выключателями (Q5, Q6 — секционные выключатели)

*Таблица 3.4.1.* **Рекомендации по применению схем распределительных устройств напряжением до 220 кВ включительно**

| Система сборных шин | Область применения | Номер (номинальное напряжение-индекс схемы по [26])* |
|---|---|---|
| Одиночная система шин | В РП, РУ 10(6) кВ при отсутствии присоединений с электроприемниками первой категории или при наличии резервирования их от других РП, РУ | — |
| Одна рабочая секционированная выключателем система шин | В РП, РУ 10(6) кВ<br>В РП 35 кВ; в РУ ВН и СН 35 кВ.<br>Допускается применять в РУ 110—220 кВ при пяти и более присоединениях, если РУ выполнено из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время | 10(6)-1; 35-9 |
| Две одиночные секционированные выключателями системы шин | В РУ 10(6) кВ с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой или с двухобмоточными трансформаторами и двумя сдвоенными реакторами | 10(6)-2 |
| Четыре одиночные секционированные системы шин | В РУ 10(6) кВ с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой и с двумя сдвоенными реакторами | 10(6)-3 |
| Одна рабочая секционированная выключателем и обходная системы шин | В РУ 110—220 кВ при пяти и более присоединениях | 12 |
| Две рабочие системы шин | Допускается применять при числе присоединений от 5 до 15 в РУ 110—220 кВ из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время | — |
| Две рабочие и обходная системы шин | 1. В РУ 10 кВ для энергоемких предприятий с электроприемниками первой категории (например, для предприятий цветной металлургии).<br>2. В РУ 110—220 кВ при числе присоединений от 5 до 15 | 13 |
| Две рабочие секционированные выключателями системы шин | Допускается применять при числе присоединений более 15 в РУ 110—220 кВ из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время | — |
| Две рабочие секционированные выключателем и обходная системы шин с двумя шиносоединительными и двумя обходными выключателями | 1. В РУ 110—220 кВ при числе присоединений более 15.<br>2. В РУ 220 кВ при трех, четырех трансформаторах мощностью 125 МВ·А и более при общем числе присоединений от 12 и более | 14 |

* Первая цифра означает номинальное напряжение, вторая — индекс схемы.

### 3.4.3. Схемы распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше без сборных шин

Применяются следующие схемы распределительных устройств:

- блочные;
- мостиковые;
- заход—выход;
- четырехугольника.

**Блочные схемы**. Блочной схемой называется схема **«блок линия—трансформатор»** без сборных шин и связей с выключателями между двумя блоками на двухтрансформаторных подстанциях (между двумя блоками может устанавливаться неавтоматическая перемычка из разъединителей). Блочные схемы применяются на стороне ВН тупиковых подстанций напряжением до 500 кВ включительно, ответвительных и проходных подстанций, присоединяемых к одной или к двум линиям, до 220 кВ включительно.

Схемы «блок линия—трансформатор» могут выполняться:

- без коммутационных аппаратов (схема глухого присоединения) или только с разъединителем;
- с отделителем[1];
- с выключателем.

Схема **«блок линия—трансформатор без коммутационных аппаратов»** применяется при напряжениях 35—330 кВ и питании подстанции по радиальной схеме. Использование данной схемы целесообразно в случаях, когда подстанция размещается в зоне сильного промышленного загрязнения (рис. 3.4.11, *а*). Для питания трансформаторов следует использовать кабельные линии высокого напряжения, что позволяет исключить воздействие окружающей среды на изоляцию вводов даже при открытой установке трансформаторов.

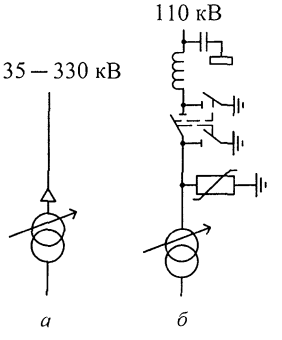



**Рис. 3.4.11.** Схема «блок линия—трансформатор»: *а* — без коммутационных аппаратов с кабельным вводом (схема глухого присоединения); *б* — с разъединителем

[1] Имеет ограниченное применение в сетях напряжением 110 кВ.

Для защиты трансформатора напряжением 330 кВ любой мощности, а также трансформатора напряжением 110, 220 кВ мощностью более 25 МВ·А предусматривается передача отключающего сигнала на головной выключатель, который обеспечивает отключение питающей линии в случае повреждения трансформатора. Выбор способа передачи сигнала зависит от длины питающей линии, мощности трансформатора, требований по надежности отключения. При мощности трансформатора 25 МВ·А и менее, а также при кабельном вводе в трансформатор передача отключающего сигнала может не предусматриваться [26].

Схема **«блок линия—трансформатор с разъединителем»** применяется в тех же случаях, что и предыдущая (рис. 3.4.11, *б*).

На схемах, приведенных на рис. 3.4.11, для упрощения показан один блок, в случае двухтрансформаторных подстанций число таких блоков удваивается. Перемычка между блоками не предусматривается. Это рекомендуется использовать в условиях интенсивного загрязнения и при ограниченной площади застройки.

Схему **«блок линия—трансформатор с отделителем»**[1] допустимо применять на напряжении 110 кВ и трансформаторах мощностью до 25 МВ·А при необходимости автоматического отключения поврежденного трансформатора от линии, питающей несколько подстанций (рис. 3.4.12, *а*). Отделители на стороне ВН подстанций могут применяться как с короткозамыкателями, так и с передачей отключающего сигнала на выключатель головного участка магистрали.

На двухтрансформаторных подстанциях используется схема «два блока линия—трансформатор» с отделителем и неавтоматической перемычкой со стороны линий (рис. 3.4.12, *б*). В нормальном режиме работы один из разъединителей в перемычке должен быть разомкнут.

**Запрещается применять схему с отделителем** в случае [26]:

- распределительных устройств, расположенных в районах холодного климата по ГОСТ 15150—69, а также в районах, где часто наблюдается гололед;
- сейсмичности более 6 баллов по шкале MSK-614;
- воздействия отделителя и короткозамыкателя, которое приводит к выпадению из синхронизма синхронных двигателей или нарушению технологического процесса;
- использования подстанции на транспорте и в нефте- и газодобывающей промышленности;
- применения трансформаторов, присоединенных к линиям, имеющим ОАПВ.

[1] В соответствии с «Рекомендациями по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35—750 кВ» (Издательство НЦ ЭНАС, 2004 г.) при проектировании применять схему с отделителем и короткозамыкателем не рекомендуется, а при реконструкции и техническом перевооружении подстанций предусматривать замену этих аппаратов на выключатели.

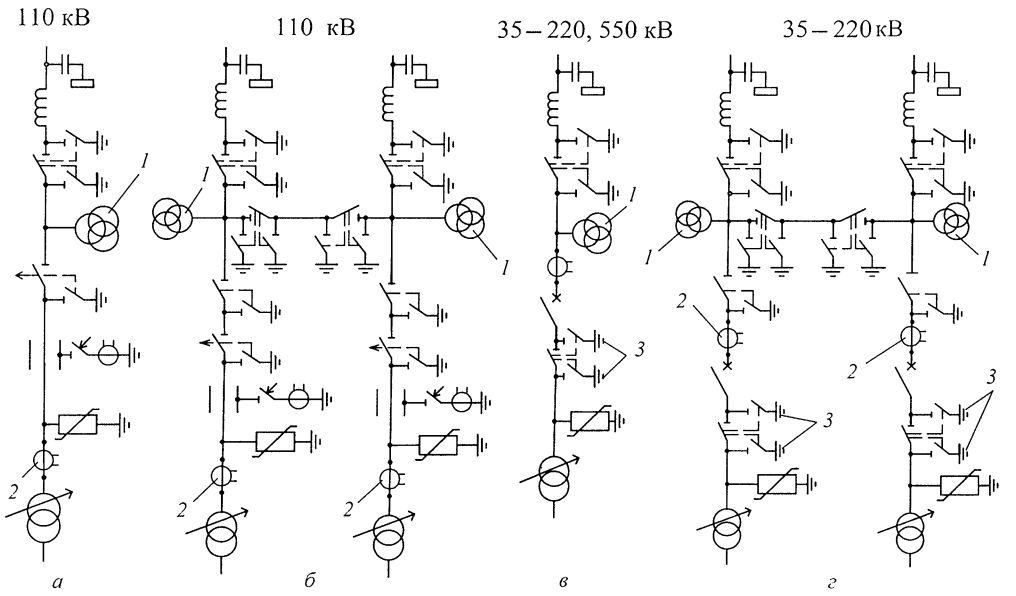



**Рис. 3.4.12.** Схема «блок линия—трансформатор»: *а* — с отделителем; *б* — два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой со стороны линии; *в* — с выключателем; *г* — два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линии; *1, 2* — трансформаторы тока и напряжения, установка которых должна быть обоснована; *3* — разъединители, которые устанавливаются при напряжениях 110, 220 кВ и наличии собственного питания

Схема **«блок линия—трансформатор с выключателем»** применяется на подстанциях напряжением 35—220 и 500 кВ в тех случаях, когда нельзя использовать более простые и дешевые схемы первичной коммутации подстанций (рис. 3.4.12, *в*). На двухтрансформаторных подстанциях напряжением 35—220 кВ применяется схема «блок линия—трансформатор» с выключателем и неавтоматической перемычкой со стороны линии (рис. 3.4.12, *г*). Блочные схемы просты, экономичны, но при повреждениях в линии или в трансформаторе автоматически отключаются линия и трансформатор.

В схеме **«мостик»** линии или трансформаторы на двух-, трехтрансформаторных подстанциях соединяются между собой с помощью выключателя. Данная схема применяется на стороне ВН 35—220 кВ подстанций при необходимости секционирования выключателем линий или трансформаторов мощностью до 63 МВ·А включительно. На напряжениях 110 и 220 кВ схема мостика применяется, как правило, с ремонтной перемычкой, которая при соответствующем обосновании может не предусматриваться. Ремонтная перемычка позволяет выполнять ревизию любого выключателя со стороны линий или трансформаторов при сохранении в работе линий и трансформаторов. Перемычка обычно не предусматривается при электрификации сельских сетей напряжением 35 кВ.

Схема **«мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов»** применяется в тех же случаях, что и блочные схемы с отделителями (рис. 3.4.13).

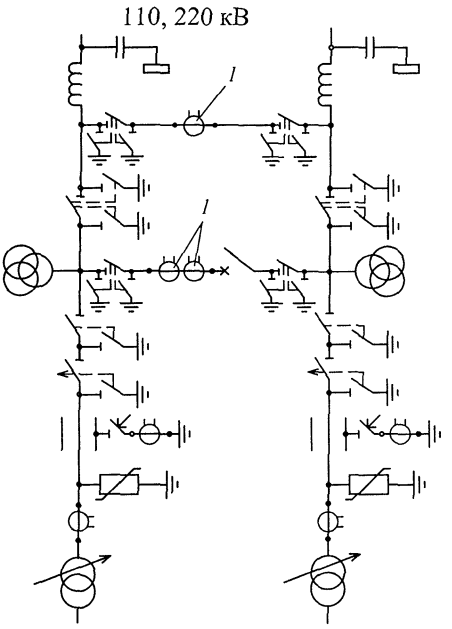



**Рис. 3.4.13.** Схема «мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов»: *1* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 5 по [26])

Схема **«мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий»** может применяться на тупиковых, ответвительных и проходных подстанциях напряжением 35—220 кВ (рис. 3.4.14). На тупиковых и ответвительных подстанциях ремонтная перемычка и перемычка с выключателем нормально разомкнуты. При аварии на одной из линий автоматически отключается выключатель со стороны поврежденной линии и включается выключатель в перемычке, оба трансформатора остаются работающими. В случае аварии на одном из трансформаторов отключение выключателя приводит к отключению трансформатора и питающей линии. Отключение линии при повреждении трансформатора является недостатком данной схемы.

На проходных подстанциях перемычка с выключателем нормально замкнута, через нее осуществляется транзит мощности.

Схема **«мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов»** (рис. 3.4.15) применяется в тех же случаях, что и схема, приведенная на рис. 3.4.14. Особенность данной схемы состоит в том, что при аварии в линии автоматически отключается поврежденная линия и трансформатор. При аварии на трансформаторе после автоматических переключений в работе остаются две линии и два источника питания. Учитывая, что аварийное отключение трансформаторов происходит сравнительно редко, более предпочтительна схема, приведенная на рис. 3.4.14.

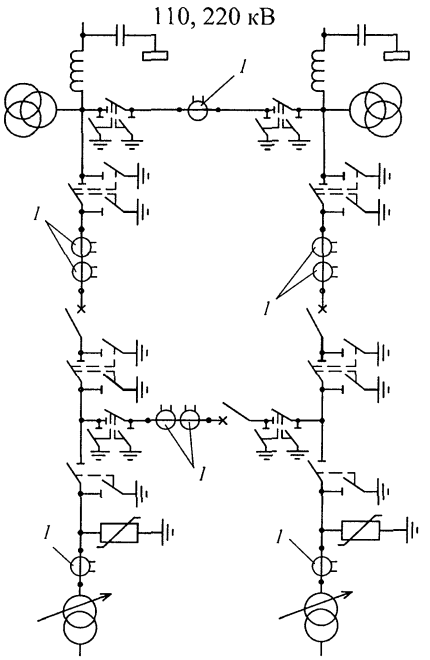



**Рис. 3.4.14.** Схема «мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий»: *1* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 5Н по [26])

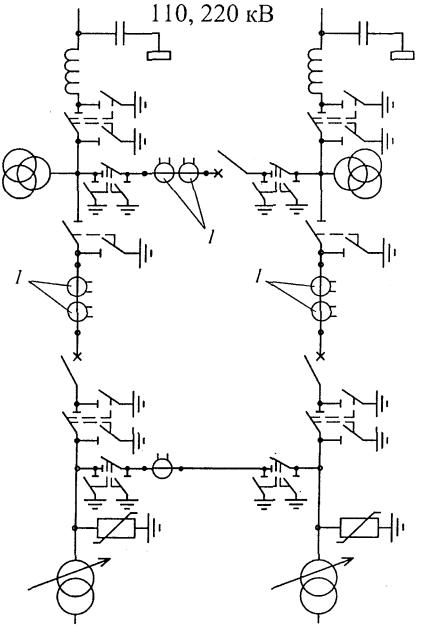



**Рис. 3.4.15.** Схема «мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов»: *1* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (для напряжения 35 кВ ремонтная перемычка, как правило, не предусматривается) (индекс схемы — 5АН по [26])

Схема **«заход—выход»** применяется на проходных подстанциях напряжением 110—220 кВ (рис. 3.4.16). В схеме устанавливается два выключателя со стороны линии, которые позволяют отключать поврежденный участок линии. Данная схема может применяться как с ремонтной перемычкой, так и без нее.

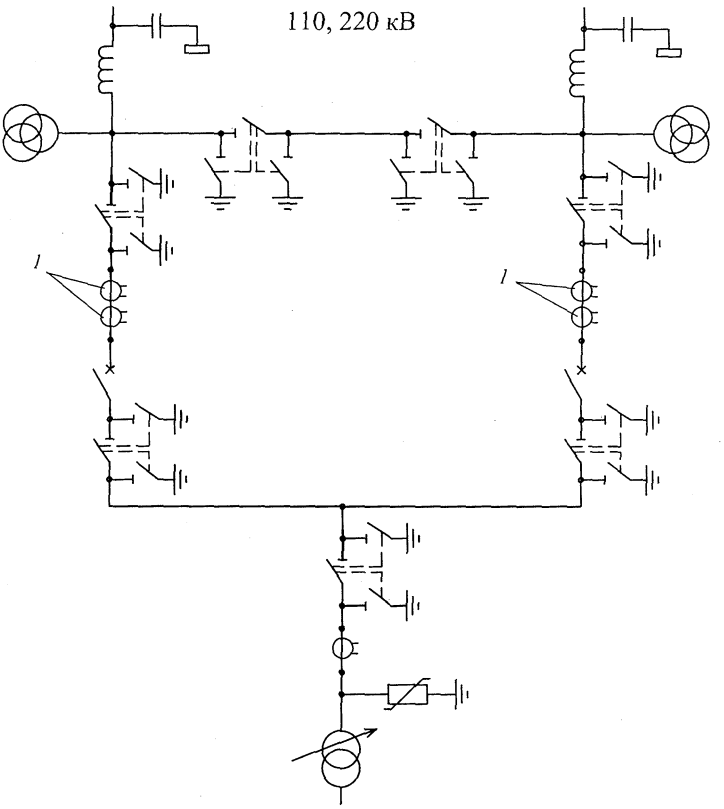



**Рис. 3.4.16.** Схема «заход—выход»: *1* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 6 по [26])

Схема **четырехугольника** применяется в РУ 110—750 кВ при четырех присоединениях (две линии и два трансформатора) и необходимости секционирования транзитной линии при мощности трансформаторов от 125 МВ·А и более при напряжениях 110—220 кВ и любой мощности при напряжениях 330 кВ и выше (рис. 4.3.17). В схеме со стороны линии установлены через развилку два выключателя, подключаемых к разным трансформаторам. Данная схема обладает более высокой надежностью по сравнению со схемой «мостика», так как авария в линии или в трансформаторе приводит к отключению только поврежденного элемента. Недостаток схемы — при отключении одной из линий трансформаторы получают питание по одной линии от одного источника питания.

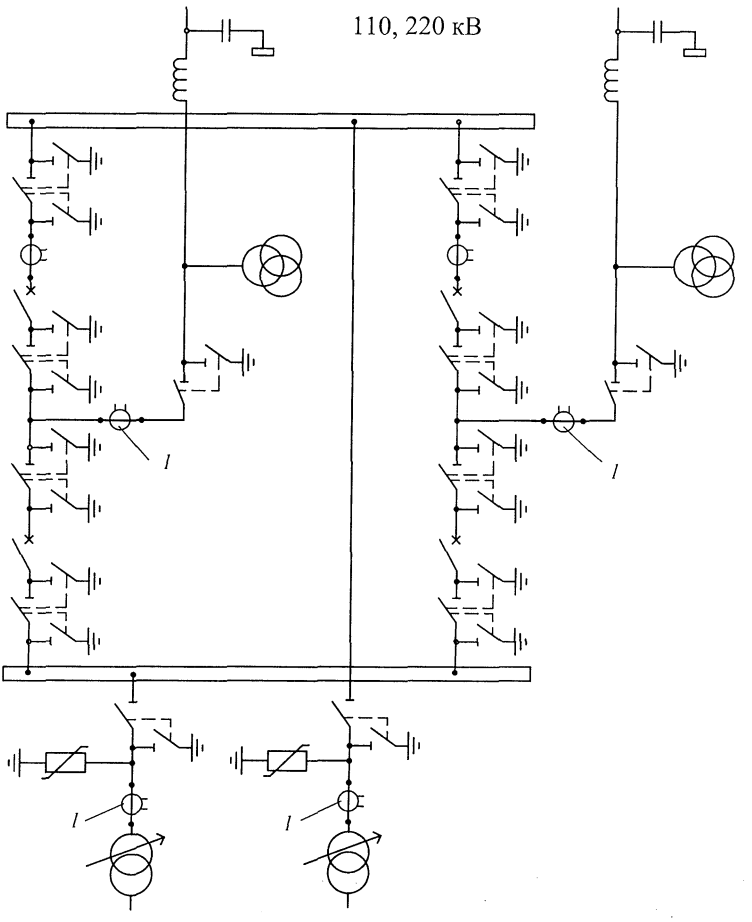



**Рис. 3.4.17.** Схема четырехугольника: *1* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 7 по [26])

Рекомендации по применению схем приведены в табл. 3.4.2.

*Таблица 3.4.2.* **Рекомендации по применению схем распределительных устройств без сборных шин напряжением 35 кВ и выше трансформаторных подстанций**

| Схема | Область применения | Индекс схемы (по [26]) |
|---|---|---|
| **Блочные схемы** | | |
| Блок линия—трансформатор без коммутационных аппаратов | При напряжениях 35—330 кВ и радиальной схеме питания подстанции в условиях сильного промышленного загрязнения окружающей среды | 1 |
| Блок линия—трансформатор с разъединителем | При напряжениях 35—330 кВ и радиальной схеме питания подстанции | 1 |

*Окончание табл. 3.4.2*

| Схема | Область применения | Индекс схемы (по [26]) |
|---|---|---|
| Блок линия—трансформатор с отделителем | При напряжении 110 кВ и магистральной схеме питания подстанции (кроме проходных) с трансформаторами мощностью до 25 МВ·А (исключения см. раздел 3.4.3) | 3 |
| Два блока линия—трансформатор с отделителем и неавтоматной перемычкой | То же | 4 |
| Блок линия—трансформатор с выключателем | При напряжении 35—220, 500 кВ на тупиковых и ответвительных подстанциях | 3Н |
| Два блока линия—трансформатор с выключателем и неавтоматной перемычкой со стороны линий | При напряжении 35—220 кВ на тупиковых и ответвительных подстанциях | 4Н |
| **Мостиковые схемы** | | |
| Мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов | При магистральной схеме питания и напряжении 110 кВ на подстанциях с трансформаторами мощностью до 25 МВ·А (исключения см. раздел 3.4.3) | 5 |
| Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий | При напряжениях 35—220 кВ на тупиковых, ответвительных и проходных подстанциях при необходимости секционирования линий и мощности трансформаторов до 63 МВ·А включительно | 5Н |
| Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой в цепях трансформаторов | При напряжении 35—220 кВ на тупиковых, ответвительных и проходных подстанциях при необходимости секционирования трансформаторов при мощности трансформаторов до 63 МВ·А включительно | 5АН |
| **Схемы «заход—выход» и четырехугольника** | | |
| Заход—выход | На проходных подстанциях при напряжении 110, 220 кВ | 6 |
| Четырехугольника | В РУ подстанций при четырех присоединениях и необходимости секционирования транзитных линий и мощности трансформаторов от 125 МВ·А при напряжении 110, 220 кВ и любой мощности при напряжении 330—750 кВ | 7 |

### 3.4.4. Распределительные подстанции и распределительные устройства напряжением 10(6) кВ

Распределительные подстанции напряжением 10(6) кВ в соответствии с ПУЭ называются распределительными пунктами (РП). Последние широко применяются в системах электроснабжения промышленных предприятий, городов, поселков, агропромышленных комплексов. Распределительные пункты, как правило, выполняются с одиночной секционированной или несекционированной системой шин. Распреде-

лительные пункты в системах электроснабжения промышленных предприятий рекомендуется сооружать для удаленных от ГПП потребителей [компрессорных, насосных станций, производственного корпуса с несколькими трансформаторными подстанциями 10(6) кВ]. При числе отходящих линий 10(6) кВ менее восьми целесообразность сооружения РП должна быть обоснована [5].

Для городских сетей целесообразность сооружения РП [19] определяется следующим: нагрузка РП на расчетный срок должна составлять на шинах 10 кВ не менее 7 МВт, на шинах 6 кВ — не менее 4 МВт.

РУ 10(6) кВ трансформаторных подстанций выполняются с одиночной секционированной, двумя или четырьмя одиночными секционированными системами шин (см. табл. 3.4.1). На крупных энергоемких предприятиях с электроприемниками высокой категорийности могут применяться распределительные устройства с двумя рабочими системами шин и двумя рабочими системами шин с обходной.

Распределительные устройства с одиночной системой шин с любым числом секций и распределительные пункты выполняются **комплектными**.

## 3.5. Трансформаторные подстанции напряжением 10(6) кВ

В промышленных электрических сетях трансформаторные подстанции 10(6) кВ называются **цеховыми.** Подстанции могут быть отдельно стоящими, пристроенными, встроенными и внутрицеховыми.

*Отдельно стоящие подстанции* располагаются на территории предприятия на некотором расстоянии от цеха и предназначены для питания одного или нескольких цехов предприятия. Такие подстанции обычно применяются в тех случаях, когда по условиям среды или специфики технологического процесса подстанцию нельзя приблизить к цеху. Например на некоторых взрывоопасных производствах и химических предприятиях, а также в случаях, когда подстанция применяется для питания нескольких цехов небольшой мощности.

*Пристроенные подстанции* применяются в тех случаях, когда по состоянию окружающей среды или специфики технологического процесса подстанцию нельзя расположить внутри цеха.

*Встроенные и внутрицеховые подстанции* можно максимально приблизить к центру электрических нагрузок. Для таких подстанций обычно применяют комплектные трансформаторные подстанции промышленного типа внутренней установки, которые устанавливаются в цехах открыто с использованием простейших сетчатых ограждений.

Цеховые трансформаторные подстанции предназначены для питания силовых и осветительных электроприемников. В случаях, когда вторичное напряжение трансформатора составляет 0,69 кВ, питание осветительных сетей осуществляется от отдельных трансформаторов

Ниже приводятся рекомендации по проектированию цеховых трансформаторных подстанций в соответствии с [5].

**Число трансформаторов цеховой ТП** зависит от требований надежности питания потребителей. Питание электроприемников первой категории следует предусматривать от двух- и трехтрансформаторных подстанций. Трехтрансформаторные подстанции рекомендуется применять в случаях, когда возможно равномерное распределение подключаемой нагрузки по секциям РУНН подстанции.

Двух- и трехтрансформаторные подстанции рекомендуется также применять для питания электроприемников второй категории. При сосредоточенной нагрузке предпочтение следует отдавать трехтрансформаторным подстанциям. Однотрансформаторные подстанции могут быть применены для питания электроприемников второй категории, если требуемая степень резервирования потребителей обеспечивается линиями низкого напряжения от другого трансформатора и время замены вышедшего из строя трансформатора не превышает сутки.

При сосредоточенной нагрузке электроприемников второй категории значительной мощности может оказаться целесообразным сооружение цеховой ТП, на которой устанавливается несколько полностью загруженных трансформаторов и один резервный трансформатор, способный заменить любой из трансформаторов группы с помощью трансферной системы шин. Использование данной подстанции целесообразно, если число полностью загруженных трансформаторов 6 и более.

Питание отдельно стоящих объектов общезаводского назначения (компрессорных, насосных станций и т. п.) рекомендуется выполнять от двухтрансформаторных подстанций.

Для питания электроприемников третьей категории рекомендуется применять однотрансформаторные подстанции, если перерыв электроснабжения, необходимый для замены поврежденного трансформатора, не превышает сутки. При значительной сосредоточенной нагрузке электроприемников третьей категории вместо двух однотрансформаторных подстанций может быть установлена одна двухтрансформаторная подстанция без устройства АВР с полной загрузкой трансформатора.

**Мощность трансформаторов двух- и трехтрансформаторных подстанций** определяется таким образом, чтобы при отключении одного трансформатора было обеспечено питание требующих резервирования электроприемников в послеаварийном режиме с учетом перегрузочной способности трансформатора.

Значения коэффициентов допустимой перегрузки трансформаторов в послеаварийном режиме и коэффициентов загрузки трансформаторов в нормальном режиме приведены в табл. 3.5.1.

**Выбор единичной мощности трансформаторов** при значительном числе устанавливаемых цеховых трансформаторных подстанций и рассредоточенной нагрузке следует делать на основании технико-экономического расчета. Определяющими факторами при выборе единичной

*Таблица 3.5.1.* **Значения коэффициентов загрузки трансформаторов двух- и трехтрансформаторных подстанций**

| Коэффициент допустимой перегрузки трансформатора | Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме | |
|---|---|---|
| | двухтрансформаторная подстанция | трехтрансформаторная подстанция |
| 1,0 | 0,5 | 0,666 |
| 1,1 | 0,55 | 0,735 |
| 1,2 | 0,6 | 0,8 |
| 1,3 | 0,65 | 0,86 |
| 1,4 | 0,7 | 0,93 |
| 1,5 | 0,75 | 1,0 |

мощности трансформатора являются затраты на питающую сеть 0,4 кВ, потери мощности в питающей сети и в трансформаторах, затраты на строительную часть ТП.

Если нагрузка равномерно распределена по площади цеха, то выбор единичной мощности трансформатора при напряжении питающей сети 0,4 кВ определяется следующим образом:

- при плотности нагрузки до 0,2 (кВ·А)/м$^2$ — 1000, 1600 кВ·А;
- при плотности нагрузки 0,2 — 0,5 (кВ·А)/м$^2$ — 1600 кВ·А;
- при плотности нагрузки более 0,5 (кВ·А)/м$^2$ — 2500, 1600 кВ·А.

Для энергоемких производств при значительном количестве цеховых ТП рекомендуется унифицировать единичные мощности трансформаторов.

**Схемы соединения обмоток трансформаторов.** Трансформаторы цеховых ТП мощностью 400—2500 кВ·А выпускаются со схемами соединения обмоток «звезда—звезда» с допустимым током нулевого вывода, равным 25 % номинального тока трансформатора, или со схемой «треугольник—звезда» — 75 % номинального тока трансформатора. По условиям надежности действия защиты от однофазных коротких замыканий в сетях напряжением до 1 кВ и возможности подключения несимметричных нагрузок предпочтительным является трансформатор со схемой соединения обмоток «треугольник—звезда».

**Выбор исполнения трансформатора по способу охлаждения обмоток** (масляный, сухой, заполненный негорючим жидким диэлектриком) зависит от условий окружающей среды, противопожарных требований, объемно-планировочных решений производственного здания.

**Распределительное устройство со стороны высокого напряжения подстанции** для КТП промышленного типа выполняется обычно в виде высоковольтного шкафа без сборных шин со встроенными в шкаф коммутационными аппаратами или без них (глухой ввод). Высоковольтный шкаф называется **устройством со стороны высшего напряжения подстанции (УВН)**.

Установка отключающего аппарата перед цеховым трансформатором при магистральной схеме питания обязательна. Глухое присоединение цехового трансформатора может применяться при радиальной схеме питания трансформатора кабельными линиями по схеме блока

«линия—трансформатор», за исключением питания от пункта, находящегося в ведении другой эксплуатирующей организации, а также при необходимости установки отключающего аппарата по условиям защиты. В качестве отключающих аппаратов могут применяться разъединители с предохранителями, выключатели нагрузки, выключатели нагрузки с предохранителями. В последнее время появились УВН с вакуумными выключателями.

При магистральной схеме питания применяются схемы, изображенные на рис. 3.5.1, где на входе и выходе магистрали устанавливаются разъединители, выключатели нагрузки или шинные накладки, а в цепи трансформатора — разъединители с предохранителями, выключатели нагрузки с предохранителями или разъединители с вакуумными выключателями.

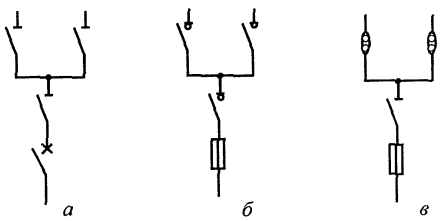



**Рис. 3.5.1.** Схемы УВН цеховых подстанций при магистральной схеме питания ТП *а* — с разъединителями на вводе и выводе, разъединителем и выключателем в цепи трансформатора, *б* — с выключателями нагрузки на вводе и выводе, выключателем нагрузки и предохранителями в цепи трансформатора, *в* — с шинными накладками на вводе и выводе, разъединителем и предохранителями в цепи трансформатора

**Распределительным устройством со стороны низшего напряжения подстанции** называется устройство для распределения электроэнергии напряжением до 690 В, состоящее из одного или нескольких шкафов со встроенными в них аппаратами для коммутации, управления, измерения и защиты. РУНН двухтрансформаторной подстанции выполняется с одиночной секционированной системой шин с фиксированным подключением каждого трансформатора к своей секции шин через коммутационный аппарат.

В промышленных электрических сетях применяются комплектные трансформаторные подстанции:

- для внутренней установки — КТП промышленного типа;
- для наружной установки — КТП промышленного типа в модульном здании, КТП модульного типа; КТП в бетонной оболочке; КТП городского типа и др.

**В городских электрических сетях** используют:

- отдельно стоящие подстанции;
- подстанции, совмещенные с РП 10(6) кВ;
- встроенные и пристроенные подстанции, которые могут быть установлены в общественных зданиях при условии соблюдения требований ПУЭ, санитарных норм [21].

**Не допускается** применение встроенных и пристроенных подстанций в спальных корпусах общественно-образовательных школ, школах-интернатах, учреждениях по подготовке кадров, дошкольных детских учреждениях и др., где уровень звука ограничен санитарными нормами.

Применяются одно- и двухтрансформаторные подстанции с мощностью трансформатора не более 1000 кВ·А. На встроенных и пристроенных подстанциях при применении сухих трансформаторов число трансформаторов не ограничивается. Выбор мощности силовых трансформаторов должен производиться с учетом нагрузочной и перегрузочной способности трансформаторов. Для двухтрансформаторных подстанций с масляными трансформаторами допустимая аварийная перегрузка трансформатора должна приниматься в соответствии с требованиями ГОСТ 14209—97.

Рекомендуемые схемы соединения обмоток трансфораторов:

- «звезда—зигзаг» при мощности трансформаторов до 250 кВ·А;
- «треугольник—звезда» при мощности 400 кВ А и более.

В настоящее время чаще всего применяются подстанции закрытого типа в кирпичных или бетонных зданиях, с силовыми трансформаторами марки ТМ. РУВН выполняется со сборными шинами с камерами КСО-366М, РУНН — с панелями ЩО-70. Принципиальная схема данной подстанции показана на рис. 3.5.2, план подстанции типа К-42 — на рис. 3.5.3. При радиальной схеме питания подстанций применяются более простые схемы на стороне ВН подстанции. В последнее время

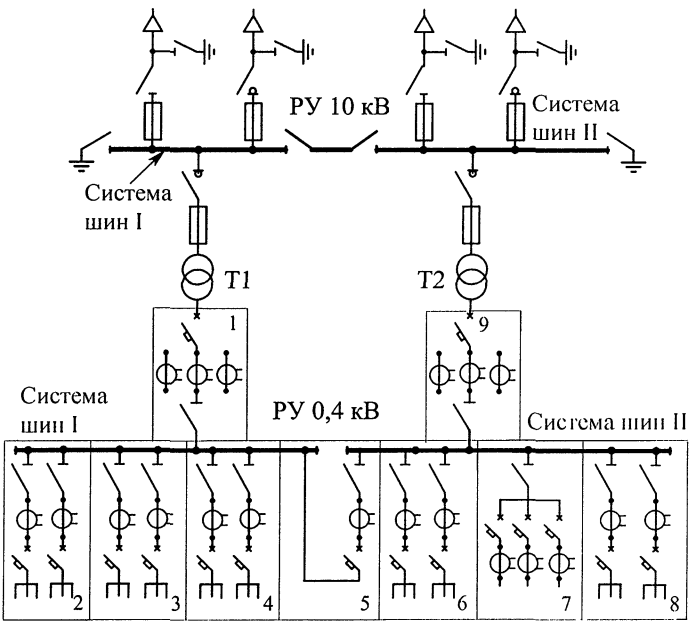



**Рис. 3.5.2.** Принципиальная схема подстанции РУ 10 кВ с камерами КСО-366М (РУ 0,4 кВ с панелями ЩО 70-1, тонкими линиями выделены панели 0,4 кВ): *1, 9* — вводные панели; *2—4, 6—8* — линейные панели; *5* — секционная панель

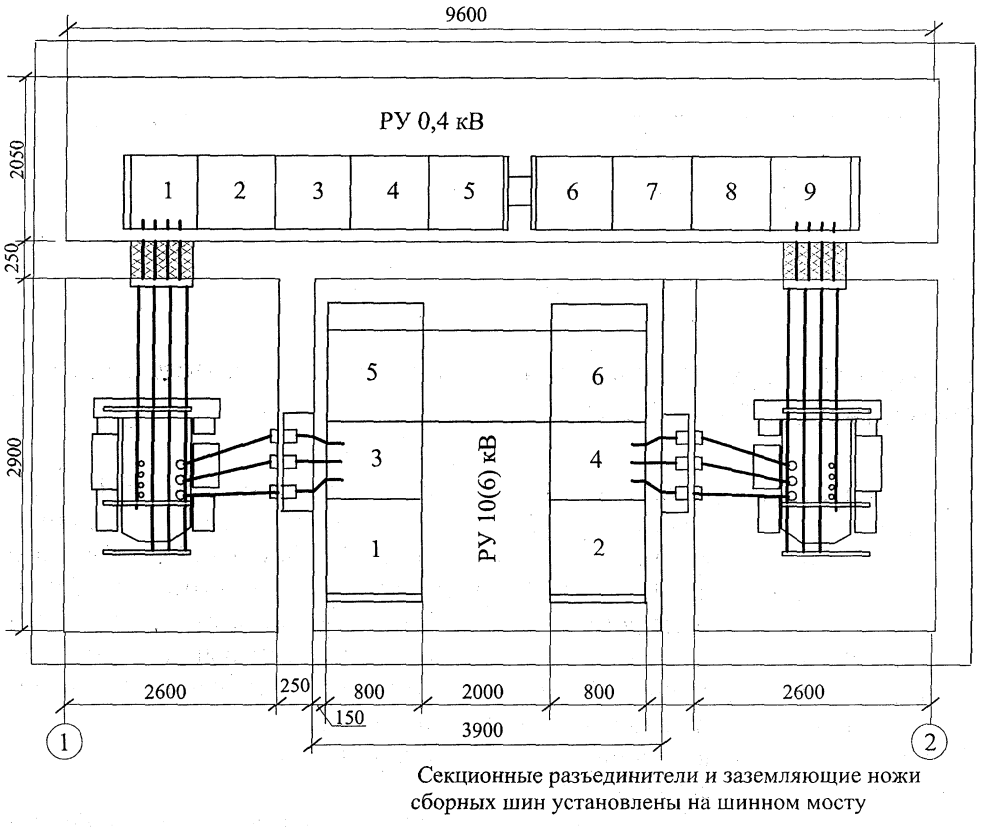



**Рис. 3.5.3.** План подстанции 10(6)/0,4 кВ типа К-42-630 М5 для схемы, *приведенной* на рис. 3.5.2. Секционные разъединители и заземляющие ножи установлены на шинном мосту

российские предприятия освоили выпуск комплектных трансформаторных подстанций разных типов, которые могут быть установлены в городских электрических сетях:

- КТП городского типа;
- КТП модульного типа;
- КТП в бетонной оболочке;
- КТП наружного типа и др.

# 4. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

## 4.1. Комплектные трансформаторные блочные подстанции напряжением 35—220 кВ

Комплектные трансформаторные подстанции блочные (КТПБ) выпускаются на напряжения 35—220 кВ и предназначены для приема, преобразования и распределения электрической энергии переменного тока частотой 50 Гц. Подстанции выпускаются с трехобмоточными и двухобмоточными трансформаторами. Они могут быть стационарными или передвижными на салазках. Данные подстанции выпускаются для нефте- и газодобывающих отраслей, стройиндустрии, горно-добывающей промышленности, где необходима их быстрая установка и демонтаж, возможность перемещения. Конструкция подстанций предусматривает установку высоковольтного электрооборудования без железобетонных элементов. На КТПБ устанавливается один или два силовых трансформатора мощностью от 1 до 125 МВ А. Распределительные устройства напряжением 35[1], 110 и 220 кВ выполняются открытыми. Предусматриваются различные схемы первичных соединений ОРУ: блочные, «мостики», со сборными шинами.

В состав КТПБ входят:

- силовые трансформаторы;
- линейные регулировочные трансформаторы;
- ОРУ на 220, 110, 35(20) кВ;
- КРУН (КРУ) на 10(6) кВ;
- жесткая и гибкая ошиновки;
- кабельные конструкции;
- ОПУ;
- осветительные устройства;
- фундамент;
- грозозащита и заземление;
- ограда.

[1] В настоящее время освоен выпуск РУ 35 кВ с комплектными распределительными устройствами выкатного исполнения внутренней установки. В ближайшее время начнется выпуск КТПБ с КРУ на 35 кВ.

ОРУ на все напряжения выполняются из унифицированных транспортабельных блоков, состоящих из металлического несущего каркаса со смонтированными на нем высоковольтным оборудованием и элементами вспомогательных цепей.

РУ 10(6) кВ выполняется комплектным наружной установки (КРУН) или в модульных зданиях с КРУ внутренней установки.

В общеподстанционном устройстве (ОПУ) устанавливаются релейные шкафы, в которых располагается вся аппаратура вспомогательных цепей, защиты, управления и сигнализации.

Цепи собственных нужд, вспомогательные цепи, цепи освещения и обогрева прокладываются внутри РУ 10(6) кВ и ОПУ в швеллерах и металлорукавах, наружные цепи — в металлических лотках.

Условия эксплуатации КТПБ (группа условий эксплуатации, климатическое исполнение, категория размещения, тип атмосферы, допустимая степень загрязнения изоляции) указываются в технических условиях в соответствии с ГОСТ 15150—69. Выпускаемые КТПБ не предназначены для работы в сильно загрязненной окружающей среде, при наличии агрессивных газов, испарений, химических отложений, токопроводящей пыли.

Основные технические характеристики КТПБ производства Самарского завода «Электрощит» и Чирчикского трансформаторного завода приведены в табл. 4.1.1—4.1.2. Выпускаются также комплектные распределительные подстанции, предназначенные для передачи электрической энергии на напряжениях 110 и 220 кВ (КРУБ) (табл. 4.1.3).

*Таблица 4.1.1.* **Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций блочных 35—220 кВ с трехобмоточными трансформаторами**

| Параметр | КТПБ(М) | | | 2КТПБ |
|---|---|---|---|---|
| Производитель | Самарский завод «Электрощит» | | | Чирчикский трансформаторный завод |
| Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ | 220 | 220 | 110 | 110 |
| Номинальное напряжение на стороне СН, кВ | 110 | 35 | 35 | 35 |
| Номинальное напряжение на стороне НН, кВ | 6 или 10 | | | |
| Мощность силового трансформатора, МВ А | 63—125 | 25—63 | 6,3—63 | 10; 16 |
| Схемы главных электрических соединений | 110—220 кВ: 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН; 6; 7; 12; 13; 14 | 220 кВ: 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН; 6; 7; 12; 13; 14<br>35 кВ: 9; 5Н | 110 кВ: 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН<br>35 кВ: 9; 5АН | 110 кВ: 4Н<br>35 кВ: 9 |
| Климатическое исполнение | У1; ХЛ1 | У1; ХЛ1 | У1; ХЛ1 | У1; ХЛ1 |
| Тип камер КРУ | К-59; К-63 | К-59 | К-59 У1 (ХЛ1); К-59 У3; К-63 | КРУВ-10 |

*Таблица 4.1.2.* **Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций блочных 35—220 кВ с двухобмоточными трансформаторами**

| Параметр | КТПБ(М) | | | КТПБ(М)Б* | КТПБ, ПКТПБ |
|---|---|---|---|---|---|
| Производитель | Самарский завод «Электрощит» | | | | Чирчикский трансформаторный завод |
| Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ | 220 | 110 | 35 | 35 | 35 |
| Номинальное напряжение на стороне НН, кВ | 6 или 10 кВ | | | | |
| Мощность силового трансформатора, МВ·А | 32—63 | 2,5—63 | 1—16 | 1—10 | 1—6,3 |
| Схемы главных электрических соединений на стороне ВН | 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН; 6; 7; 12; 13; 14 | 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН | 5А; 5Б; 9; 3Н; 4Н; 5АН; 5Н | 3Н; 4Н; 5А; 5Б; 5Н; 5АН | 3Н; 5 и др. |
| Климатическое исполнение | У1; ХЛ1 | У1; ХЛ1 | У1; ХЛ1 | УХЛ1 | ХЛ1 |
| Тип камер КРУ | К-59У1(ХЛ1); К-59У3; К-63 | | | К-59ХЛ1; К-59БР; ХЛ1 | — |
| Управление разъединителями | Ручное или автоматическое | | | | |

* Применяется там, где необходимы быстрая установка и демонтаж, возможность перемещения подстанции. Конструкция подстанции предусматривает установку высоковольтного электрооборудования без железобетонных элементов.

*Таблица 4.1.3.* **Технические характеристики КРУБ производства Самарского завода «Электрощит»**

| Параметр | КРУБ на 110 кВ | КРУБ на 220 кВ |
|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 110 | 220 |
| Номинальная сила тока сборных шин, А | 1000; 2000 | 1000; 2000 |
| Схемы главных электрических соединений | 7; 12; 13; 14 | 12; 13; 14 |
| Климатическое исполнение по ГОСТ 15150—69 | У1; ХЛ1 | У1; ХЛ1 |
| Степень загрязнения изоляции по ГОСТ 9920—89 | I; II | I; II |
| Климатический район по ветру и гололеду | I—IV | I—IV |
| Управление разъединителями | Ручное или автоматическое | |

**Комплектные трансформаторные блочные модернизированные подстанции производства ОАО «Самарский завод «Электрощит»** выпускаются на напряжение 35, 110, 220 кВ с различными схемами ОРУ.

КТПБ(М) могут иметь шумозащитные средства, что позволяет устанавливать их в черте города. Возможны варианты с ОПУ заводского исполнения и без ОПУ. Допустимые значения токов короткого замыкания приведены в табл. 4.1.4.

**Оборудование**, устанавливаемое в ОРУ КТПБ(М), приведено в табл. 4.1.5, типы силовых трансформаторов — в табл. 4.1.6, тип оборудования напряжением 10(6) кВ определяется принятой в проекте серией камер КРУ.

*Таблица 4.1.4.* **Допустимые значения токов короткого замыкания для КТПБ(М)**

| Параметр | ОРУ 220 кВ | ОРУ 110 кВ | ОРУ 35(20) кВ | РУ 10(6) кВ |
|---|---|---|---|---|
| Сквозной ток короткого замыкания (амплитуда), кА | 65; 81* | 65; 81* | 26 | 51; 81* |
| Ток термической стойкости в течение 3 с, кА | 25; 31,5* | 25; 31,5* | 10 | 20 |

* Для ячеек ОРУ и сборных шин с номинальным током 2000 А.

*Таблица 4.1.5.* **Типы оборудования, устанавливаемые в ОРУ КТПБ(М)**

| ОРУ 35 кВ | ОРУ 110 кВ | ОРУ 220 кВ |
|---|---|---|
| **Выключатели вакуумные** | | |
| ВВС 35II-20/630 УХЛ1<br>ВБЭТ 35-25 III-630 УХЛ1<br>ВБН-35II-20/1600 УХЛ1<br>ВБНТ-35-20/630 У1 | — | — |
| **Выключатели элегазовые** | | |
| ВГБЭ-35-12,5/630 УХЛ1<br>ВГБЭП-35-12,5/630 УХЛ1 (Э) | ВГТ-110II-40/2500 У1<br>ВГБУ-110 У1<br>ВЭБ-110-II-40/2000<br>LTB 145D1/B<br>(1YSB4 25250M609)<br>145PM40<br>3AP1-FG 123 (126)<br>DT1-145$F_1$<br>ВЭБ-110 | ВГТ-220II-40/2500 У1<br>ВГБУ-220 У1<br><br><br>HPL 245/□ B1<br>242PMR40 |
| **Выключатели маломасляные** | | |
| ВМУЭ-35Б-25/1250 УХЛ1 | ВМТ-110Б-25/1250-2000 УХЛ1 | ВМТ-220Б-25/1250 УХЛ1<br>ВМТ-220Б-40/2000 УХЛ1 |
| **Приводы выключателей** | | |
| Пружинный, электромагнитный | Пружинный | Пружинный |
| **Разъединители** | | |
| РДЗ-2(1П)-35/1000УХЛ1 | РДЗ-110/□ УХЛ1<br>SGF 123<br>РГ-110/□ УХЛ1<br>РГ-110II/1000 УХЛ1<br>РГ-К-110/1000 УХЛ1<br>РГ-К-110II/1000 УХЛ1 | РДЗ-220/□ УХЛ1<br>SGF 245* |
| **Приводы разъединителей: ручной, двигательный** | | |
| **Трансформаторы тока** | | |
| ТФЗМ-35А-У/(ХЛ1)<br>ТФЗМ-35Б-У/(ХЛ1)<br>ТФМ-35-У1 | TG-145 УХЛ1<br>ТФЗМ-110Б У1(ХЛ1)<br>ТФМ-110-У1(ХЛ1)<br>ТГФ-110-У1(ХЛ1) | ТФЗМ-220Б У1(ХЛ1) |

*Окончание табл. 4.1.5*

| ОРУ 35 кВ | ОРУ 110 кВ | ОРУ 220 кВ |
|---|---|---|
| **Трансформаторы напряжения** | | |
| НОМ-35<br>ЗНОМ-35<br>НАМИ-35 | НКФ-110<br>CPA 123<br>CPB 123 | CPA 245 |
| **Ограничители перенапряжений** | | |
| MWK-41<br>ОПН-У/TEL-35<br>ОПН-П-35<br>ОПН-Ф-35 | ОПН-110 ПН<br>ОПН-У/TEL-110<br>ОПН-110<br>ОПН-П-110<br>EXLIM P<br>EXLIM R<br>EXLIM P72-AN 123 | ОПН-П-220/□ УХЛ1<br>ОПН-Ф-220/□ УХЛ1 |

*Примечания:*

Значок □ означает, что параметр аппарата указывается при проектировании.

Наиболее совершенной по конструкции является КТПБ(М) с разъединителями SGF 123 и SGF 245.

*Таблица 4.1.6.* **Типы силовых трансформаторов**

| Напряжение, кВ | | |
|---|---|---|
| 35 | 110 | 220 |
| ТМГ-□/35 | ТМН-□/110/6(10) | ТРДН-32000/220/6(10) |
| ТД-16000/35/6(10) | ТДН-□/110/6(10) | ТРДН-□/220/6-6 |
| | ТРДН-□/110/6(10) | ТДТН-□/220/35/6(10) |
| | ТРДН-□/110/6(10) | ТРДЦН-63000/220/10-10 |
| | ТРРДН-□/110/(6-6)(10-10) | ТРДН-32000/220/35У1 |
| | РРДЦН-63000/110/10/10 | АТДЦТН-63000/220/110 |
| | ТМТН-□/110/35/6(10) | |
| | ТДТН-□/110/35/6(10) | |
| | ТМН-□/110/20 | |

*Примечания:*

1. Силовые трансформаторы выпускаются исполнений У1, ХЛ1.
2. Значок □ означает, что мощность трансформатора указывается при проектировании.

На подстанциях устанавливаются трансформаторы собственных нужд ТМ-100/35, при необходимости могут быть установлены линейные регулировочные трансформаторы ЛТМ-□/6(10) и однофазные масляные заземляющие дугогасительные реакторы РЗДСОМ.

Название **схем первичных соединений РУ** 10(6)—220 кВ КТПБ(М) и номер рисунка, где она показана, приведены в табл. 4.1.7.

*Таблица 4.1.7.* **Название схемы и номер рисунка, где она приведена**

| Схема | Название | Номер рисунка |
|---|---|---|
| **Схемы РУ 6(10) кВ** | | |
| 10(6)-2 и др. | Две одиночные секционированные выключателем системы шин | — |
| **Схемы ОРУ 35 кВ** | | |
| 35-5А; 35-5Б | Мостик с выключателями в цепях линий | 3.4.14 |
| 35-5АН | Мостик с выключателями в цепях трансформаторов | 3.4.15 |
| 35-3Н | Блок линия—трансформатор с выключателем | 3.4.12, *в* |
| 35-4Н | Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий | 3.4.12, *г* |
| 35-9 | Одна рабочая секционированная система шин | 3.4.3 |
| **Схемы ОРУ 110, 220 кВ** | | |
| 110-1; 220-1 | Блок линия—трансформатор с разъединителем | 3.4.11, *б* |
| 110-3Н; 220-3Н | Блок линия—трансформатор с выключателем | 3.4.12, *в* |
| 110-4Н<br>220-4Н | Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий | 3.4.12, *г* |
| 110-5Н<br>220-5Н | Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий | 3.4.14 |
| 110-5АН<br>220-5АН | Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов | 3.4.15 |
| 110-6; 220-6 | Заход—выход | 3.4.16 |
| 220-7 | Четырехполюсник | 3.4.17 |
| 110-12<br>220-12 | Одна рабочая секционированная выключателем и обходная системы шин | 3.4.6 |
| 110-13 | Две рабочие и обходная системы шин | 3.4.9 |
| 110-14 | Две рабочие секционированные выключателями и обходная системы шин с двумя шиносоединительными и двумя обходными выключателями | 3.4.10 |

В РУ 10(6) кВ устанавливаются комплектные распределительные устройства (см. табл. 4.1.1, 4.1.2), выводы линий из РУ 10(6) кВ могут быть воздушными и кабельными. Шкаф ТСН вынесен из общего ряда КРУ (КРУН) и устанавливается рядом с силовым трансформатором. В схеме 10(6)-2 до выключателей ввода подключаются ограничители перенапряжений и трансформаторы собственных нужд. Предусматривается установка ограничителей перенапряжений и на сборные шины.

Для общего освещения территории КТПБ(М) применяются установленные на блоках и порталах ОРУ осветительные установки типа ОУ-2, на каждой из которых установлено четыре светильника мощностью 300 Вт на высоте около 7 м. План и разрезы подстанции КТПБ(М) 220-5АН-Т/10(6)-2х□-59-А-2-85-У1 со схемой 220-5АН с маломасляными выключателями ВМТ-220 приведены на рис. 4.1.1.

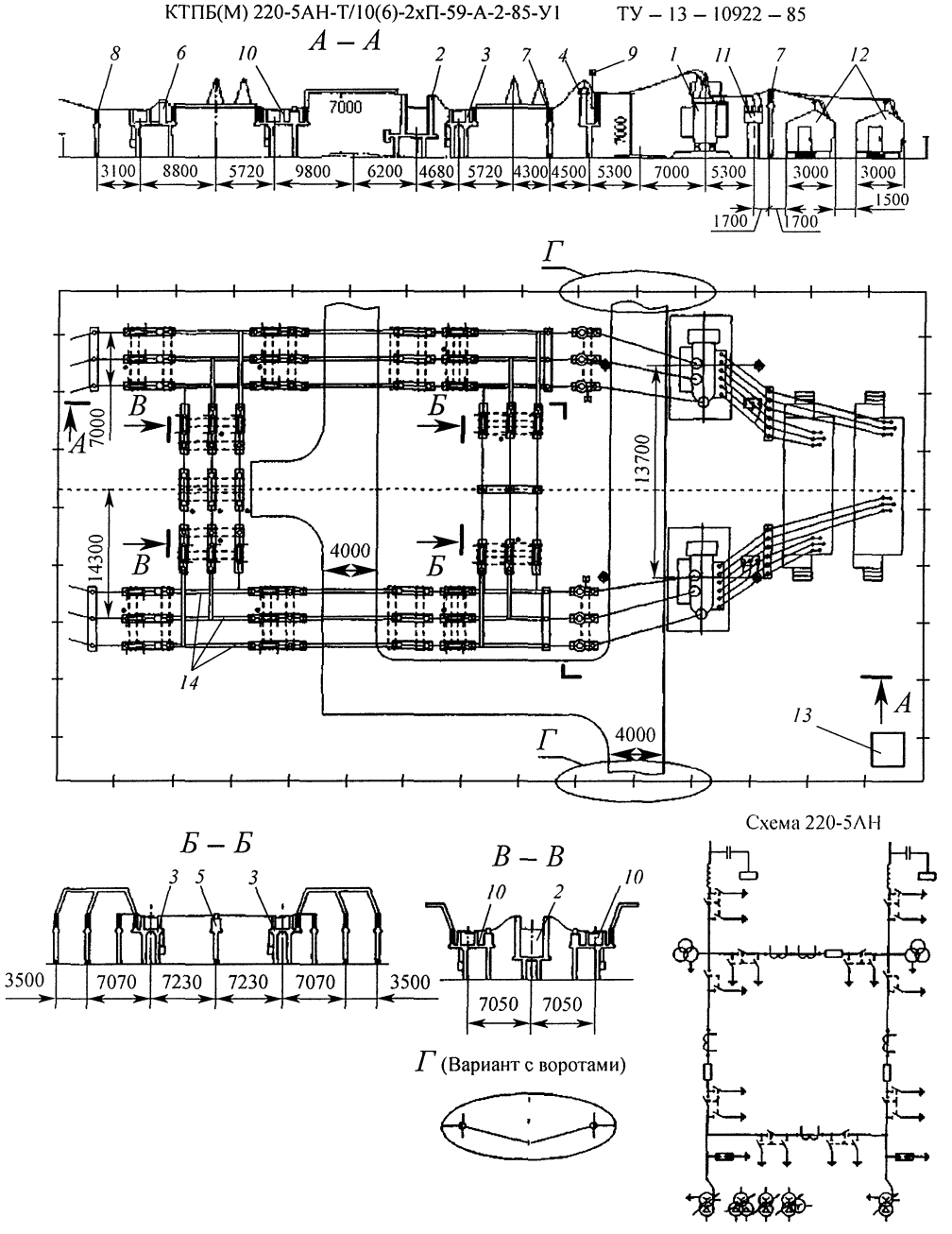



**Рис. 4.1.1.** Компоновка КТПБ 220/10(6) кВ: *1* — силовой трансформатор; *2* — группа блоков полюсов выключателя; *3* — группа блоков полюсов разъединителя; *4* — блок разрядников (ОПН); *5* — блок трансформаторов тока; *6* — группа блоков полюсов разъединителя и трансформатора напряжения; *7* — блок опорных изоляторов; *8* — блок приема ВЛ; *9* — установка осветительная; *10* — группа блоков полюсов разъединителя и трансформатора тока; *11* — шкаф ТСН; *12* — КРУ 10(6) кВ; *13* — туалет; *14* — жесткая ошиновка ОРУ 220 кВ

**Подстанции трансформаторные комплектные блочные 2КТПБ-10000, 16000/110/6(10)У1 и 2КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10)У1.**

В табл. 4.1.8 приведены основные технические характеристики КТПБ (схема первичных соединений подстанций на стороне 110 кВ — 110-4Н, на стороне 35 кВ — 35-9). Наименование блоков и их число для схем 110-4Н и 35-9 приведены в табл. 4.1.9.

*Таблица 4.1.8.* **Технические характеристики 2КТПБ-10000/110/6(10)У1, 2КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10)У1**

| Параметр | Значение параметра |
|---|---|
| Номинальная мощность, кВ·А | 10000; 16000 |
| *Номинальное напряжение*, кВ: | |
| на стороне ВН | 110 |
| на стороне СН* | 35 |
| на стороне НН | 6 или 10 |
| Номинальная частота, Гц | 50 |
| Стойкость к токам короткого замыкания главных электрических цепей, кА | |
| на стороне ВН: | |
| электродинамическая | 65 |
| термическая (в течение 3 с) | 35 |
| на стороне СН*: | |
| электродинамическая | 26 |
| термическая (в течение 3 с) | 10 |
| на стороне НН: | |
| электродинамическая | 51 |
| термическая (в течение 3 с) | 20 |
| Схема и группа соединений силового трансформатора | $Y_н$/Д-11; $Y_н$/ $Y_н$/Д-0-11* |
| Мощность трансформатора собственных нужд, МВ·А | 40; 63; 100; 160; 250 |
| Сочетание напряжений ТСН, кВ | 6(10)/0,4 |
| Число отходящих линий на одну секцию РУНН | 4; 6* |

* Для 2КТПБ с трансформатором ТДТН.

*Таблица 4.1.9.* **Наименование и число для схем 110-4Н и 35-9 блоков 2КТПБ-10000/110/6(10)У1, 2КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10)У1**

| Наименование блока | Схема | |
|---|---|---|
| | 110-4Н | 110-4Н; 35-9 |
| Блок выключателя ВМТ-110 Б-25/1250 УХЛ1 | 2 | 2 |
| Блок разъединителя РДЗ-1-110Б/1000 Н УХЛ1 | 2 | 4 |

*Окончание табл. 4.1.9*

| Наименование блока | Схема | |
|---|---|---|
| | 110-4Н | 110-4Н; 35-9 |
| Блок разъединителя РДЗ-2-110Б/1000 Н УХЛ1 | 4 | 4 |
| Блок трансформаторов напряжения НКФ-110-83 У1 | 2 | 2 |
| Блок трансформаторов тока ТФЗМ-110 Б У1 | 2 | 2 |
| Блок разрядников РВС-110 М | 2 | 2 |
| Блок опорных изоляторов 110 кВ | 2 | 2 |
| Блок ЗОМ-110 Б-1 УХЛ1 и РВС-35 У1 | 2 | 2 |
| Распределительное устройство РУ 10 (6) кВ | 1 | 1 |
| Общеподстанционное устройство | 1 | 1 |
| Блок опорных изоляторов 35 кВ | — | 4 |
| Блок разрядников РВС-35 | — | 2 |
| Блок Б35-5:<br>разъединитель РДЗ-2-35/1000Н-УХЛ1 с приводом ПР-0,5-25,<br>ТН НОМ-35 и разрядник РВС-35 | — | 2 |
| Блок 35-3М:<br>элегазовый выключатель ВГБЭ-35,<br>разъединитель РДЗ-1(2)-35/1000 Н УХЛ1 с приводом ПР-06(05)-2Б УХЛ1 | — | 3 |
| Силовой трансформатор:<br>ТДН-10000/110-У1<br>ТДТН-10000,16000/110-У1 | <br>2<br>— | <br>—<br>2 |

На рис. 4.1.2 приведена принципиальная схема главных цепей подстанции с трехобмоточными трансформаторами 2КТПБ-10000-16000/ /110/35/6(10) У1. На стороне 110 кВ предусмотрена схема «два блока с выключателями и ремонтной перемычкой со стороны линий» (схема 110-3Н), на стороне 35 кВ — схема с одной секционированной выключателем системой шин (схема 35-9).

На рис. 4.1.3 представлена принципиальная схема главных цепей подстанции 2КТПБ-10000,16000/110/6(10) У1 со схемой 110-3Н на стороне 110 кВ.

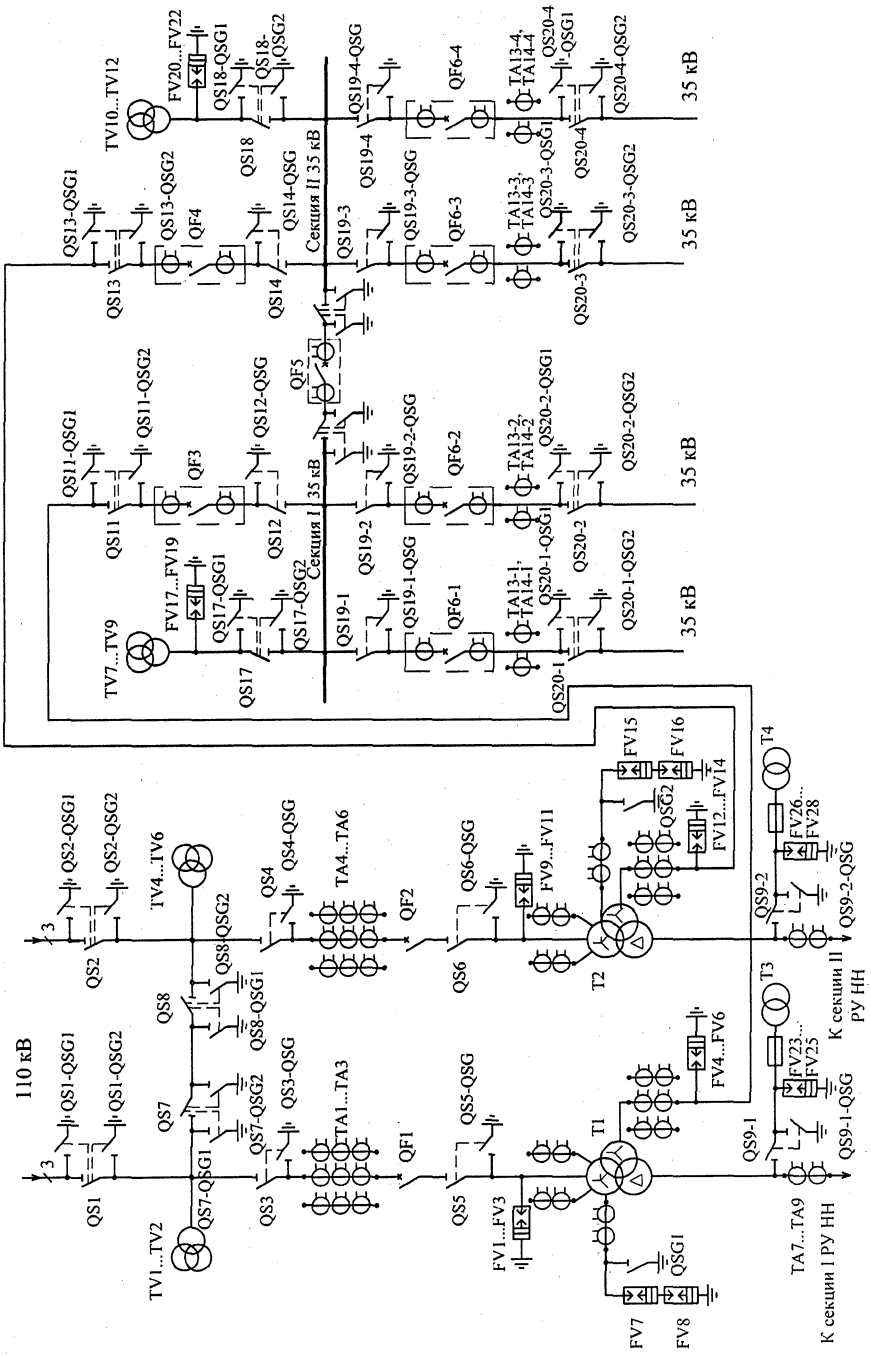



**Рис. 4.1.2.** (начало, см. стр. 111)

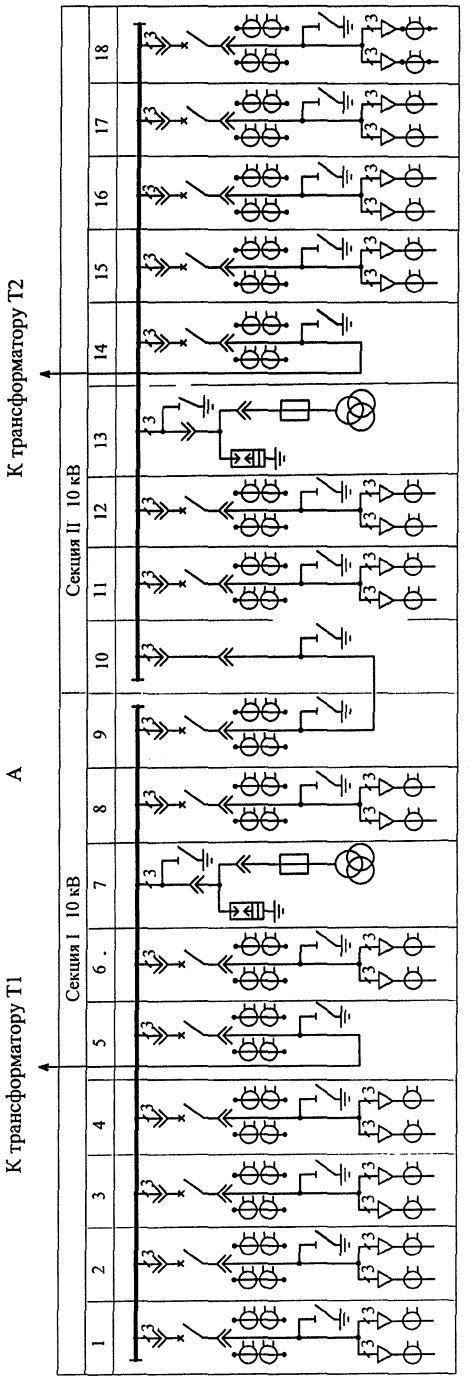



**Рис. 4.1.2.** Схема электрическая принципиальная главных цепей КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10) У1: QS1...QS20 — разъединители; QF1...QF6-4 — выключатели; TV1...TV12 — трансформаторы напряжения; FV1...FV28 — разрядники; TA1...TA14-4 — трансформаторы тока; T1, T2 — силовые трансформаторы; T3, T4 — трансформаторы собственных нужд; QS1-QSG...QS20-QSG — заземлители; А — РУНН

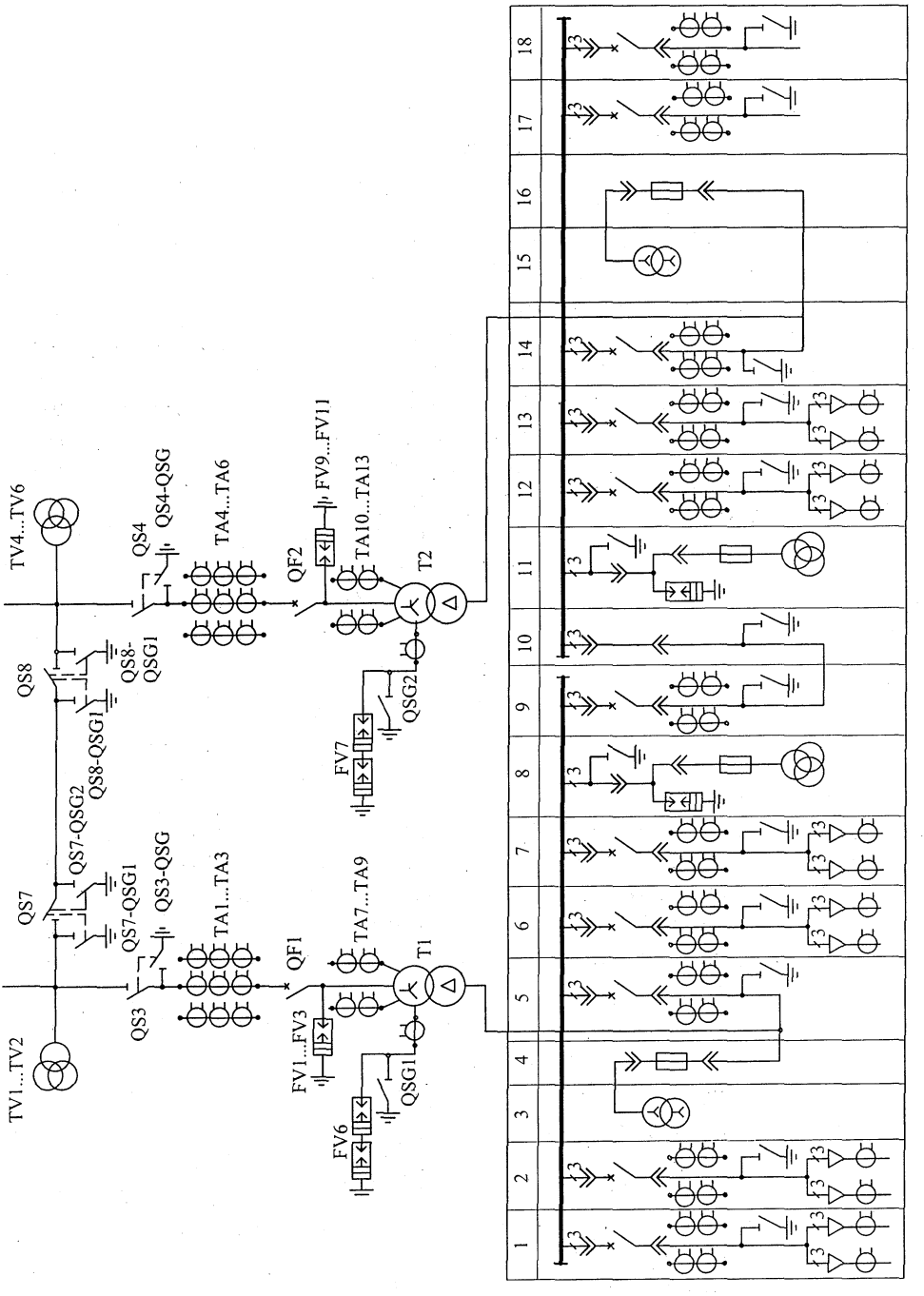



**Рис. 4.1.3.** Схема электрическая принципиальная главных цепей КТПБ-10000, 16000/110/6(10) У1

## 4.2. Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением 35/10(6) и 10(6)/0,4 кВ

Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа (КТПМ) напряжением 35/10(6) и 10(6)/0,4 кВ производит совместное российско-польское предприятие «КРУЭЛТА», учредителями которого являются российская компания «Таврида Электрик» и польская компания «Электробудова». КТПМ применяются в качестве сетевых и потребительских подстанций на нефтегазопромыслах, рудниках, карьерах и других объектах, когда необходимо максимально сократить сроки монтажа подстанции, а также обеспечить возможность ее демонтажа и перемещения на новое место. Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа (КТПМ) предназначены для использования в качестве переносных или стационарных.

Особенностями данных КТПМ являются возможность быстрого монтажа и продолжительная безаварийная эксплуатация в тяжелых климатических условиях в необслуживаемом режиме. Подстанции оснащаются аппаратурой по требованиям заказчика.

Типовые решения рассчитаны на использование следующих основных компонентов:

- коммутационные аппараты фирм ABB, Siemens, Schneider, Alstom, Tavrida Electric, Moeller, General Electric, Mitsubishi Electric, Terasaki, Holec;
- устройства защиты и приборы учета фирм ABB, Siemens, Schneider, Alstom, Lumel, JM Tronic;
- силовые и измерительные трансформаторы фирм ABB, Siemens, Alstom, Arteche, Ritz, Polcontact.

Электрооборудование КТПМ характеризуется высокими показателями электродинамической и термической стойкости, а выключатели рассчитаны на значительные номинальные токи отключения, поэтому КТПМ может служить в качестве ГПП или исполнять функции временного переносного дополнения к существующим мощным подстанциям при их ремонте или подключении к ним дополнительных отходящих линий КТПМ может использоваться в телекоммуникации и на железных дорогах.

Структура условного обозначения КТПМ:

**КТПМ Х/Х– Х* Х/Х ХХ/ХХХ УХЛ1**,

где КТП — комплектная трансформаторная подстанция наружной установки;

М — модульное исполнение;

Х/Х — высшее/низшее номинальные напряжения, кВ;

Х* — исполнение (2 — с двумя трансформаторами, 1 или отсутствие цифры — с одним трансформатором);

Х/Х — мощность трансформатора, кВ·А/обозначение типа трансформатора (С — сухой; М — масляный с ПБВ; МР — масляный с РПН);

ХХ/ХХХ — обозначение схемы главных цепей по стороне высшего напряжения/число и тип отходящих линий на стороне низшего напряжения (К — кабельные, В — воздушные);

УХЛ1 — вид климатического исполнения по ГОСТ 15150—69 и ГОСТ 15543.1—89.

Пример записи обозначения подстанции с номинальными напряжениями 35/6 кВ с двумя сухими трансформаторами мощностью 4000 кВ А, со схемой главных соединений Т2 на стороне 35 кВ, с 18 отходящими линиями (8 кабельных и 10 воздушных):

КТПМ 35/6-2*4000/С Т2/10В8К УХЛ1.

**Конструкция.** РУВН и РУНН подстанции выполняются комплектными, выкатного исполнения и размещаются в металлических контейнерах с отдельными входами. Каждый контейнер с размещенным в нем оборудованием является одним модулем подстанции. Это может быть конструкция из неподвижно закрепленных панелей или конструкция с возможностью быстрого демонтажа отдельных боковых панелей. Общая длина контейнера не должна превышать 17 м. Стены и пол контейнера могут иметь теплоизоляцию. В крыше имеются клапаны безопасности распределительного устройства среднего напряжения, естественная или принудительная вентиляция.

Полы контейнера собираются из металлических листов, которые могут быть легко демонтированы для контроля кабельного присоединения. Под полом (кроме ячеек РУ, трансформаторов, пускателей, камер с конденсаторами) может быть размещен слой теплоизоляции из минеральной ваты. По желанию заказчика на пол может стелиться ПВХ покрытие (линолеум) или изоляционный коврик перед камерами распределительного устройства среднего напряжения (рис. 4.2.1).

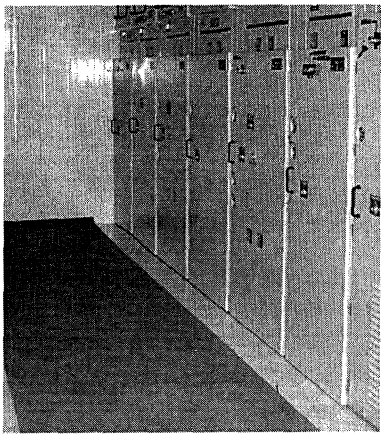


**Рис. 4.2.1.** Покрытие ПВХ и изоляционный коврик на полу контейнера

Контейнеры могут устанавливаться на раму, на раму и стальной понтон, снабженный транспортными проушинами, что позволяет перемещать подстанцию по земле в любом направлении; на раму с элементами, гасящими вибрацию от самодвижущихся механизмов, например экскаваторов, ленточных транспортеров, бурильных установок и т. д. Примеры различных установок контейнеров приведены на рис. 4.2.2.

В КТПМ могут устанавливаться как сухие в эпоксидной изоляции, так и масляные трансформаторы напряжением до 35 кВ мощностью до 10 000 кВ·А.

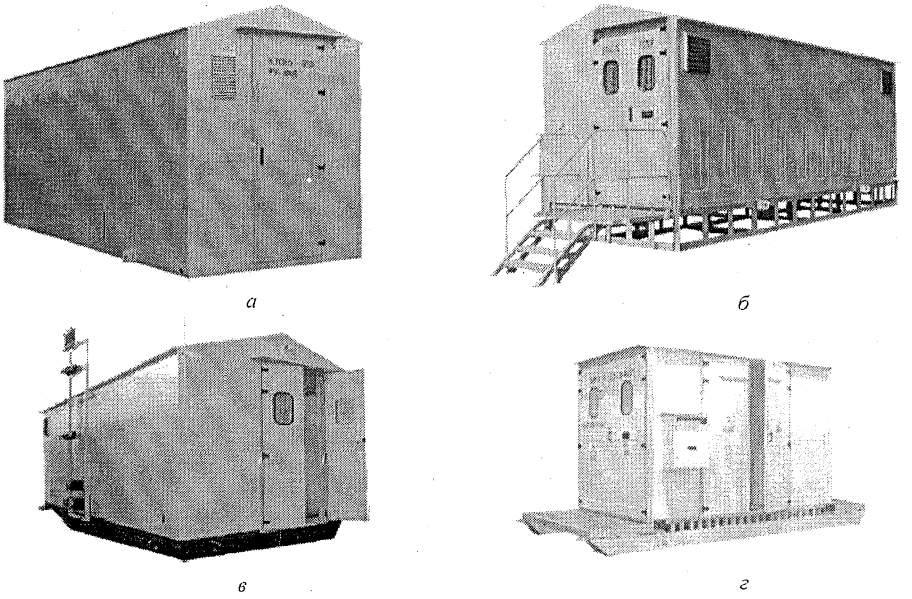


**Рис. 4.2.2.** Различные установки контейнеров: *а* — на низкой раме; *б* — на высокой раме, снабженной лестницей; *в* — на понтоне с воздушным вводом; *г* — на понтоне с решетчатыми площадками для удобства обслуживания воздушным вводом

Трансформаторы могут быть установлены на открытом воздухе или помещены в камеры различного исполнения: решетчатое металлическое ограждение; трансформаторная камера, реализованная в корпусе ячейки РУ, выделенное помещение (камера для сухого или масляного трансформатора) с доступом изнутри или снаружи (рис. 4.2.3).

Над камерой трансформатора в крыше устанавливаются клапаны безопасности. Трансформаторное помещение оснащается освещением (расположение выключателя в соответствии с требованиями проекта). В камере могут дополнительно размещаться ограничители перенапряжений, предохранители, дополнительная коммутационная аппаратура и т. п.

Двери трансформаторных камер, расположенных рядом с РУ, сблокированы с вводной ячейкой, что повышает безопасность обслуживания станции. Имеется возможность быстрой и удобной замены трансформатора. Если на КТПМ устанавливается масляный трансформатор, то в раме устанавливается стальной масляный поддон емкостью, достаточной для удержания всего объема масла в случае повреждения трансформатора. Поддон снабжен сливным отверстием.

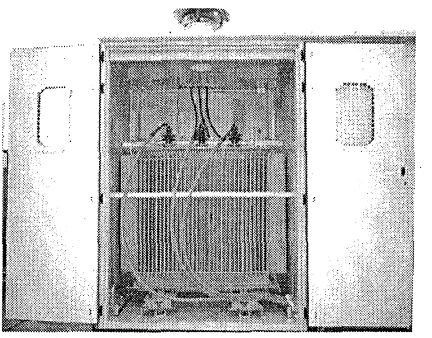


**Рис. 4.2.3.** Установка силового трансформатора в камере

Выделенные внутри подстанции помещения могут иметь сплошные, сплошные со смотровым окном или сетчатые двери.

Дополнительное оборудование контейнера: система основного и аварийного освещения; вентиляционное оборудование; система обогрева с возможностью регуляции температуры. По желанию заказчика может быть установлена охранная и пожарная сигнализация.

**Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением 35 кВ** выпускаются в климатическом исполнении УХЛ1, основные технические характеристики КТПМ приведены в табл. 4.2.1.

*Таблица 4.2.1.* **Технические характеристики КТПМ напряжением 35 кВ**

| Параметр | На стороне 35 кВ | На стороне 10(6) кВ |
|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 35 | 6; 10 |
| Число силовых трансформаторов | 1 или 2 | |
| Номинальная мощность силового трансформатора, кВ А | 2500; 4000; 6300; 10 000 | |
| Номинальное напряжение обмоток трансформатора, кВ | 35 | 10,5(6,3) |
| Диапазон регулирования напряжения | ±2 × 2,5 | |
| Группа соединения обмоток трансформатора | $Y_н$/D-11 | |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630 | 1600 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630 | 1600 |
| Номинальный ток отключения выключателей, кА | 16 | 25 |
| Номинальный ток включения выключателей, кА | 40 | 50 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 40 | 50 |
| Ток термической стойкости (односекундный), кА | 16 | 25 |
| Степень защиты модулей | IP55 | |

КТПМ имеет следующие функциональные блоки:

- **РУ 35 кВ**, состоящего из одного модуля для однотрансформаторных подстанций; одного или двух модулей для двухтрансформаторных подстанций;
- **трансформаторного блока**, состоящего из одного или двух модулей;
- **РУ 10(6) кВ**, состоящего из одного или двух модулей, соединяемых между собой на месте установки.

КТПМ оснащается системами основного и аварийного освещения, обогрева, вентиляции, устройствами микропроцессорной РЗиА и подготовлена к работе в системах телемеханики, телесигнализации, телеизмерений и телеуправления.

**На стороне 35 кВ подстанции предусматриваются следующие схемы:**

- Т1 и Т2 — тупиковая подстанция с вводом питания по воздушной линии с разъединителем (модули Т1.1 и Т1.2) и с вводом питания по воздушной линии с вакуумным выключателем (модули Т2.1 и Т2.2);
- П1 и П2 — проходная подстанция с вводом питания по воздушной линии с разъединителем (модули К.1.1 и К1.2) и с вводом питания по воздушной линии с вакуумным выключателем (модули К2.1 и К2.2).

Схемы Т1, Т2 по сути представляют собой схему мостика с выключателями в цепях трансформаторов или в цепях линий без ремонтной перемычки, с подключением трансформатора собственных нужд на стороне 35 кВ. Схемы П1 и П2 в типовых проектах не применяются.

Типовые исполнения однотрансформаторных и двухтрансформаторных КТПМ приведены в табл. 4.2.2, 4.2.3.

*Таблица 4.2.2.* **Типовые исполнения однотрансформаторных КТПМ**

| Мощность трансформатора, кВ А | Тип исполнения | Число линий 35 кВ | Число линий 10(6) кВ | | Максимальная мощность БК, кВ А |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | воздушных | кабельных | |
| 2500 | КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/5К | 1 | — | 5 | 450 |
| | КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/3В2К | | 3 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/6К | | — | 6 | 600 |
| | КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/4В2К | | 4 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-1*2500/С П1/5К | 2 | — | 5 | 450 |
| | КТПМ 35/6-1*2500/С П1/3В2К | | 3 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-1*2500/С П1/6К | | — | 6 | 600 |
| | КТПМ 35/6-1*2500/С П1/4В2К | | 4 | 2 | |
| 4000 | КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/6К | 1 | — | 6 | 450 |
| | КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/4В2К | | 4 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/8К | | — | 8 | 600 |
| | КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/5В3К | | 5 | 3 | |
| | КТПМ 35/6-1*4000/С П1/6К | 2 | — | 6 | 450 |
| | КТПМ 35/6-1*4000/С П1/4В2К | | 4 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-1*4000/С П1/8К | | — | 8 | 600 |
| | КТПМ 35/6-1*4000/С П1/5В3К | | 5 | 3 | |
| 6300 | КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/6К | 1 | — | 6 | 600 |
| | КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/4В2К | | 4 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/8К | | — | 8 | 900 |
| | КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/5В3К | | 5 | 3 | |
| | КТПМ 35/6-1*6300/С П2/6К | 2 | — | 6 | 600 |
| | КТПМ 35/6-1*6300/С П2/4В2К | | 4 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-1*6300/С П2/8К | | — | 8 | 900 |
| | КТПМ 35/6-1*6300/С П2/5В3К | | 5 | 3 | |
| 10 000 | КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/8К | 1 | — | 8 | 900 |
| | КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/5В3К | | 5 | 3 | |
| | КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/10К | | — | 10 | 1200 |
| | КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/6В4К | | 6 | 10 | |
| | КТПМ 35/6-1*10000/М П2/8К | 2 | — | 8 | 900 |
| | КТПМ 35/6-1*10000/М П2/5В3К | | 5 | 3 | |
| | КТПМ 35/6-1*10000/М П2/10К | | — | 10 | 1200 |
| | КТПМ 35/6-1*10000/М П2/6В4К | | 6 | 10 | |

*Таблица 4.2.3.* **Типовые исполнения двухтрансформаторных КТПМ**

| Мощность трансформатора, кВ·А | Тип исполнения | Число линий 35 кВ | Число линий 10(6) кВ | | Максимальная мощность БК, кВ·А |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | воздушных | кабельных | |
| 2500 | КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/8К | 2 | — | 8 | 450 |
| | КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/6В2К | | 6 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/10К | | — | 10 | 600 |
| | КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/6В4К | | 6 | 4 | |
| | КТПМ 35/6-2*2500/С П1/8К | 4 | — | 8 | 450 |
| | КТПМ 35/6-2*2500/С П1/6В2К | | 6 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-2*2500/С П1/10К | | — | 10 | 600 |
| | КТПМ 35/6-2*2500/С П1/8В2К | | 6 | 4 | |
| 4000 | КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/10К | 2 | — | 10 | 450 |
| | КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/8В2К | | 8 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/14К | | — | 14 | 600 |
| | КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/10В4К | | 10 | 4 | |
| | КТПМ 35/6-2*4000/С П1/10К | 4 | — | 10 | 450 |
| | КТПМ 35/6-2*4000/С П1/8В2К | | 8 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-2*4000/С П1/14К | | — | 14 | 600 |
| | КТПМ 35/6-2*4000/С П1/10В4К | | 10 | 4 | |
| 6300 | КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/10К | 2 | — | 10 | 600 |
| | КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/8В2К | | 8 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/14К | | — | 14 | 900 |
| | КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/10В4К | | 10 | 4 | |
| | КТПМ 35/6-2*6300/С П2/10К | 4 | — | 10 | 600 |
| | КТПМ 35/6-2*6300/С П2/8В2К | | 8 | 2 | |
| | КТПМ 35/6-2*6300/С П2/14К | | — | 14 | 900 |
| | КТПМ 35/6-2*6300/С П2/10В4К | | 10 | 14 | |
| 10 000 | КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/14К | 2 | — | 14 | 900 |
| | КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/10В4К | | 10 | 4 | |
| | КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/18К | | — | 18 | 1200 |
| | КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/12В6К | | 12 | 6 | |
| | КТПМ 35/6-2*10000/М П2/14К | 4 | — | 14 | 900 |
| | КТПМ 35/6-2*10000/М П2/10В4К | | 10 | 4 | |
| | КТПМ 35/6-2*10000/М П2/18К | | — | 18 | 1200 |
| | КТПМ 35/6-2*10000/М П2/12В6К | | 12 | 6 | |

**Распределительное устройство 35 кВ** выполняется с одной системой шин (на двухтрансформаторных подстанциях одна секционированная выключателем система шин). Питание на сборные шины (на каждую

секцию шин) подается по воздушной линии 35 кВ через разъединитель, установленный на крыше контейнера РУ 35 кВ. Для проходной подстанции предусматривается также отходящая линия (выход) с разъединителем. В распределительном устройстве устанавливаются камеры выкатного исполнения одностороннего обслуживания серии D-40 с выключателями VD4.

Каждая секция КРУ-35 кВ может иметь следующие присоединения:

- ввод с вакуумным выключателем (схема П2, Т2);
- отходящая линия с вакуумным выключателем (для проходной подстанции, схема Т2);
- присоединение к силовому трансформатору с вакуумным выключателем;
- трансформатор напряжения 35 000: $\sqrt{3}$/100: $\sqrt{3}$/100:3;
- трансформатор собственных нужд сухой мощностью 63 или 100 кВ·А, напряжение на вторичной обмотке 0,4 или 0,231 кВ;
- секционирование, состоящее из двух камер (с выключателем и разъединителем).

В распределительном устройстве 35 кВ предусматриваются также источники питания постоянного тока, щитки стационарного питания 0,4 кВ, сигнальные шкафы системы телемеханики и телеуправления. От трансформатора собственных нужд получают питание цепи освещения, обогрева и собственного обслуживания подстанции. Устройства защиты, измерения, управления и телемеханики получают питание от выпрямительного блока с выходным напряжением 110 В постоянного тока, который подключен к обмотке трансформатора собственных нужд 230 В. Предусмотрено устройство автоматического включения резерва в цепях 220 В трансформаторов собственных нужд и в цепи постоянного тока 110 В. АВР подключает цепи постоянного тока 110 В к аккумуляторной батарее при исчезновении напряжения в цепи 220 В трансформатора собственных нужд.

**Распределительное устройство 10(6) кВ** выполняется в виде одного или двух модулей с камерами с выдвижной неотделяемой частью (metalclad) на токи до 3150 А серии D-12PT. Возможно однорядное и двухрядное расположение камер. На каждую секцию шин предусматриваются следующие камеры:

- ввода с выключателем;
- с трансформатором напряжения;
- отходящих линий с выключателями (число указано в табл. 4.2.2—4.2.3);
- секционного выключателя и разъединителя (на двухтрансформаторных подстанциях);
- с выключателем для подключения батареи конденсаторов 10(6) кВ;
- с конденсаторными батареями мощностью от 300 до 1200 квар.

В камерах могут устанавливаться выключатели BB/TEL, VD4, ЭВОЛИС (подробнее о КРУ серии D-12 «Классика» см. раздел 6 3 4)

Внешний вид однотрансформаторной подстанции 35/10(6) кВ представлен на рис. 4.2.4; варианты четырех- и шестимодульной компоновок подстанции — на рис. 4.2 5; принципиальная схема двухтрансформаторной КТПМ, выполненная по схеме Т1 на стороне 35 кВ на десять отходящих линий, — на рис. 4.2.6.

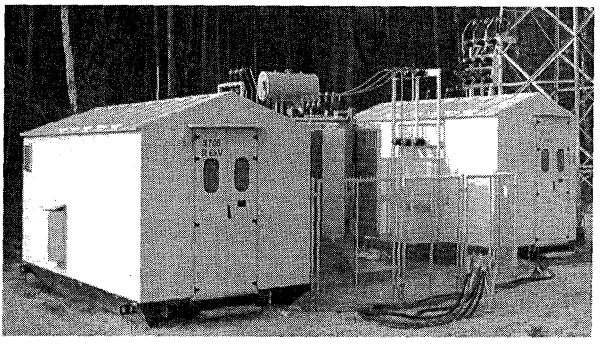


**Рис. 4.2.4.** Комплектная трансформаторная подстанция модульного типа напряжением 35/10(6) кВ

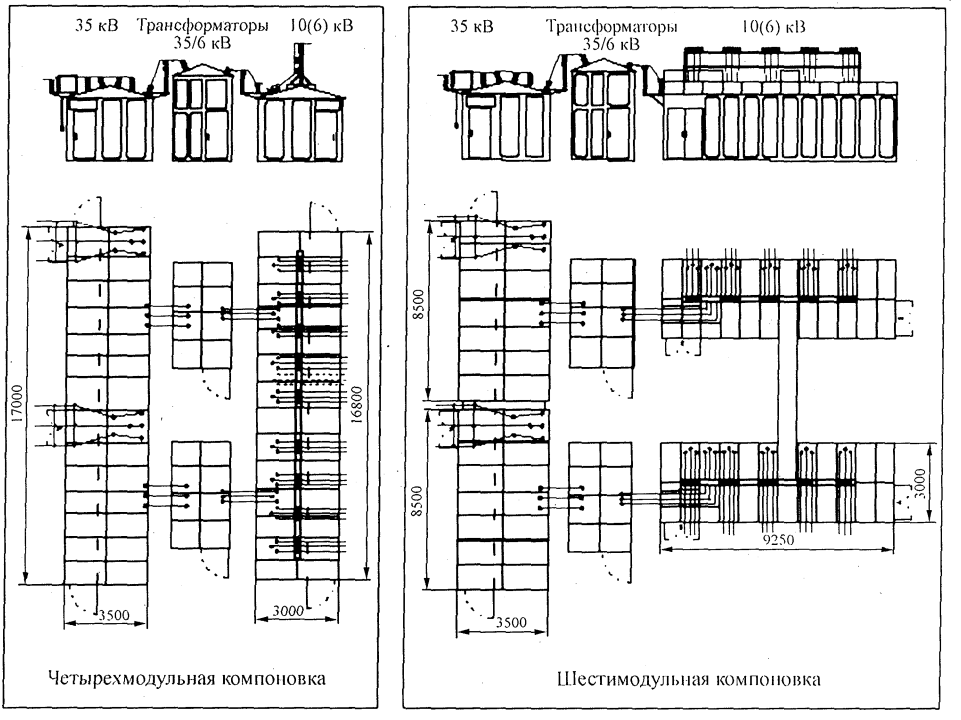



**Рис. 4.2.5.** Четырехмодульная и шестимодульная компоновки двухтрансформаторной подстанции 35/10(6) кВ

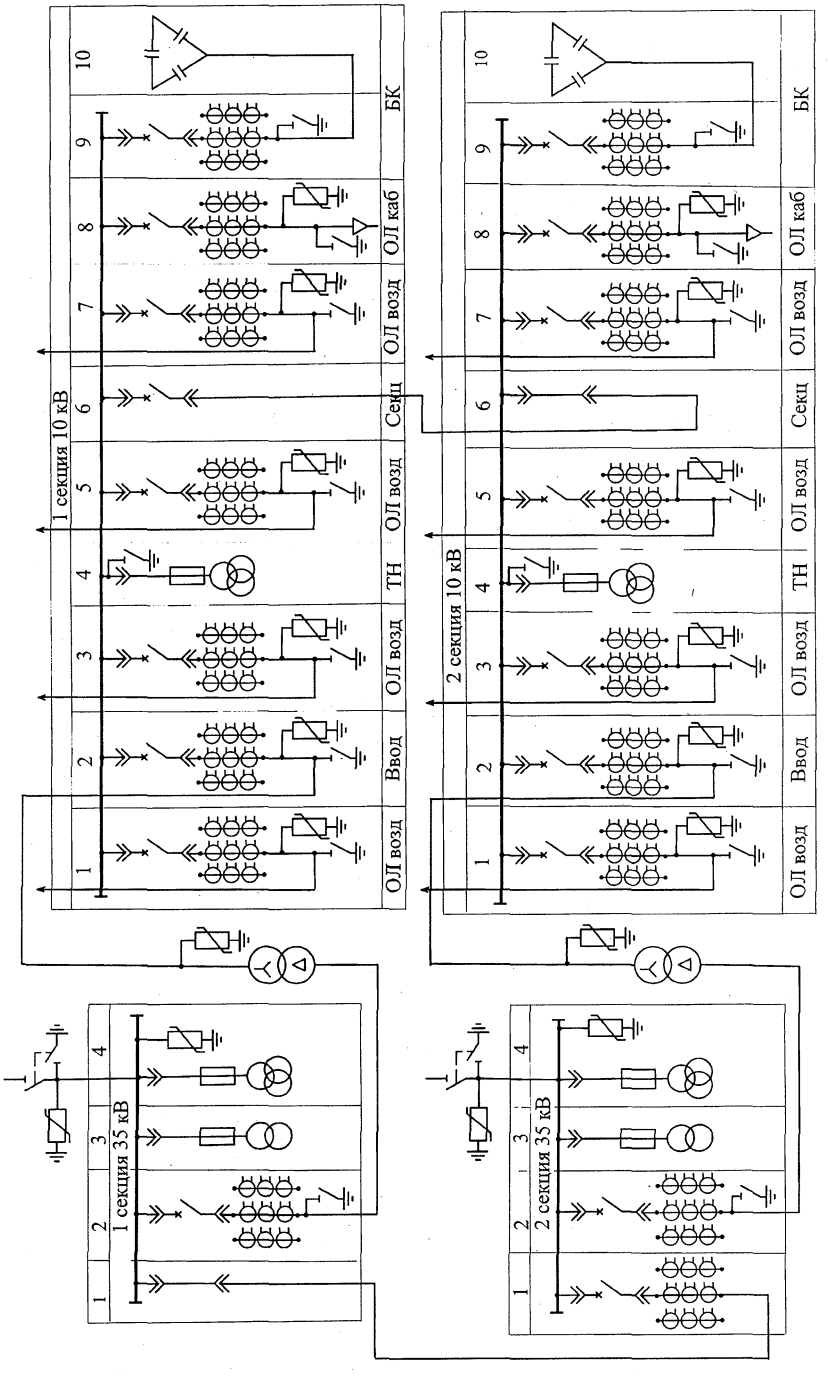



**Рис. 4.2.6.** Принципиальная однолинейная схема КТПМ 35/10(6) кВ (РУ-35 кВ выполнено по схеме Т1; число воздушных отходящих линий в РУ 10(6) кВ — 8; кабельных — 2; сокращения: возд. — воздушные; каб. — кабельные)

**Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением 10(6)/0,4 кВ** предназначены для электроснабжения электроустановок и промышленных объектов в нефтяной, горно-добывающей и газовой промышленности трехфазным переменным током промышленной частоты 50 Гц. Технические характеристики КТП приведены в табл 4.2.4. Подстанции выпускаются в одномодульном (при мощности трансформатора до 1000 кВ·А) и трехмодульном исполнениях. При одномодульном исполнении все основные функциональные элементы подстанции: РУВН, силовые трансформаторы и РУНН размещены в одном модуле (контейнере, рис. 4.2.7). При трехмодульном исполнении РУВН, силовые трансформаторы и РУНН располагаются в трех отдельных контейнерах.

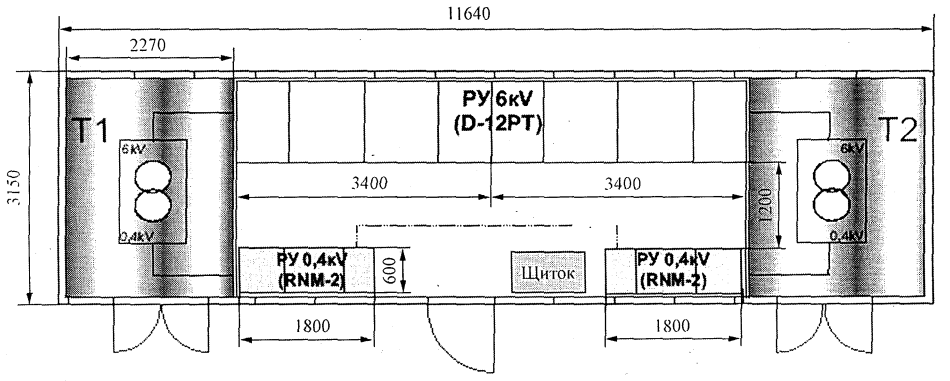



**Рис. 4.2.7.** Расположение оборудования в КТП одномодульного исполнения

*Таблица 4.2.4.* **Технические характеристики КТП модульного типа 10(6) кВ**

| Параметр | На стороне 10(6) кВ | На стороне 0,4 кВ |
|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6; 10 | 0,4 |
| Число силовых трансформаторов | 1 или 2 | |
| Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А | 400; 630; 1000; 1600 | |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 63 | До 200 |
| Ток термической стойкости (односекундный), кА | 25 | До 90 |
| Степень защиты модулей | IP55 | |

**РУ 10(6) кВ** состоит из камер серии D-12PT, в качестве коммутационных аппаратов могут использоваться:

- выключатели нагрузки NAL, NALF;
- контакторы V7, V12;
- вакуумные выключатели серий BB/TEL, VD4, ЭВОЛИС.

В одномодульном исполнении восемь камер РУ 10(6) кВ, из них две камеры с плавкими предохранителями к силовым трансформаторам, четыре камеры с выключателями нагрузки с воздушным вводом-выводом и две камеры — с секционными разъединителями. Принципиальная схема РУ 10(6) кВ и внешний вид подстанции приведены на рис. 4.2.8, 4.2.9.

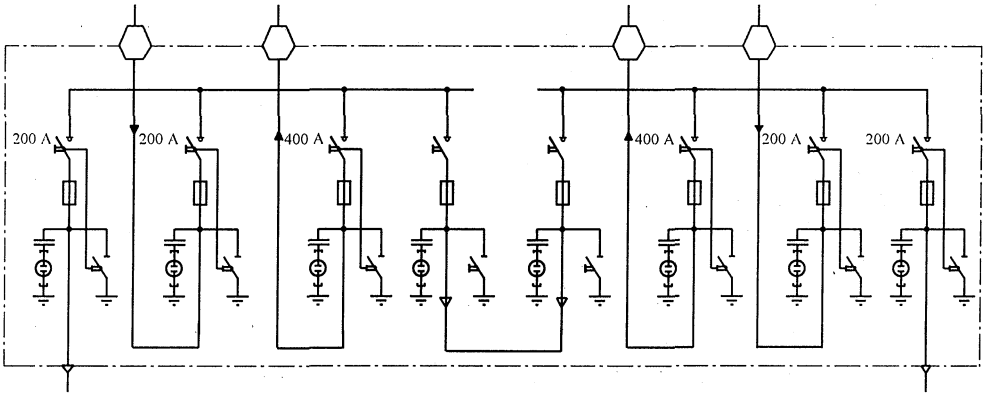



**Рис. 4.2.8.** Принципиальная схема РУ 10(6) кВ подстанции

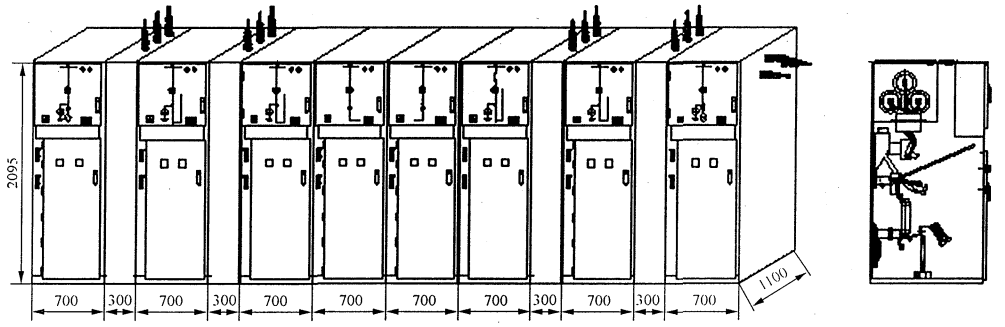



**Рис. 4.2.9.** Внешний вид РУ 10(6) кВ с камерами серии D-12 PT и разрез трансформаторной ячейки

**РУНН** подстанции набирается из шкафов серии RNM-2, которые относятся к низковольтным распределительным устройствам распределения и управления.

Отличительные особенности НКУ серии RNM-2:

- модульная компоновка, позволяющая комплектовать НКУ функциональными блоками аппаратуры в соответствии с требованиями заказчика;
- использование съемных и выдвижных блоков аппаратуры обеспечивает удобство обслуживания НКУ при гарантированной безопасности;

- возможность полного извлечения съемных и выдвижных блоков аппаратуры из шкафа НКУ без снятия напряжения со сборных шин с сохранением степени защиты шкафа;
- минимальные последствия короткого замыкания благодаря разделению шкафа НКУ на отсеки (шинный, аппаратный, кабельный);
- повышенная коррозионная стойкость благодаря использованию современных технологий противокоррозионной защиты;
- высокие электродинамическая и термическая стойкости.

НКУ серии RNM-2 может использоваться в электрических сетях с системами заземления TN-S, TN-C-S, TN-C, TT, IT.

В качестве коммутационных аппаратов используются различные аппараты иностранных фирм-производителей:

- блоки выключатель-предохранитель;
- автоматические выключатели;
- контакторы, магнитные пускатели.

На вводе и отходящих линиях устанавливаются трансформаторы тока. На стороне 0,4 кВ применяется секционирование с устройством автоматического включения резерва. В шкафах секционного выключателя предусмотрено место для установки приборов учета электрической энергии.

Основные технические характеристики шкафов RNM-2 приведены ниже, общий вид представлен на рис. 4.2.10.

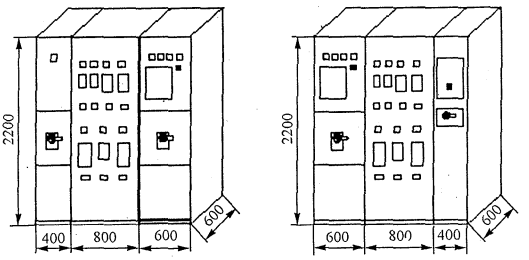



**Рис. 4.2.10.** Общий вид РУ 0,4 кВ (две секции шкафа соединены кабелем)

**Технические характеристики НКУ серии RNM-2**

| | |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | До 690 |
| Номинальный ток сборных шин, А | До 4000 |
| Номинальный ток распределительных шкафов, А | До 1200 |
| Номинальный ток съемных и выдвижных блоков, А | До 630 |
| Ток электродинамической стойкости (амплитуда), кА | 200 |
| Односекундный ток термической стойкости, кА | 90 |
| Габаритные размеры, мм: | |
| длина | 600—1000 |
| высота | 2200 |
| ширина | 400—1200 |
| Масса, кг | 400 |

## 4.3. Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 10(6) кВ

### 4.3.1. Общие сведения

Комплектные трансформаторные подстанции в зависимости от конструктивного исполнения, принципиальных схем и применяемого оборудования могут быть:

- промышленного типа;
- городского типа;
- блочные в бетонной оболочке (БКТПБ);
- модульные (см. раздел 4.2);
- наружного типа;
- киоскового типа;
- универсальные;
- шкафного типа;
- мачтовые и др.

В условном обозначении КТП может указываться тип подстанции: КТПП — промышленного типа, КТПГ — городского типа, КТПН — наружного типа и т. д.

КТП промышленного типа выпускаются для внутренней установки, КТП остальных типов — для наружной установки.

КТП состоят из РУВН, силового трансформатора и РУНН, соединительных элементов высокого и низкого напряжений, шинопроводов (при двухрядном расположении двухтрансформаторных КТП) и других элементов.

РУВН может быть выполнено:

- без сборных шин в виде шкафа (отсека), называемого устройством высокого напряжения (УВН) (типы 1, 5—9);
- со сборными шинами с камерами стационарного исполнения КСО 300 серии, КСО «Аврора» и др. (типы 2, 3—5);
- со сборными шинами с моноблоком на несколько присоединений (тип 3).

Первые пять типов подстанций выполняются одно- и двухтрансформаторными, остальные — только однотрансформаторными. Характеристики комплектных трансформаторных подстанций и их основных узлов, определяющие конструктивные особенности подстанций разных типов, приведены в табл. 4.3.1.

Для комплектных трансформаторных подстанций РУВН, ошиновка ввода и сборные шины РУНН выполняются на ток, равный номинальному току силового трансформатора с коэффициентом $1{,}3I_{\text{номт}}$ ($1{,}4I_{\text{номт}}$ — по специальному заказу) в соответствии с ГОСТ 14695—80. Вышеуказанные условия относятся и к выбору вводного автоматического выключателя.

*Таблица 4.3.1.* **Технические характеристики КТП разных типов**

| Тип КТП | Исполнение РУВН | Разъединитель ВН на опоре | Мощность силового трансформатора, кВ·А | Исполнение РУНН |
|---|---|---|---|---|
| Промышленная | Шкаф УВН | — | 160—2500 | Шкафы НН: ввода (ШНВ); линейные (ШНЛ); секционный (ШНС) — на двухтрансформаторной ПС |
| Городская | Камеры КСО 300 серии и др. | В отдельных случаях | 166—630 (1000 по специальному заказу) | Панели ЩРС, ЩО: ввода; линейные; секционная — на двухтрансформаторной ПС |
| БКТПБ | Камеры «Аврора», моноблок «Ладога» | — | До 1000 | Панели НЕВА: ввода; линейные; секционная — на двухтрансформаторной ПС, или другие панели |
| Модульная | Камеры D12-РТ | — | 400—1600 | Шкафы RNM-2: ввода; линейные; секционный — на двухтрансформаторной ПС |
| Наружной установки | Отсек УВН или камеры КСО 300 серии | — | 63—630 | Зависит от принятой конструкции КТПН |
| Киосковая | Отсек УВН | Возможен | 100—630 | Отсек РУНН |
| Шкафного типа | Шкаф УВН | Возможен | 25—250 | Шкаф РУНН |
| Универсальные | Аппараты УВН крепятся на портале | Возможен | 25—250 | Шкаф РУНН |
| Мачтовые | | | 25—63 | |

### 4.3.2. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ промышленного типа

КТП промышленного типа выпускаются в соответствии с ГОСТ 14695—80 мощностью 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600 и 2500 кВ·А с одним и двумя трансформаторами внутренней установки. Номинальное напряжение на стороне ВН — 6; 10 кВ, номинальное напряжение на стороне НН — 0,4; 0,69 кВ. Подстанции выпускаются с масляными трансформаторами с нормальной изоляцией, с сухими трансформаторами и трансформаторами, заполненными негорючим жидким диэлектриком — с облегченной изоляцией. Конструкция и исполнение КТП позволяют устанавливать их в производственных цехах без ограждений или с простейшими сетчатыми ограждениями. КТП в модульных зданиях устанавливаются на открытом воздухе.

КТП выпускаются с одним и двумя трансформаторами. Возможно однорядное, двухрядное или на разных уровнях расположение двухтрансформаторных КТП.

КТП состоит из: УВН, силового трансформатора, РУНН, соединительных элементов высокого и низкого напряжений, шинопровода (при двухрядном расположении КТП).

**Устройство со стороны высшего напряжения подстанции** выполняется без сборных шин в виде высоковольтного шкафа или кожуха с кабельным вводом. Как правило, предприятия-изготовители предлагают несколько вариантов схем УВН. Выбор той или иной схемы определяется конкретными условиями проектирования.

На КТП устанавливаются специальные **силовые трансформаторы** типа ТМЗ, ТМФ, ТСЗ, ТСФ, ТНЗ, ТНФ и др., имеющие баки повышенной прочности, боковые выводы, защищенные от прикосновения, с расширителями для масла (ТМФ, ТСФ, ТНФ) и без них (типа ТМЗ, ТСЗ, ТНЗ).

**Распределительное устройство низшего напряжения** выполняется с одиночной системой шин — на однотрансформаторных подстанциях и с одиночной секционированной системой шин — на двухтрансформаторных.

РУНН собирается из следующих низковольтных шкафов:

- вводных, один на трансформатор (ШНВ);
- секционного (ШНС — на двухтрансформаторных подстанциях);
- линейных (ШНЛ, число зависит от заказа).

Выпускаются КТП и с панелями ЩО-01.

*Вводные (секционные) шкафы* состоят из ячейки вводного (секционного) выключателя, ячеек отходящих линий, релейного отсека и шинного отсека.

Предусматривается выход шин на магистраль со сборных шин. Секционный автоматический выключатель в нормальном режиме, как правило, отключен. При необходимости может быть предусмотрено устройство АВР.

*Линейные* шкафы состоят из ячеек отходящих линий и шинного отсека.

На стороне 0,4 кВ предусматривается установка измерительных трансформаторов тока. В ячейках вводного выключателя трансформаторы тока устанавливаются в каждой фазе и PEN проводнике, на отходящих линиях трансформаторы тока могут не предусматриваться. Если трансформаторы тока устанавливаются, то их число (от 1 до 3) зависит от схемы шкафов и мощности трансформатора.

В РУНН с изолированной нейтралью, а также с глухозаземленной нейтралью напряжением 0,69 кВ предусматривается ячейка трансформатора собственных нужд, предназначенного для питания цепей управления, АВР и сигнализации.

В качестве защитно-коммутационных аппаратов применяются автоматические выключатели или блоки предохранитель-выключатель. Коммутационно-защитные аппараты имеют выдвижное или стационарное исполнение.

**Комплектные трансформаторные подстанции Хмельницкого трансформаторного завода КТП-250...2500/10/0,4 У3** применяются в системах электроснабжения промышленных предприятий в районах с умерен-

ным климатом (от минус 40 до плюс 40 °С для КТП с масляными трансформаторами; от плюс 1 до плюс 40 °С для КТП с сухими трансформаторами).

УВН может быть выполнено в виде шкафа:

- глухого присоединения (короба для кабельного ввода);
- с выключателем нагрузки ВНП с дистанционным отключением;
- с выключателем нагрузки ВНПР с ручным приводом;
- с **вакуумным выключателем ВВ/TEL**[1] с максимально-токовой защитой.

На КТП устанавливается силовой трансформатор типа ТМЗ или ТСЗ исполнения У1. Схема и группа соединения обмоток: для масляного трансформатора $Y/Y_н$-0 или Д/Y-11; для сухого — Д/Y-11.

Основные параметры КТП указаны в табл. 4.3.2.

*Таблица 4.3.2.* **Технические характеристики КТП-250...2500/10/0,4У3**

| Параметр | Мощность трансформатора, кВ·А | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 |
| Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ | 6—10 | | | | | |
| Номинальное напряжение на стороне НН, кВ | 0,4 | 0,4 | 0,4; 0,69 | 0,4; 0,69 | 0,4; 0,69 | 0,4 |
| Номинальный ток сборных шин, кА: | | | | | | |
| УВН | 0,25 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| РУНН | 0,4 | 0,58 | 0,91 | 1,45 | 2,31 | 3,61 |
| Ток термической стойкости на стороне НН, кА | 10 | 25 | 25 | 25 | 30 | 40 |
| Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА | 25 | 50 | 50 | 50 | 70 | 100 |
| Габаритные размеры (ширина × длина × высота), мм | | | | | | |
| Шкаф **УВН**: | | | | | | |
| глухого ввода | 625 × 430 × 1108 | | | | | 625 × 530 × 700 |
| с ВНП | 880 × 950 × 1925 | | | | | — |
| с ВНПР | 880 × 1300 × 2135 | | | | | — |
| с ВВ/TEL | — | | 880 × 1300 × 2135 | | | |
| Шкаф **РУНН**: | | | | | | |
| ввода ШНВ | 600 × 1050 × 2200 | | | | 600* × 1350 × 2200 | |
| линейный ШНЛ | 600 × 1050 × 2200 | | | | 600* × 1350 × 2200 | |
| секционный ШНС | 600 × 1050 × 2200 | | | | 600* × 1350 × 2200 | |
| Установка трансформатора (от УВН до РУНН), мм: | | | | | | |
| масляного | 1780 | 1880 | 2074 | 2275 | 2570 | 4175 |
| сухого | | | 2540 | 2680 | 3256 | |

* 1200 мм для шкафов с выключателем Э40.

[1] Шкафы с высоковольтными выключателями ранее на КТП напряжением 10(6) кВ не применялись.

Однотрансформаторные КТП выпускаются левого или правого исполнения, двухтрансформаторные — однорядного или двухрядного исполнения. Характеристики шкафов УВН, РУНН приводятся в табл. 4.3.3—4.3.5, основные технические характеристики автоматических выключателей приведены в табл. 4.3.6. На рис. 4.3.1, 4.3.2 показаны схемы шкафов УВН и РУНН. Пример оформления принципиальной однолинейной схемы, план и габаритный чертеж КТП с трансформаторами ТМЗ-630 приведены на рис. 4.3.3, 4.3.4. Основные габаритные размеры КТП-250...1000/10/0,4 указаны в табл. 4.3.2.

*Таблица 4.3.3.* **Схема, тип выключателя и масса различных шкафов УВН**

| Тип | Схема | Тип выключателя | Масса, кг |
|---|---|---|---|
| УВН-ВВ | Рис. 4.3.1, *г* | ВВ/TEL-630/10/20 | 500 |
| ШВВ-2 | Рис. 4.3.1, *в* | ВНП-10/630 | 330 |
| ШВВ-2 | Рис. 4.3.1, *б** | ВНП-10/630 | 330 |
| ВВ-1 | Рис. 4.3.1, *а* | — | 43 |

* Применяется для КТП-1600.

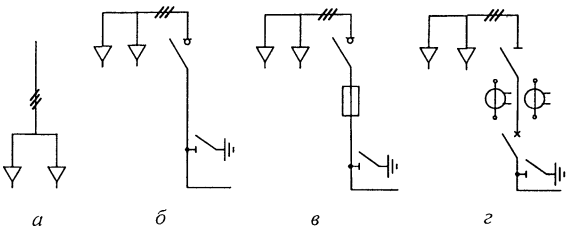



**Рис. 4.3.1.** Однолинейные схемы главных цепей УВН КТП производства Хмельницкого трансформаторного завода: *а* — ВВ-1; *б* — ШВВ-2 (применяется для КТП-1600); *в* — ШВВ-2; *г* — УВН-ВВ

*Таблица 4.3.4.* **Технические характеристики шкафов РУНН КТП 630-1000 У3**

| Тип | Назначение | Схема | $I_{н1}$, А | $I_{н2}$, А (число отходящих линий) | $I_{н3}$, А | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Шкафы со стационарными выключателями** | | | | | | |
| Левый ШНВ-12Л<br>Правый ШНВ-12П* | Вводной 630 кВ·А | Рис. 4.3.2, *б* | 1000 | 250—400** (1 шт.)<br>250—630** (1 шт.) | 910 | 330 |
| Левый ШНВ-13Л<br>Правый ШНВ-13П* | Вводной 1000 кВ·А | Рис. 4.3.2, *б* | 1600 | 250—400** (1 шт.)<br>250—630** (1 шт.) | 1445 | 350 |
| Левый ШНС-13Л<br>Правый ШНС-13П* | Секционный | Рис. 4.3.2, *ж* | 1000 | 250—400** (1 шт.)<br>250—630** (1 шт.) | 1445 | 330 |
| ШНЛ-23 | Линейный | Рис. 4.3.2, *р* | — | 250—630** (4 шт.) | 1445 | 260 |

*Окончание табл. 4.3.4*

| Тип | Назначение | Схема | $I_{н1}$, А | $I_{н2}$, А (число отходящих линий) | $I_{н3}$, А | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Шкафы с выдвижными выключателями** | | | | | | |
| Левый ШНВ-2Л<br>Правый ШНВ-2П* | Вводной 630 кВ·А | Рис. 4.3.2, *д* | 1000 | 250—400** (1 шт.)<br>250—630** (1 шт.) | 910 | 350 |
| Левый ШНВ-3Л<br>Правый ШНВ-3П* | Вводной 1000 кВ·А | Рис. 4.3.2, *д* | 1600 | 250—400** (1 шт.<br>250—630** (1 шт.) | 1445 | 370 |
| Левый ШНС-2Л<br>Правый ШНС-2П* | Секционный | Рис. 4.3.2, *м* | 1000 | 250—400** (1 шт.)<br>250—630** (1 шт.) | 1445 | 350 |
| Левый ШНС-3Л<br>Правый ШНС-3П* | Секционный | Рис. 4.3.2, *н* | 1000 | 250—400** (1 шт.)<br>250—630** (1 шт.) | 1445 | 350 |
| ШНЛ-7 | Линейный | Рис. 4.3.2, *х* | — | 250—630** ( 4 шт.) | 1445 | 280 |
| ШНЛ-8 | Линейный | Рис. 4.3.2, *п* | — | 1000 (1 шт.)<br>250—630** (2 шт.) | 1445 | 310 |

*Примечания:*

1. $I_{н1}$ — номинальный ток вводного (секционного) автомата; $I_{н2}$ — номинальный ток отходящих линий; $I_{н3}$ — номинальный ток сборных шин.

2. В верхнем отсеке шкафов устанавливается выключатель отходящей линии на токи не более 400 А.

* Схема правого шкафа является зеркальным отражением схемы левого шкафа.

** Ток по заказу.

*Таблица 4.3.5.* **Технические характеристики шкафов РУНН КТП 1600—2500 У3**

| Тип | Назначение | Схема | $I_{н1}$, А | $I_{н2}$, А (число) | $I_{н3}$, А | Масса, кг (число подсоединяемых кабелей) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Левый ШНВ-4Л<br>Правый ШНВ-4П* | Вводной 1600 кВ·А | Рис. 4.3.2, *г* | 2500 | 1000 (1 шт.) | 2310 | 1030 (8) |
| Левый ШНВ-5Л<br>Правый ШНВ-5П* | Вводной 1600 кВ·А | Рис.4.3.2, *а* | 4000 | — | 2310 | 1200 (0) |
| Левый ШНВ-10Л<br>Правый ШНВ-10П* | Вводной 2500 кВ·А | Рис.4.3.2, *а* | 4000 | — | 3610 | 1300 (0) |
| ШНС-5 | Секционный 1600 кВ·А | Рис. 4.3.2, *л* | 1600 | 1000 (1 шт.) | 2310 | 525 (6) |
| ШНС-10 | Секционный 2500 кВ·А | Рис.4.3.2, *е* | 2500 | — | 2310 | 630 (6) |
| ШНЛ-10 | Линейный | Рис.4.3.2, *ф* | — | 1600 (2 шт.) | 3610 | 700 (10) |
| ШНЛ-11 | Линейный | Рис.4.3.2, *ф* | — | 1600 (1 шт.)<br>1000 (1 шт.) | 3610 | 630 (10) |
| ШНЛ-12 | Линейный | Рис.4.3.2, *ф* | — | 1000 (2 шт.) | 3610 | 690 (10) |
| ШНЛ-13 | Линейный | Рис. 4.3.2, *х* | — | 250—630** (4 шт.) | 3610 | 420 (10) |
| ШНЛ-14 | Линейный | Рис. 4.3.2, *у* | — | 1000 (1 шт.) | 3610 | 500 (5) |

*Примечания:*

$I_{н1}$ — номинальный ток вводного (секционного) автомата; $I_{н2}$ — номинальный ток отходящих линий; $I_{н3}$ — номинальный ток сборных шин.

* Схема правого шкафа является зеркальным отражением схемы левого шкафа.

** Ток по заказу.

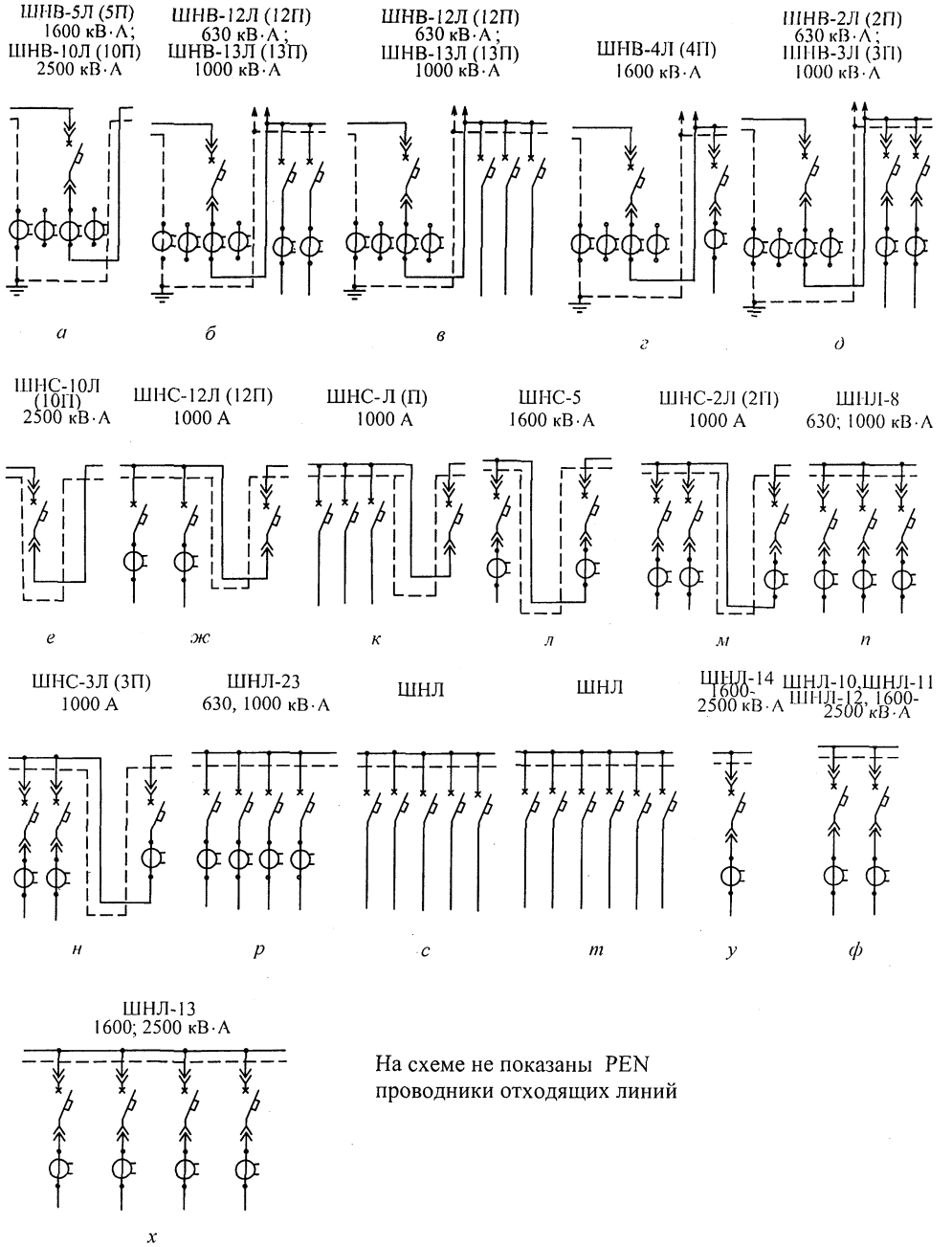



**Рис. 4.3.2.** Однолинейные схемы главных цепей шкафов РУНН КТП производства Хмельницкого трансформаторного завода

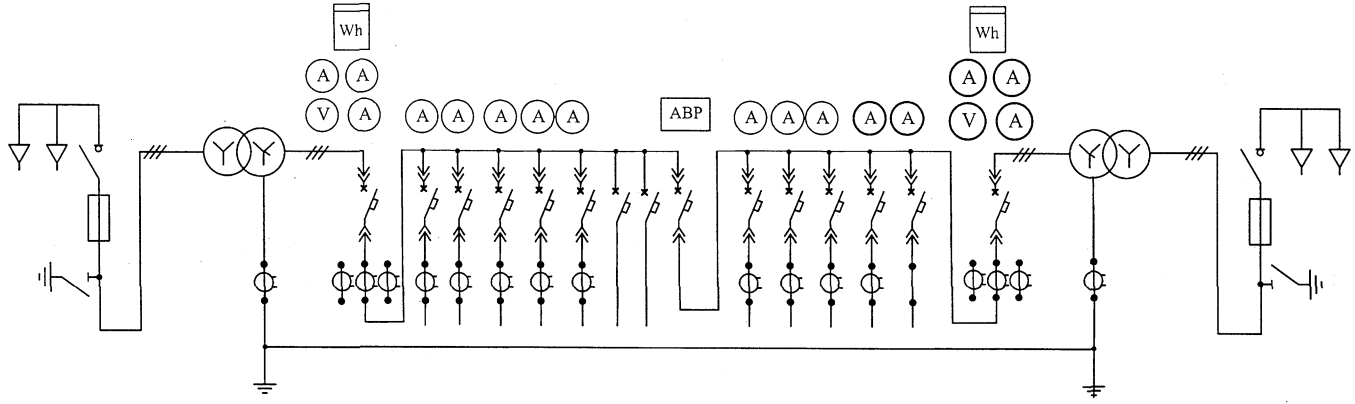
*Таблица 4.3.6.* **Параметры автоматических выключателей**

| Тип выключателя | $I_{НД}$, А | Тип расцепителя | $I_{НР}$, А | Уставка по току срабатывания расцепителя | Вид установки выключателя | Вид привода |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Э 40В | 5000 | Независимый | 4000 | 1) | Выдвижной | Электродвигатель |
| Э 25В | 2500 | | 2500 | | | |
| Э 16В | 1600 | | 1600 | | | |
| Э 06В | 1000 | То же | 630<br>800<br>1000 | 1) | То же | Ручной |
| ВА55-43 | 1600 | Полупроводниковый | 1600 | 2) | » » | Электродвигатель |
| ВА55-41 | 1000 | | 1000 | | | |
| ВА51-39 | 630 | Тепловой и электромагнитный | 250<br>400<br>630 | 2500 А<br>4000 А<br>6300 А | Выдвижной или стационарный | Ручной |
| ВА04-36 | 250 | | 16—250 | 3) | Стационарный | |

*Примечание.* Уставка по току срабатывания расцепителя: 1) — для выключателей при работе в режиме перегрузки 1,3 номинального тока в течение 2 ч с предварительной длительной нагрузкой 0,7 номинального тока; 2) — уставка полупроводникового расцепителя в зоне перегрузки 1,25 номинального тока; 3) — при токе 1,05 номинального расцепитель не должен срабатывать в течение времени менее 1 ч (из холодного состояния), при токе 1,05 номинального расцепитель должен срабатывать в течение 2 ч или 1 ч (из нагретого состояния).

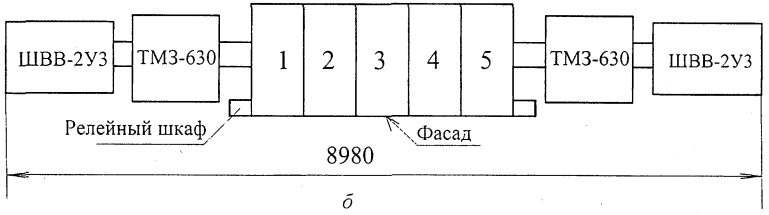
*Таблица 4.3.7.* **Значения размеров КТП-250...1000/10/0,4 У3**

| Тип трансформатора | Тип шкафа ввода | Размеры, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Н | Н1 | L | А | Б | В | Г | Д | Е | Е1 | Ж | И |
| ТМФ-250 | ШВВ-2 | 1770 | 181 | 2926 | — | 653 | 758 | 785 | 1310 | 550 | 550 | 500 | — |
| ТМФ-400 | ВВ-1 | 1770 | 90 | 2625 | 995 | — | 1030 | 1180 | 908 | 700 | 700 | 500 | 845 |
| | ШВВ-2 | | | 3395 | — | 850 | | | | | | | — |
| ТМЗ-630 | ВВ-1 | 1585 | — | 2785 | 1045 | — | 1140 | 1283 | 1025 | 850 | 850 | 573 | 900 |
| | ШВВ-2 | | 90 | 3560 | — | 902 | | | | | | | — |
| ТСЗГЛ-630 | ВВ-1 | 1950 | — | 3080 | 1110 | — | 1370 | 1820 | 1185 | 1080 | 900 | 600 | — |
| | ШВВ-2 | | 146 | 4055 | — | 1170 | | | | | | | — |
| ТМЗ-1000 | ВВ-1 | 1670 | — | 3020 | 1135 | — | 1285 | 1460 | 1225 | 874 | 856 | 600 | 985 |
| | ШВВ-2 | | 146 | 3790 | — | 990 | | | | | | | — |
| ТСЗГЛ-1000 | ВВ-1 | 2180 | — | 3220 | 1180 | — | 1440 | 1960 | 1296 | 1080 | 900 | 600 | — |
| | ШВВ-2 | | 346 | 4195 | — | 1240 | | | | | | | — |



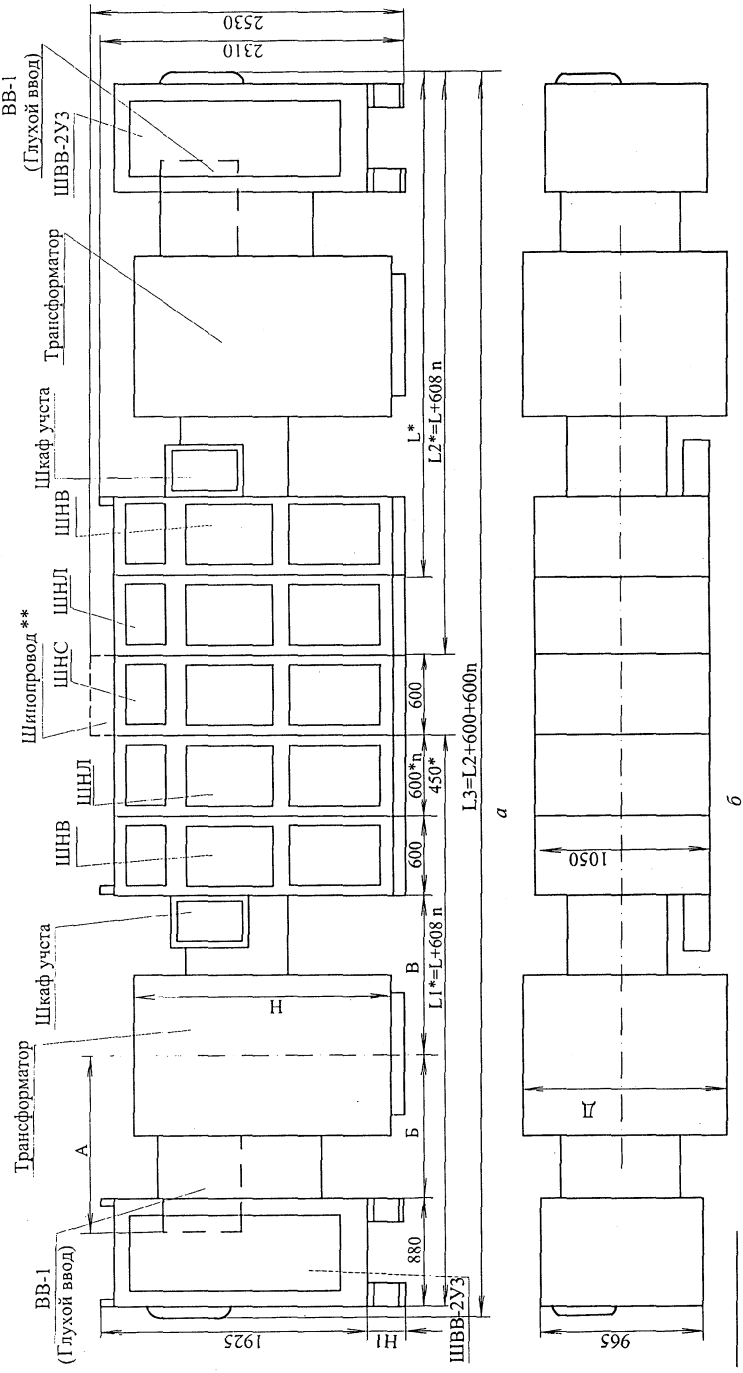

| Номер шкафа | — | — | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тип шкафа (силового трансформатора) | ШВВ-2У3 | ТМ3-630 | ШНВ-3У3Л | | | ШНЛ-8У3 | | | ШНС-12У3Л | | | ШНЛ-8У3 | | | ШНВ-3П | | | ТМ3-630 | ШВВ-2У3 |
| Номера ячеек выключателя | — | — | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |

*а*



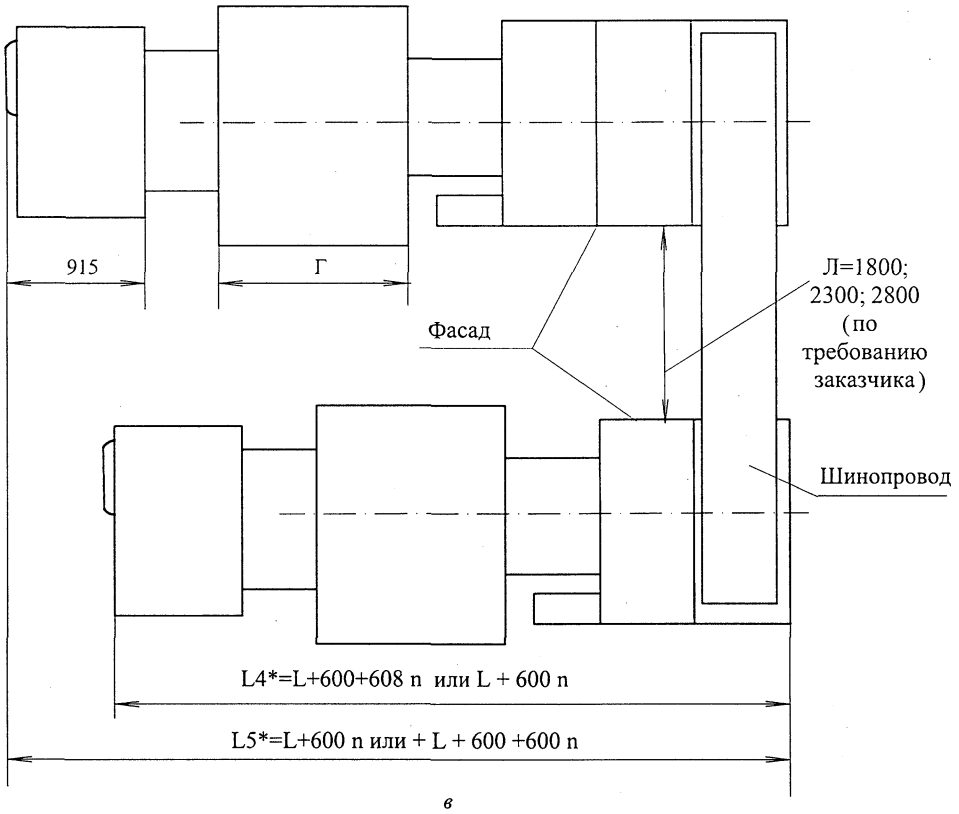

*б*

**Рис. 4.3.3.** 2КТП-630/10/0,4 У3 производства Хмельницкого трансформаторного завода:
*а* — принципиальная однолинейная схема; *б* — план




* Для КТП-250, 400 ширина шкафов ШНЛ 450 мм.
** Шинопровод применяется при двухрядном расположении КТП.

**Рис. 4.3.4.** (Начало. Продолжение см. стр. 135)




| Тип трансформатора | Масса, кг | |
|---|---|---|
| | трансформатора | масла |
| ТМФ-250 | 1170 | 340 |
| ТМФ-400 | 1813 | 490 |
| ТМЗ-630 | 2352 | 576 |
| ТСЗГЛ-630 | 2500 | - |
| ТМЗ-1000 | 3242 | 765 |
| ТСЗГЛ-1000 | 3150 | - |
| ТМЗ-1600 | 4600 | 1100 |
| ТСЗГЛ-1600 | 4200 | - |
| ТМЗ-2500 | 5300 | 1765 |
| ТСЗГЛ-2500 | 5150 | - |

**Рис. 4.3.4.** Габаритные размеры КТП производства Хмельницкого трансформаторного завода: *а* — вид спереди; *б* — план КТП при однорядном расположении; *в* — план КТП при двухрядном расположении (размеры А, Б, В, Н, Н1 см. табл. 4.3.7; L1, L2, L3, L4, L5 определяются заказчиком. *n* — число шкафов ШНЛ)

**Комплектные трансформаторные подстанции мощностью 630—1000 кВ·А напряжением 6—11/0,4—0,69 кВ Чирчикского трансформаторного завода** выпускаются климатические исполнения и категории размещения: У3 и Т3 по ГОСТ 15150—69 с масляными и сухими трансформаторами. Способы выполнения нейтрали трансформатора на стороне НН — глухозаземленная или изолированная. Основные технические характеристики КТП 630 и 1000 кВ·А приведены в табл. 4.3.8. Параметры шкафов УВН, РУНН приведены в табл. 4.3.9—4.3.10. Схемы шкафов УВН, РУНН и габаритный чертеж представлены на рис. 4.3.5—4.3.8.

*Таблица 4.3.8.* **Технические характеристики КТП 630 и 1000**

| Параметр | КТП 630 | КТП 1000 |
|---|---|---|
| Частота переменного тока, Гц | 50; 60 | |
| Мощность силового трансформатора, кВ·А | 630 | 1000 |
| Номинальное напряжение на стороне ВН:<br>для исполнения У3<br>для исполнения Т3 | 6; 10<br>6; 6,9; 10; 11; 13,2*; 13,8* | |
| Номинальное напряжение на стороне НН:<br>для исполнения У3<br>для исполнения Т3 | 0,4; 0,69<br>0,4; 0,415; 0,44; 0,48 | |
| Номинальный ток сборных шин, А:<br>УВН<br>РУНН | 60<br>910 | 100<br>1450 |
| Ток электродинамической стойкости сборных шин, кА:<br>УВН<br>РУНН | 51; 64<br>50 | |
| Односекундный ток термической стойкости, кА:<br>УВН<br>РУНН | 20; 25<br>25 | |
| Номинальный ток выключателей отходящих линий, А | 250; 400; 630 | |

* Только для глухого ввода.

*Таблица 4.3.9.* **Технические характеристики шкафов УВН КТП 630, КТП 1000**

| Тип шкафа | Схема главных цепей | Габаритные размеры (высота × глубина × ширина), мм | Тип выключателя |
|---|---|---|---|
| Глухой ввод | Рис. 4.3.5, *а* | 402 × 625 × 1000 | — |
| ШВВ-2-1 | Рис. 4.3.5, *б* | 1169 × 965 × 2078 | ВНП-10/630-20; ВНПр-10 |
| ШВВ-2-2 | Рис. 4.3.5, *в* | 1169 × 965 × 2025 | |
| ШВВ-2-3 | Рис. 4.3.5, *г* | 1489 × 965 × 2025 | |
| ШВВ-3 | Рис. 4.3.5, *д* | 1200 × 860 × 2510 | |

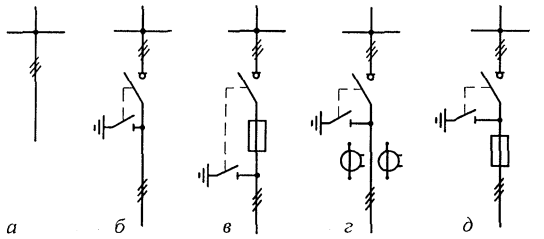
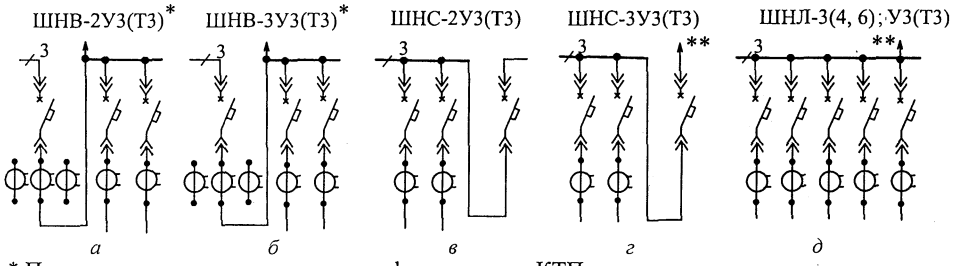


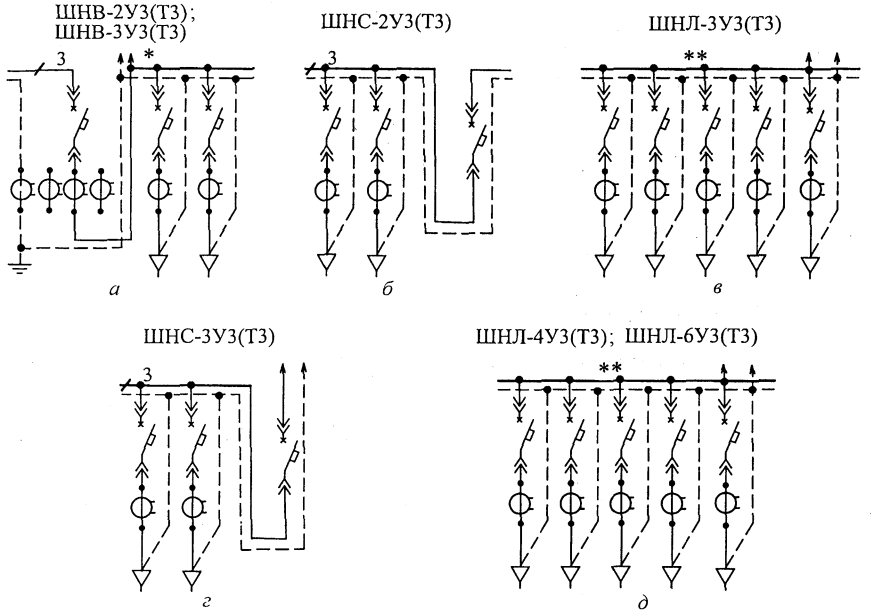

**Рис. 4.3.5.** Однолинейные схемы главных цепей УВН КТП 630 и КТП 1000 Чирчикского трансформаторного завода: *а* — ВВ-1; *б* — ШВВ-2-1; *в* — ШВВ-2-2; *г* — ШВВ-2-3; *д* — ШВВ-3




* Применяется только для однотрансформаторных КТП.

** Выход шин на шинопровод в двухрядных КТП.

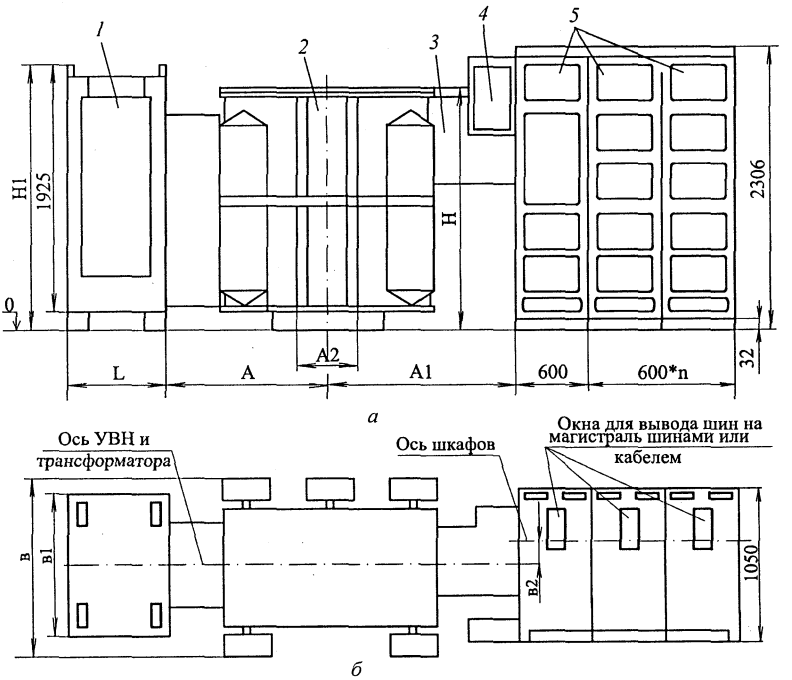
**Рис. 4.3.6.** Однолинейные схемы главных цепей шкафов РУНН КТП 630 и КТП 1000 с изолированной нейтралью Чирчикского трансформаторного завода




* Применяется только для однотрансформаторных КТП.

** Выход шин на шинопровод в двухрядных КТП.

**Рис. 4.3.7.** Однолинейные схемы главных цепей шкафов РУНН КТП 630 и КТП 1000 с глухозаземленной нейтралью Чирчикского трансформаторного завода




| Тип трансформатора | Тип шкафа УВН | Размеры, мм | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | A1 | A2 | в | в1 | в2 | L | L1 | H | H1 |
| ТМЗ-630 | ШВВ-2<br>ШВВ-3<br>ВВ-1 | 1070 | 1320 | 820 | 1138 | 965<br>860<br>- | 28 | 880*<br>1200<br>- | -<br>390<br>- | 1833 | 2822<br>2510<br>- |
| ТСЗА-630 | ШВВ-2<br>ШВВ-3<br>ВВ-1 | 1165 | 1375 | 880 | 900 | 965<br>860<br>- | 28 | 880*<br>1200<br>- | -<br>200<br>- | 2078 | 2822<br>2510<br>- |
| ТСЗЛ-630 | ШВВ-2<br>ШВВ-3<br>ВВ-1 | 1210 | 1420 | 900 | 1023 | 965<br>860<br>- | 28 | 880*<br>1200<br>- | -<br>200<br>- | 2025 | 2822<br>2510<br>- |
| ТМЗ-1000 | ШВВ-2<br>ШВВ-3<br>ВВ-1 | 1040 | 1380 | 820 | 1255 | 965<br>860<br>- | 50 | 880*<br>1200<br>- | -<br>390<br>- | 1885 | 2822<br>2510<br>- |
| ТСЗЛ-1000 | ШВВ-2<br>ШВВ-3<br>ВВ-1 | 1250 | 1460 | 1000 | 1073 | 965<br>860<br>- | 50 | 880*<br>1200<br>- | -<br>200<br>- | 2078 | 2822<br>2510<br>- |
| ТСЗУ-1000 | ШВВ-2<br>ШВВ-3<br>ВВ-1 | 1295 | 1480 | 1000 | 1000 | 965<br>860<br>- | 50 | 880*<br>1200<br>- | -<br>200<br>- | 2025 | 2822<br>2510<br>- |

* Только для глухого ввода

**Рис. 4.3.8.** Габаритные и установочные размеры однотрансформаторной КТП Чирчикского трансформаторного завода: *а* — вид спереди; *б* — план КТП; *1* — УВН; *2* — силовой трансформатор; *3* — токоввод; *4* — шкаф учета; *5* — РУНН

*Таблица 4.3.10.* **Параметры шкафов РУНН КТП 630, КТП 1000**

| Тип шкафа | Тип выключателя | | Номинальный ток трансформаторов тока, кА | | | Размеры (высота × глубина × ширина), мм | Схема |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | вводного или секционного | отходящих линий | на вводе или секционировании | на отходящей линии | в PEN-проводнике | | |
| ШНВ-2 У3(Т3) | ВА55-41 | ВА52-39 | 1000/5 | 400/5<br>600/5 | 800/5 | 600 × 1050 × 2200 | 4.3.7, *а* |
| ШНВ-3 У3(Т3) | ВА55-43 | ВА55-39<br>ВА53-39<br>ВА51-39 | 1500/5 | | 800/5 | | 4.3.7, *б* |
| ШНС-2 У3(Т3) | ВА55-41 | ВА52-39 | — | 400/5<br>600/5 | — | | 4.3.7, *в* |
| ШНС-2 У3(Т3) | ВА55-41 | ВА55-39<br>ВА53-39<br>ВА51-39 | | | | | 4.3.7, *г* |
| ШНЛ-3 У3(Т3) | — | ВА52-39 | — | 300/5<br>300/5<br>200/5<br>600/5 | — | 600 × 1050 × 2200 | 4.3.7, *д* |
| ШНЛ-4 У3(Т3) | — | ВА52-39<br>ВА55-39<br>ВА53-39 | — | | | | 4.3.7, *е* |
| ШНЛ-6 У3(Т3) | — | ВА51-39<br>ВА53-39<br>ВА52-39<br>ВА51-39<br>ВА55-39 | — | 400/5<br>600/5<br>400/5<br>300/5<br>200/5 | — | 600 × 1050 × 2200 | 4.3.7, *ж* |

**Комплектные трансформаторные подстанции 6(10)/0,4 кВ ОАО «Самарский завод «Электрощит»** выпускаются с масляными и сухими трансформаторами с глухозаземленной и изолированной нейтралью на стороне НН. Климатическое исполнение и категория размещения: У3; Т3 (У1; Т1 — для УВН и шинного моста, по специальному заказу — ТВ3). Расположение подстанции может быть однорядным, двухрядным, на разных уровнях. Технические характеристики КТП приведены в табл. 4.3.11. Вся номенклатура применяемого оборудования — отечественная. По заказу возможна установка автоматических выключателей производства «Мерлин Жерин» (Франция). Автоматические выключатели выдвижного исполнения.

*Таблица 4.3.11.* **Технические характеристики КТПП**

| Параметр | Мощность, кВ·А: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 |
| Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ | 6; 10 | | | | | |
| Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ | 7,2; 12 | | | | | |
| Номинальное напряжение на стороне НН, кВ | 0,4; 0,69* | | | | | |
| Ток термической стойкости в течение 1 с, кА: | | | | | | |
| на стороне ВН | 20; 31,5** | | | | | |
| на стороне НН | 10 | 10 | 20 | 20 | 30 | 40 |
| Ток электродинамической стойкости, кА: | | | | | | |
| на стороне ВН | 51; 81** | | | | | |
| на стороне НН | 25 | 25 | 50 | 50 | 70 | 100 |
| Уровень изоляции | Облегченная изоляция | | | | | |
| Масса РУНН из пяти шкафов, кг, не более | 2000 | Н. д. | | | 4000 | 6000 |

* Специальный заказ.

** По мере наличия серийного производства выключателя нагрузки.

**Устройство и работа КТП.** Ввод КТП со стороны ВН осуществляется непосредственным подключением сверху или снизу высоковольтного кабеля от питающей сети 10(6) кВ через выключатель нагрузки, размещаемый в шкафу УВН. В РУНН КТП применяется схема с одной системой сборных шин (для КТП 2500 используется расщепленная система сборных шин), секционированная с помощью автоматического выключателя.

В УВН (шкаф УВН-СТ) установлены выключатель нагрузки, плавкий предохранитель и заземляющий разъединитель.

На подстанции могут быть установлены силовые трансформаторы ТМФ мощностью 250—400 кВ·А, ТМЗ мощностью 630—2500 кВ·А и ТСЗ мощностью 250—2500 кВ·А.

РУНН состоит из одной, двух или более транспортных групп, каждая группа состоит из нескольких шкафов РУНН. Шкаф разделен на следующие отсеки: отсек выключателей; релейный отсек с аппаратурой управления; отсек автоматики и учета электроэнергии; отсек шин и кабелей, где размещены сборные шины, шинные ответвления для кабельных и шинных присоединений и трансформаторы тока.

Шкафы комплектуются автоматическими выключателями производства Ульяновского завода «Контактор» ВА(51)52-39, ВА55-41, ВА55-43, А3794С. По заказу возможна установка автоматических выключателей производства «Мерлин Жерин» типа М-08, М-12, М-20, М-40, М-63. Технические характеристики шкафов РУНН, параметры автоматических выключателей приведены в табл. 4.3.12, 4.3.13, принципиальные схемы главных цепей шкафов УВН, РУНН показаны на рис. 4.3.9—4.3.12, общий вид КТПП — на рис. 4.3.13.

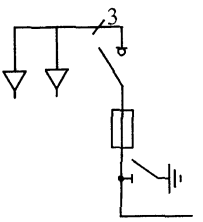



**Рис. 4.3.9.** Однолинейная схема главных цепей УВН-СТ КТПП производства Самарского завода «Электрощит»

КТП могут устанавливаться в блочно-модульном здании (БМ КТП), где поддерживаются условия, соответствующие условиям эксплуатации КТП. БМ КТП выпускаются в климатическом исполнении УХЛ1 по ГОСТ 15150 и представляют собой один или несколько блок-модулей, установленных на фундаменты с полностью смонтированными в пределах блока электрическими соединениями. Пример компановки КТП в блочно-модульном здании представлен на рис. 4.3.14.

*Таблица 4.3.12.* **Технические характеристики шкафов РУНН, тип и номинальный ток выключателя**

| Аппарат ввода (секция) | Отходящие линии | | Аппарат ввода (секция) | Отходящие линии | | Аппарат ввода (секция) | Отходящие линии | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Выключатель | n | | Выключатель | n | | Выключатель | n |
| **КТПП 250—1000 кВ·А** | | | | | | | | |
| ШНВ-2У3 | | | ШНВ-3У3 | | | ШНВ-2.1У3 | | |
| ВА55-41 М12 1000 | ВА55-39 630 А<br>А3794С ВА55-41 250—630 А | 2 | ВА55-43 М-20 | ВА53-39 А3794С ВА55-41 250-630 А | 2 | ВА55-41 1000 | ВА55-41 1000 | 1 |
| ШНВ 3.1 У3 | | | ШНС-2У3 | | | ШНС-3УС | | |
| ВА55-43 1600 | ВА55-43 1600 или ВА55-41 1000 | 1 | ВА55-41 М-12 1000 А | ВА53-39 А3794С ВА55-41 250—630 А | 2 | ВА52-39 630 А | А3794С ВА55-41 250—630 А | 2 |
| ШНС-2.1 У3 | | | ШНЛ-3У3 | | | ШНЛ-4У3 | | |
| ВА55-41 1000 А ВА55-43 1600 А | ВА55-41 1000 А | 1 | — | ВА57-35 250 А | 6 | — | ВА-57-35, 250А<br>ВА52-39,630 А<br>ВА55-41, 250—630 А | 2<br>2<br>2 |
| **ШНЛ-6У3** | | | | | | | | |
| — | А3794С 630 А ВА55-41 250—630 А | 6 | | | | | | |
| **КТПП 1600 кВ·А** | | | | | | | | |
| ШНВ-11.0 (11.1; 11.2)* | | | ШНВ-11.3 (11.4; 11.5)* | | | ШНВ-9.0 (9.1)* | | |
| Э-40В 4000 А | ВА55-41 или ВА53-41 1000 А | 1 | Э-40 В 4000 А | ВА55-43 или ВА53-43 1600 | 1 | Э-40В 4000 А | — | — |
| ШНВ-7.0 (7.1; 7.2)* | | | ШНВ-10.0 (10.1: 10.2)* | | | ШНС-5.0 (5.1)* | | |
| Э-25В 2500 А | ВА55-41 ВА53-41 1000 А | 1 | Э-25Э 2500 А | ВА55-43 ВА53-43 1600 А | 1 | ВА55-43 ВА53-43 1600 А | ВА55-41 или ВА53-41 1000 А | 1 |
| ШНС-5.2 (5.3)* | | | ШНС-6.0 (6.1)* | | | ШНЛ-6.0 (6.1, 6.2)* | | |
| ВА55-43 ВА53-43 1600 А | ВА55-43 ВА53-43 1600 А | 1 | Э-25В 2500 А | ВА55-41 ВА53-41 1000 А | 1 | — | ВА55-41 ВА53-41 1000 А | 2 |
| ШНЛ-7.0 (7.1; 7.2)* | | | ШНЛ-8.0 (8.1: 8.2)* | | | ШНЛ-9.1 | | |
| — | ВА55-43 ВА53-43 1600 А | 2 | — | ВА55-41 или ВА53-41 1000 А<br>ВА55-43 или ВА53-43 1600 А | 1<br>1 | — | ВА55-41 до 630 А | 4 |

*Окончание табл. 4.3.12*

| Аппарат ввода (секция) | Отходящие линии | | Аппарат ввода (секция) | Отходящие линии | | Аппарат ввода (секция) | Отходящие линии | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Выключатель | n | | Выключатель | n | | Выключатель | n |
| **КТПП 2500 кВ·А** | | | | | | | | |
| ШНВ-12.0 (12.1)* | | | ШНВ-12.2 (12.3)* | | | ШНС-9.0 (9.1; 9.4)* | | |
| Э40В 4000 А | ВА55-41 ВА53-41 1000 А | 1 | Э40В 4000 А | ВА55-43 ВА53-43 1600 А | 1 | Э-25В 2500 А | ВА55-41 ВА53-41 1000 А | 1 |
| ШНС-9.2 (9.5)* | | | ШНЛ-14.0 (14.1; 14.2*) | | | ШНЛ-15.0 (15.1; 15.2)* | | |
| Э-25В 2500 А | ВА55-43 ВА53-43 1600 А | 1 | — | ВА55-43 ВА53-43 1600 А | 2 | — | Э25 2500 А<br>ВА55-41<br>ВА53-41<br>1000 А | 1<br><br><br>1 |

*Примечания:* 1. Ток термической стойкости: для шкафов КТПП 1600 кВ·А — 30 кА; для шкафов КТПП 2500 кВ·А — 40 кА. 2. Ток электродинамической стойкости: для шкафов КТПП 1600 кВ·А — 70 кА; для шкафов КТПП 2500 кВ·А — 100 кА. 3. Марка и сечение магистральных шин: для шкафов КТПП 1600 кВ·А — ШМТ 2(100 × 10); для шкафов КТПП 2500 кВ·А — ШМТ 4(100 × 10). 4. Марка и сечение отпаек отходящих фидеров: для шкафов КТПП 1600 и 2500 кВ·А — ШМТ 2(60 × 10), 2(100 × 10).

* Шкафы отличаются исполнением отходящих линий (шинами вверх, шинами вниз), наличием выхода со сборных шин вверх на магистраль и др.

*Таблица 4.3.13.* **Параметры автоматических выключателей РУНН КТПП**

| Тип выключателя | Номинальный ток выключателя, А | Тип расцепителя | Номинальный ток расцепителя, А или о. е.* |
|---|---|---|---|
| А3794С | 250; 400; 630 | ПП | 0,63; 0,8; 1,0 |
| ВА57-35 | 250 | Т | 80; 100; 125; 160; 200; 250 |
| ВА53-39; ВА55-41 | 250; 400; 630 | ПП | 0,63; 0,8; 1,0 |
| ВА52-39 | 630 | Т | 250; 320; 400; 500; 630 |
| ВА53-41; ВА55-41 | 1000 | ПП | 0,63; 0,8; 1,0 |
| ВА55-43; ВА 53-43 | 1600 | | |
| Э25В | 2500 | ПП | 1600; 2000; 2500 |
| Э40В | 4000 | ПП | 0,63; 0,8; 1,0 |
| М-08 | 250; 400; 630 | | |
| М-12 | 1000 | | |
| М-20 | 1600 | | |
| М-25 | 2500 | ПП | 1600; 2000; 2500 |
| М-40 | 4000 | ПП | 0,63; 0,8; 1,0 |

*Примечания:*

1. ПП — полупроводниковый расцепитель максимального тока; Т — тепловой расцепитель.

2. На вводе и секционировании применяются автоматические выключатели с электромагнитным и ручным приводом, на отходящих линиях — ручной дистанционный привод.

* Относительные единицы.

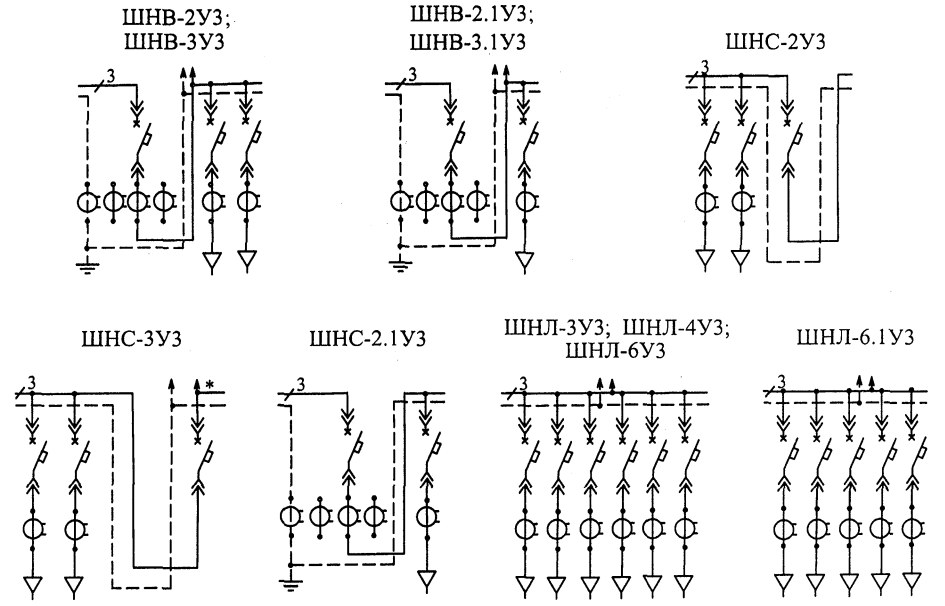
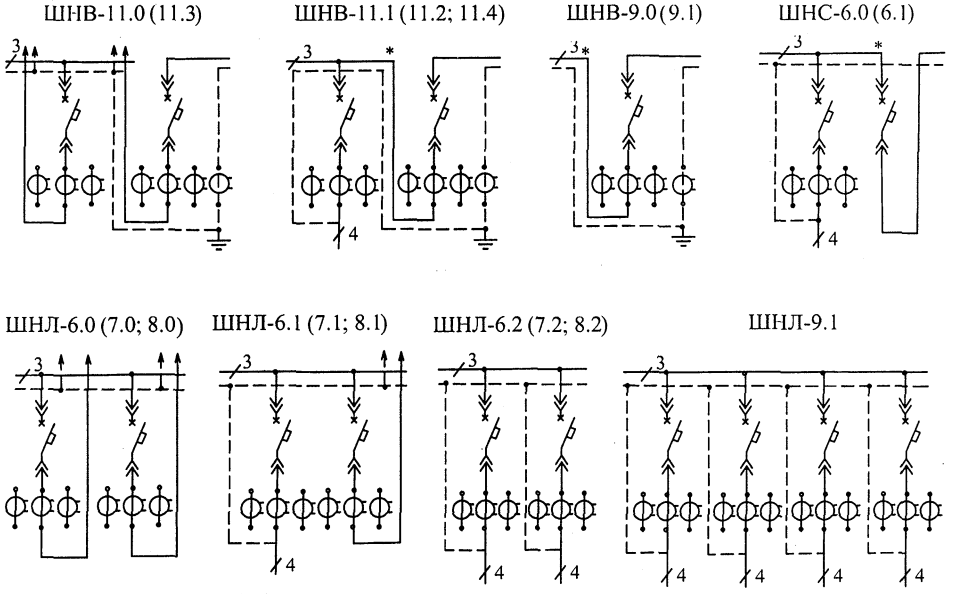
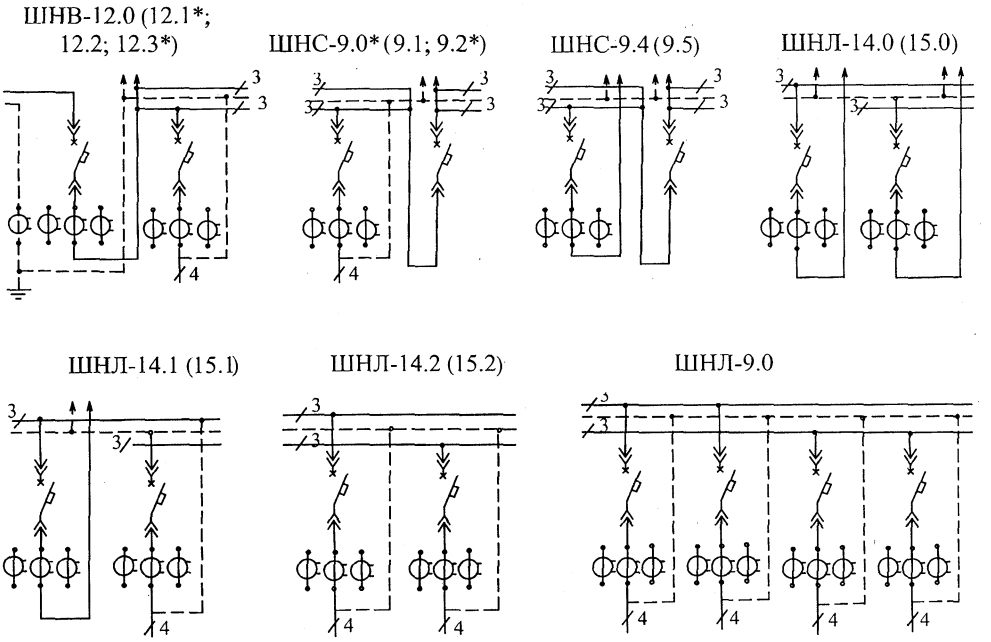



**Рис. 4.3.10.** Схемы соединений шкафов РУНН КТПП 250—1000 кВ·А производства Самарского завода «Электрощит» (шкафы для КТПП с изолированной нейтралью выполняются без связи с нейтралью)




* Шкафы с с выходом шин вверх на магистраль.

**Рис. 4.3.11.** Схемы соединений шкафов РУНН КТПП 1600 кВ·А производства Самарского завода «Электрощит»




* Шкафы без выхода шин вверх на магистраль.

**Рис. 4.3.12.** Схемы соединений шкафов РУНН КТПП 2500 кВ·А производства Самарского завода «Электрощит»

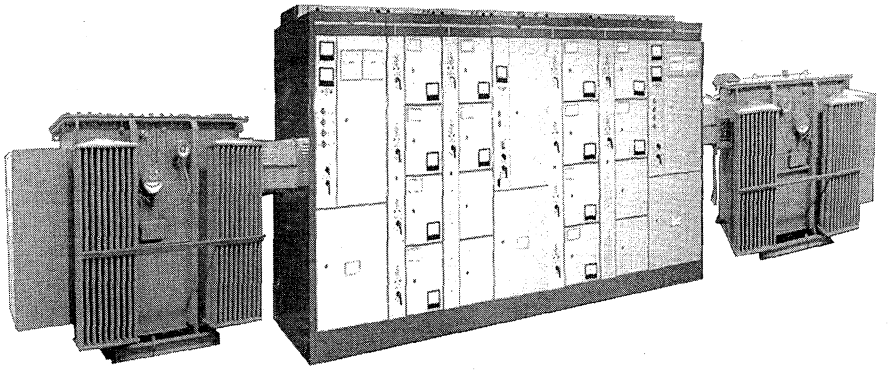


**Рис. 4.3.13.** Общий вид КТПП производства Самарского завода «Электрощит»

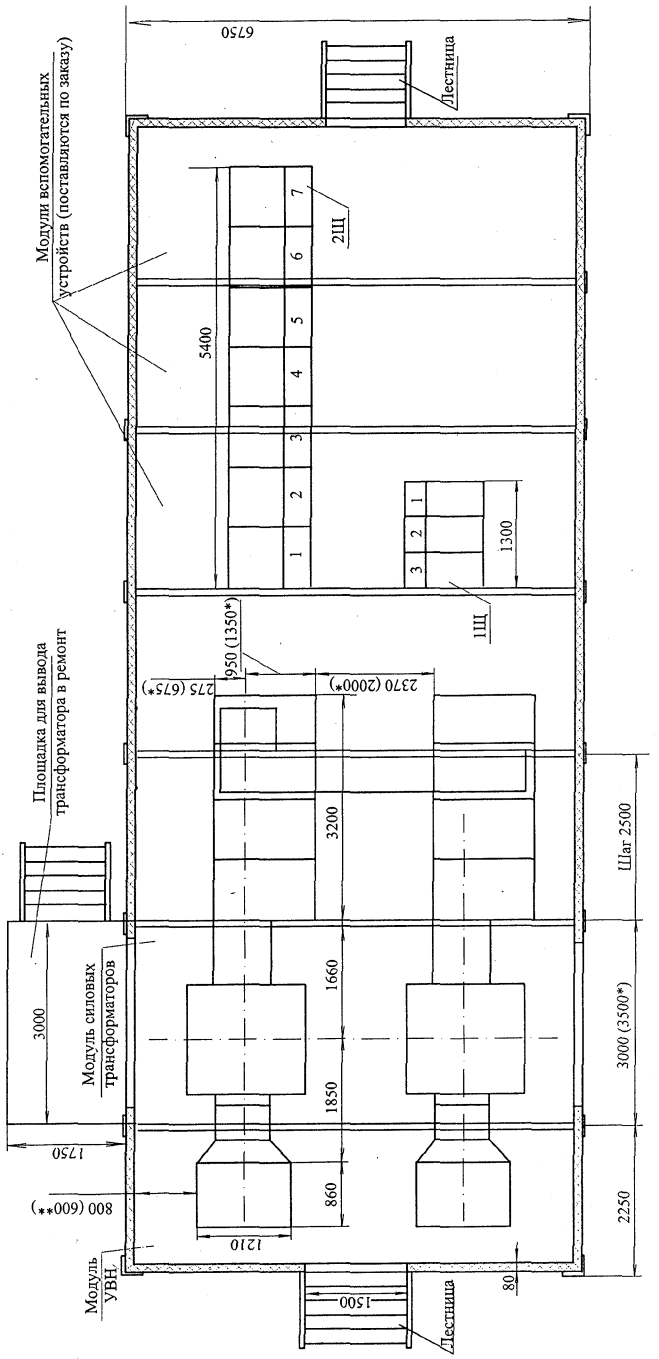



**Рис. 4.3.14.** Базовый вариант 2КТПП-400-2500/6(10)/0,4 кВ в модульном здании

* Для КТП мощностью 1600 и 2500 кВ · А.

** Для КТП 400 кВ · А.

### 4.3.3. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ городского типа

КТП городского типа предназначены для применения в городских электрических сетях при одно-, двухлучевой, петлевой и других схемах электроснабжения. Выпускаются наружной установки с одним и двумя трансформаторами мощностью до 630 кВ·А (1000 кВ·А — по специальному заказу). На КТПГ применяются силовые трансформаторы с естественным масляным охлаждением марки ТМ или сухие трансформаторы.

Основное отличие КТПГ от КТП промышленного типа — выполнение РУВН со сборными шинами с присоединениями ввода, вывода с выключателями нагрузки. В РУВН устанавливаются камеры КСО 300 серии или другие аналогичные камеры. РУНН выполняется с низковольтными панелями (типа ЩО, ЩРО и др.). Технические характеристики КТП городского типа предприятий «КЭМОНТ» и «АЛЬСТОМ» приведены в табл. 4.3.14.

*Таблица 4.3.14.* **Технические характеристики КТП городского типа**

| Параметр | КТПГ «КЭМОНТ» | КТПНУ* «АЛЬСТОМ» |
|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ:<br>на стороне ВН<br>на стороне НН | 6 или 10<br>0,4 | |
| Номинальный ток главных цепей на стороне ВН, А | До 630 А | |
| Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А | До 630<br>(1000 — по заказу) | 63—630 (для однотрансформаторной); 250—630 (для двухтрансформаторной) |
| Число силовых трансформаторов | 1 или 2 | |
| Односекундный ток термической стойкости на стороне ВН, кА | 20 | 20; 25 |
| Ток термической стойкости на стороне НН, кА | 10; 20 | 50 |
| Время протекания тока термической стойкости, с | 1 | 0,5 |
| Ток электродинамической стойкости, кА:<br>на стороне ВН<br>на стороне НН | <br>51<br>25; 50 | |
| Исполнение ввода ВН | Воздушный; кабельный | |
| Исполнение отходящих линий НН | Кабельные | |
| Корпус КТП | Металлический | Металлический, «сэндвич» |
| Климатическое исполнение | У1<br>(У3 — по заказу) | У1 |
| Степень защиты оболочки по ГОСТ 14254—96 | IP34 — для У1<br>IP21 — для У3 | IP34 |
| Вид обслуживания | Периодический | |
| Тип камер в РУВН | КСО-366; КСО-399 | КСО-366; КСО-392; КСО-366М |
| Тип панелей в РУНН | ЩО-70 | ЩО-70-3М |

* КТПНУ — подстанция наружного типа, схемы и оборудование которой аналогичны подстанциям городского типа.

**КТП 10(6) кВ для городских сетей производства ОАО «Самарский завод «Электрощит»** предназначены для эксплуатации на открытом воздухе, выпускаются климатического исполнения и категории размещения У1.

КТП изготавливается с одним и двумя трансформаторами мощностью 250, 400, 630 кВ·А. На стороне 10(6) кВ однотрансформаторная подстанция выполняется с воздушным или кабельным вводом, выводом. Двухтрансформаторная КТПГ — с воздушным или кабельным вводом и кабельным выводом (в двухлучевом варианте). Низковольтные выводы — только кабельные. Технические характеристики КТПГ приведены в табл. 4.3.15.

*Таблица 4.3.15.* **Технические характеристики КТПГ**

| Параметр | Мощность, кВ·А | | |
|---|---|---|---|
| | 250 | 400 | 630 |
| Номинальное напряжение, кВ: | | | |
| на стороне ВН | | 6; 10 | |
| на стороне НН | | 0,4 | |
| Номинальный ток сборных шин, А: | | | |
| РУВН | | 300 | |
| РУНН | | 910 | |
| Число силовых трансформаторов | | 1 или 2 | |
| Ток термической стойкости в течение 1 с, кА: | | | |
| на стороне ВН | | 20 | |
| на стороне НН | 10 | 10 | 20 |
| Ток электродинамической стойкости, кА: | | | |
| на стороне ВН | | 51 | |
| на стороне НН | 25 | 25 | 50 |
| Исполнение ввода (вывода) ВН | | Кабельный, воздушный | |
| Исполнение отходящих линий от РУНН | | Кабельные | |
| Номинальный ток предохранителя ВН, А: | | | |
| для напряжения 6 кВ | 50 | 80 | 100 |
| для напряжения 10 кВ | 31,5 | 50 | 80 |

**Конструкция.** Однотрансформаторная КТПГ состоит из металлического корпуса контейнерного типа, РУВН, РУНН, силового трансформатора, высоковольтного воздушного ввода и разъединителя 10(6) кВ

для КТПГ с воздушным вводом, шкафа уличного освещения (по заказу) и шкафа учета электроэнергии (по заказу).

Двухтрансформаторная КТПГ однолучевого исполнения состоит из двух однотрансформаторных подстанций, установленных на расстоянии 600 мм друг от друга, с комплектом элементов для стыковки. При двухлучевом варианте двухтрансформаторной КТПГ ячейка секционного выключателя нагрузки располагается между блок-модулями подстанции. Размеры ячейки (ширина × глубина × высота) 2056 × 963 × 2485 мм, общее расстояние между блок-модулями — 3060 мм.

**РУВН** однотрансформаторной подстанции состоит из трех камер: двух камер линий ввода (вывода) с выключателем нагрузки и камеры с выключателем нагрузки и предохранителями для подключения и защиты силового трансформатора. Если РУВН встраивается в здание, то число и набор камер могут быть любыми.

РУВН для двухтрансформаторной подстанции однолучевого исполнения состоит из двух блоков по три камеры в каждом блоке: камеры ввода с выключателем нагрузки, камеры с выключателем нагрузки и предохранителями для подключения и защиты силового трансформатора и секционной камеры с выключателем нагрузки. РУВН для двухтрансформаторной подстанции двухлучевого исполнения состоит из двух блоков и ячейки секционного выключателя нагрузки, устанавливаемой между блок-модулями подстанции. В каждом блоке РУВН установлены две камеры ввода (вывода) с выключателем нагрузки и камера с выключателем нагрузки и предохранителями для подключения и защиты силового трансформатора. Технические характеристики выключателя нагрузки приведены в табл. 4.3.16.

*Таблица 4.3.16.* **Технические характеристики выключателя нагрузки**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 10 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 12 |
| Номинальный ток, А | 630 |
| Ток термической стойкости, кА | 20 |
| Масса, кг, не более | 40 |
| Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм | 630 × 442 × 480 |

**РУНН** выполнено в виде блока, представляющего набор вводных, линейных и секционного шкафов (для двухтрансформаторной подстанции), которые разделены на отсеки выключателя, релейной аппаратуры, шин и кабелей. Возможные варианты исполнения схем РУНН для

однотрансформаторных и двухтрансформаторных КТПГ и данные по коммутационно-защитным аппаратам приведены в табл. 4.3.17.

*Таблица 4.3.17.* **Возможные варианты исполнения схем РУНН КТПГ**

| Аппарат ввода | Аппараты отходящих линий | Исполнение аппаратов отходящих линий | Секционный аппарат | Максимальное число отходящих линий | Учет электроэнергии | Номер варианта |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Однотрансформаторные КТПГ** | | | | | | |
| РЕ-19-41 1000 А | ВА57-35; ВА51-39 | Стационарное | — | 12 | Есть | 1 |
| ВА55-41 (выдвижной) | | | | | | 2 |
| ВА55-41 (выдвижной) | ВА57-35; ВА51-39 | Выдвижное | — | 8 | Нет | 3 |
| РЕ-19-41 1000 А | БПВ, 4 × 400 А 4 × 250 А | Выдвижное | — | 8 | Нет | 4 |
| **Двухтрансформаторные — 2КТПГ** | | | | | | |
| РЕ-19-41 1000 А | ВА57-35; ВА51-39 | Стационарное | РЕ-19-41 1000 А | 24 | Есть | 5 |
| ВА55-41 (выдвижной) | ВА57-35; ВА51-39 | Стационарное | ВА55-41 (выдвижной) | 20 | Есть | 6 |
| ВА55-41 (выдвижной) | ВА57-35; ВА51-39 | Выдвижное | ВА55-41 (выдвижной) | 20 | Есть | 7 |
| РЕ-19-41 1000 А | БПВ, 8 × 400 А 8 × 250 А | Выдвижное | РЕ-19-41 1000 А | 16 | Нет | 8 |

Конструкция шкафов РУНН предусматривает возможность установки на отходящих линиях автоматических выключателей на номинальные токи от 16 до 400 А. 2КТПГ выполняется с выдвижными автоматическими выключателями и устройством АВР.

В РУНН предусмотрена установка следующих устройств:

- трансформаторов тока (на вводе — три, на нулевой шине — один для подключения устройств защиты от однофазных коротких замыканий, на отходящих линиях — по одному);
- измерительных приборов (на вводе — амперметры в каждой фазе, вольтметр, счетчики активной и реактивной энергии; на отходящих линиях — амперметры).

**Шкаф учета электрической энергии** может быть двух исполнений: для учета активной энергии, для учета активной и реактивной энергии. В шкафу учета активной энергии устанавливается электронный счетчик

активной энергии, в котором предусмотрен датчик приращения энергии для информационно-измерительных систем учета энергии и телеизмерения мощности. В шкафу учета активной и реактивной энергии устанавливаются электронные счетчики активной и реактивной энергии и резисторы для обогрева.

**Шкаф уличного освещения** подключается к одному из фидеров РУНН. Схема предусматривает возможность автоматического включения вечернего и ночного уличного освещения. В шкафу уличного освещения установлен счетчик активной энергии на токи 50, 63 или 80 А.

В КТПГ предусмотрены следующие защиты:

- от однофазных коротких замыканий в сети 0,4 кВ с действием на отключение вводного выключателя с выдержкой времени;
- защита минимального напряжения, с действием на отключение вводного выключателя с выдержкой времени при исчезновении напряжения на вводе;
- от перегрузки с действием на сигнал.

На двухтрансформаторных КТПГ предусматривается сигнализация при срабатывании защит, АВР, положения выключателей и др.

Габаритные и установочные размеры однотрансформаторной и двухтрансформаторных подстанций однолучевого и двухлучевого исполнения представлены на рис. 4.3.16—4.3.18. Вариант конструкции РУНН с выдвижными выключателями (габаритные размеры, мм: 2400 × 2000 × 825) с АВР показан на рис. 4.3.19.

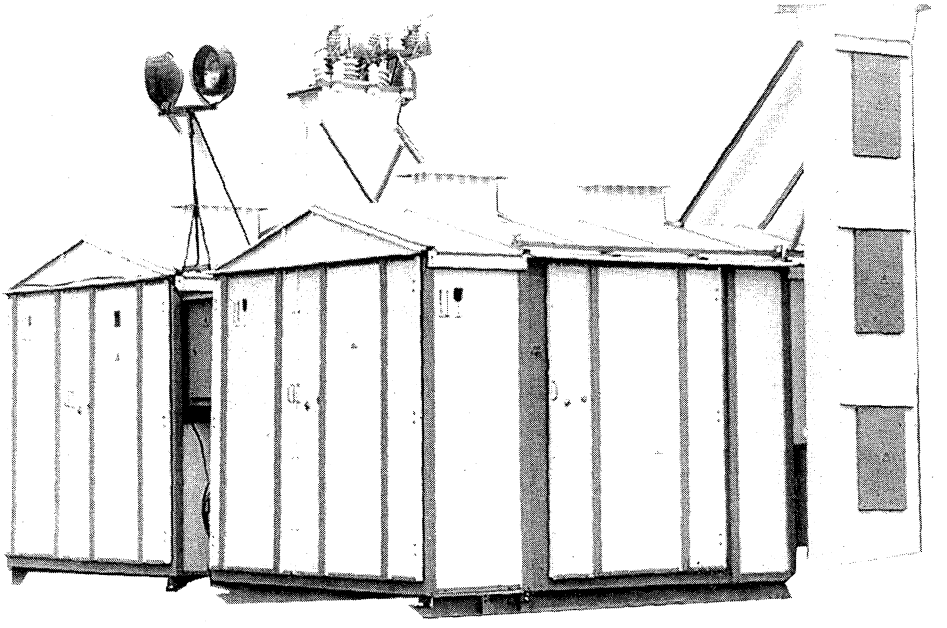


**Рис. 4.3.15.** Общий вид КТПГ производства ОАО «Самарский завод «Электрощит»

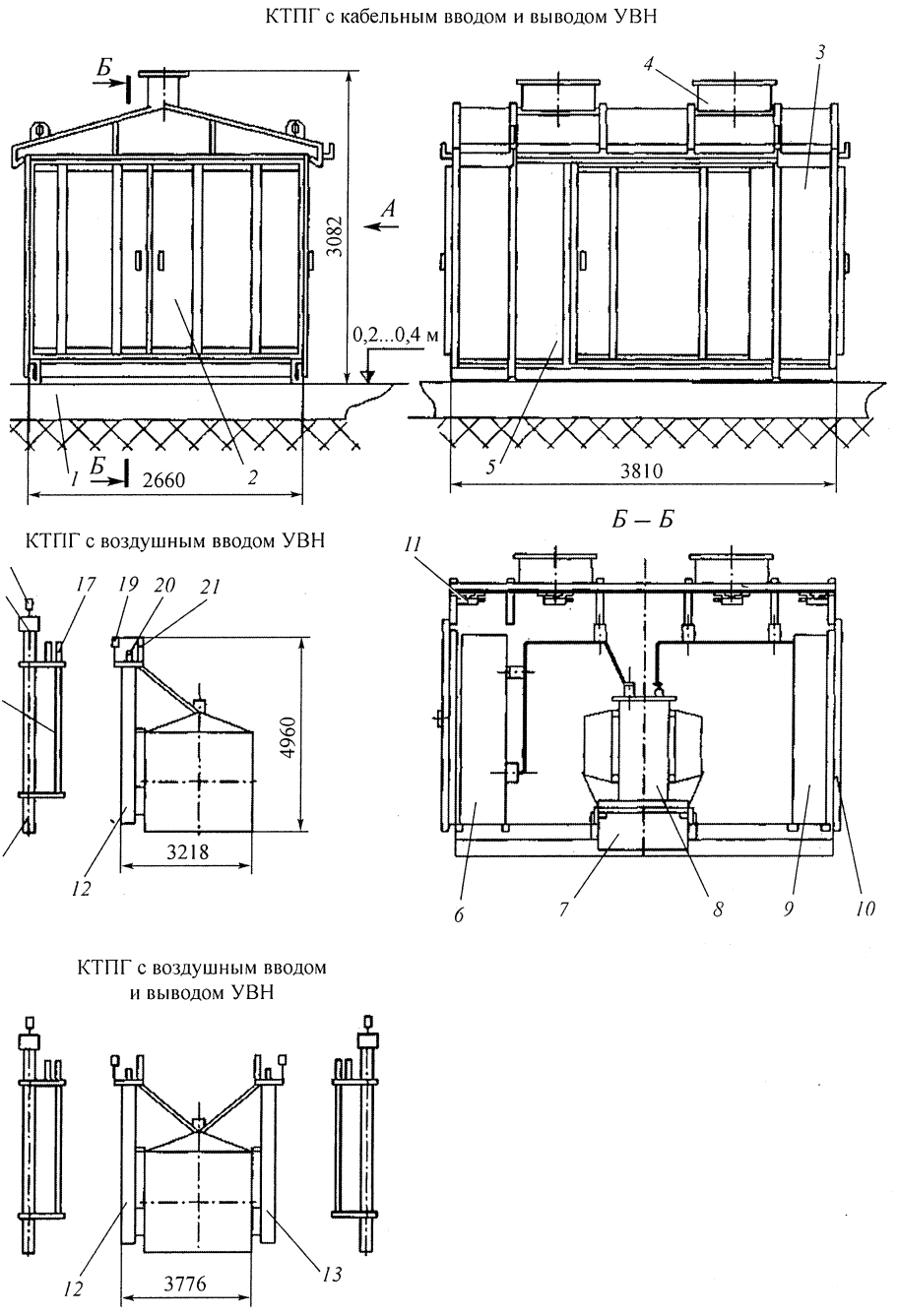



**Рис. 4.3.16.** Общий вид, габаритные и установочные размеры однотрансформаторной КТПГ: *1* — рама основания блок-здания; *2* — дверь отсека УВН; *3* — блок-здание КТПГ; *4* — воздуховод; *5* — дверь отсека силового трансформатора; *6* — блок УВН; *7* — емкость для удержания масла; *8* — силовой трансформатор; *9* — блок РУНН; *10* — дверь отсека РУНН; *11* — светильник; *12* — блок высоковольтного воздушного ввода; *13* — стойка СВ-1; *14* — труба; *15* — кронштейн; *16* — изолятор; *17* — разъединитель; *18* — блок высоковольтного ввода; *19* — изолятор; *20* — проходной изолятор; *21* — разрядник

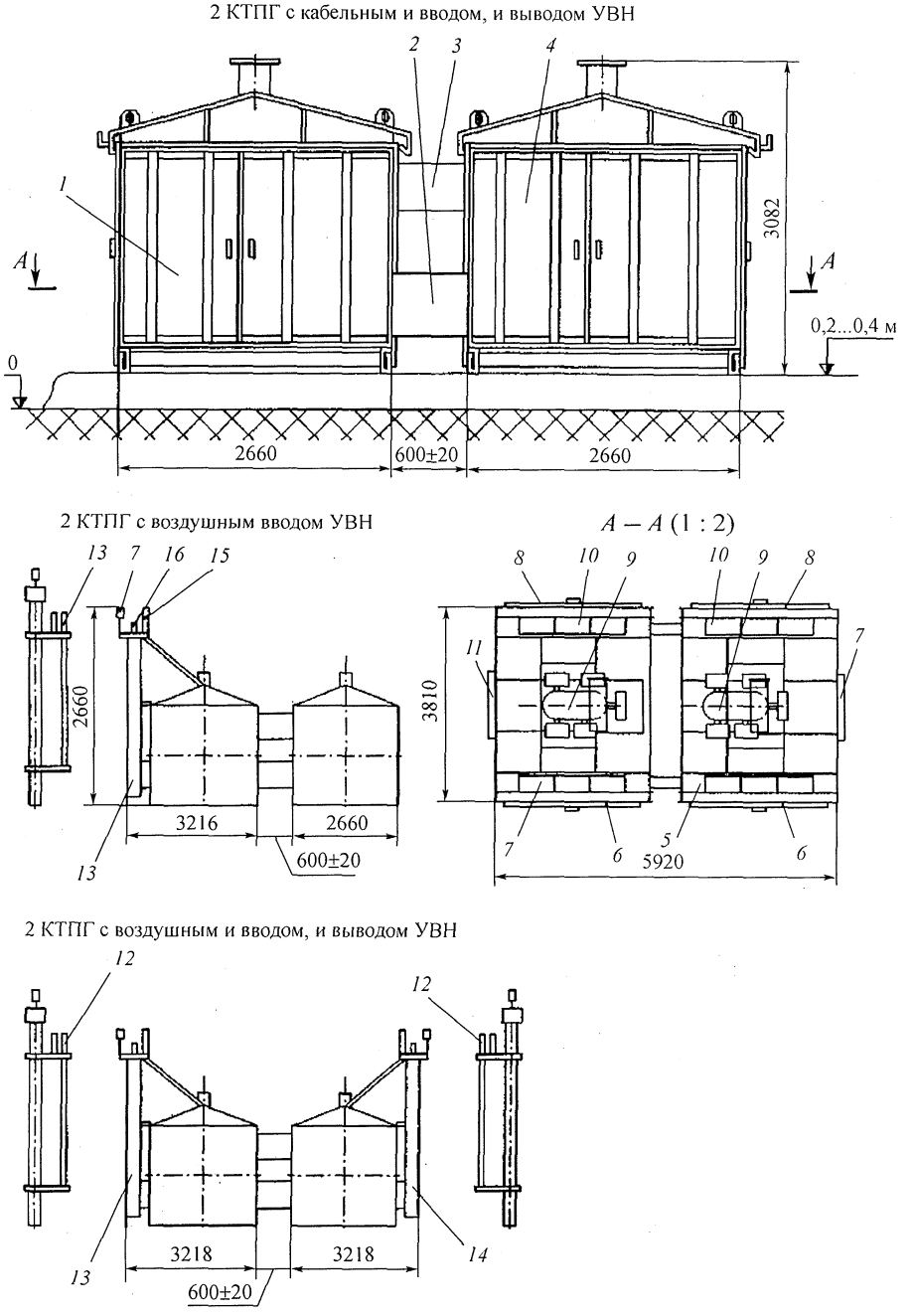



**Рис. 4.3.17.** Общий вид, габаритные и установочные размеры однолучевой двухтрансформаторной КТПГ: *1, 4* — блок-здание КТПГ; *2* — блок секционной перемычки УВН; *3* — блок секционной перемычки РУНН; *5* — блок УВН; *6* — дверь отсека УВН; *7, 11*— дверь отсека силового трансформатора; *8* — дверь отсека РУНН; *9* — силовой трансформатор; *10* — блок РУНН; *12* — разъединитель ВЛ 10 кВ; *13* — блок высоковольтного воздушного ввода УВН; *14* — блок высоковольтного воздушного вывода; *15* — разрядник; *16* — проходной изолятор; *17* — изолятор

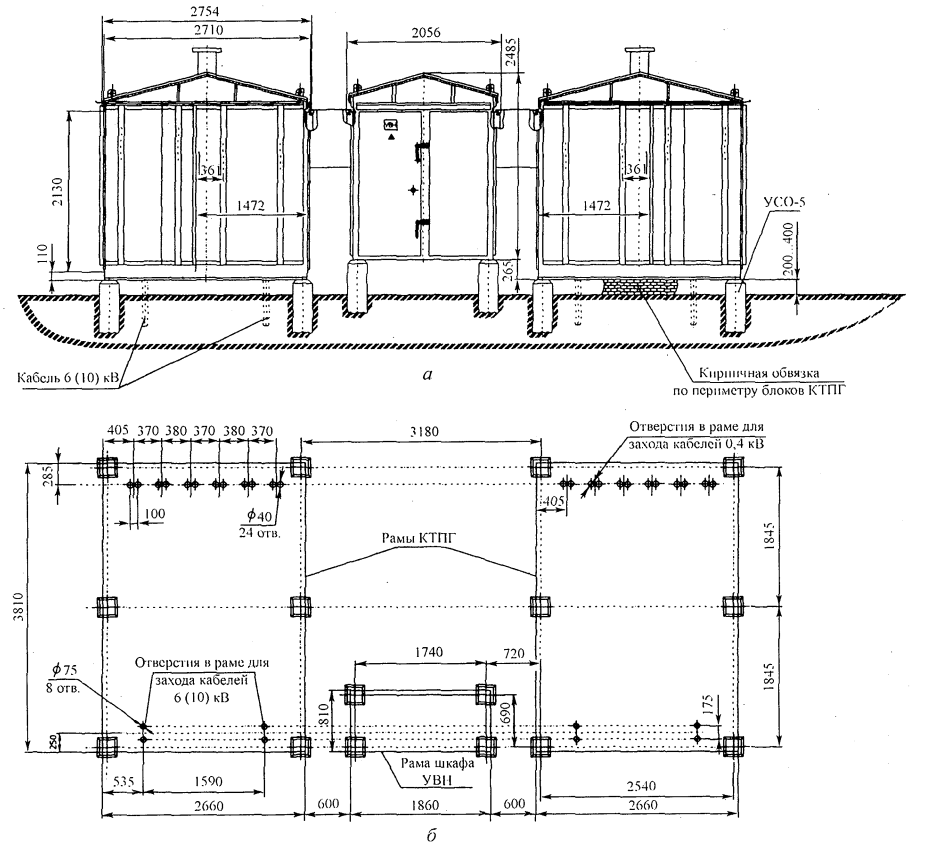



**Рис. 4.3.18.** Двухтрансформаторная КТПГ двухлучевого исполнения на заглубленном фундаменте: *а* — общий вид подстанции; *б* — план фундамента под 2КТПГ с ячейкой секционного выключателя нагрузки, выполненной отдельным модулем

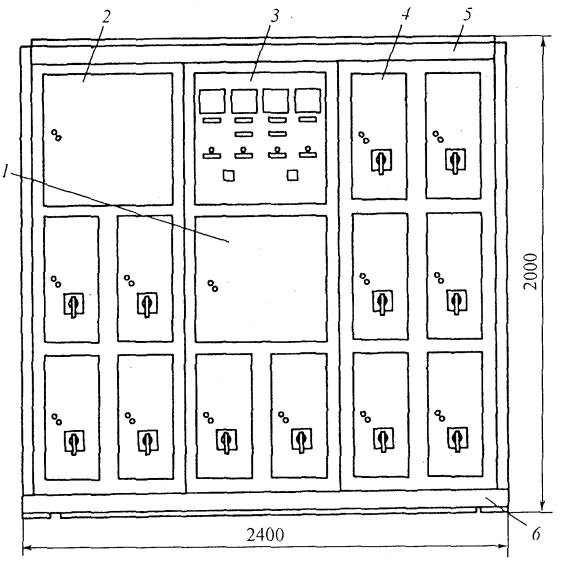



**Рис. 4.3.19.** Вариант конструкции РУНН с выдвижными выключателями (габаритные размеры, мм: 2400 × 2000 × 825) (исполнение с АВР — неявный ввод резерва): *1* — шкаф выключателя ввода; *2* — шкаф секционного выключателя; *3* — шкаф релейный; *4* — шкаф линейного выключателя; *5* — рама; *6* — рама основания

**Схемы электрических соединений КТПГ и 2КТПГ.** Схемы РУВН КТПГ приведены на рис. 4.3.20, возможные исполнения ввода, вывода даны в табл. 4.3.18. При воздушном вводе подстанция снабжается блоком воздушного ввода и предусматривается установка разъединителя на стойке СВ-1.

*Таблица 4.3.18.* **Исполнения ввода, вывода КТПГ 10(6) кВ**

| КТПГ | Ввод | Вывод (линии) |
|---|---|---|
| КТПГ | Воздушный, кабельный | |
| 2КТПГ однолучевого исполнения | Воздушный, кабельный | |
| 2КТПГ двухлучевого исполнения | Воздушный, кабельный | Кабельный |

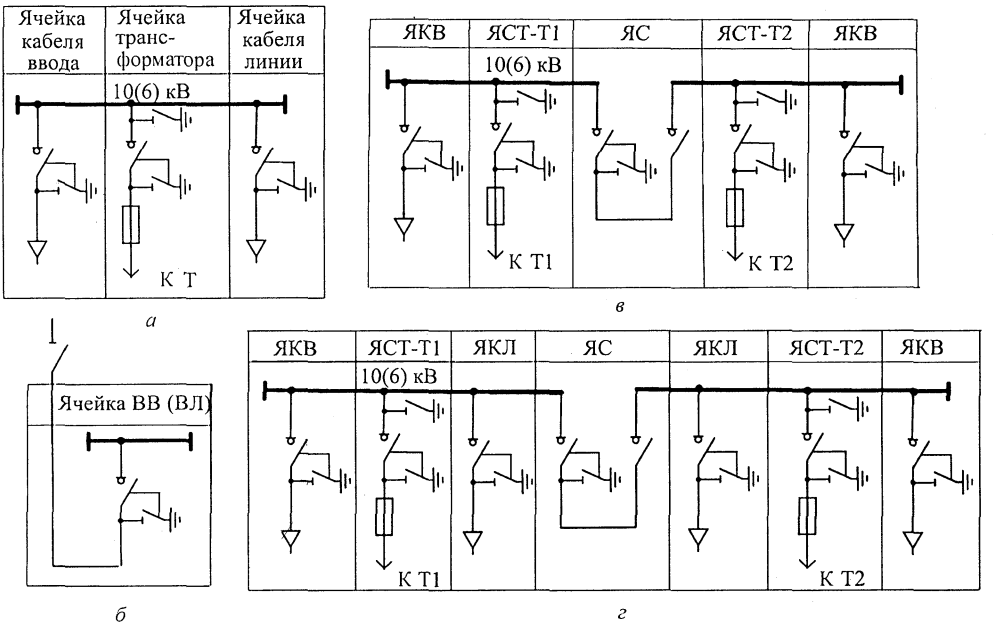
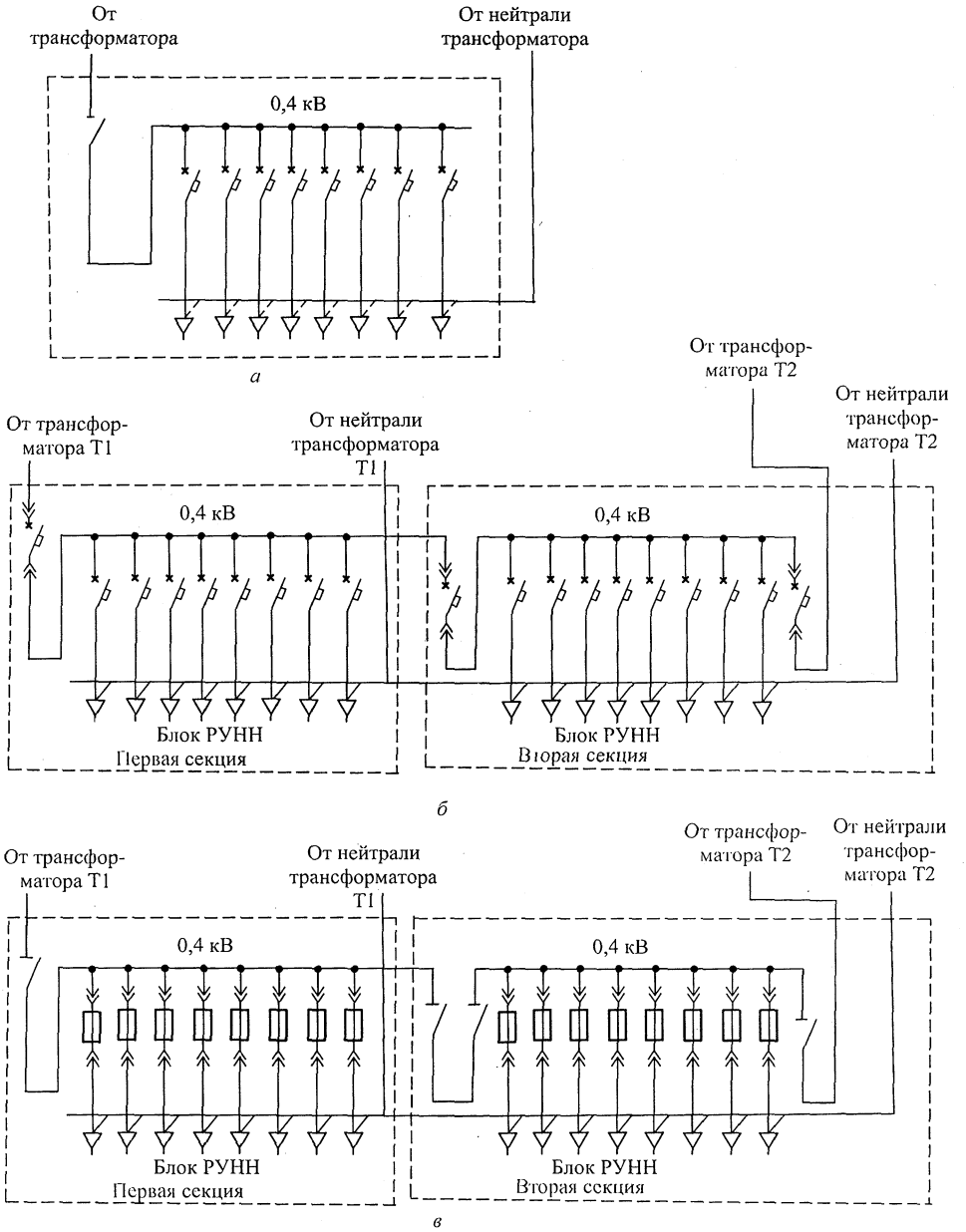



**Рис. 4.3.20.** Схемы РУВН КТПГ производства Самарского завода «Электрощит»: *а* — РУВН для однотрансформаторной подстанции с кабельным вводом (выводом); *б* — схема воздушного ввода (вывода) с разъединителем на стойке и камерой с выключателем нагрузки; *в* — РУВН для двухтрансформаторной КТПГ однолучевого исполнения; *г* — РУВН для двухтрансформаторного КТПГ двухлучевого исполнения; ЯКВ — ячейка кабельного ввода; ЯСТ — ячейка силового трансформатора; ЯКЛ — ячейка кабельной линии; ЯС — ячейка секционного выключателя

Схемы РУНН по вариантам 1, 6 и 8 (табл. 4.3.17) приведены на рис. 4.3.21; схема по варианту 1 с разъединителем РЕ 19-41 на вводе и стационарными автоматическими выключателями на отходящих линиях —на рис. 4.3.21, *а*; схема по варианту 6 с выдвижными автоматическими выключателями на вводе и секционировании и стационарными автоматическими выключателями на отходящих линиях — на

рис. 4.3.21, *б*; схема по варианту 8 с разъединителями на вводе и секционировании типа РЕ 19-41 и с блоками предохранитель-выключатель на отходящих линиях — на рис. 4.3.21, *б*.




*Штриховыми линиями* выделены транспортные блоки РУНН, состоящие из трех шкафов. Измерительные приборы и трансформаторы тока на схеме не показаны.

**Рис. 4.3.21.** Схемы РУНН КТПГ производства Самарского завода «Электрощит» (для вариантов 1, 6, 8 по табл. 4.3.17)

**Установка подстанции.** КТПГ устанавливается на фундаменте высотой 0,2—0,4 м. Примеры выполнения заглубленного фундамента с применением стоек серии УСО-5А для двухлучевой и однолучевой двухтрансформаторных подстанций приведены на рис. 4.3.18, 4.3.22. При установке подстанции на незаглубленном фундаменте применяются стандартные бетонные блоки типа ФБС.

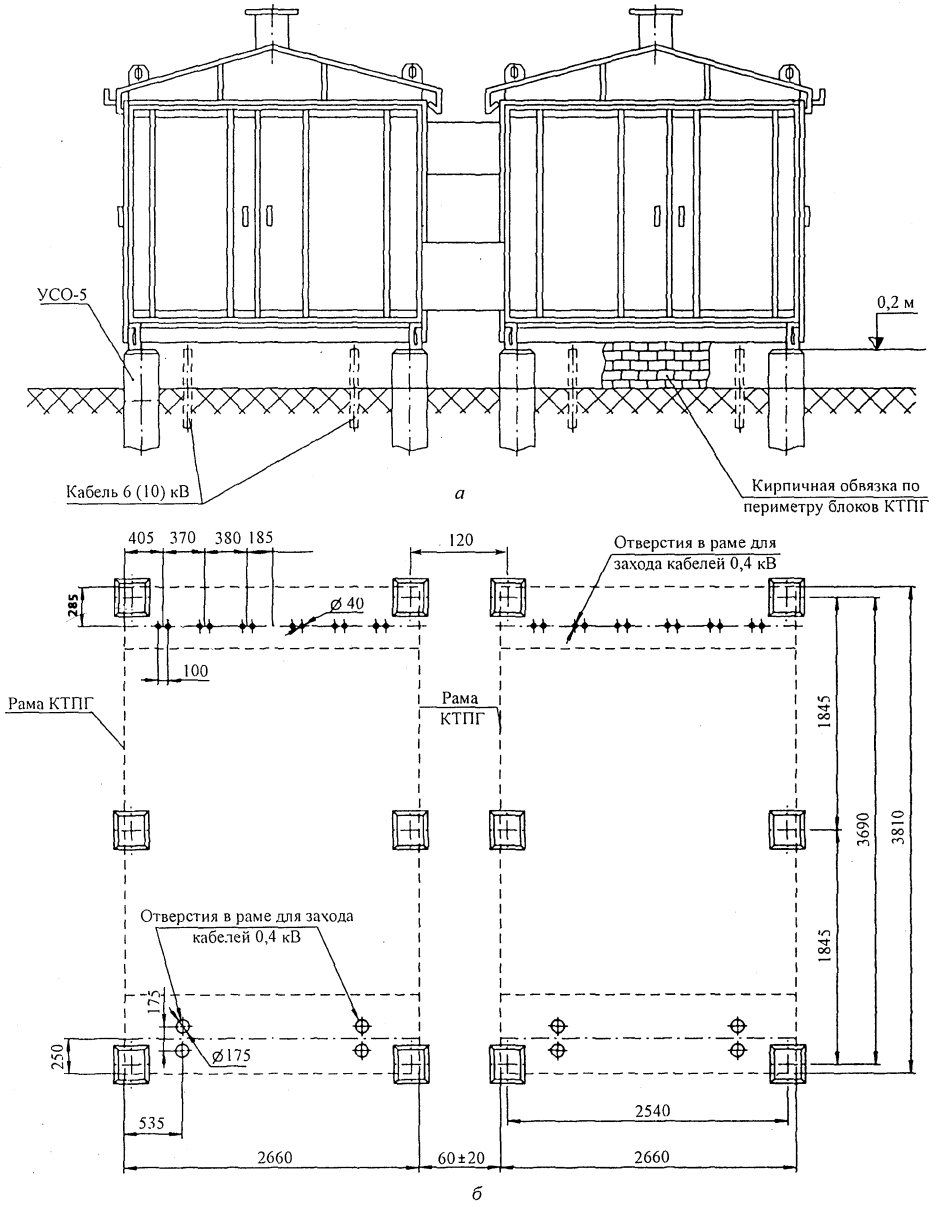



**Рис. 4.3.22.** Установка 2КТПГ на заглубленном фундаменте:
*а* — общий вид подстанции; *б* — план фундамента под 2КТПГ

### 4.3.4. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ в бетонной оболочке

Блочные комплектные трансформаторные подстанции в бетонной оболочке (БКТПБ) производятся предприятием ОАО «ПО Элтехника» сравнительно недавно. Предлагаются БКТПБ с различными вариантами комплектации и размещения электротехнического оборудования:

- БКТПБ в бетонном модуле размерами 5000 × 2400 × 2750 мм (длина × ширина × высота);
- БКТПБ в малогабаритном модуле 3000 × 2400 × 2750 мм.

Однотрансформаторную КТП возможно расширить до двухтрансформаторной и более, установив дополнительные модули без проведения лишних строительных работ. Внешний вид двухтрансформаторной БКТПБ представлен на рис. 4.3.23.

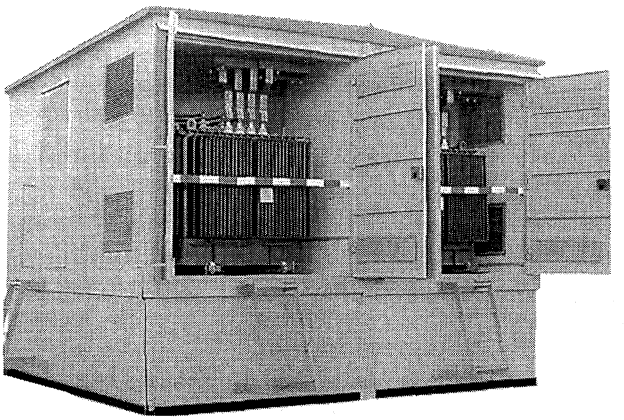


**Рис. 4.3.23.** Общий вид двухтрансформаторной БКТПБ мощностью 2 × 1000 кВ·А

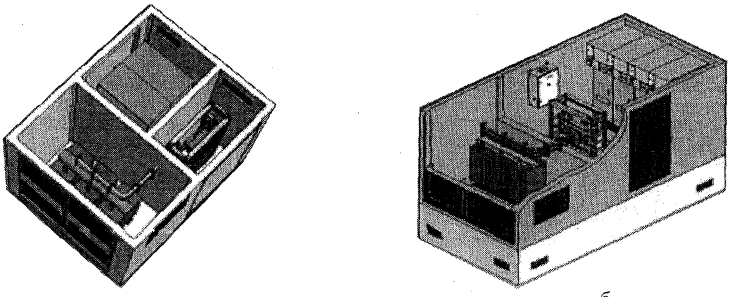
Условия эксплуатации БКТПБ:

- температура окружающего воздуха от минус 60 до плюс 40 °С;
- относительная влажность наружного воздуха до 100 %;
- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- окружающая среда невзрывоопасная? не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, при которых разрушаются материалы и изоляция, окружающая среда — I и II по ГОСТ 15543.1 и ГОСТ 15150—69.

Бетонная оболочка соответствует требованиям ГОСТ 13015 и относится ко второму уровню ответственности и второму уровню огнестойкости по ГОСТ 12.1.004—91. Марка бетона по морозостойкости — F-50.

Подстанция может быть проходной или тупиковой, внутреннего или наружного обслуживания, с кабельным или воздушным вводом.

КТП *наружного обслуживания* имеет три отсека: отсек силового трансформатора, отсек РУВН и отсек РУНН (рис. 4.3.24, *а*), которые отделены друг от друга огнестойкими перегородками.



*а* *б*

**Рис. 4.3.24.** БКТПБ наружного (*а*) и внутреннего (*б*) обслуживания

КТП *внутреннего обслуживания* разделена на два отсека: отсек силового трансформатора и общий отсек РУВН, РУНН (отсек РУ), разделенные огнестойкой перегородкой (рис. 4.3.24, *б*).

На подстанции могут быть установлены герметичные масляные или сухие трансформаторы.

**Распределительное устройство высокого напряжения** подстанции может выполняться с камерами КСО «Аврора» или элегазовыми моноблоками «Ладога». В качестве основных коммутационных аппаратов высокого напряжения могут быть использованы выключатели нагрузки или вакуумные выключатели с цифровой релейной защитой.

По желанию заказчика в РУВН возможна установка КРУ серий:

- RM6 компании Schneider Electric;
- 8DJ10 и 8DJ20 фирмы Siemens;
- другое аналогичное оборудование.

**Распределительное устройство низкого напряжения** может комплектоваться стойками с комбинациями разъединитель-предохранитель или панелями «Нева» с автоматическими выключателями.

РУВН с камерами КСО «Аврора» и моноблоками «Ладога», РУНН, выполненное с панелями «Нева», представлены на рис. 4.3.25—4.3.27.

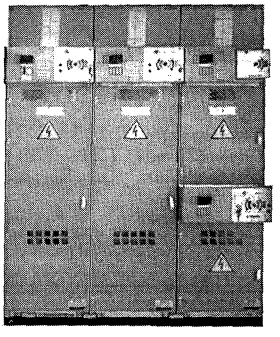


**Рис. 4.3.25.** РУВН в БКТПБ на ячейках КСО «Аврора»

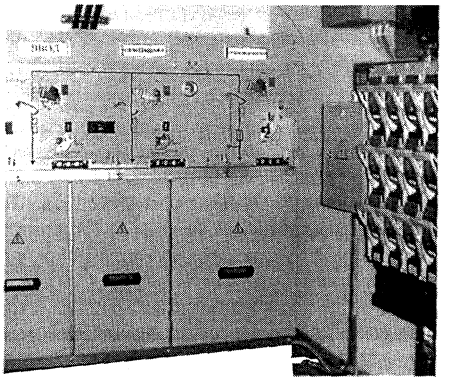


**Рис. 4.3.26.** РУВН в БКТПБ на моноблоках

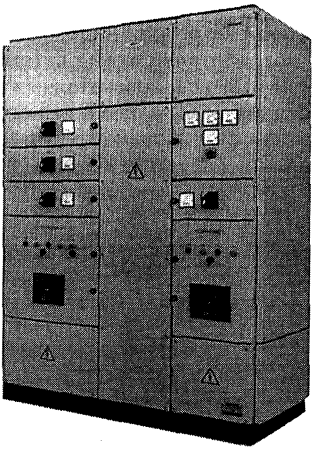


**Рис. 4.3.27.** РУНН в БКТПБ на панелях «Нева» с автоматическими выключателями

Подключение КТП к воздушным линиям 6(10) кВ и 0,4 кВ осуществляется кабелем. Надежный и герметичный ввод в стены оболочки обеспечивают кабельные уплотнения. Соединение РУВН с трансформатором выполнено одножильными кабелями с негорючей изоляцией. Такими же кабелями или шинами выполняется соединение РУНН с силовым трансформатором. Шины, соединяющие РУНН с силовым трансформатором, проходят через перегородку между отсеками. В местах прохода они закрепляются с помощью герметичных огнестойких шинных уплотнений. Двери, решетки и замки подстанции имеют влагозащищенное исполнение.

Кабели внешнего подключения поставляются в комплекте с КТП вместе с двумя металлическими кабельными лотками-мостиками к опорам воздушных линий 10(6) кВ и 0,4 кВ и с трехфазным комплектом опорных изоляторов для крепления на концевой опоре ВЛ — 10(6) кВ.

### 4.3.5. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ наружного типа

КТП наружного типа (наружной установки) в металлическом контейнере предназначены для электроснабжения промышленных, городских и других объектов. Подстанции изготовлены на основе сварных конструкций из металлических листов и профилей, выпускаются с одним и двумя трансформаторами мощностью от 63 до 630 кВ·А.

Со стороны ВН предусматривается проходная и тупиковая схема. В подстанциях с проходной схемой на стороне ВН могут устанавливаться камеры КСО 300 серии, на стороне НН — панели ЩО-70 (по типу городских КТП). Основные технические характеристики КТП наружного типа приведены в табл. 4.3.19. Схемы и габаритный чертеж КТП-630-10/0,4-02-У1 ЗАО ПО «ИЗНУ» показаны на рис. 4.3.28, 4.3.29.

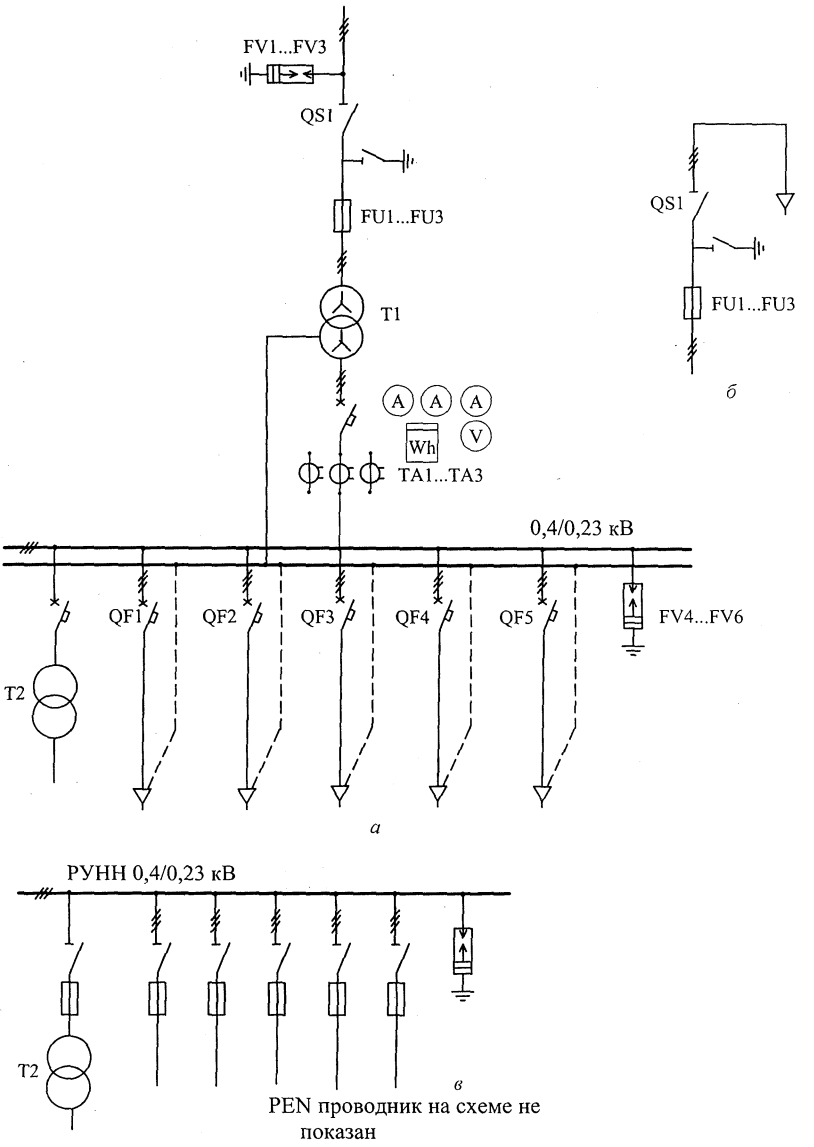
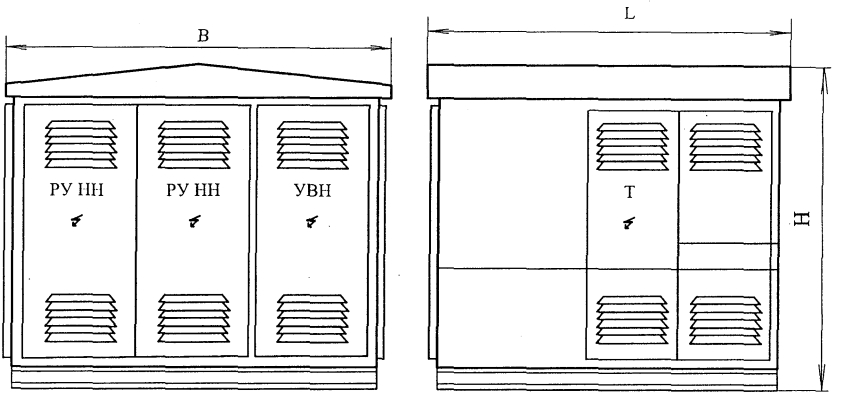
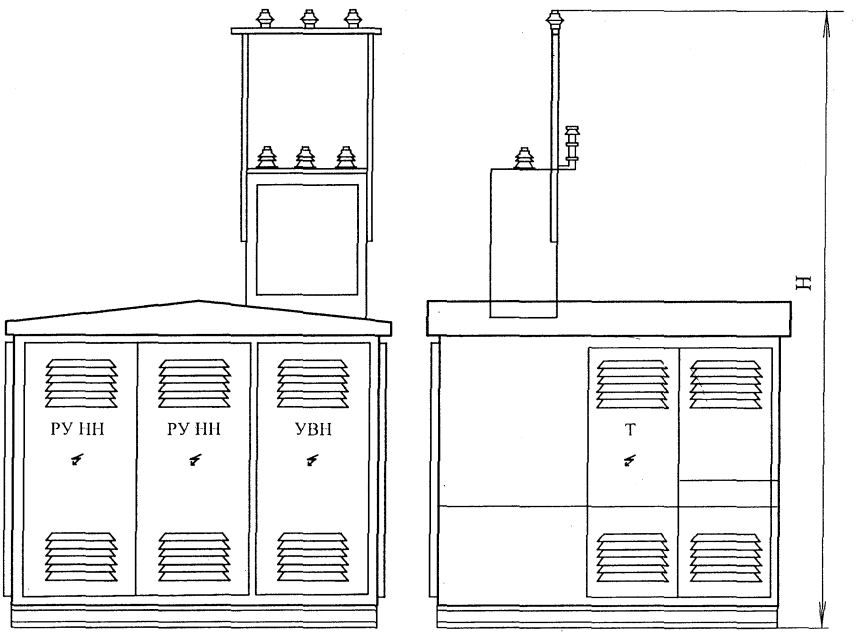



**Рис. 4.3.28.** Однолинейная электрическая принципиальная схема КТП-630/10/0,4-02-У1 наружного типа производства Иркутского завода низковольтных устройств: *а* — с воздушным вводом; *б* — схема УВН с кабельным вводом; *в* — схема РУНН с рубильниками типа РПС; FU1—FU3 — предохранитель; FV1—FV6 — разрядник; Q1 — рубильник; QS1 — разъединитель; QF1—QF5 — автоматический выключатель; T1 — силовой трансформатор; T2 — трансформатор собственных нужд; TA1—TA3 — трансформатор тока




| Размер | КТП-630/10(6) | КТП-400/10(6) | КТП-250/10(6) |
|---|---|---|---|
| L | 2550 | 2550 | 2550 |
| H | 2380 | 2300 | 2000 |
| B | 2800 | 2800 | 2300 |

*а*




*б*

**Рис. 4.3.29.** Габаритные и установочные размеры КТП-630/10/0,4-02-У1 наружного типа Иркутского завода низковольтных устройств: *а* — с кабельным вводом; *б* — с воздушным вводом

*Таблица 4.3.19.* **Технические характеристики КТП наружного типа**

| Параметр | КТПН-10/0,4; КТПНУ-10/0,4 | КТП-М | КТПН |
|---|---|---|---|
| Производитель | Фирма «Альстом» | ЗАО ПО «ИЗНУ» | ОАО «Самарский завод «Электрощит» |
| Мощность силового трансформатора, кВ·А | Однотрансформаторные: 63; 100; 160; 250; 400; 630<br>Двухтрансформаторные: 250; 400; 630 | 63; 100; 160; 250; 400; 630 | 100; 160; 250; 400; 630 |
| Климатическое исполнение | У1 | УХЛ1 | У1 |
| Номинальное напряжение, кВ:<br>на стороне ВН<br>на стороне НН | 6; 10<br>0,4 | | |
| Схема на стороне ВН | Проходная | Тупиковая | Проходная |
| Ток термической стойкости, кА:<br>на стороне ВН<br>на стороне НН | 20; 25<br>50 | 16; 20<br>10; 20 | 20<br>10; 20 |
| Время протекания, с | 0,5 | 0,5 | 3 |
| Ток электродинамической стойкости, кА:<br>на стороне ВН<br>на стороне НН | 25; 50<br>25; 50 | 16; 20<br>25; 50 | 51<br>25; 50 |
| Исполнение ввода ВН | Воздушный, кабельный | | Воздушный |
| Исполнение отходящих линий | Воздушные, кабельные | | Кабельные |
| Тип шкафов РУВН | КСО-366; КСО-366М; КСО-392 | Отсек УВН | Отсек УВН |
| Тип шкафов РУНН | ЩО-70-3М | Отсек РУНН | Отсек РУНН |
| Число отходящих линий, не более | По заказу | 5 | 12 |
| Габаритные размеры, мм | Н. д. | Н. д.[1] | 2600 × 3000 × 4500 |

### 4.3.6. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ типа «киоск», универсальные, мачтовые, шкафные

КТП типа «киоск», универсальные, мачтовые и шкафные выпускаются с одним трансформатором с номинальным напряжением на стороне ВН 10 или 6 кВ, номинальным напряжением на стороне НН — 0,4 кВ. Мощность силового трансформатора:

- от 25 до 630 кВ·А — для подстанций типа «киоск»;
- от 25 до 250 кВ·А — для подстанций универсального и шкафного типа;
- от 25 до 63 кВ·А — для мачтовых подстанций.

**Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ киоскового типа, универсальные и мачтовые** выпускаются предприятием ОАО «Самарский завод «Электрощит» для наружной установки климатического исполнения У1 и ХЛ1. Технические характеристики КТП и электрических аппаратов, применяемых в КТП, приведены в табл. 4.3.20—4.3.22.

[1] Н. д. — нет данных здесь и далее.

*Таблица 4.3.20.* **Технические характеристики КТП**

| Параметр | КТПК | КТПУ | КТПМ |
|---|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ:<br>на стороне ВН<br>на стороне НН | 6; 10<br>0,4 | | |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 7,2: 12 | | |
| Мощность силового трансформатора, кВ·А | 100; 160; 250; 400 | 25; 40; 63; 100; 160; 250 | 25; 40; 63 |
| Номинальный ток предохранителя, А:<br>6 кВ<br>10 кВ | 20; 40; 80<br>16; 20; 31,5; 40 | 8; 10; 16; 20; 31,5<br>5; 8; 10: 16; 20 | 8; 10; 16<br>5; 8; 10 |

*Таблица 4.3.21.* **Технические характеристики электрических аппаратов КТП**

| Тип подстанции | Ввод на стороне ВН | Ввод на стороне НН | Тип аппаратов отходящих линий |
|---|---|---|---|
| КТПК-630 | РЛНД (воздушный и кабельный вводы), ВНП-М-10/630 ПКЭ-108-6, ПКЭ-108-10 | Рубильник РЕ19-41 | ВА-57-35 или ВА-04-36 ($I_н$ = 250 А); ВА-51-39 ($I_н$ = 630 А) |
| КТПК-400 | РЛНД (воздушный и кабельный вводы) ПКЭ-101, ПКЭ-102 | ВА51-39 ($I_н$ = 630 А) | |
| КТПК-100-250 | | Рубильник ВР-32-37А | ВА-57-35 или ВА-04-36 ($I_н$ = 250 А) |
| КТПУ-100-250 | РЛНД, ПКЭ-101, ПКЭ-102 | Рубильник ВР-32-37А | ВА-57-35 или ВА-04-36 ($I_н$ = 250 А) |
| КТПУ-25-63 | РЛНД, ПКЭ-101, ПКЭ-102 | Рубильник ВР-32-37А | АП50БМ2 ($I_н$ = 63 А) |
| КТПМ-25-63 | | | |

*Примечание.* Автоматические выключатели имеют стационарное исполнение.

*Таблица 4.3.22.* **Число отходящих линий 0,4 кВ и номинальные токи автоматических выключателей**

| Тип ввода-вывода | КТПК с мощностью трансформатора, кВ·А | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 100 | 160 | 250 | 400 | 630** |
| ВК | 4<br>50; 2 × 100; 63* | 5<br>50; 100; 160; 250; 63* | 5<br>50; 160; 160; 250; 63* | 5<br>50; 160; 250; 400; 63* | 10<br>2 × 80; 2 × 100; 2 × 160; 2 × 250; 2 × 400 |
| КК | 3<br>50; 80; 100 | 3<br>50; 80; 100 | 4<br>80; 160; 100; 250 | 5<br>3 × 100; 2 × 250 | |
| ВВ | | 3<br>80; 160; 100 | | | |
| | КТПУ с мощностью трансформатора, кВ·А | | | | |
| | 100 | 160 | 250 | | |
| ВК, ВВ | 3<br>50; 80; 100 | 3<br>80; 100; 160 | 4<br>80; 100; 160; 250 | | |
| | КТПМ с мощностью трансформатора, кВ·А | | | | |
| | 25 | 40 | 63 | | |
| ВК<br>ВВ | 2<br>25; 25 | 2<br>25; 50 | 3<br>40; 40; 63 | | |

*Примечание.* ВК — воздушный ввод 10(6) кВ, кабельный вывод 0,4 кВ; КК — кабельный ввод 10(6) кВ, кабельный вывод 0,4 кВ; ВВ — воздушный ввод 10(6) кВ, воздушный вывод 0,4 кВ.

* Фидер (розетка) для подключения внешних потребителей.

** Максимальное число линий для КТПК-630 — 14 шт., из них 4 шт. с токами 250—630 А и 10 шт. с токами 16—250 А, или все 14 шт. с токами 16—250 А.

**Конструкция подстанций**

*Подстанция типа «киоск»* состоит из отсека УВН, отсека силового трансформатора, отсека РУНН, высоковольтного ввода, разъединителя, основания. УВН и силовой трансформатор заключены в металлический корпус. Общий вид и габаритные размеры КТПК приведены на рис. 4.3.30.

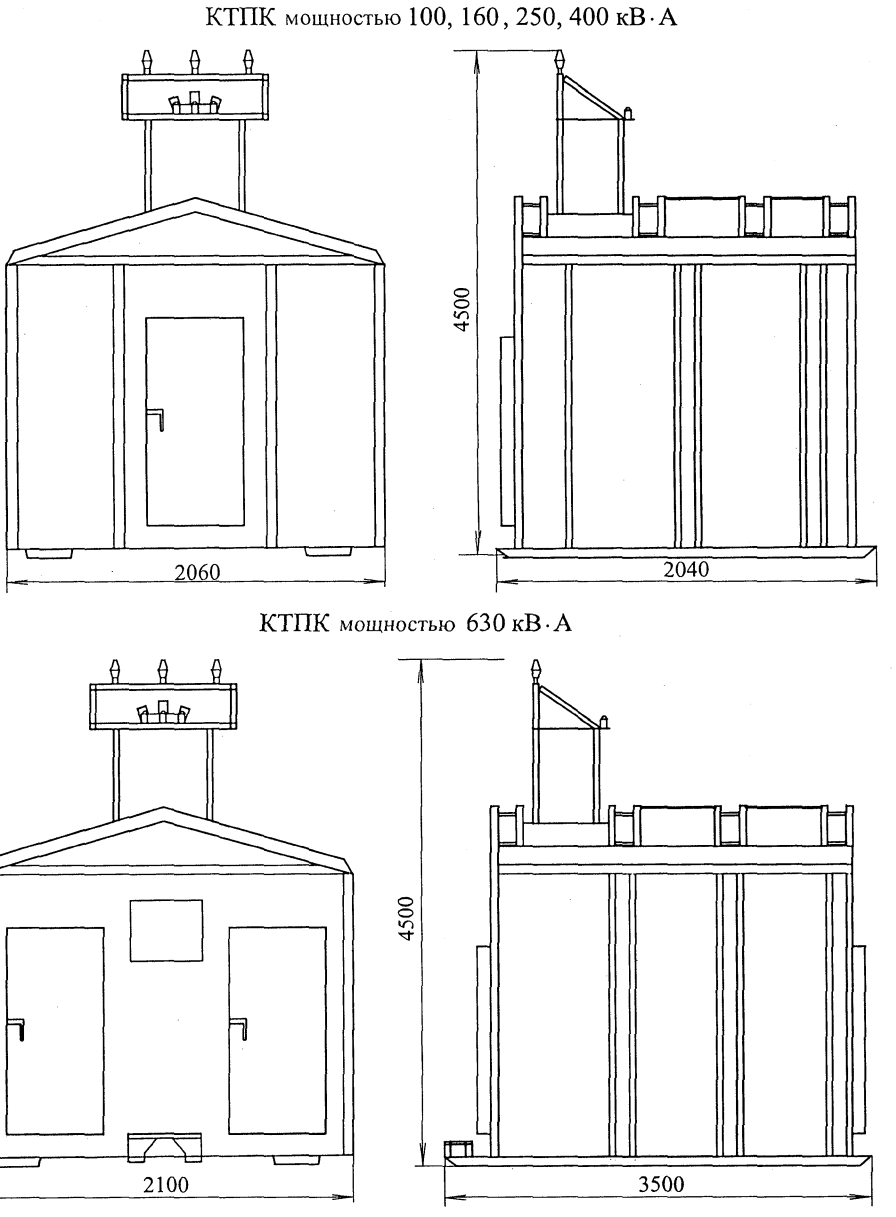



**Рис. 4.3.30.** Общий вид и габаритные размеры КТПК типа «киоск» производства «Самарского завода «Электрощит»

*Подстанция универсальная* состоит из УВН, силового трансформатора, РУНН, разъединителя 10(6) кВ. УВН представляет собой металлический портал с приемными высоковольтными изоляторами, предохранителями и разрядниками. УВН и силовой трансформатор размещены в пространственной металлической конструкции, состоящей из траверс, боковин и площадки. Площадка является несущей конструкцией для силового трансформатора. Подъем на площадку осуществляется с помощью лестницы. Шкаф РУНН крепится к боковине металлоконструкции.

*Подстанция мачтовая* устанавливается на несущей конструкции, которая состоит из двух стоек: стойки железобетонной СВ-105-3,6 опоры воздушной линии 10(6) кВ и стойки типа УСО-1А, соединенных между собой конструкцией из стальных уголков. Кронштейны с оборудованием УВН монтируются на опоре ВЛ 10(6) кВ, силовой трансформатор — на стойке УСО-1А, РУНН — на металлоконструкции, связывающей опору со стойкой.

**Схемы электрических соединений подстанций.** Присоединение подстанций к воздушной линии 10(6) кВ осуществляется через трехполюсный разъединитель с одним заземляющим ножом и приводом. В подстанциях типа КТПК и КТПМ разъединитель с приводом монтируется на опоре воздушной линии 10(6) кВ, в КТПУ установка разъединителя имеет два варианта: на опоре воздушной линии 10(6) кВ и непосредственно на металлоконструкции подстанции. При воздушном вводе 10(6) после разъединителя устанавливаются разрядники или ограничители перенапряжений. При воздушном выводе 0,4 кВ разрядники (ограничители перенапряжений) устанавливаются после рубильника (КТПК 100—400 кВ·А) или на сборные шины (КТПК 630 кВА, КТПУ 25—250 кВ·А). При кабельном вводе, выводе разрядники в схеме не предусматриваются. Перечень оборудования для КТП приведен в табл. 4.3.23. Пример принципиальной однолинейной схемы КТПК (ВК) 400 приведен на рис. 4.3.31, принципиальные схемы других подстанций легко составить, используя данные табл. 4.3.23.

*Таблица 4.3.23.* **Оборудование, устанавливаемое в УВН и РУНН подстанций**

| Мощность кВ·А | 10(6) кВ | | | | | 0,4 кВ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Р | П | ВН | РЗ | ЗР | РВ | АВ | ТТВ | ФР | АОЛ | РЗ СШ | РЗВ | С |
| КТПК | | | | | | | | | | | | | |
| 100—250 (ВК) | + | + | – | + | + | + | – | + | + | + | – | – | + |
| 100—250 (ВВ) | + | + | – | + | + | + | – | + | – | + | – | – | + |
| 100—250 (КК) | + | + | – | – | + | + | – | + | – | + | + | – | + |
| 400 (ВК) | + | + | – | + | + | – | + | + | + | + | – | – | + |
| 400 (КК) | + | + | – | – | + | – | + | + | – | + | – | – | + |
| 400 (ВВ) | + | + | – | + | + | – | + | + | – | + | – | + | + |

*Окончание табл. 4.3.23*

| Мощность кВ·А | 10(6) кВ | | | | | 0,4 кВ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Р | П | ВН | РЗ | ЗР | РВ | АВ | ТТВ | ФР | АОЛ | РЗ СШ | РЗВ | С |
| 630 (ВК) | + | + | + | + | + | + | – | + | – | + | – | – | + |
| 630 (КК) | + | + | + | + | + | + | – | + | – | + | – | – | + |
| 630 (ВВ) | + | + | + | – | + | + | – | + | – | + | + | – | + |
| КТПУ, КТПМ | | | | | | | | | | | | | |
| 25—250 (ВК) | + | + | – | + | + | + | – | – | – | + | – | – | – |
| 25—250 (ВВ) | + | + | – | + | + | + | – | – | – | + | + | – | – |

*Примечание.* В таблице использованы следующие сокращения: Р — разъединитель; П — плавкий предохранитель; ВН — выключатель нагрузки; РЗ — разрядник; ЗР — заземляющий разъединитель; РВ — рубильник на вводе; АВ — автоматический выключатель на вводе; ТТВ — трансформаторы тока в трех фазах, установленные после рубильника; ФР — фидер розетки; АОЛ — автоматы отходящих линий; РЗ СБ — разрядники на сборных шинах; РЗВ — разрядники на вводе (после РВ); С — счетчик активной энергии.

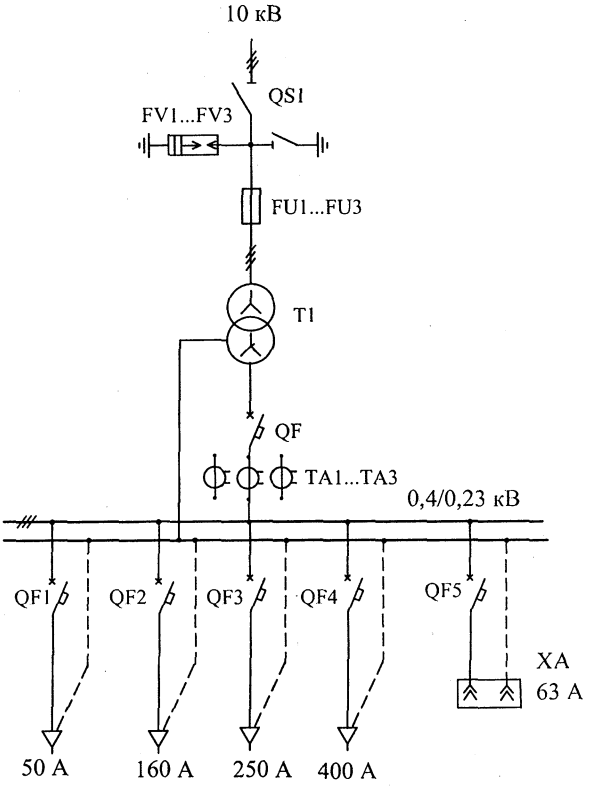



**Рис. 4.3.31.** Однолинейная электрическая принципиальная схема КТПК (ВК)-400/10/0,4-91-У1 производства Самарского завода «Электрощит»: FU1—FU3 — предохранитель; FV1—FV3 — разрядник; OF — автоматический выключатель; QS1 — разъединитель; QF1—QF5 — автоматический выключатель; T1 — силовой трансформатор; TA1—TA3 — трансформатор тока

**Комплектная трансформаторная подстанция типа «киоск» мощностью 400 кВ·А** Минского электротехнического завода наружной установки климатического исполнения У1 предназначена для электроснабжения промышленных объектов и отдельных населенных пунктов в районах с умеренным климатом. Основные технические характеристики КТП приведены в табл. 4.3.24.

*Таблица 4.3.24.* **Технические характеристики КТП-400**

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ:<br>на стороне ВН<br>на стороне НН | <br>10<br>0,4 |
| Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А | 400 |
| Тип трансформатора | ТМГ-400/10-У1 |
| Схема и группа соединения обмоток трансформатора | $Y/Y_н$-0<br>или $Д/Y_н$-11 |
| Номинальный ток трансформатора на стороне ВН, А, при напряжении:<br>6 кВ<br>10 кВ | <br>38,5<br>23,1 |
| Номинальный ток плавкой вставки предохранителя на стороне ВН, А, при напряжении:<br>6 кВ<br>10 кВ | <br>80<br>50 |
| Номинальный ток трансформатора на стороне НН, А | 577,4 |
| Номинальные токи отходящих линий, А:<br>№ 1<br>№ 2<br>№ 3<br>№ 4<br>№ 5<br>освещения | <br>400<br>200<br>160<br>100<br>100<br>16 |
| Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76 | Нормальная |
| Исполнение ввода 10(6) кВ | Воздушный |
| Исполнение выводов отходящих линий 0,4 кВ | Кабельные |

Принципиальная электрическая схема, габаритные и установочные размеры КТП-400 приведены на рис. 4.3.32, 4.3.33. Подстанция состоит из шкафа УВН, шкафа с трансформатором; шкафа РУНН. Шкафы УВН и РУНН выполняются бескаркасными из тонколистовой стали. Шкаф трансформатора и шкаф РУНН устанавливаются на салазках, шкаф УВН — на крыше шкафа трансформатора (см. рис. 4.3.33).

В шкафу трансформатора установлены: силовой трансформатор с естественным масляным охлаждением и высоковольтные предохранители. Предусмотрена откидывающаяся рама, предназначенная для закатывания и выкатывания трансформатора.

Шкаф РУНН выполнен с двухсторонним обслуживанием, состоит из ячеек, разделенных перегородками. На отходящих линиях 0,4 кВ установлены автоматические выключатели выдвижного исполнения с

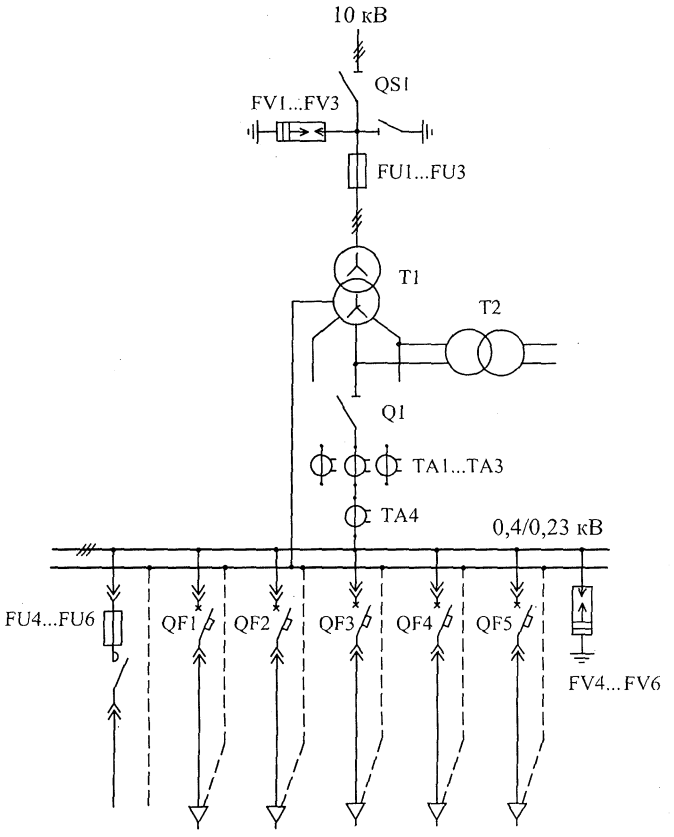



**Рис. 4.3.32.** Однолинейная электрическая принципиальная схема КТП-400/10/0,4-91-У1 типа «киоск» производства Минского электротехнического завода: FU1—FU6 — предохранитель; FV1—FV6 — разрядник; KM1 — пускатель магнитный; Q1 — рубильник; QS1 — разъединитель; QF1—QF5 — автоматический выдвижной выключатель; T1 — силовой трансформатор; T2 — трансформатор собственных нужд; TA1—TA4 — трансформатор тока

комбинированными расцепителями максимального тока и ручным дистанционным приводом. На выдвижных блоках размещена аппаратура цепей освещения и защиты от перегрузки силового трансформатора. На боковой наружной стенке шкафа РУНН установлен фотодатчик. В шкафах РУНН и трансформатора предусмотрено внутреннее освещение на напряжение не более 42 В от трансформатора собственных нужд.

Для силового трансформатора предусмотрена защита от междуфазных коротких замыканий, выполняемая плавкими предохранителями, и защита от перегрузки, выполняемая токовым реле, установленным на вводе 0,4 кВ. При срабатывании реле отключаются линии № 2 и № 3, остальные линии остаются в работе. Для линии наружного освещения 0,4 кВ предусмотрено ручное и автоматическое (с помощью фотореле) управление. На КТП предусмотрена установка следующих приборов: счетчика активной энергии; вольтметра — для контроля напряжения на сборных шинах и амперметра — для измерения тока на вводе 0,4 кВ.

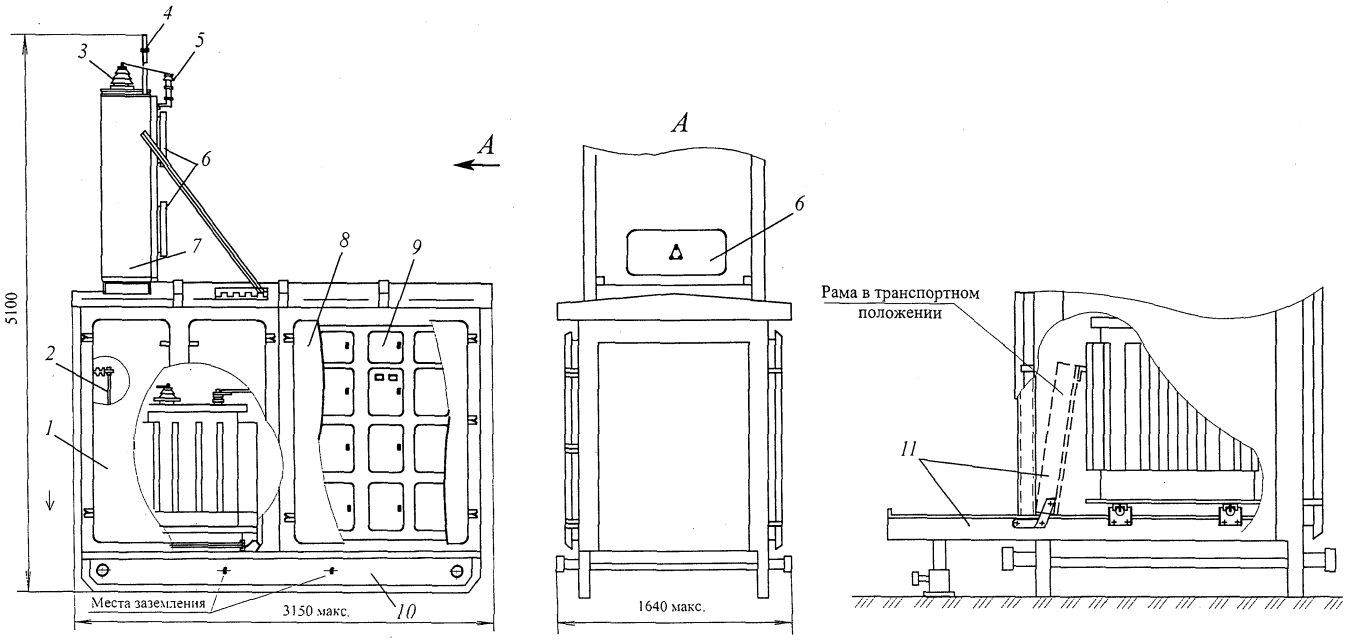



**Рис. 4.3.33.** Габаритные и установочные размеры КТП типа «киоск» производства Минского электротехнического завода: *1* — шкаф трансформатора; *2* — высоковольтный предохранитель; *3* — проходной изолятор; *4* — приемная траверса; *5* — разрядник; *6* — съемная панель; *7* — шкаф ввода; *8* — шкаф РУНН; *9* — ячейка РУНН; *10* — салазки; *11* — рама для закатывания и выкатывания трансформатора

**Комплектные трансформаторные подстанции КТП 25...250/10/0,4 шкафного типа** предназначены для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей и небольших промышленных объектов, относящихся к третьей категории электроснабжения. Подстанции выпускаются с силовыми трансформаторами мощностью от 25 до 250 кВ·А и состоят из: силового трансформатора, устанавливаемого открыто на раме; шкафов УВН и РУНН; кожуха для защиты изоляторов силового трансформатора от механических повреждений и случайного прикосновения к токоведущим частям.

КТП выполняется с воздушным вводом. Шкаф УВН с высоковольтным предохранителем типа ПКТ-101-10 или ПКТ-102-10 устанавливается на высоте 3—4 м над поверхностью земли, что создает определенные неудобства при замене и осмотре предохранителей. Это является существенным недостатком таких подстанций. В шкафу РУНН установлены низковольтные коммутационные аппараты, а также аппараты защиты и учета:

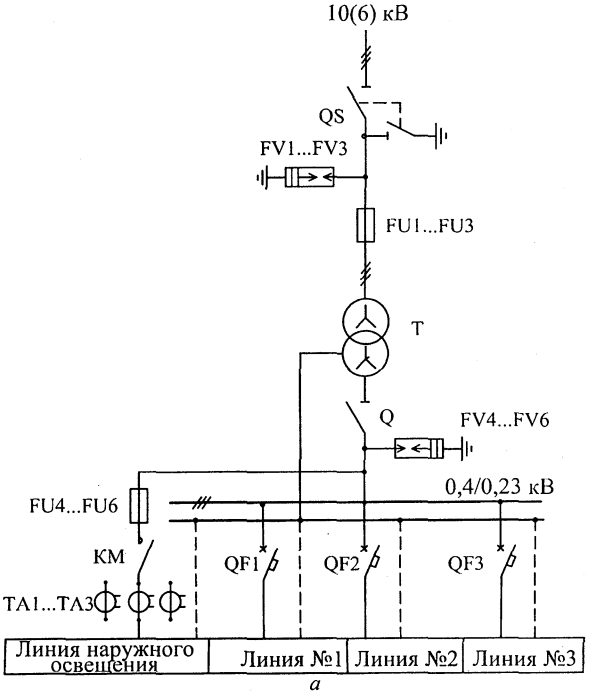
- трансформаторы тока;
- счетчик активной энергии (установлен на вводе 0,4 кВ в КТП мощностью 160—250 кВ·А или на линии наружного освещения — в КТП мощностью 25—100 кВ·А);
- токовые реле (установлены в PEN проводнике на отходящих воздушных линиях);
- фотореле и др.

Основные технические характеристики КТП приведены в табл. 4.3.25, принципиальные схемы подстанций мощностью 25—100 кВ·А и 160—250 кВ·А представлены на рис. 4.3.34, *а* и 4.3.34, *б*, габаритный чертеж — на рис. 4.3.35.

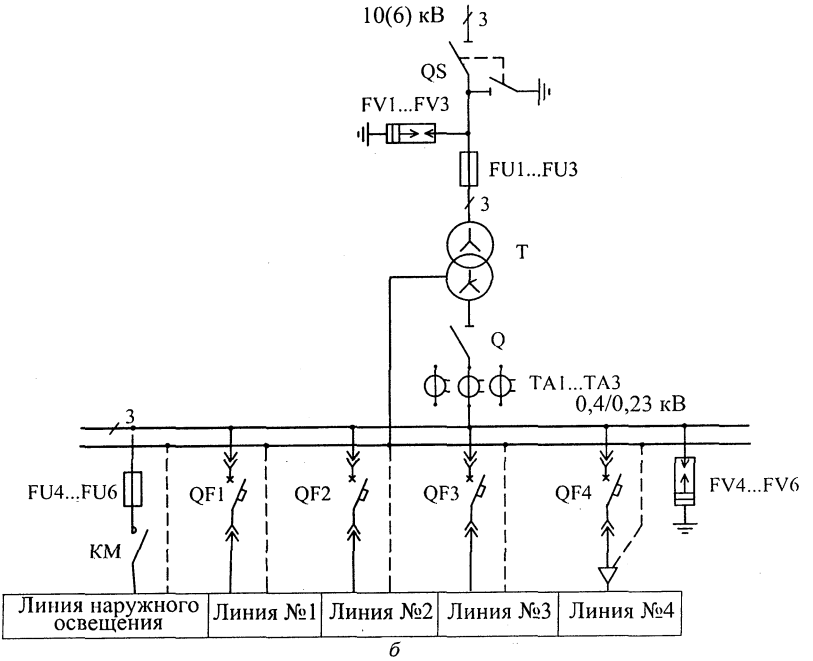
*Таблица 4.3.25.* **Технические характеристики КТП-25...250/10/0,4-У1**

| Типоисполнение КТП | Номинальный ток на стороне ВН | | | | Номинальный ток на стороне 0,4 кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Трансформатор при напряжении, кВ | | Плавкая вставка предохранителя при напряжении, кВ | | Трансформатор | Линии | | | | |
| | 6 | 10 | 6 | 10 | | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 | Наружное освещение |
| КТП-25/10/0,4-У1 | 2,4 | 1,44 | 8 | 5 | 36,1 | 31,5 | 31,5 | — | — | 16 |
| КТП-40/10/0,4-У1 | 3,85 | 2,31 | 10 | 8 | 57,7 | 31,5 | 63 | — | — | 16 |
| КТП-63/10/0,4-У1 | 6,06 | 3,64 | 16 | 10 | 91 | 40 | 63 | 40 | — | 16 |
| КТП-100/10/0,4-У1 | 9,62 | 5,77 | 20 | 16 | 144,3 | 40 | 100 | 80 | — | 16 |
| КТП-160/10/0,4-У1 | 15,4 | 9,25 | 31,5 | 20 | 231 | 80 | 160 | 100 | — | 16 |
| КТП-250/10/0,4-У1 | — | 14,45 | — | 31,5 | 361 | 80 | 160 | 100 | 250 | 16 |

*Примечание.* Масса КТП (без трансформатора) мощностью 25—160 кВ·А — не более 350 кг, масса КТП мощностью 250 кВ·А — не более 400 кг.




*а*




*б*

**Рис. 4.3.34.** Однолинейная электрическая принципиальная схема КТП шкафного типа: *а* — КТП-25—100/10/0,4У1; *б* — КТП-160—250/10/0,4У1; FU1—FU6 — предохранитель; FV1—FV6 — разрядник; Q — рубильник; QS — разъединитель; QF1—QF4 — автоматический выключатель; T — силовой трансформатор; KM — магнитный пускатель; TA1—TA3 — трансформатор тока

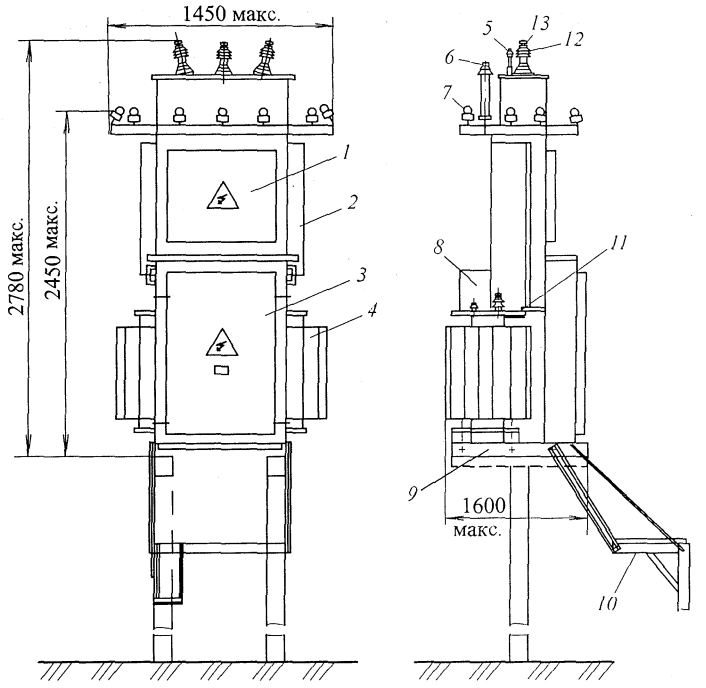



**Рис. 4.3.35.** Габаритные и установочные размеры КТП-25—250/10/0,4-У1 *шкафного типа*: *1* — шкаф УВН; *2* — короб; *3* — шкаф РУНН; *4* — силовой трансформатор; *5* — штыревой высоковольтный изолятор; *6* — высоковольтный разрядник; *7* — штыревой высоковольтный изолятор; *8* — кожух трансформатора; *9* — площадка для установки силового трансформатора и РУНН; *10* — площадка для обслуживания; *11* — лист; *12* — проходной изолятор; *13* — скобы-зажимы

# 5. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 кВ И ВЫШЕ

Применение комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией (КРУЭ) позволяет значительно уменьшить площади и объемы, занимаемые распределительным устройством и обеспечить возможность более легкого расширения КРУЭ по сравнению с традиционными РУ. К другим преимуществам КРУЭ можно отнести:

- многофункциональность — в одном корпусе совмещены сборные шины, выключатель, разъединители с заземляющими разъединителями, трансформаторы тока, что существенно уменьшает размеры и повышает надежность ОРУ;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- высокая надежность и стойкость к воздействию внешней среды;
- возможность установки в сейсмически активных районах и зонах с повышенной загрязненностью;
- отсутствие электрических и магнитных полей;
- безопасность и удобство эксплуатации, простота монтажа и демонтажа.

Ячейки КРУЭ выполняются, как правило, в трехфазном исполнении и состоят из отдельных элементов, заключенных в герметичную металлическую оболочку цилиндрической или шаровой формы, заполненной элегазом или смесью азота с элегазом. Для сочленения между собой оболочки элементов имеют фланцы и патрубки, контакты и уплотнения.

Ячейки КРУЭ, отдельные модули и элементы допускают возможность компоновки распределительных устройств 110 кВ по любым схемам, рассмотренным в разделе 3. В зависимости от применяемой схемы распределительное устройство может состоять из одной и более ячеек.

**КРУЭ производства АО «Энергомехзавод»** (г. Санкт-Петербург) на напряжения 110—500 кВ. В зависимости от схемы заполнения КРУЭ представляет собой комплекс ряда аппаратов (ячеек, отдельных модулей и изделий, необходимых для подсоединения воздушных и кабельных линий). Ячейки и модули состоят из отдельных элементов, заключенных в герметичную металлическую оболочку цилиндрической или шаровой формы, заполненной элегазом.

По функциональному назначению ячейки КРУЭ могут быть линейные, шиносоединительные, трансформаторов напряжения и секционные, с одной или двумя системами сборных шин. Ячейки, отдельные модули и элементы допускают возможность компоновки КРУЭ по различным электрическим схемам. Ячейки состоят из трех полюсов, шкафов и сборных шин. В шкафах размещена аппаратура цепей сигнализации, блокировки, дистанционного электрического управления, контроля давления элегаза и подачи его в ячейку, питания приводов сжатым воздухом.

Ячейки на номинальное напряжение 110—220 кВ имеют трехполюсное или пополюсное управление, а ячейки на 500 кВ — только пополюсное управление.

В полюс ячейки входят:

- коммутационные аппараты: выключатели, разъединители, заземлители;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- соединительные элементы: сборные шины, кабельные вводы («масло—элегаз»), проходные вводы («воздух—элегаз»), элегазовые токопроводы и др.

Различные элементы ячеек по конструкции, условиям эксплуатации, монтажу, ремонту газовой схемы могут быть объединены в отсеки, а по условиям транспортировки — в транспортные блоки. Ячейки или их транспортные блоки заполнены элегазом или азотом при небольшом избыточном давлении.

КРУЭ снабжаются вспомогательным оборудованием и приспособлениями, обеспечивающими их нормальное обслуживание. Технические характеристики КРУЭ напряжением 110—220 кВ приведены в табл. 5.1.1. Общий вид комплектного распределительного устройства приведен на рис. 5.1.1.

**Элегазовые ячейки PASS MO** компании ABB T&D имеют модульную конструкцию, компактны и позволяют объединить в одном модуле силовой выключатель, один или несколько разъединителей и заземлителей, трансформаторы тока, вводы, подсоединяемые к одной или двум системам сборных шин.

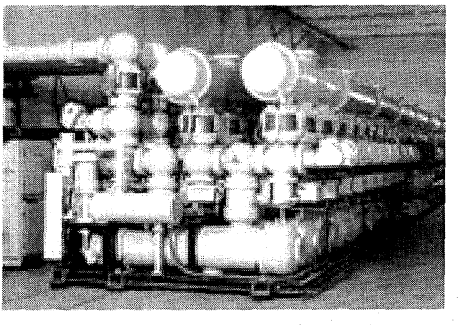


**Рис. 5.1.1.** КРУЭ на 110 кВ производства АО «Энергомеханический завод» на подстанции Ленэнерго

*Таблица 5.1.1.* **Технические характеристики КРУЭ производства АО «Энергомехзавод»**

| Параметр | Ячейки | | |
|---|---|---|---|
| | ЯГК-110Л23 | ЯЭГ-220Л1 | ЯЭГ-220ЛО |
| Номинальное напряжение, кВ | 110 | 220 | |
| Вид и тип привода выключателя | Гидропривод | | |
| Число приводов | 1 | | 3 |
| Номинальный ток, А:<br>сборных шин<br>отводов | 3150<br>2000 | | |
| Номинальный ток отключения, кА | 40 | 40—50 | 50 |
| Число дугогасительных разрывов | 1 | | 2 |
| Климатическое исполнение | УХЛ4 | | |
| Утечка элегаза в год, по массе, %, не более | 1 | | |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 102 | 128 | |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 40 | 50 | |
| Собственное время отключения, с | 0,03±0,005 | | |
| Полное время отключения, с, не более | 0,05±0,005 | 0,055±0,005 | |
| Собственное время включения, с | 0,07±0,01 | 0,1 | |
| *Механический ресурс, циклов* | 5000 | 3000 | |
| Срок службы, лет:<br>до среднего ремонта<br>до капитального ремонта | 15<br>30 | 15<br>30 | |
| Дугогасительная среда | SF6 | | |
| Давление заполнения элегаза выключателя/других элементов, избыточное, МПа | 0,45/0,3 | 0,6/0,38 | |
| Масса газа, кг | 100 | 700 | 750 |
| Мощность подогрева шкафа и привода, кг | 0,2 | 0,4 | |
| Ток потребления на зажимах ЭО и ЭВ при номинальном напряжении 220 В, А | 2,3 | | |
| Масса с приводом, кг | 5500 | 10 710 | 14 100 |
| Габаритные размеры, мм:<br>ширина<br>глубина<br>высота | 1500<br>3900<br>2300 | 4330<br>4550<br>5530 | 4000<br>10 840<br>4900 |

Ячейка PASS MO содержат все оборудование, необходимое для функционирования высоковольтного распределительного устройства наружной установки и позволяет реализовать любые схемы соедине-

ния и выполнить любую компоновку подстанции. Если для управления ячейкой PASS MO используется электронный блок, то дополнительно может быть реализована функция измерения высокого напряжения. Все элементы ячейки, находящиеся под напряжением, заключены в заземляемый алюминиевый корпус, заполненный элегазом или смесью элегаза с азотом. Элементы каждой фазы находятся в отдельном корпусе.

Внешний вид ячейки PASS MO с двойной системой сборных шин и схемы ячейки стандартной конфигурации с одной и двумя системами сборных шин представлены на рис. 5.1.2, 5.1.3. На подстанциях, соб-

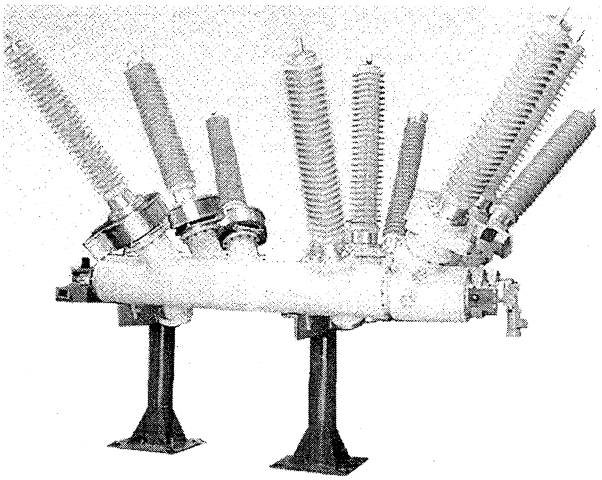


**Рис. 5.1.2.** Внешний вид ячейки PASS MO с двойной системой шин

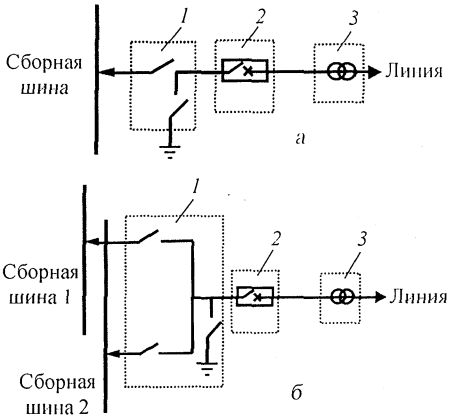



**Рис. 5.1.3.** Схема ячейки стандартной конфигурации с одной (*а*) и двумя (*б*) системами сборных шин: *1* — комбинированный разъединитель-заземлитель; *2* — выключатель; *3* — трансформатор тока

ранных из таких ячеек, отсутствуют традиционные сборные шины, так как они реализованы внутри ячейки.

**Выключатель ячейки PASS MO** (рис. 5.1.4) имеет одну дугогасительную камеру, действующую на основе хорошо отработанного принципа самопогашения дуги. Для отключения тока короткого замыкания используется и энергия самой дуги, за счет чего мощность, потребляемая от приводного механизма, составляет примерно 50 % мощности, потребляемой традиционными выключателями. Выключатель управляется пружинным приводом.

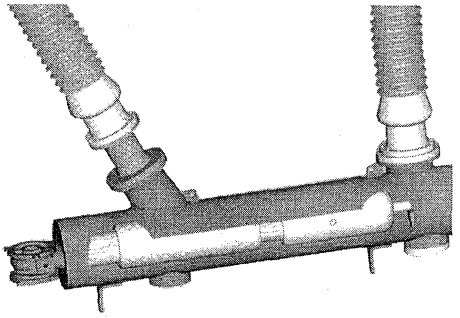


**Рис. 5.1.4.** Выключатель ячейки PASS MO

**Трехполюсный комбинированный разъединитель-заземлитель** (рис. 5.1.5, 5.1.6) выполнен с круговым движением контакта. По желанию заказчика подвижный контакт может иметь либо три фиксированных положения: подключен к сборной шине ячейки, отключен и заземлен, либо два — подключен к сборной шине и отключен с одновременным заземлением.

Разъединитель состоит из минимального числа деталей, что обеспечивает его высокую надежность. Подобная конструкция применяется

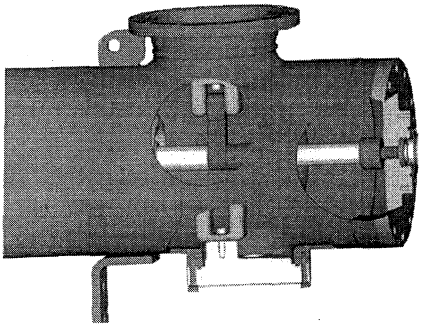


**Рис. 5.1.5.** Комбинированный разъединитель-заземлитель ячейки PASS MO с одной системой шин (подвижный контакт подключен к сборной шине)

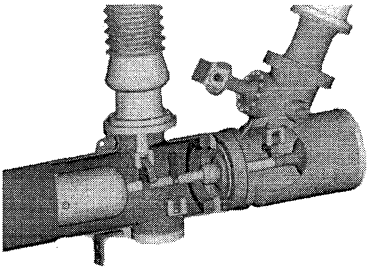


**Рис. 5.1.6.** Двойной комбинированный разъединитель-заземлитель для применения с двойной системой шин (на рисунке оба разъединителя показаны подключенными к различным сборным шинам)

для ячеек как с одной, так и с двумя системами сборных шин. Кроме того, по желанию заказчика разъединители могут быть установлены со стороны всех вводов ячейки. Возможны также любые комбинации. При всех вариантах исполнения положение всех разъединителей однозначно определяется по внешним указателям, механически связанными с валами разъединителей. Кроме того, в корпусе ячейки имеются специальные окна, позволяющие визуально наблюдать положение контактов разъединителей. Разъединители управляются моторными приводами. При отсутствии рабочего тока возможно ручное управление разъединителями.

**Трансформаторы тока** выполнены на кольцевых магнитопроводах, устанавленных на вводах. Возможна поставка ячеек с различными комбинациями сердечников для защиты и измерения, имеющих любые классы точности. На каждом вводе может быть размещено до пяти сердечников.

Внешние линии и силовые трансформаторы подсоединяются к ячейкам PASS MO через **полимерные вводы**. Основой ввода служит стеклопластиковая труба, на которую нанесена оболочка из кремний-органической резины, имеющая ребра и образующая внешнюю изоляцию. Внутренний объем ввода сообщается с корпусом ячейки, т. е. заполнен элегазом. Алюминиевые фланцы насаживаются на трубу в горячем состоянии и дополнительно крепятся с помощью специального клея, что обеспечивает механическое соединение, надежно работающее при любых возможных изменениях температуры окружающей среды.

Такие вводы имеют относительно малую массу, не требуют технического обслуживания, устойчивы к любым агрессивным средам и взрывобезопасны.

**Внутренняя изоляция ячейки** обеспечивается благодаря отличным электроизоляционным свойствам элегаза. В однородном электрическом поле при атмосферном давлении прочность элегаза в 2,5 раза выше, чем прочность воздуха. При увеличении давления эта разница существенно увеличивается. Все изоляционные промежутки внутри ячейки сконструированы таким образом, что их электрические поля являются практически однородными, что позволяет наиболее эффективно использовать изолирующие свойства элегаза. Давление при заполнении примерно на 15 % выше номинального. Это гарантирует необходимую плотность элегаза в течение всего срока службы ячейки. После изготовления каждая ячейка тщательно проверяется на отсутствие течей элегаза.

**Корпуса** всех фаз одной ячейки являются сообщающимися сосудами, в которых после заполнения устанавливается единая плотность элегаза. Для контроля за его плотностью ячейка снабжена денсиметром, имеющим две пары контактов, срабатывающих при снижении давления элегаза.

Корпус ячейки снабжается металлической мембраной (разрывным диском) для защиты его от разрушения при возникновении избыточно-

го давления. При повышении давления выше критического мембрана разрывается и происходит сброс давления.

Ячейка монтируется на стальной **опорной конструкции**, защищенной от коррозии методом горячего цинкования. Конструкция спроектирована таким образом, что обеспечивает максимальную устойчивость и прочность при минимальных затратах на строительные работы.

**Связь ячейки с системой управления и защиты подстанции.** Все аппараты PASS MO оснащены вспомогательными контактами, цепи от которых выведены на клеммники в шкаф управления ячейкой. На эти же клеммники выведены вторичные обмотки трансформаторов тока и цепи кнопок управления. При реконструкции подстанции с применением ячеек PASS MO достаточно просто связать ячейки с уже существующей системой управления и защиты подстанции. Необходимо только проложить два контрольных кабеля между ячейкой и пультом управления подстанцией. Ячейка PASS MO поставляется заказчику в практически полностью собранном виде.

Основные показатели ячейки PASS MO:

- количество элегаза в ячейке всего 25 кг на три фазы;
- затраты на техобслуживание ячейки снижены на 38 % по сравнению с традиционной;
- занимаемая площадь распределительного устройства сокращается на 70 %;
- общие эксплуатационные затраты уменьшены на 60 %.

Основные технические характеристики ячейки PASS MO и применяемого электрооборудования приведены ниже.

**Технические характеристики ячейки PASS MO**

| | |
|---|---|
| Номинальная частота, Гц | 50 |
| Номинальное напряжение, кВ | 110; 150 |
| Номинальный ток, А | 2500 |
| Ток термической стойкости (1 с), кА | 40 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 100 |
| Температура окружающей среды, °С: | |
| минимальное значение | −45 |
| максимальное значение | +55 |
| Утечка элегаза в год, % | <1 |
| Масса, кг: | |
| с одной системой шин | 1900 |
| с двумя системами шин | 2150 |
| с разъединителями у каждого из вводов | 2300 |
| Давление элегаза при температуре +20 °С, кПа: | |
| номинальное рабочее давление | 680/700 |
| давление срабатывания предупредительного сигнала | 620/660 |
| давление срабатывания аварийного отключения | 600/640 |

*Примечания:*

1. Ячейка PASS MO-145 предназначена для применения в сетях с номинальным напряжением 110 кВ, а ячейка PASS MO-170 — в сетях с номинальным напряжением 150 кВ.

2. Значения параметров, записанных через косую черту, относятся к ячейкам PASS MO-145/PASS MO-170.

**Технические характеристики выключателя ячейки PASS MO**

**Выключатель**

| | |
|---|---|
| Тип выключателя | LTB-D |
| Число дугогасительных камер | 1 |
| Номинальный ток отключения, кА | 40 |
| Номинальный ток включения, кА | 100 |
| Номинальный отключаемый ток заряда воздушной линии, А | 63 |
| Номинальный отключаемый ток заряда кабельной линии, А | 160 |

**Привод выключателя — пружинный, трехфазный**

| | |
|---|---|
| Тип привода | BLK222 |
| Номинальный цикл | 0-0,3 с-ВО—1 мин-ВО |
| Собственное время отключения, мс | ≤25 |
| Полное время отключения, мс | 47 |
| Время включения, мс | 42 |
| Номинальное напряжение цепей управления, В | 110 |

В аварийных ситуациях возможно ручное управление приводом.

**Технические характеристики электрооборудования ячейки PASS MO**

**Разъединитель с моторным приводом*, общим на три фазы**

| | |
|---|---|
| Номинальное напряжение цепей управления, В | 110 |
| Время включения заземлителя, с | 5,5 |

**Трансформаторы тока**

| | |
|---|---|
| Тип | С кольцевыми магнитопроводами |
| Класс точности измерительной обмотки | 0,2—1 (по заказу) |

**Вводы композитные с внешней изоляцией из кремнийорганической резины**

| | |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 110/150** |
| Разрядное расстояние, мм | 1304/1633** |
| Длина пути утечки тока, мм | 4670/5462** |
| Максимально допустимая статическая нагрузка на вывод, Н | 1000/1000** |

*Примечание.* Положение контактов разъединителя можно наблюдать через специальные окна в корпусе.

* В аварийных ситуациях возможно ручное управление приводом.

** Значения параметров, записанных через косую черту, относятся к ячейкам PASS MO-145/ PASS MO-170.

**Примеры выполнения компоновок подстанции с ячейками PASS MO.** На рис. 5.1.7 показан общий вид подстанции с ячейкой PASS MO. Компоновка ОРУ подстанции, выполненная по схеме «мостик» с одной системой шин, показана на рис. 5.1.8. Распределительное устройство состоит из двух линейных, двух трансформаторных ячеек и ячейки «перемычка» и занимает площадь 16 × 22 м.

На рис. 5.1.9 и 5.1.10 показан план и разрезы РУ с одной системой шин, состоящее из шести линейных, двух трансформаторных, секционной и двух резервных ячеек с учетом дальнейшего расширения. Площадь, занимаемая распределительным устройством, 54 × 16 м.

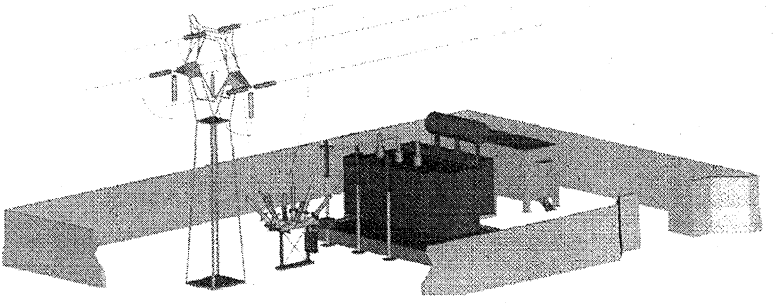


**Рис. 5.1.7.** Общий вид подстанции с ячейкой PASS MO

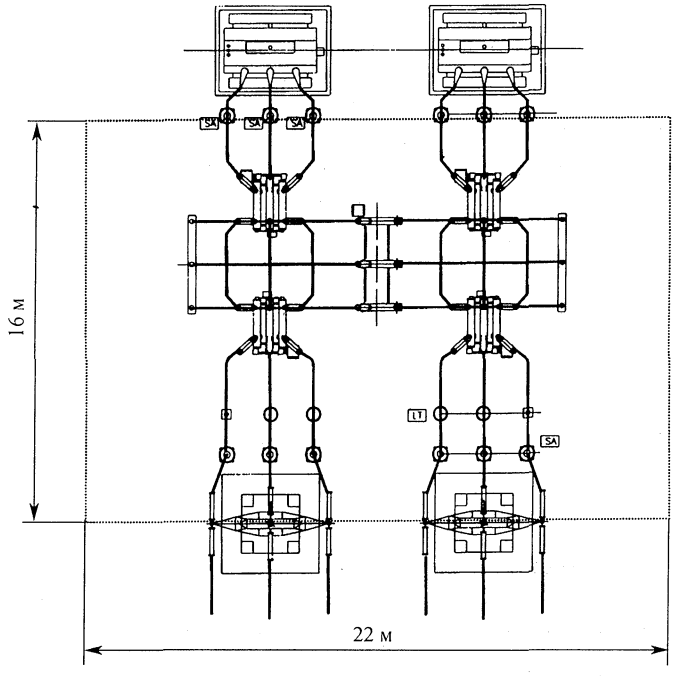



**Рис. 5.1.8.** Компоновка распределительного устройства, состоящего из пяти ячеек

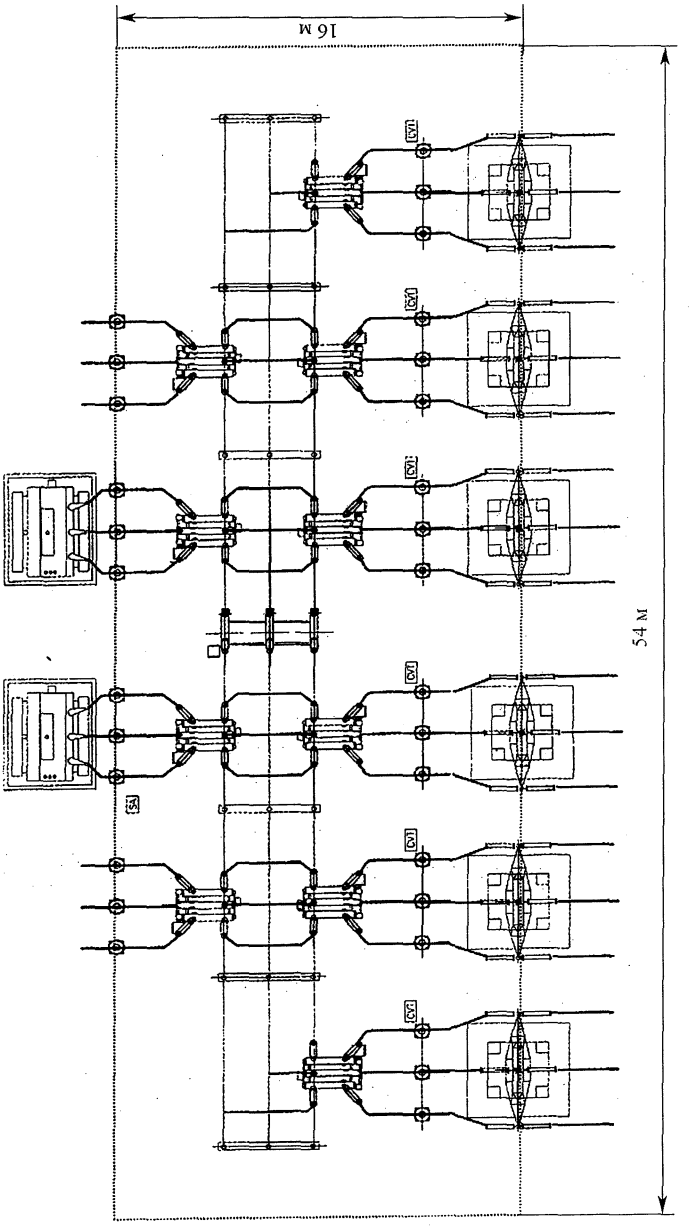



**Рис. 5.1.9.** Распределительное устройство подстанции с одной системой сборных шин

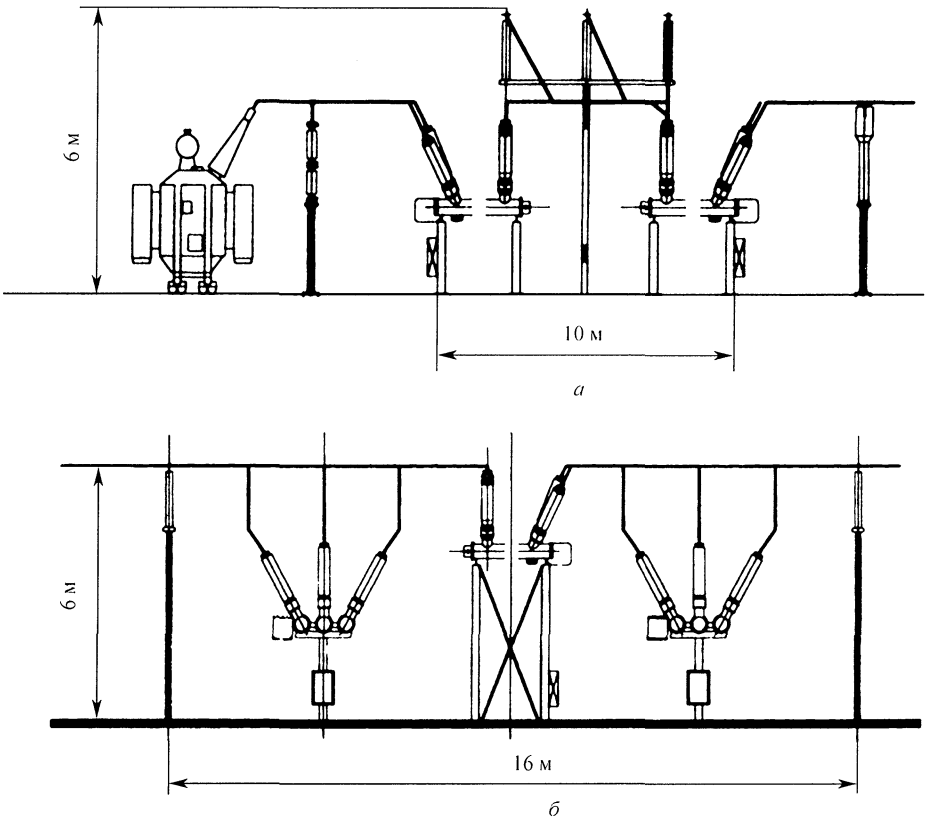



**Рис. 5.1.10.** Разрезы трансформаторной линейной (*а*) и секционной (*б*) ячеек РУ подстанции с одной системой сборных шин

# 6. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ 6—35 кВ

## 6.1. Общие сведения

Комплектные распределительные устройства (КРУ) предназначены для работы в распределительных устройствах сетей трехфазного переменного тока с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтралью. КРУ набираются из отдельных камер, в которые встроены электротехническое оборудование, устройства релейной защиты и автоматики, измерительные приборы и т. п. Камеры определенной серии независимо от схемы электрических соединений главной цепи имеют аналогичную конструкцию основных узлов и, как правило, одинаковые габаритные размеры. В зависимости от конструктивного исполнения все КРУ можно разбить на следующие группы:

- стационарного исполнения;
- выкатного исполнения;
- моноблоки, заполненные элегазом.

В комплектных распределительных устройствах *стационарного исполнения* коммутационные аппараты, трансформаторы напряжения, трансформаторы собственных нужд небольшой мощности устанавливаются в камерах неподвижно.

В комплектных распределительных устройствах *выкатного исполнения* вышеперечисленное оборудование устанавливается на выкатных тележках.

Моноблок представляет собой компактное распределительное устройство на три—пять присоединений, заполненное элегазом (выпускаются моноблоки с возможностью расширения), предназначенное для небольших распределительных пунктов и РУВН трансформаторных подстанций 6—20 кВ. Моноблоки имеют принципиально новую конструкцию, использующую современные технологии и аппараты. В России первый элегазовый моноблок «Ладога» выпускается с 2004 г. предприятием ПО «Элтехника».

Комплектные распределительные устройства выпускаются для внутренней (внутри здания, в том числе модульного) и наружной установки.

В последние годы много внимания уделялось созданию малогабаритных комплектных распределительных устройств выкатного и стационарного исполнения. Таким требованиям удовлетворяют камеры КСО-202 (ЧЭАЗ), камеры КРУ/TEL («Таврида Электрик»), камеры К-66, КСО-3УЩ (ОАО «Самарский завод «Электрощит»), камеры КСО «Аврора» (ПО «Элтехника») и ряд других.

Предприятия электротехнической промышленности выпускают различные серии комплектных распределительных устройств, в том числе КРУ целевого назначения, с различными техническими характеристиками, габаритными размерами, параметрами оборудования, схемами первичных соединений.

Сравнительная характеристика наиболее современных комплектных распределительных устройств разных групп приведена в табл. 6.1.1.

*Таблица 6.1.1.* **Технические характеристики комплектных распределительных устройств**

| Параметр | Стационарное исполнение серии | | Выкатное исполнение | Моноблоки* |
|---|---|---|---|---|
| | КСО-300 | КСО-200 | | |
| Номинальное напряжение, кВ | 6; 10 | | До 35 | До 20 |
| Основной коммутационный аппарат | ВН | В | В | (В и ВН) |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630 | До 1600 | До 3150 (4000) | (До 630) |
| Минимальный номинальный ток выключателя, А | 400 | 630 | 630 | (В-200)<br>(ВН-200) |
| Электродинамическая стойкость, кА | До 51 | | До 128 | Н. д. |
| Термическая стойкость, кА | До 20 | | До 50 | (25) |
| Габаритные размеры камер (моноблока на одно присоединение), мм: | | | | |
| ширина | 500—600 | 300—750** | От 750*** | (ВН — 532 )<br>(В — 632 ) |
| глубина | 800 | 800** | От 1150*** | 710 |
| высота | 2086 | 2180—2380** | 2300*** | 1140 |
| Масса, кг | 400 | 350** | 600*** | 135 |

*Примечания:*

1. Принятые сокращения: В — высоковольтный выключатель; ВН — выключатель нагрузки.

2. Данные в скобках относятся к устройствам зарубежных фирм.

* Информация по моноблокам приводится по имеющейся у автора информации.

** Информация дана по КСО «Аврора». Наиболее малогабаритными камерами стационарного исполнения являются камеры КРУ/TEL на три присоединения на токи до 630 А (550—850 × 550 × 2000).

*** Размеры зависят от схемы и номинального тока камеры. В таблице приведены значения для $I_{\text{Н}}$ до 1600 А.

Для каждой серии комплектных распределительных устройств заводом-изготовителем предлагается **сетка схем первичных соединений камер** (схемы электрических соединений главных цепей). Для комплектных распределительных устройств принципиально новой модульной конструкции серии КРУ/TEL схемы первичных соединений приводятся не

для камеры, а для модуля, а предприятие-изготовитель предлагает варианты схем типовых камер, составленных из отдельных модулей.

Схемы первичных соединений камер подразделяются на следующие виды: с высоковольтным выключателем (вводы, отходящие линии, секционирование); с выключателем нагрузки или с выключателем нагрузки и предохранителем (вводы, отходящие линии, секционирование); с разъединителями (секционирование); с измерительным трансформатором напряжения и др.

На схеме первичных соединений камер показываются все основные элементы установленного электротехнического оборудования. В камерах, предназначенных для среднего расположения в РУ, т. е. такого, при котором с обеих сторон камеры установлены смежные камеры, сборные шины проходят в обе стороны, что и отображается в схеме. При крайнем положении камеры в распределительном устройстве у сборных шин ставится вертикальная линия, показывающая, что в этом месте сборные шины кончаются. В камерах выкатного исполнения отсек сборных шин в этом месте закрывается металлической заглушкой или перегородкой. Такая же линия ставится при наличии в схеме камер секционирования.

Камеры на напряжение 6 и 10 кВ комплектуются электрооборудованием на номинальное напряжение 10 кВ, трансформаторы напряжения, разрядники, силовые предохранители, трансформаторы собственных нужд устанавливаются на напряжение 6 и 10 кВ.

По новым правилам в комплектных распределительных устройствах должна предусматриваться защита от дуговых коротких замыканий. Существует два наиболее распространенных типа дуговой защиты, которыми оснащаются производимые в России КРУ: фототиристорная и клапанная. Принцип действия первой основан на контроле светового потока, появляющегося в момент возникновения дуги, с помощью фототиристоров. Фототиристорная дуговая защита обладает хорошей чувствительностью и быстродействием, позволяет локализовать повреждение в начальный момент возникновения дуги, но имеет существенный недостаток — низкую надежность фототиристоров. С развитием производства волоконной оптики стало возможным применение волоконно-оптических кабелей в качестве датчиков обнаружения электрической дуги, что позволило повысить надежность дуговой защиты и улучшить ее характеристики. Современной оптоволоконной защитой оснащены камеры КСО «Аврора».

Клапанная защита реагирует на увеличение давления внутри объема ячейки, возникающего при горении дуги, что приводит к срабатыванию выхлопного клапана. Недостаток клапанной защиты — низкая чувствительность.

Камеры всех серий снабжены блокировками, исключающими ошибочные действия обслуживающего персонала с коммутационными аппаратами, что создает безопасные условия эксплуатации камер.

## 6.2. Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения внутренней установки напряжением 10(6) кВ

Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения применяются на подстанциях с простыми схемами первичных соединений при небольшом числе присоединений. Они отличаются простотой конструкции, имеют меньшую глубину шкафа, низкие стоимость и металлоемкость по сравнению с КРУ выкатного исполнения.

Вместе с тем имеется ряд технических недостатков:

- открытая незащищенная конструкция камер (сборные шины проложены открыто);
- при выходе из строя коммутационного аппарата присоединение отключается на время, необходимое для его ремонта;
- стационарно установленные выключатели неудобны в техническом обслуживании, существенно увеличивается время, необходимое на контроль и ремонт основного электрооборудования камер;
- в камерах КСО используется одноступенчатая дуговая защита.

Промышленностью выпускаются комплектные распределительные устройства стационарного исполнения внутренней установки:

- **КСО серии 300** с выключателями нагрузки: КСО-366; КСО-366М; КСО-386; КСО-392; КСО-399, КСО-301; КСО-302; КСО-3СЭЩ и др.;
- **КСО серии 200** с высоковольтными выключателями: КСО-285, КСО-292; КСО2-10, КСО-298, КСО-2000, КСО-2001, КСО-2СЭЩ, КСО-202, КСО-6(10)-Э1 «Аврора» и др.;
- **серии КРУ/TEL.**

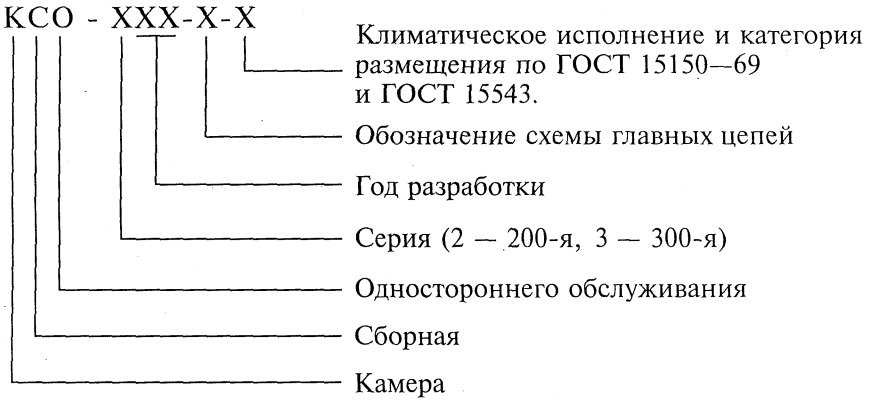
В большинстве выпускаемых в нашей стране камер стационарного исполнения применяются коммутационные аппараты традиционного конструктивного исполнения и аналогичные конструкции ячеек, в которых сборные шины располагаются открыто в верхней части камеры. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала в КСО серии 300 предусматриваются инвентарные перегородки, которые используются для ограждения пространства сборных шин на время производства работ в камере, в КСО серии 200 камера разделяется на отсеки: сборных шин, выключателя, линейного (кабельного), релейной защиты, сигнализации и управления.

Принципиально новые конструкции имеют камеры модульного исполнения **серии КРУ/TEL** на токи 400 и 630 А. В одной камере КРУ/TEL устанавливается и соединяется друг с другом несколько модулей (от двух до четырех, до трех модулей с вакуумным выключателем). Один модуль КРУ/TEL по выполняемым функциям по сути заменяет одну камеру распределительного устройства традиционного ис-

полнения. Камеры имеют небольшие габаритные размеры, медные изолированные сборные шины оригинальной конструкции, оснащаются системой защиты и автоматики, выполненной на основе микропроцессорных реле.

Предприятие ОАО «ПО Элтехника» освоила выпуск камер **КСО-6(10)-Э1** «Аврора», которые также имеют значительные преимущества перед традиционными камерами серии КСО. В камерах КСО-6(10)-Э1 используются современные коммутационные аппараты последнего поколения технологически выдвижного исполнения, что позволило значительно сократить габаритные размеры и массу камер и получить существенную экономию путем уменьшения размеров РУ, повысить надежность, эксплуатационную безопасность и срок службы камер.

Обозначение камер стационарного исполнения:




### 6.2.1. Камеры сборные КСО серии 300

Технические характеристики камер КСО серии 300 приведены в табл. 6.2.1.

*Таблица 6.2.1.* **Технические характеристики камер КСО серии 300**

| Параметр | КСО-366 | КСО-366М | КСО-386 | КСО-399 | КСО-3 СЭЩ |
|---|---|---|---|---|---|
| Производитель | ЗАО «ПОИЗНУ» | ALSTOM СЭВЗ | ЗАО «ПОИЗНУ» | КЭМОНТ | Н. д. |
| Назначение | Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения | | | | |
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10 | | | | |
| Номинальный ток главных цепей, А | 400; 630 | 400; 630 | 400; 630 | 200; 400; 630 | 630 |

*Окончание табл. 6.2.1*

| Параметр | КСО-366 | КСО-366М | КСО-386 | КСО-399 | КСО-3 СЭЩ |
|---|---|---|---|---|---|
| *Производитель* | ЗАО «ПОИЗНУ» | ALSTOM СЭВЗ | ЗАО «ПОИЗНУ» | КЭМОНТ | Н. д. |
| Номинальный ток выключателя нагрузки при cos φ ≥ 0,7, А | 400 | 400; 630 | 630 | | |
| Номинальный ток отключения/выключения нагрузки, А | 400 | 400; 630 | 400; 630 | 400; 630 | 630 |
| Номинальный ток камер с предохранителем, А | 20; 31,5; 50; 80; 100 | 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 160 (только 6 кВ) | 20; 31,5; 50; 80; 100 | 20; 32; 40; 50; 80; 100; 160 | Н. д. |
| Ток термической стойкости, кА | 10 | 20 | 16 | 10 | 20 |
| *Время протекания* тока термической стойкости, с | 4 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 41 | 51 | 41 | 41 | 51 |
| Тип выключателя нагрузки | ВНРп; ВН; ВНА | ВН | ВНПпМ1; ВНПзМ1 | ВНА-10; 3SJ2161 (SIMIENS) | Н. д. |
| Тип разъединителя | РВ; РВЗ | Р; РВ; РВЗ | РВ; РВЗ | (SIMIENS) | » |
| Тип предохранителя | ПКТ | ПКТ; ПКН; ПКЭ | ПКТ; ПКН | ПКТ; ПКН | » |
| Тип трансформатора тока | ТОЛ | ТЛК | ТОЛ | ТОЛ | » |
| Тип трансформатора напряжения | НОМ; НАМИ | НАМИ; НОМ; ЗНОЛ | 3 × ЗНОЛ; НОЭЛ; НОЛ.08 | НОМ; НАМИ | » |
| Тип разрядника | РВО | РВО | РВО | РВО | » |
| Тип ОПН | — | ОПНР | — | — | » |
| Габаритные размеры камер (ширина × глубина × высота), мм | 500—1000 × 1000 × × 2080 | 1000 × 1000 × × 2080 | 500—800 × 800 × × 1900—2550 | Н. д. | 600 × 800 × 2086 |

**Камеры КСО-366М** выпускаются климатического исполнения и категории размещения — УХЛ 3 по ГОСТ 15150—69, внутренней установ-

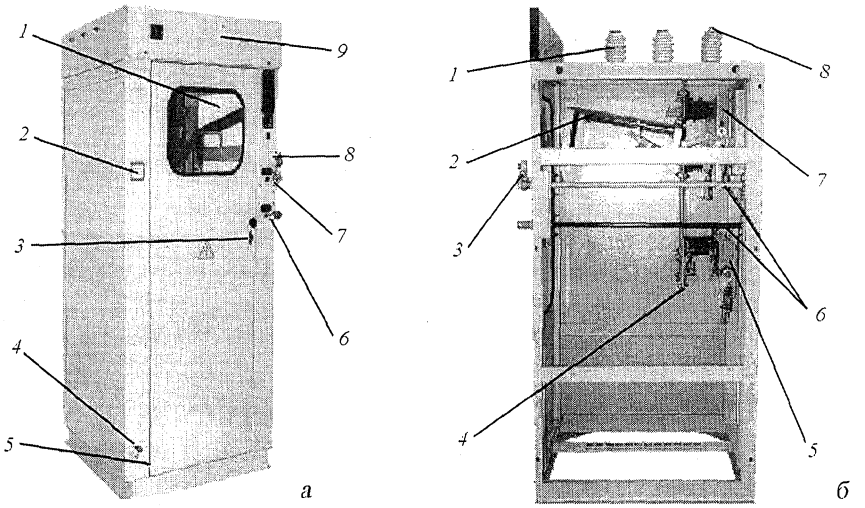


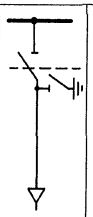
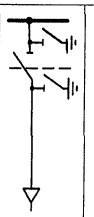
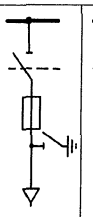
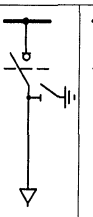
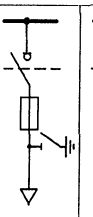
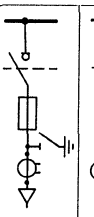
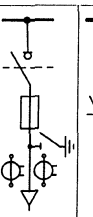
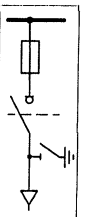
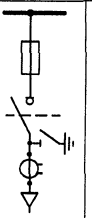
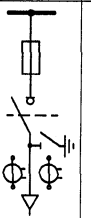
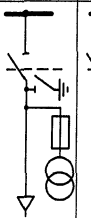
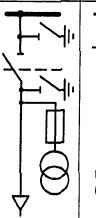
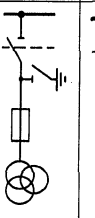
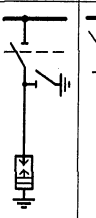
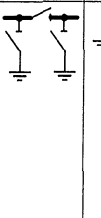
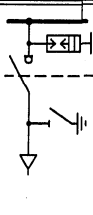
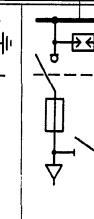
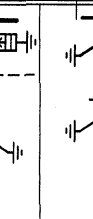
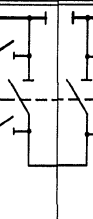
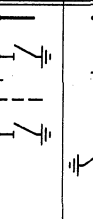
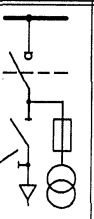
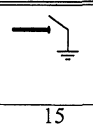
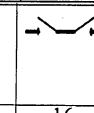
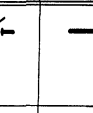
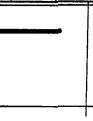
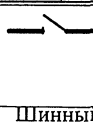
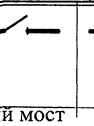

**Рис. 6.2.1.** Камера КСО-366М фирмы ALSTOM: *а* — общий вид (*1* — смотровое окно; *2* — выключатель освещения (внутри ячейки); *3* — замок (блокировка, не позволяющая отпирать замок при включенном выключателе нагрузки; *4* — заземление; *5* — степень защиты IP20; *6* — поворотный повышенной безопасности привод заземлителя (пружинный); *7* — поворотный повышенной безопасности привод выключателя нагрузки (пружинный); *8* — оперативная механическая блокировка (замок Генодмана); *9* — поворотная панель клеммника вторичной коммутации); *б* — вид сбоку (*1* — опорные изоляторы; *2* — направляющие инвентарной изолирующей перегородки; *3* — оперативная механическая блокировка (замок Генодмана); *4* — подключение кабеля (высота > 500 мм), число до 2 (алюминиевые жилы 180 мм$^2$); *5* — сборные шины; *6* — выключатель нагрузки ВН-10 (номинальный ток электродинамической стойкости 51 кА, ток термической стойкости 20 кА, пружинный привод); *7* — поворотные повышенной безопасности приводы выключателя нагрузки и заземлителей; *8* — заземлитель ЗР-10 (номинальный ток электродинамической стойкости 51 кА, термической стойкости 20 кА, пружинный привод)

ки. Камера представляет собой сварную металлическую конструкцию, внутри которой размещена аппаратура главных цепей, на фасаде — приводы выключателей, разъединителей, заземляющих ножей. Включение и отключение выключателей нагрузки обеспечивается в режимах местного и дистанционного управления, а разъединителей и заземлителей в режимах местного управления с помощью съемной рукоятки. Ошиновка камер выполнена шинами из алюминиевого сплава. Камеры могут иметь однорядное и двухрядное расположение. При двухрядном расположении камер поставляются шинные мосты. Схемы первичных соединений камер приведены в табл. 6.2.2, общий вид камеры показан на рис. 6.2.1.

**Камеры сборные серии КСО-399**[1] по своим характеристикам аналогичны камерам КСО-366. Схемы первичных соединений камер приведены в табл. 6.2.3.

[1] Источник. Камеры КСО-399 напряжением 6 и 10 кВ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации К399.11.013.ТО.

*Таблица 6.2.2.* **Схемы первичных соединений камер КСО-366М**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 1 | 1з | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Обозначение камеры | 1-400<br>1-630 | 1з-400<br>1з-630 | 2-400<br>2-630 | 3н-400<br>3н-630<br>3а-400<br>3а-630 | 4н-400<br>4н-630<br>4а-400<br>4а-630 | 5н-400<br>5н-630<br>5а-400<br>5а-630 | 6н-400<br>6н-630<br>6а-400<br>6а-630 | 7н-400<br>7н-630<br>7а-400<br>7а-630 |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 8 | 9 | 10 | 10з | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Обозначение камеры | 8н-400<br>8н-630<br>8а-400<br>8а-630 | 9н-400<br>9н-630<br>9а-400<br>8а-630 | 10-400<br>10-630 | 10з-400<br>10з-630 | 11-400 | 12-400 | 13-400<br>13-630 | 14-400 |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  | | |
| Номер схемы | 21 | 22 | 17 | 18 | 19 | 20 | | |
| Обозначение камеры | 21н-400<br>21н-630<br>21а-400<br>21а-630 | 22н-400<br>22н-630<br>22-400<br>22-630 | 17н-400<br>17н-630<br>17а-400<br>17а-630 | 18-400<br>18-630 | 19н-400<br>19н-630<br>19а-400<br>19а-630 | 20н-400<br>20н-630<br>20а-400<br>20а-630 | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  | | |
| Номер схемы | 15 | 16 | Шинный мост | | | | | |
| Обозначение камеры | 15-400 | 16-400<br>16-630 | 400 и 630 А | | | | | |

Примечания:

1. В обозначении камер КСО цифры и буквы означают:

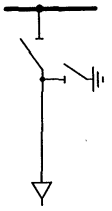
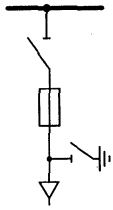
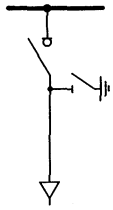
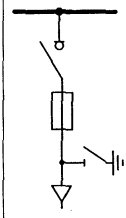
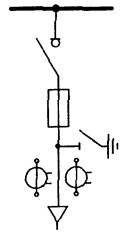
400, 630 — номинальный ток коммутационного аппарата, А ; а — автоматический привод выключателя нагрузки; н — неавтоматический привод выключателя нагрузки.

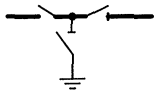
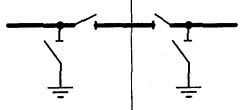
2. Камеры 14 и 15 применяются для заземления сборных шин в случаях, когда в распределительном устройстве нет камер 1з, 10, 13, 17, 18.

3. Штрихпунктирной линией указано место установки инвентарной перегородки.

4. Направление вывода шин в камерах 17, 18 производится по заказу (влево, вправо, назад).

*Таблица 6.2.3.* **Схемы первичных соединений камер КСО-399**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Обозначение камеры | 1-600 | 2-600 | 3Н-600 | 4Н-600 | 5Н-600 |
| Назначение камеры | Отходящая линия | Ввод или отходящая линия | Ввод или отходящая линия | Линия к трансформатору | Линия к трансформатору |

| Схема главных цепей |  |  |
|---|---|---|
| Номер схемы | 13 | 14 15 |
| Обозначение камеры | 13-600 | 14-400 15-400 |
| Назначение камеры | Заземление сборных шин | Заземление сборных шин секций (шинный мост с разъединителями) |

## 6.2.2. Камеры сборные КСО серии 200

Технические характеристики камер КСО серии 200 приведены в табл. 6.2.4.

*Таблица 6.2.4.* **Технические характеристики камер КСО серии 200**

| *Параметр* | **КСО-292** | **КСО-298** | **КСО-2001 МЭЩ** (Московский завод «Электрощит») | **КРУ/TEL** (Таврида Электрик) | **КСО-6(10)-31** «Аврора» (ПО «Элтехника») |
|---|---|---|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10 | | | | |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630; 1000; 1600 | 630; 1000 | 630; 1000 | 630 | 630; 1000 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 400; 630; 1000; 1600 | 400; 630; 1000 | 400; 630; 1000 | 400; 630 | 400; 630; 1000 |
| Номинальный ток выключателя, А | 630; 1000; 1600 | 630; 1000 | 400; 630; 1000 | 630 | 400; 630; 1000 |

*Продолжение табл. 6.2.4*

| Параметр | **КСО-292** | **КСО-298** | **КСО-2001 МЭЩ** (Московский завод «Электрощит») | **КРУ/TEL** (Таврида Электрик) | **КСО-6(10)-31** «Аврора» (ПО «Элтехника») |
|---|---|---|---|---|---|
| Номинальный ток отключения выключателя, кА | 20 | 20 | 12,5; 20 | 20 | 12,5; 20 |
| Номинальный ток выключателя нагрузки при cos φ ≤ 0,7, А | 400; 630 | | | — | 400; 630 |
| Номинальный ток отключения выключателя нагрузки, А | 400; 630 | | 1000 | — | 400; 630 |
| Номинальный ток камер с предохранителями, А | 2; 3; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 | 2; 3; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 160 | 2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5—160 | — | 4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 |
| Ток термической стойкости, кА | 20 | 20 | 12,5; 20 | 20 | 12,5; 16; 20 |
| Время протекания тока термической стойкости для камер с выключателями, с | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51 | 51 | 31,5; 51 | 51 | 31,5; 40; 51 |
| Тип вакуумного выключателя | ВВТЭ-10 ЗАН5 ВВ/TEL | ВВ/TEL ВВБЭС | ВВ/TEL; ЭВОЛИС; ВБЭМ | ВВ/TEL | ВВ/TEL |
| Тип элегазового выключателя | — | — | LF1 | — | — |
| Тип маломасляного выключателя | — | — | — | — | — |
| Тип выключателя нагрузки | — | ВНР; ВНРп; ВНП | ВНП | — | IML |
| Тип вакуумного контактора | — | — | КВТ-10 | — | — |
| Тип разъединителя | РВ; РВФЗ; РВЗ (с приводом ПР-10) | РВ; РВЗ; РВФЗ (с приводом ПР-10) | РВ; РВЗ; РВФ; РВФЗ (с приводом ПР-10) | Фирмы «Таврида Электрик» | SML, SVR/ti |
| Тип предохранителя | ПКТ; ПКН | ПКТ; ПКН | ПКТ; ПКН; ПКЭ | — | Фирмы «Sibo» |
| Тип трансформатора тока | ТОЛ | ТПОЛ | ТОЛ; ТПОЛ; ТЗЛМ; ТДЗЛК-0,66 | ТПВ ТСОА ТЗЛМ | ТЗЛМ |
| Тип трансформатора напряжения | НАМИ; ЗНОЛ | НАМИТ; НОЛ.08 | НОМ; НАМИ; ЗНОЛ | Y12G | НОЛ; НАМИ |
| Тип трансформатора собственных нужд | Н. д. | ТМГ-25; ТМГ-40 | ТСКС-40; ТМ-25; ОЛС | Н. д. | ТСКС |
| Тип разрядника | — | РВО; РВРД | РВРД; РВО | — | — |

*Окончание табл. 6.2.4*

| Параметр | КСО-292 | КСО-298 | КСО-2001 МЭЩ (Московский завод «Электрощит») | КРУ/TEL (Таврида Электрик) | КСО-6(10)-Э1 «Аврора» (ПО «Элтехника») |
|---|---|---|---|---|---|
| Тип ОПН | ОПН | ОПНР | ОПН | ОПН-КР/TEL | Н. д. |
| Тип конденсаторов | — | КС | — | — | — |
| Устройство РЗиА | С электромеханическим устройством | | С электромеханическим и микропроцессорным устройством | С микропроцессорным блоком | |
| Вид управления | Местное, дистанционное | | | Местное, дистанционное, ТУ | Местное, дистанционное |
| Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150—69 | У3 | | | | |
| Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76 | С нормальной изоляцией | | | | |
| Вид изоляции | Воздушная | | | Твердая и воздушная | Воздушная |
| Наличие изоляции токоведущих шин главных цепей | С неизолированными шинами | | | С изолированными шинами | Н. д. |
| Условия обслуживания | С односторонним обслуживанием | | | | |
| Вид линейных высоковольтных вводов | Кабельные и шинные | | | Кабельные | |
| Габаритные размеры камер (ширина × глубина × высота), мм | 1000 × 1100 × × 2780 | 1000—1200 × × 1250 × 2880 | 750 × 1100 × × 2650 | 510—850 × × 550 × 2000 | 300—750 × × 800 × × 2180—2380 |
| Масса, кг, не более | Н. д. | 750 | 420—460 | Н. д. | 350 |

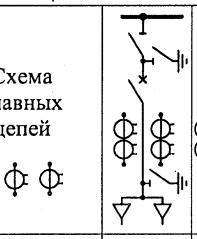
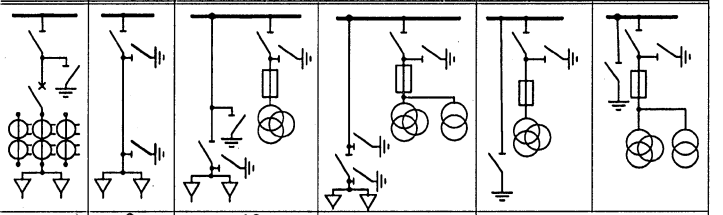
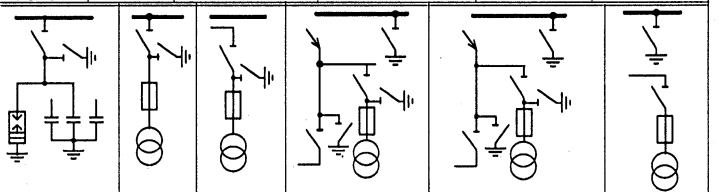
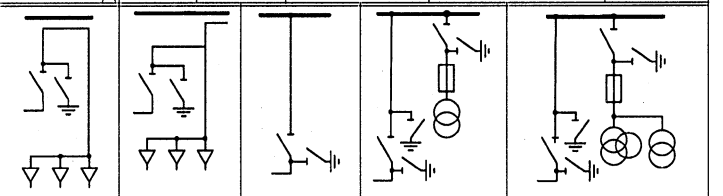
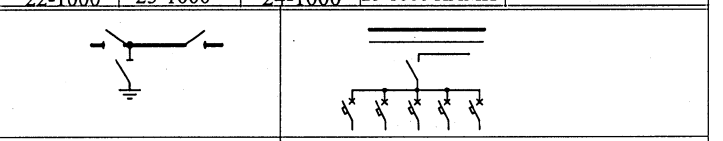
**Камеры сборные серии КСО-285**[1] изготавливаются взамен снятых с производства камер серии КСО-272. Климатическое исполнение камер УХЛ категории 4 по ГОСТ 15150—69. Схемы первичных соединений приведены в табл. 6.2.5.

**Основная встраиваемая аппаратура:**

- маломасляные выключатели типов: ВПМ-10 с приводом ПЭ-10, ВПМП-10 с приводом ППО-10;
- вакуумные выключатели типа ВВ/TEL;
- разъединители: РВ-10, РВЗ-10, РВФ-10, РВФЗ-10;
- плавкие предохранители ПКТ, ПКН;
- трансформаторы тока ТОЛ-10;
- трансформаторы напряжения: НАМИ-6,10; НОМ-6,10; 3 × ЗНОЛ 6, 10;

[1] Каталог. ЗАО ПО Иркутский завод низковольтных устройств. Иркутск, 2003.

*Таблица 6.2.5.* **Схемы первичных соединений камер КСО-285**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  | | | | | | | |
| Номер схемы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 27 |
| Обозначение камеры | 1В-600<br>1ПВ-600<br>1Э-600 | 2В-600<br>2ПВ-600<br>2Э-600 | 3Э-600<br>3В-600<br>3ПВ-600<br>3В-1000<br>3ПВ-1000<br>3Э-1000 | 4Э-600<br>4В-600<br>4ПВ-600<br>4В-1000<br>4ПВ-1000<br>4Э-1000 | 5Э-600<br>5В-600<br>5ПВ-600<br>5В-1000<br>5ПВ-1000<br>5Э-1000 | 6В-600<br>6ПВ-600<br>6Э-600<br>6В-1000<br>6ПВ-1000<br>6Э-1000 | 7В-600<br>7Э-600<br>7В-1000<br>7Э-1000 | 27-В-600<br>27-ПВ-600<br>27-Э-600 |
| Схема главных цепей |  | | | | | | | |
| Номер схемы | 8 | 9 | 12 | | 12 | | 13 | |
| Обозначение камеры | 8В-600<br>8ПВ-600<br>8Э-600 | 9-400 | 12-600<br>НАМИ | | 12-600<br>НАМИ+<br>+НОМ | | 13-400<br>НАМИ | 13-400<br>НАМИ+<br>+НОМ |
| Схема главных цепей |  | | | | | | | |
| Номер схемы | 14 | 15 | 16 | 18 | | 19 | | 20 |
| Обозначение камеры | 14-400 РВО<br>14-400 РВРД | 15Т-400 | 16Т-400 | 18-600 НОМ<br>18-1000 НОМ | | 19-600 НОМ<br>19-1000 НОМ | | 20-400<br>НОМ |
| Схема главных цепей |  | | | | | | | |
| Номер схемы | 22 | 23 | 24 | 25 | | | | |
| Обозначение камеры | 22-600<br>22-1000 | 23-600<br>23-1000 | 24-600<br>24-1000 | 25-600 НАМИ<br>25-1000 НАМИ | | 25-600 НАМИ+НОМ<br>25-1000 НАМИ+НОМ | | |
| Схема главных цепей |  | | | | | | | |
| Номер схемы | 26 | | | 28 | | | | |
| Обозначение камеры | 26-600 | | | 28-600 | | | | |

- заземляющий разъединитель типа ЗР-10;
- разрядники: РВО, РВРД;
- статические конденсаторы типа КС.

**Технические характеристики камер КСО-285**

| | |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10,0 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 7,2; 12,0 |
| Номинальный ток главных цепей камер при частоте 50 Гц, А | 400; 630; 1000 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 400; 630; 1000 |
| Номинальный ток отключения выключателя нагрузки, А | 400; 630 |
| Ток термической стойкости (1 с), кА | 20 |
| Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА | 51 |
| Габаритные размеры камер (ширина × глубина × высота), мм | 1000 × 1382 × 2780 |

**Камеры сборные серии КСО-298** предназначены для использования взамен камер серий КСО-272, КСО-285, КСО-2УМ. По сравнению с ними КСО-298 имеют меньшие габаритные размеры, что позволяет использовать их для модернизации и расширения на уже существующих площадях РУ.

**Основная встраиваемая аппаратура:**

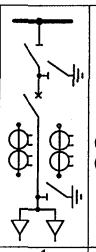
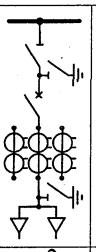
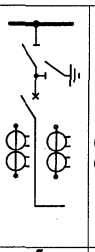
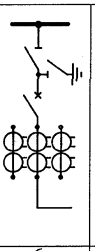
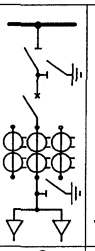
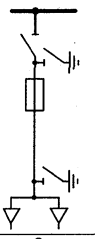
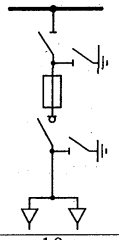
- высоковольтные выключатели: ВВ/TEL-10, ВВБЭС-10 со встроенным электромагнитным приводом, ЭВОЛИС (только в камерах фирмы «Таврида Электрик»);
- выключатели нагрузки: ВНО-10, ВНРп-10 с приводом ПР-17, ПРА-17, ВНП-10 с пружинным приводом;
- разъединители: РВ-10, РВЗ-10, РВФЗ-10 с приводом ПР-10, заземляющий разъединитель ЗР-10;
- плавкие предохранители: ПКТ, ПКН;
- трансформаторы тока ТПОЛ-10, трансформаторы тока нулевой последовательности ТЗЛМ, трансформаторы напряжения: НАМИТ-6,10; НОЛ.08-6,10;
- разрядники: РВО-6,10, РВРД-6,10, ограничители перенапряжений ОПНР-6,10, статические конденсаторы типа КС.

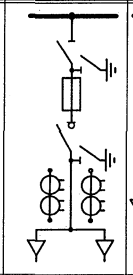
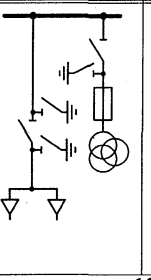
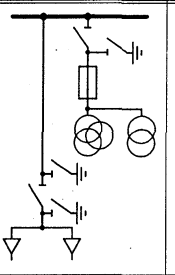
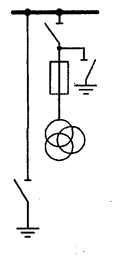
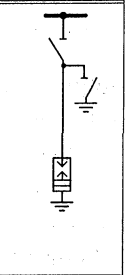
Схемы первичных соединений камер приведены в табл. 6.2.6, общий вид камеры показан на рис. 6.2.2.

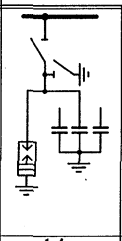
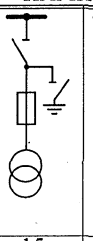
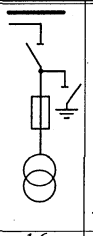
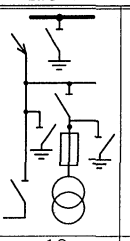
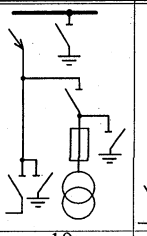
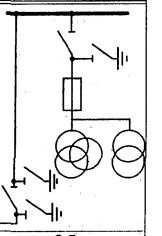
**Комплектные распределительные устройства серии КСО-2001 МЭЩ**[1] выпускает ОАО «Московский завод «Электрощит». По своим габаритным и установочно-присоединительным размерам камеры полностью совместимы с камерами КСО серий 272, 285, 292 и могут применяться для расширения существующих подстанций. Конструктивные варианты исполнения: 0, 1 — для замены существующих КСО-2УМ, КСО-272, КСО-285, КСО-292; 2 — для вновь строящихся распределительных устройств.

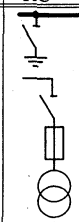
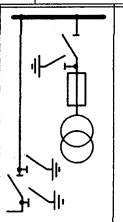
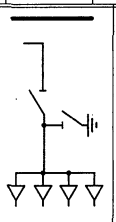
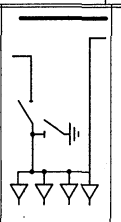
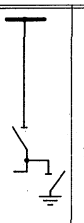
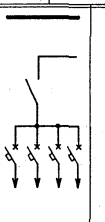
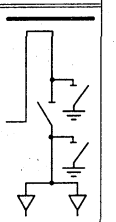
[1] Источник. Техническое описание распределительного устройства КСО-2001 (ОАО «Московский завод «Электрощит»). Москва, 2003.

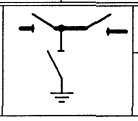
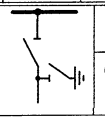
*Таблица 6.2.6.* **Схемы первичных соединений камер КСО-298**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 1 | 2 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 |
| Обозначение камеры | | 2В-630 | 5В-630<br>5В-1000 | 6В-630<br>6В-1000 | 8в-630<br>8в-1000 | 9-400 | 10н-400 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 11 | 12 | | 13 | 14 |
| Обозначение камеры | 11н-400 | 12-630 НАМИТ | 12-630 НАМИТ+ +НОЛ | 13-400 НАМИТ, НОЛ | 14-400, РВО РВРД, ОПН |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 25 |
| Обозначение камеры | 14-400, РВО РВРД, ОПН КС | 15-400 ТМГ-25 | 16-400 ТМГ-40 | 18-630 НОЛ 18-1000 НОЛ | 19-630 НОЛ 19-1000 НОЛ | 25-630, 1000 НАМИТ+НОЛ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 20 | 25 | 22 | 23 | 24 | 28 | 29 |
| Обозначение камеры | 20-400 | 25-630, 1000 НАМИТ | 22-630 22-1000 | 23-630 23-1000 | 630 1000 | 28А, 28-Р | 29.1-630 29.1-1000 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  | Номер схемы | 26 | Схема главных цепей |  | Номер схемы | 27 |
| | | Обозначение камеры | 26-630 26-1000 | | | Обозначение камеры | 27-630 |

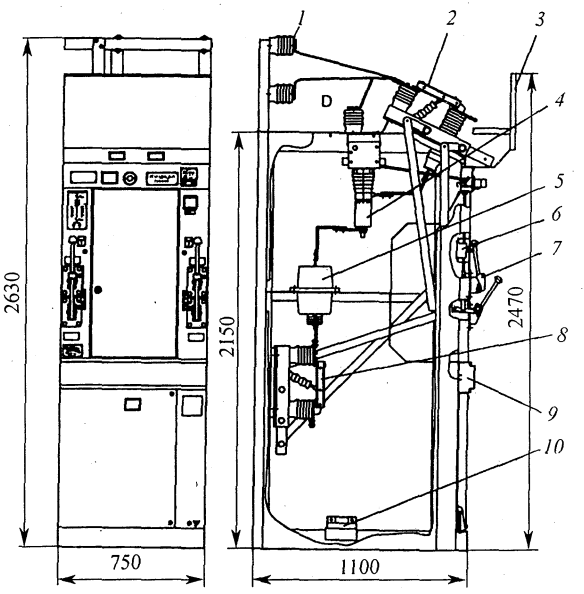



**Рис. 6.2.2.** Камера КСО-298: *1* — сборные шины; *2* — разъединитель; *3* — защитный экран; *4* — выключатель; *5* — трансформаторы тока; *6* — блокиратор; *7* — приводы разъединителей; *8* — линейный разъединитель; *9* — клеммник; *10* — трансформатор тока нулевой последовательности

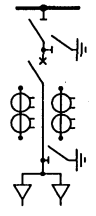
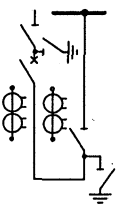
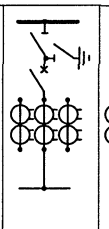
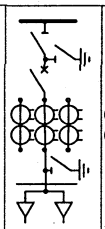
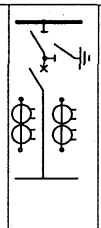
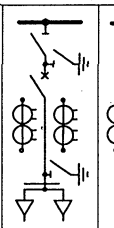
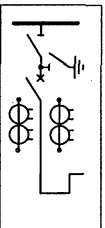
В зависимости от схемы главных цепей в камерах КСО-2001 МЭЩ устанавливаются следующие устройства:

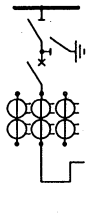
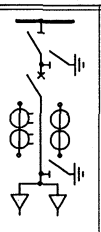
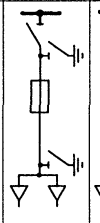
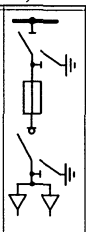
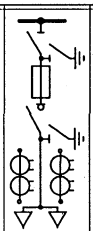
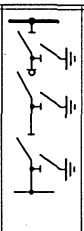
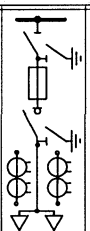
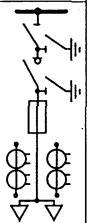
- выключатели ВВ/TEL, ВБЭМ (НПП «Контакт», г. Саратов), ЭВОЛИС («Шнейдер Электрик»), LF1;
- выключатели нагрузки ВНП;
- вакуумные контакторы КВТ-10;
- разъединители РВ, РВЗ, РВФ, РВФЗ с приводом ПР-10;
- трансформаторы тока ТОЛ-10, ТПОЛ-10;
- трансформаторы тока нулевой последовательности ТЗЛМ, ТДЗЛК-0,66;
- трансформаторы напряжения НОМ, НАМИ, ЗНОЛ;
- предохранители ПКТ, ПКН, ПКЭ;
- ограничители перенапряжений ОПН-10, ОПН-6;
- трансформаторы собственных нужд ТСКС-40, ТМ-25, ОЛС;
- разрядники РВРД-6У1, РВРД-10У1, РВО-6, РВО-10.

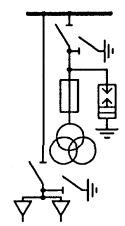
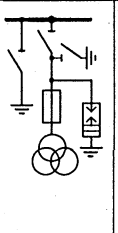
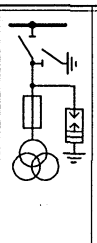
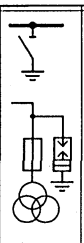
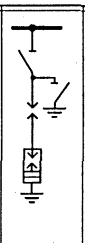
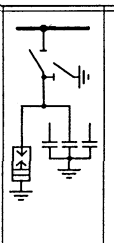
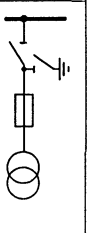
Предприятие предлагает большую номенклатуру схем первичных соединений камер (табл. 6.2.7). По согласованию с проектными организациями возможно расширение номенклатуры схем и перечня встраиваемой аппаратуры.

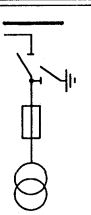
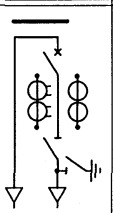
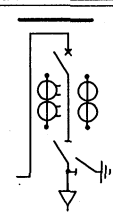
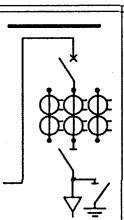
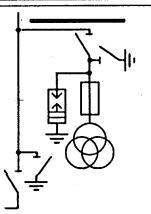
Схемы вторичных цепей могут строиться на базе использования как электромеханических, так и микропроцессорных систем. Возможна установка следующих серий микропроцессорных систем: SEPAM («Шнейдер Электрик»), Сириус («Альстом»), SPAC (АББ «Автоматизация»), Темп 2501 (ОАО «ВНИИР»), MiCOM («Альстом») и др.

*Таблица 6.2.7.* **Схемы первичных соединений камер КСО-2001 МЭЩ**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 1, 2* | 3 | 4.1 | 4.2; 4.3** | 5.1 | 5.2; 5.3** | 6.1 |
| Назначение | ОЛ | | СВ, ШВ или ОЛ | | | | СВ, ШВ |
| Номинальный ток, А | | | 630, 1000 | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 6.2 | 7*; 8 | 9 | 10.1 | 10.2 | 10.3 | 11.1 | 11.2 |
| Назначение | В, ОЛ | | ОЛ | | | | | |
| Номинальный ток, А | 630, 1000 | | 400 | | | | | |

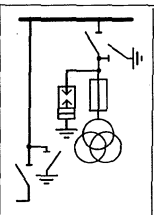
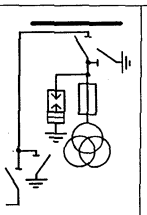
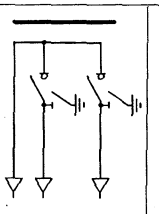
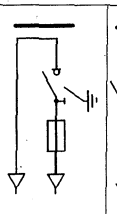
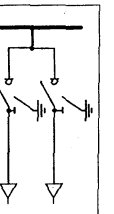
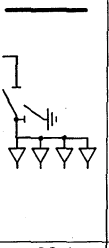
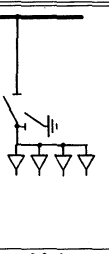
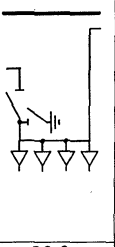
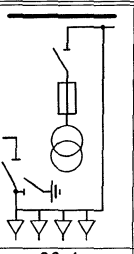
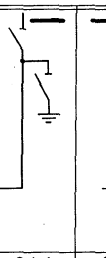
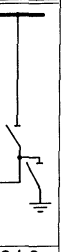
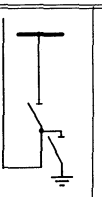
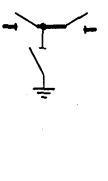
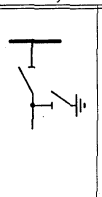
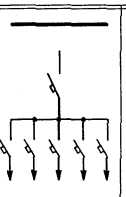
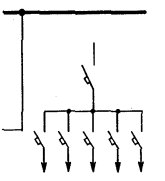
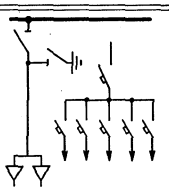
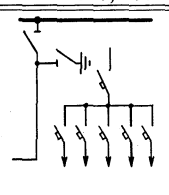
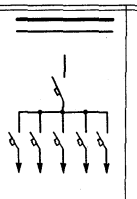
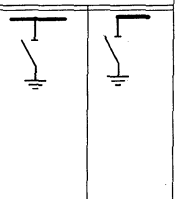
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 12 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 14.1 | 14.2 | 15 |
| Назначение | ТН с КС | ТН с ЗР | ТН | | Разряд-ник | Разряд-ник +КС | ТСН |
| Номинальный ток, А | 400, 630, 1000 | 400 | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 16 | 17.1 | 17.2 | 17.3 | 18.1 |
| Назначение | ТСН | ОЛ | ОЛ с боковым выводом | | ТН |
| Номинальный ток, А | 400 | 630; 1000 | | | |

* Трансформаторы тока установлены в трех фазах.

** Камера отходящей линии с перефазировкой.

*Окончание табл. 6.2.7*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 18.3 | 18.4 | 19 | 20 | 21 |
| Назначение | ТН с СР | ТН | ОЛ | | |
| Номинальный ток, А | 630, 1000 | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 22.1 | 22.2 | 22.3 | 22.4 | 24.1 | 24.2 |
| Назначение | Кабельная сборка | | | | ШВ | СР |
| Номинальный ток, А | 630, 1000 | | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 24.3 | 24.4 | 27 | 28.1 | 28.2 | |
| Назначение | СР | | Резерв | Камера собственных нужд | | |
| Номинальный ток, А | 630, 1000 | | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 28.3 | 28.4 | 28.5 | 31.1 | 31.2 | |
| Назначение | Камера собственных нужд | | | ЗР | | |
| Номинальный ток, А | 630, 1000 | | | | | |

Примечание. В таблице используются следующие сокращения: ОЛ — отходящая линия; СВ — секционный выключатель; ШВ — шинный ввод; В — ввод; КС — конденсаторы; ЗР — заземляющий разъединитель; ТН — трансформатор напряжения; ТСН — трансформатор собственных нужд.

Общий вид камеры КСО-2001 приведен на рис. 6.2.3, устройство камеры с вакуумным выключателем показано на рис. 6.2.4. В камерах с вакуумными выключателями предусматривается установка ограничителей перенапряжений.

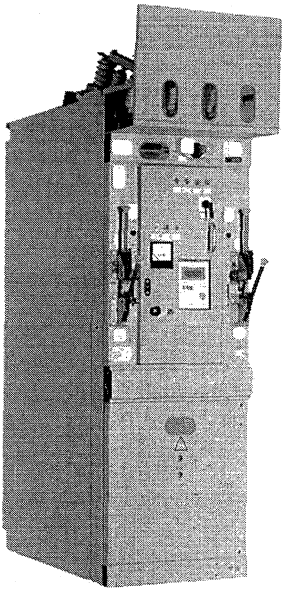


**Рис. 6.2.3.** Общий вид камеры КСО-2001 МЭЩ

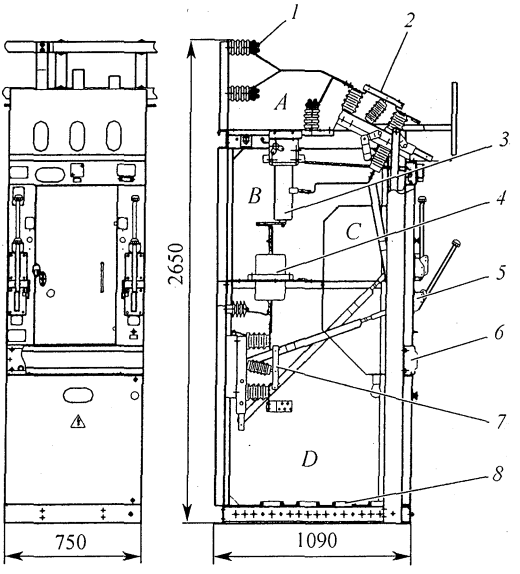



**Рис. 6.2.4.** Устройство камеры КСО-2001 МЭЩ с вакуумным выключателем BB/TEL: *A* — отсек сборных шин; *B* — высоковольтный отсек; *C* — релейный отсек; *D* — кабельный отсек; *1* — сборные шины; *2* — шинный разъединитель; *3* — вакуумный выключатель; *4* — трансформаторы тока; *5* — приводы; *6* — клеммник; *7* — линейный разъединитель; *8* — трансформатор тока нулевой последовательности

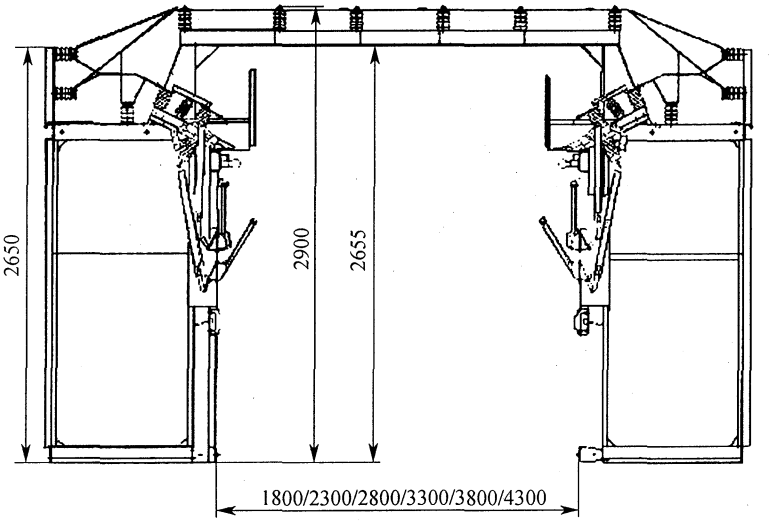



**Рис. 6.2.5.** Шинный мост без разъединителей распределительного устройства с камерами КСО-2001 МЭЩ

Шинные мосты (при двухрядном расположении камер) выполняются без разъединителей (рис. 6.2.5) и с разъединителями для секционирования сборных шин. Приводы этих разъединителей размещаются на панелях шириной 200 мм, закрепленных между двумя крайними камерами ряда РУ (справа или слева).

### 6.2.3. Комплектные распределительные устройства серии КСО-6(10)-Э1 «Аврора»

КСО «Аврора» — серия модульных ячеек в металлических корпусах с воздушной изоляцией, со стационарными силовыми выключателями, трансформаторами напряжения и тока, воздушными разъединителями и выключателями нагрузки автокомпрессионного типа. При разработке данной серии учитывались все современные требования надежности и безопасности.

Оригинальная конструкция, современные коммутационные аппараты последнего поколения и микропроцессорная релейная защита позволяют применять камеры как на трансформаторных подстанциях вместо камер КСО серии 300, так и в распределительных устройствах с более сложными схемами первичных соединений.

Преимущества КСО «Аврора»:

- высокая надежность, удобство и безопасность технического обслуживания камер;
- высокий коммутационный ресурс применяемых коммутационных аппаратов (табл. 6.2.8);
- изолированные в отдельном отсеке медные сборные шины;

- модульная конструкция и выдвижное исполнение отдельных модулей в камере;
- наличие механической и световой мнемосхемы с индикацией положения аппаратов;
- более высокий срок службы (30 лет), небольшие габаритные размеры и масса.

*Таблица 6.2.8.* **Коммутационный ресурс коммутационных аппаратов**

| Коммутационный аппарат | Механический ресурс, циклов | Коммутационный ресурс, циклов |
|---|---|---|
| Выключатель BB/TEL | 50 000 (ВО)* | 50 000 (ВО, $I_н$)<br>100 (0,60—100 % $I_{нотк}$) |
| Выключатель нагрузки IML | 2000 (ВО) | 100 (ВО, $I_н$) |
| Разъединитель SML и SVR/$t_i$ | 2000 (ВО) | |

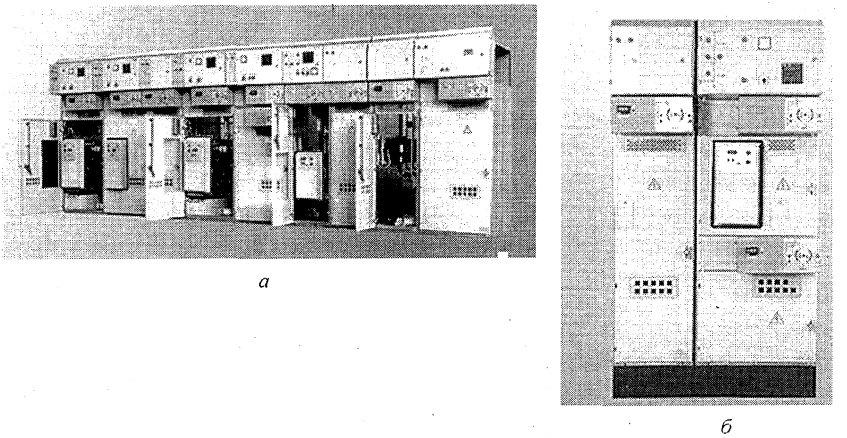
* ВО — включение-отключение; О — отключение; $I_н$ — номинальный ток, $I_{нотк}$ — номинальный ток отключения.

Камеры снабжаются микропроцессорными блоками релейной защиты типа IPR. Для защиты от дуговых коротких замыканий на задней стенке камеры устанавливаются разгрузочные клапаны. По заказу потребителя камеры могут быть оснащены современной оптоволоконной дуговой защитой, которая обеспечивает селективную сигнализацию поврежденной ячейки с точностью до отсека и отключения вводного и секционного выключателя с запретом на АПВ и АВР. В камерах предусмотрена возможность индикации напряжения 10(6) кВ.

Общий вид распределительного устройства показан на рис. 6.2.6.

**Конструкция и применяемое оборудование.** Камера представляет собой металлоконструкцию, разделенную на три отсека (рис. 6.2.7):

- отсек сборных шин с медными шинами;
- отсек аппаратов и присоединений кабелей с коммутационными аппаратами, ограничителями перенапряжений, трансформаторами напряжения и т. д.;



*а* *б*

**Рис. 6.2.6.** Общий вид распределительного устройства (*а*) и камера КСО-6(10)-Э1 «Аврора» (*б*)

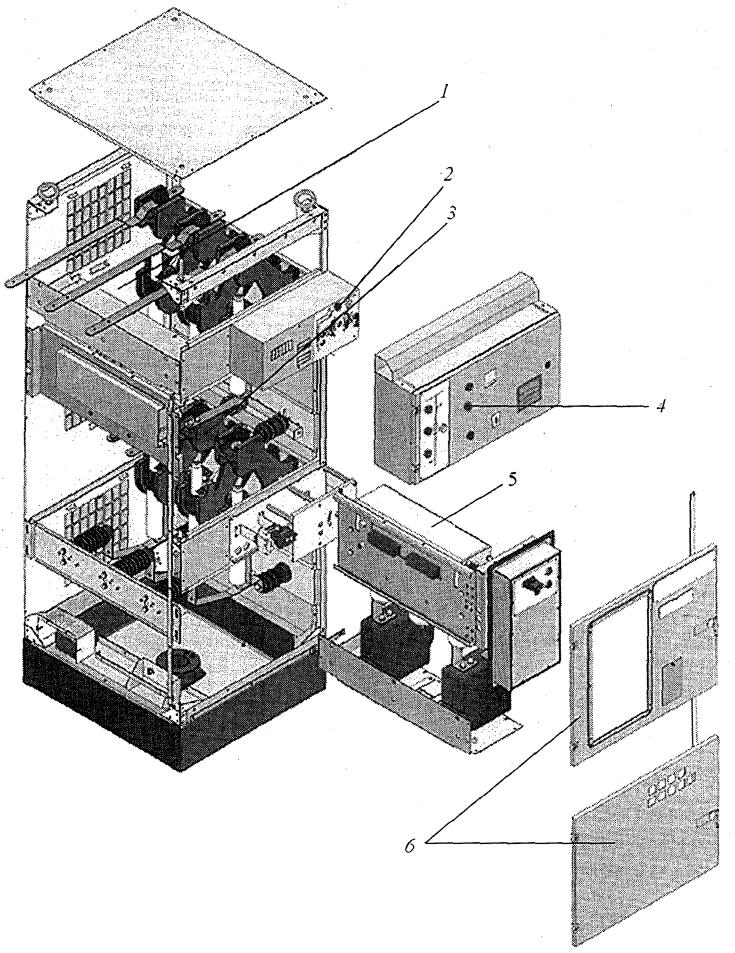



**Рис. 6.2.7.** Камера КСО-6(10)-Э1 «Аврора»: *1* — отсек сборных шин; *2* — привод разъединителей; *3* — отсек аппаратов и присоединений; *4* — отсек релейной защиты и вторичной коммутации; *5* — блок вакуумного выключателя; *6* — двери

- отсек релейной защиты и вторичной коммутации с микропроцессорным блоком релейной защиты, приборами контроля и учета электроэнергии.

В камерах устанавливается следующее оборудование:

- трехпозиционные выключатели нагрузки ILM и заземляющие разъединители STL («Sarel», Италия);
- предохранители («Siba», Германия);
- конденсаторы для компенсации реактивной мощности CPAKS («ZEZ SILRO», Чехия);
- трансформаторы собственных нужд ТСКС и трансформаторы напряжения НОЛ и НАМИТ;
- трансформаторы тока нулевой последовательности ТЗЛМ.

Приводы выключателей нагрузки, разъединителей и разъединителей-заземлителей располагаются с фасадной стороны камеры.

Номинальные токи предохранителей выбираются в зависимости от номинального напряжения и номинальной мощности трансформаторов (табл. 6.2.9), схемы первичных соединений даны в табл. 6.2.10.

*Таблица 6.2.9.* **Номинальные токи предохранителей**

| Номинальное напряжение, кВ | Номинальная мощность трансформатора, кВ·А | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 |
| 6 | 25 | 31,5 | 50 | 63 | 80 |
| 10 | 16 | 25 | 31,5 | 50 | 63 |

**Коммутационные аппараты фирмы «Sarel»** (рис. 6.2.8). Отличительные особенности выключателей нагрузки и разъединителей по сравнению с традиционными аппаратами, выпускаемыми в нашей стране:

- малое число узлов и деталей;
- трехпозиционные конструкции выключателей нагрузки и разъединителей;
- отсутствие заменяемых вкладышей дугогасительных камер;
- пружинный привод и контактная система, не требующие обслуживания в течение всего срока эксплуатации.

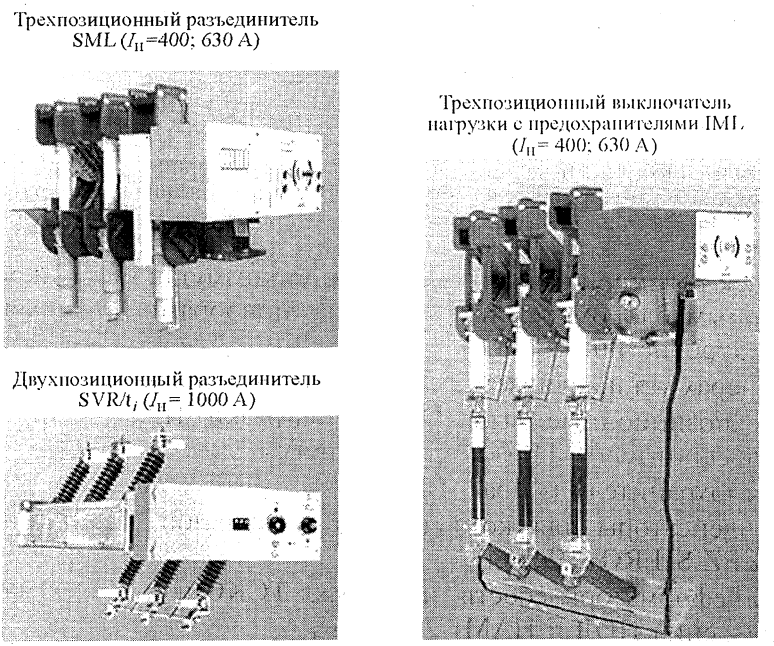
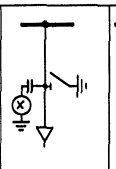
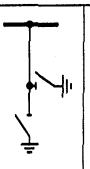
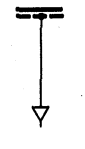
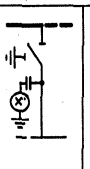
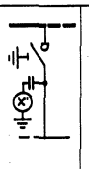
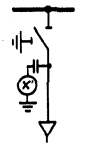
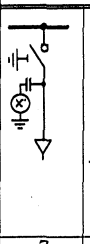
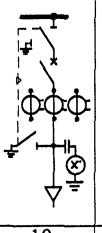
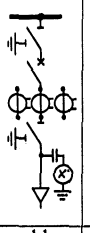
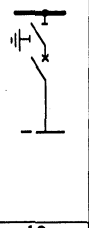
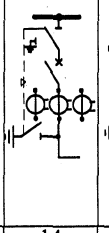
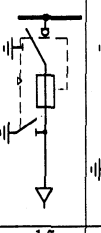
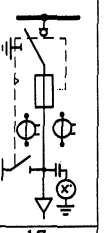
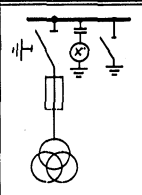
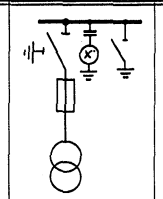
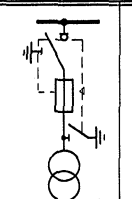
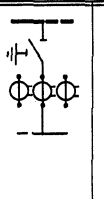
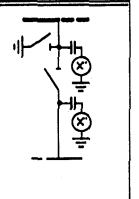


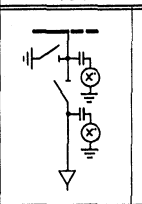
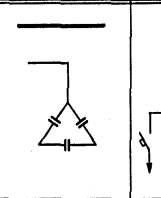
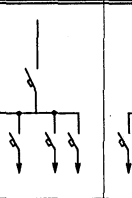
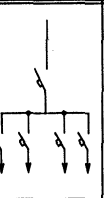
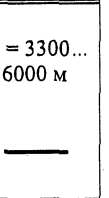

**Рис. 6.2.8.** Коммутационные аппараты фирмы «Sarel»

*Таблица 6.2.10.* **Схемы первичных соединений камер КСО-6(10)-Э1 «Аврора»**

| Схема главных цепей |  |  | |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 1 | 2 | 3 | 3.2 | 4 | 5 | 6 |
| Назначение | Кабельный ввод | Заземл., разъед. | Шинный переход | Кабель-ный ввод | С выводом шин вправо (влево) | | Ввод или ОЛ |
| Ширина, мм | 500 | 500 | 300 | 300 | 500 | 500 | 500 |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 7 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 |
| Назначение | Ввод или ОЛ | | | С выводом шин вправо (влево) | | Ввод или ОЛ | |
| Ширина, мм | 500 | 750 | 750 | 750 | 750 | 500 | 500 |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 19 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Назначение | ТН и заземление, разъединение | | ТСН | С выводом шин вправо (влево) | |
| Ширина, мм | 750 | 750 | 750 | 500 | 500 |

| Схема главных цепей |  |  |  |  | L = 3300... ... 6000 м  |
|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 30 | 33 | 36 | 37 | 38 |
| Назначение | Ввод или ОЛ | Батарея конденсаторов | Ячейка собственных нужд | | Шинный мост |
| Ширина, мм | 500 | 750 | 500 | | |

*Примечания:*

1. Глубина камер – 800 мм.
2. Камеры выполняются в двух габаритах: габарит 1 – высота камеры 2180 мм, габарит 2 – высота камеры – 2380 мм.

Выключатель нагрузки IML — коммутационный аппарат, в основе принципа которого лежит гашение электрической дуги под действием автокомпрессии в воздухе. Он состоит из трех полюсов, установленных на одном валу. На металлическом основании установлены несущие опорные держатели из высокопрочного изоляционного материала, на которых закреплены неподвижные контактные элементы. Дугогасящая система состоит из пары дугогасительных контактов, расположенных коаксиально относительно главных контактов. Верхние части держателей служат одновременно для сборных шин. Выключатели нагрузки с предохранителями автоматически отключаются при перегорании одного из предохранителей.

Разъединитель SML имеет аналогичную конструкцию и отличается только наличием дугогасящего устройства.

Аппараты включают в себя заземляющий разъединитель и являются трехпозиционными, т. е. могут находиться в одном из трех положений: «включено», «отключено», «заземлено». Из положения «включено» выключатель (разъединитель) может быть переведен в положение «заземлено» только через положение «отключено» (рис. 6.2.9). В данных аппаратах применен пружинный привод с ручным или дистанционным управлением.

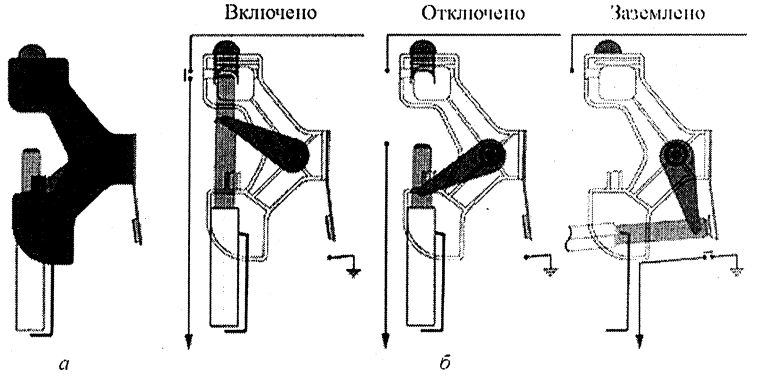



**Рис. 6.2.9.** Общий вид (*а*) и положения выключателя нагрузки IML или разъединителя SML (*б*)

Разъединитель SVR/$t_i$ — двухпозиционный ротационного типа с отдельно комплектуемым заземляющим разъединителем. Корпус разъединителя изготовлен в виде рамы из стального профильного листа, оцинкованного гальваническим способом, с боковыми пазами для легкой установки в ячейку по направляющим. Направляющие крепятся к обеим боковым стенкам ячейки. При отключении разъединитель своим корпусом и изоляцией подвижных контактов отсекает аппаратный отсек от отсека сборных шин. Подвижные контакты выполнены в виде ротора в изоляционной оболочке из эпоксидного компаунда. Из этого же материала сделаны опорные изоляторы неподвижных контактов.

### 6.2.4. Комплектные распределительные устройства серии КРУ/TEL

Камеры КРУ/TEL выпускаются предприятием «Таврида Электрик» и представляют собой наиболее современные камеры модульной конструкции. Предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 10(6) кВ трансформаторных подстанций и распределительных пунктов общепромышленного и городского назначения. Камеры КРУ/TEL рекомендуется использовать при частых коммутациях электрической сети.

**Рис. 6.2.10.** Общий вид камеры КРУ/TEL

Общий вид камеры представлен на рис. 6.2.10.

Камера КРУ/TEL набирается из отдельных модулей. Модуль КРУ — совокупность оборудования, установленного в камере и выполняющего определенные функции. Номер модуля соответствует номеру его схемы. Совокупность модулей образует камеру КРУ/TEL.

В зависимости от числа подключаемых кабелей модули разделяются на однокабельные и двухкабельные (с возможностью подключения одного или двух кабелей площадью сечением до 240 мм$^2$ каждый). Для подключения силовых кабелей используются термоусаживаемые концевые кабельные муфты фирмы RAYCHEM (Германия) или иные подобные по согласованию с заказчиком.

В качестве аппаратов, обеспечивающих видимый разрыв главных цепей шкафов КРУ/TEL, применяются разъединители или разъединители-заземлители. В камерах КРУ/TEL используются разъединители, у которых подвижный контакт разъединителя перемещается вдоль вертикальной оси.

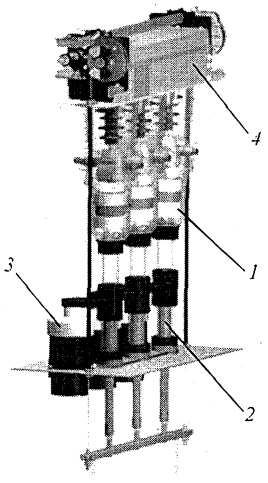



**Рис. 6.2.11.** Общий вид модуля 1

**Описание отдельных модулей**

*Модуль 1* — с вакуумным выключателем на ток 400 А показан на рис. 6.2.11. Состав модуля: вакуумный выключатель ВВ/TEL *1*, двухпозиционный разъединитель-заземлитель *2*, трансформаторы тока проходного типа (до трех групп на фазу), датчик напряжения емкостного типа. Трансформаторы тока и датчик напряжения установлены внутри кожуха *3*. Привод *4* выключателя находится вверху.

*Модуль 3* (рис. 6.2.12) отличается от модуля 1 наличием трансформаторов напряжения, постоянно подключенных по высокой стороне к кабельной линии, что позволяет иметь информацию о наличии напряжения на кабеле и организовывать АВР с самовозвратом. В состав модуля входят: вакуумный выключатель *1*, разъединитель *2*, трансформаторы тока, датчик напряжения, трансформаторы напряжения *6* и ограничители перенапряжений *5*. Высоковольтный вывод трансформатора напряжения (ТН) через проходной изолятор *4* подключен к изолированному токопроводу *3*, соединяющему кабельный приемник *7* с контактом разъединителя.

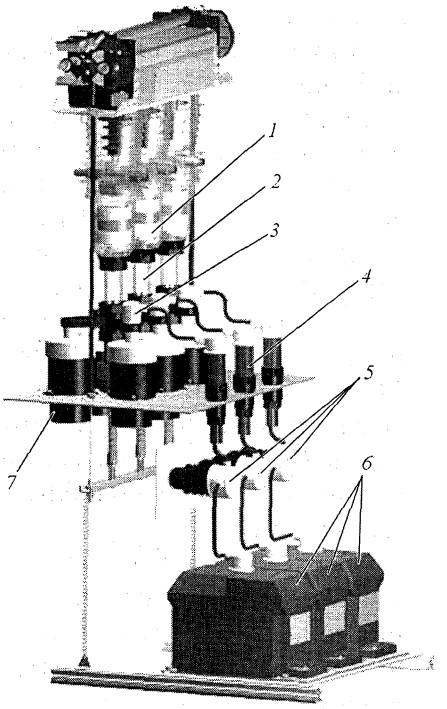



**Рис. 6.2.12.** Общий вид модуля 3

*Модули 6* и *7* — секционные модули: модуль 6 — с секционным выключателем и разъединителем, модуль 7 — с разъединителем (рис. 6.2.13). *Модуль 8* — с ограничителями перенапряжений (рис. 6.2.14).

**Конструкция шкафов КРУ/TEL.** Модули устанавливаются и соединяются друг с другом в шкафу КРУ/TEL, который представляет собой конструкцию каркасно-панельного типа. Шкаф условно может быть разделен на три отсека, разделенных перегородками: низковольтный, высоковольтный и кабельный. Кроме того, на объекте над шкафом КРУ/TEL монтируется релейный отсек, в котором устанавливаются блоки управления вакуумным выключателем, реле защиты, клеммные

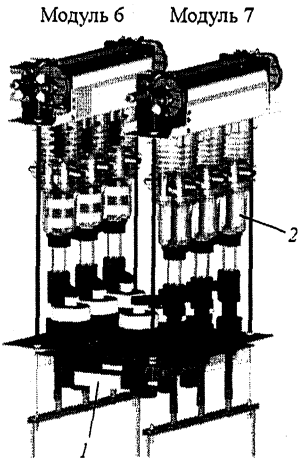



**Рис. 6.2.13.** Общий вид секционных модулей 6 и 7

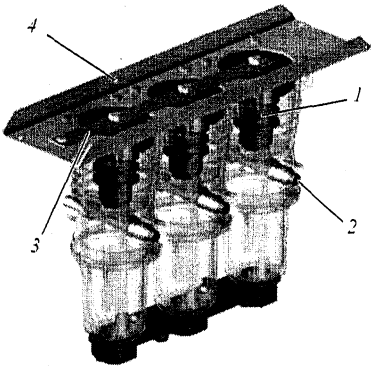



**Рис. 6.2.14.** Общий вид модуля 8 с ограничителями перенапряжений

колодки, переключатели и другое оборудование цепей вторичной коммутации. Релейный отсек надежно закрепляется на шкафу КРУ/TEL с помощью переходных деталей. Сборные шины в шкафах КРУ/TEL формируются последовательно соединенными отрезками сборных шин, покрытыми твердой изоляцией (рис. 6.2.15).

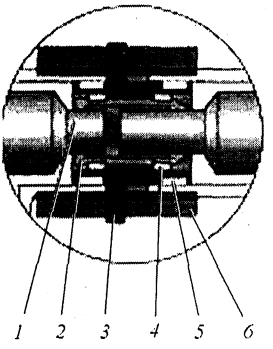



**Рис. 6.2.15.** Сборные шины КРУ/TEL: *1* — отрезки сборных шин; *2* — контакты цангового типа; *3* — изоляционная втулка; *4* — разрезные пружины; *5* — резиновые уплотнения; *6* — гайка из полимерного материала

**Электрооборудование, применяемое в шкафах КРУ/TEL:**

- высоковольтные выключатели — ВВ/TEL;
- разъединители с вертикальным расположением подвижного и неподвижного контактов (рис. 6.2.16);
- трансформаторы тока: ТПВ («Таврида Электрик»), предназначенные для использования преимущественно в цепях РЗиА, ТСОА («SADTEM», Франция), используемые в целях измерения, технического и коммерческого учета электроэнергии (табл. 6.2.11);

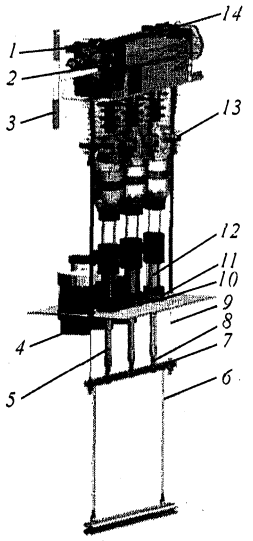



**Рис. 6.2.16.** Разъединитель: *1* — фиксатор; *2* — вал разъединителя с системой тросов; *3* — рукоятка управления (съемная); *4* — кабельный приемник; *5* — тяговый изолятор; *6* — отключающая пружина; *7* — швеллер; *8* — пружина дополнительного контактного поджатия; *9* — трос; *10* — шина заземления (для разъединителя-заземлителя); *11* — гнездо заземления (для разъединителя-заземлителя); *12* — подвижный контакт разъединителя (разъединителя-заземлителя); *13* — элемент сборных шин модуля; *14* — вал фиксатора

- трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТЗЛМ;
- емкостные датчики напряжения для индикации наличия напряжения на сборных шинах; трансформаторы напряжения малогабаритные однофазные Y12G фирмы «SADTEM», Франция.

**Технические характеристики трансформаторов тока**

| | ТПВ | ТСОА |
|---|---|---|
| Номинальный первичный ток, А | 50; 100; 200; 300; 400 | |
| Номинальный вторичный ток, А | 1 | |
| Номинальная вторичная нагрузка при cos φ = 1, В·А | 0,5; 1 | |
| Номининальный класс точности при номинальном токе, А: | | |
| 50; 100 | 10Р | 0,2; 0,5 |
| 200; 300; 400 | 5Р; 0,5 | 0,2; 0,5 |
| Номинальная предельная кратность при номинальном токе: | | |
| 50; 100 | 15 | 5 |
| 200, 300, 400 | 20 | 5 |
| Номинальный коэффициент безопасности приборов | 20 | 5 |

**Технические характеристики трансформаторов тока нулевой последовательности ТЗЛМ и трансформаторов напряжения Y12G**

**Трансформатор тока нулевой последовательности ТЗЛМ**

| | |
|---|---|
| *Номинальное напряжение*, кВ | 0,66 |
| Ток термической стойкости, кА | 140 |
| Коэффициент трансформации | 30/1 |
| Диаметр окна трансформации, мм | 70 |
| Габаритные размеры, мм | 154 × 67 |
| Масса, кг, не более | 3,3 |

**Трансформатор напряжения Y12G**

Номинальное напряжение первичной обмотки, кВ . . . . . $6/\sqrt{3}$; $10/\sqrt{3}$
Допустимая перегрузка (в долях от номинального):
длительная/в течение восьми часов . . . . . 1,2/1,9
Номинальное напряжение вторичной обмотки, кВ . . . . . 100; 110; $100/\sqrt{3}$; $110/\sqrt{3}$
Класс точности вторичной обмотки . . . . . 0,2; 0,5; 1,0; 3P
Номинальная мощность вторичных обмоток
при классе точности (одна обмотка/две обмотки), В·А:
0,2 . . . . . 30/2 × 10
0,5 . . . . . 100/2 × 40
1,0 . . . . . 200/2 × 80

**Формирование главных цепей камер КРУ/TEL.** Подбор модулей в камере может осуществляться заказчиком по схемам, приведенным в табл. 6.2.12. Предприятие «Таврида Электрик» предлагает ряд типовых камер, составленных из разных модулей. Схемы камер даны в табл. 6.2.13. Представленные в табл. 6.2.11 схемы камер не исчерпывают всего их разнообразия. По желанию заказчика могут быть сформированы любые комбинации модулей в пределах камеры КРУ/TEL.

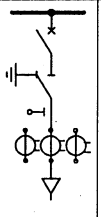
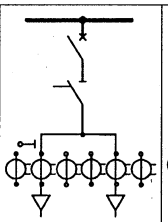
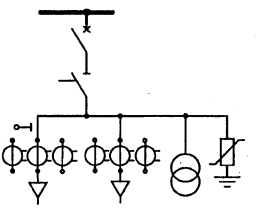
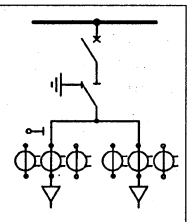
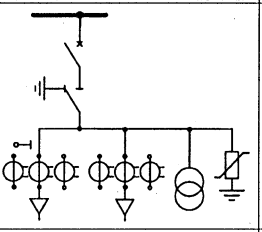
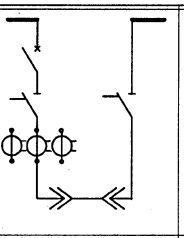
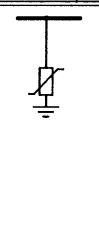
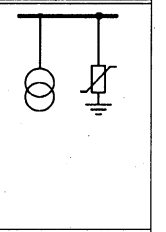
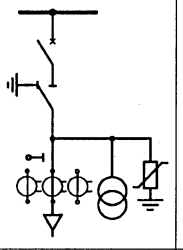
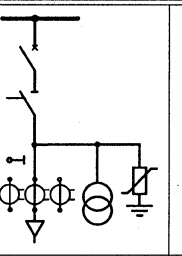
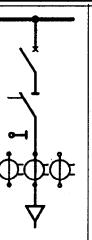
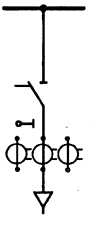
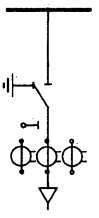
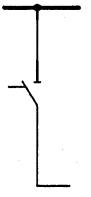
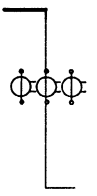
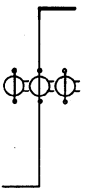
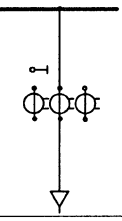
**Релейная защита и автоматика КРУ/TEL.** В систему релейной защиты и автоматики КРУ/TEL может входить следующее оборудование (в соответствии с заказом): отсеки РЗиА, включающие вторичные цепи с реле защиты и автоматики, измерительные приборы; система питания РЗиА; система сбора и передачи информации (SKADA). Кроме того, по дополнительному требованию заказчика могут устанавливаться приборы коммерческого и технического учета электроэнергии или специальные микропроцессорные измерительные центры. РЗиА присоединений может быть выполнена с использованием многих типов микропроцессорных реле отечественного и импортного производства. Типовым вариантом является выполнение системы РЗиА на реле фирмы MICROELTTRICA SCIENTIFICA.

*Таблица 6.2.11.* **Технические характеристики типовых шкафов КРУ/TEL**

| Номер типовой камеры | Номера модулей, составляющих камеры | Назначение камеры | Габаритные размеры, мм (ширина × глубина × высота) |
|---|---|---|---|
| 0111 | Три модуля № 1 | Три отходящие линии | 680 × 550 × 2000 |
| 0011 | Два модуля № 1 | Две отходящие линии | 510 × 550 × 2000 |
| 0296 | №: 2, 9, 6 | Шкаф ввода с СВ и Р на вводе | 680 × 550 × 2000 |
| 0496 | №: 4, 9, 6 | Шкаф ввода с СВ и Р-З на вводе | 680 × 550 × 2000 |
| 0792 | №: 7 ,9, 2 | Шкаф ввода с СР и Р на вводе | 680 × 550 × 2000 |
| 0794 | №: 7, 9, 4 | Шкаф ввода с СР и Р-З на вводе | 680 × 550 × 2000 |
| 1116 | Три модуля № 1, 6 | Типовой шкаф для узловой трансформаторной подстанции | 850 × 550 × 2000 |
| 7111 | Три модуля № 1, 7 | | 850 × 550 × 2000 |
| 0(10)11 | Два модуля № 1, № 10 | Шкаф с заземлителем сборных шин и двумя отходящими линиями | 680 × 550 × 2000 |

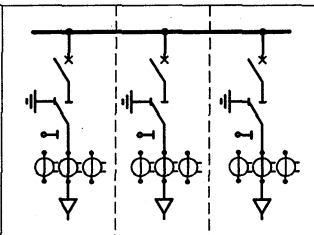
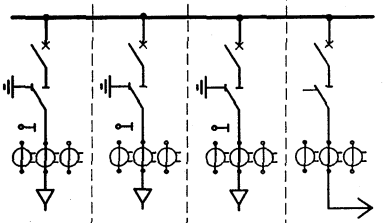
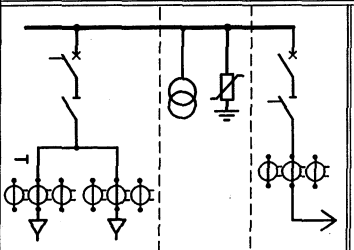
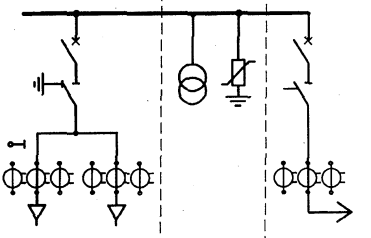
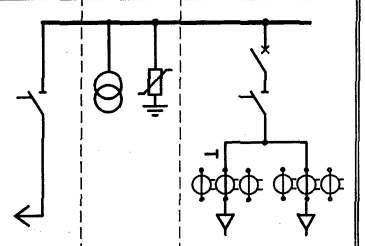
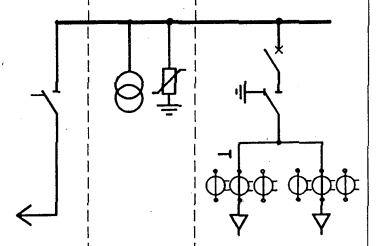
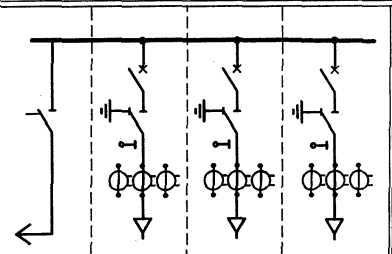
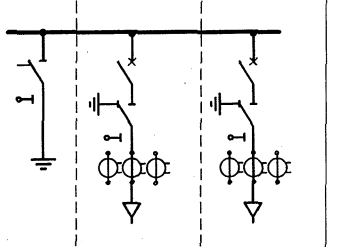
*Примечание.* В таблице используются сокращения: СВ — секционный выключатель, Р — разъединитель, Р-З — разъединитель-заземлитель, СР — секционный разъединитель.

*Таблица 6.2.12.* **Схемы первичных соединений модулей КРУ/TEL**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |
| Номер модуля | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Назначение модуля | Линия с ОКП | Линия с ДКП | Линия с ДКП, ТН и ОПН | Линия с ДКП |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |
| Номер модуля | 5 | 6 и 7 | 8 | 9 |
| Назначение модуля | Линия с ДКП, ТН и ОПН | Секционные модули | ОПН | ТН и ОПН |
| Схема главных цепей | |  |  |   |
| Номер модуля | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Назначение модуля | ЗР | Линия с ОКП, ТН и ОПН | Линия с ОКП, ТН и ОПН | Линия с ОКП | |
| Схема главных цепей |  |  |   |  |
| Номер модуля | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Назначение модуля | Линия с ОКП | СР | Секционные модули | Линия с ОКП |

Примечание. В таблице используются следующие сокращения: ОКП — однокабельное присоединение; ДКП — двухкабельное присоединение;
ЗР — заземляющий разъединитель; ТН — трансформатор напряжения.

*Таблица 6.2.13.* **Схемы типовых шкафов КРУ/TEL**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  | | |  | | | |
| Номер модуля | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| Номер шкафа | 0111 | | | 1116 | | | |
| Схема главных цепей |  | | |  | | | |
| Номер модуля | 2 | 9 | 6 | 4 | 9 | 6 | |
| Номер шкафа | 0296 | | | 0496 | | | |
| Схема главных цепей |  | | |  | | | |
| Номер модуля | 7 | 9 | 2 | 7 | 9 | 4 | |
| Номер шкафа | 0792 | | | 0794 | | | |
| Схема главных цепей |  | | |  | | | |
| Номер модуля | 7 | 1 | 1 | 1 | 10 | 1 | 1 |
| Номер шкафа | 7111 | | | 0(10)11 | | | |

## 6.3. Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения внутренней установки напряжением 10(6) кВ

### 6.3.1. Общие сведения

Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения предназначены для установки в распределительных пунктах 10(6) кВ, в распределительных устройствах 10(6) кВ трансформаторных подстанций, включая комплектные трансформаторные подстанции с первичным напряжением 35—110 кВ. Основным достоинством КРУ выкатного исполнения является быстрая взаимозаменяемость аппаратов, установленных на выкатной тележке, что особенно важно для крупных и ответственных электроустановок Отсутствие разъединителей и применение вместо них специальных скользящих контактов штепсельного типа позволяет повысить надежность камер и удобство их технического обслуживания. КРУ выкатного исполнения выпускаются для токов до 3150 А различных серий: К-59, К-63, К-61, К-61М, К-66, К-104М, К-105, К-XXVI, К-XXVII, К-98, КРУ2-10, КМ1-КФ и т. д. Они имеют широкий диапазон схем первичных соединений и применяются на подстанциях со сложными схемами главных соединений, при большом числе присоединений и токах вводного выключателя более 1000 А.

Промышленностью выпускаются КРУ с односторонним и двухсторонним обслуживанием. Применение КРУ одностороннего обслуживания обеспечивает возможность их размещения в помещениях РУ, имеющих меньшую ширину.

Камеры КРУ всех серий имеют жесткую конструкцию, в которую встроены токоведущие части (сборные шины, ответвления), трансформаторы напряжения, трансформаторы тока, ограничители перенапряжений и другое оборудование в соответствии со схемой камеры. Корпус камеры разделен на отсеки: отсек сборных шин, отсек выкатного элемента, линейный отсек, отсек (шкаф) релейной защиты и автоматики.

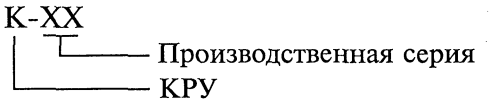
На выкатных тележках размещаются высоковольтные выключатели, трансформаторы напряжения, предохранители для подключения трансформаторов собственных нужд. В типовых схемах каждой серии предусматривается тележка с разъединителями, роль которых выполняют разъединяющие контакты. В верхней и нижней частях выкатного элемента расположены подвижные разъединяющие контакты, которые при вкатывании элемента в шкаф замыкаются с шинным (верхним) и линейным (нижним) неподвижными контактами. При выкатывании элемента с предварительно отключенным выключателем разъемные контакты отключаются и выключатель при этом будет отключен от сборных шин и кабельных вводов.

Когда выкатной элемент находится вне корпуса шкафа, обеспечивается удобный доступ к выключателю и его приводу для ремонта, а при необходимости — быстрая замена выключателя другим аналогичным.

В камерах выкатного исполнения в качестве коммутационных аппаратов применяются вакуумные, элегазовые и маломасляные выключатели. Одним из преимуществ элегазовых выключателей является низкий уровень коммутационных перенапряжений, исключающих возможность повреждения изоляции, а также коммутационная способность до 50 кА и электродинамическая стойкость до 128 кА, что позволяет применять их в сетях с большими токами короткого замыкания.

Вся аппаратура РЗиА, управления, измерения и сигнализации устанавливается в отдельном отсеке или в отдельном шкафу, которые размещаются, как правило, сверху корпуса камеры КРУ. Связь вторичных цепей релейного шкафа выполняется с помощью проводов и штепсельных разъемов. Для всех выпускаемых в настоящее время серий камер предусматривается возможность применения микропроцессорных устройств РЗиА.

Номенклатурное обозначение камер:




Технические характеристики камер выкатного исполнения приведены в табл. 6.3.1, 6.3.2.

*Таблица 6.3.1.* **Технические характеристики КРУ выкатного исполнения**

| Параметр | **К-104М**<br>**К-104М(С1)**<br>(МЭЩ) | **К-105**<br>**К-105С1**<br>(МЭЩ) | **К-63**<br>(Самарский завод «Электрощит») | **К-61М**<br>(Самарский завод «Электрощит») |
|---|---|---|---|---|
| Назначение | Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения, в схемах собственных нужд электростанций | Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-104М | Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения | Для приема и распределения электроэнергии в системе собственных нужд электростанций. Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-63 |
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10 | | | |
| Номинальный ток сборных шин, А | 1600; 2000; 3150 | 2000; 3150 | 1000*[4]; 1600; 2000; 3150 | 2000; 3150 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600 | 2000; 3150 | Для УЗ: 630; 1000; 1600<br>Для ТЗ: 630; 1250 | 630; 1000; 1600; 2000; 2500; 3150 |
| Номинальный ток выключателя, А | (табл. П.2.8) | (табл. П.2.10) | 630—1600 | 630—3150 |
| Номинальный ток отключения выключателя, кА:<br>вакуумного | 12,5; 20; 31,5; 40 | 31,5; 40 | 12,5; 20; 31,5*[5] | 31,5; 40 |

*Окончание табл. 6.3.1*

| Параметр | **К-104М К-104М(С1)** (МЭЩ) | **К-105 К-105С1** (МЭЩ) | **К-63** (Самарский завод «Электрощит») | **К-61М** (Самарский завод «Электрощит») |
|---|---|---|---|---|
| элегазового | 16; 20; 31,5; 40; 50 | 31,5; 40; 50 | 25*[5] | — |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 12,5; 20; 31,5; 40; 50 | 31,5; 40* | 12,5; 20; 31,5*[6] | 31,5; 40 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 41; 51; 81; 128 | 81; 128* | 51; 81*[6] | 128 |
| Номинальный ток плавких вставок для шкафов КРУ | 80 (при 6 кВ)<br>20 (при 10 кВ) | — | — | — |
| Тип вакуумного выключателя | ЭВОЛИС<br>ВД-4 | ВД-4 | ВБЭМ; ВБПС;<br>ВВЭ-М; ВБКЭ; ВБТЭ;<br>ВВ/TEL;<br>ЭВОЛИС | ВВЭ-М;<br>ЭВОЛИС |
| Тип элегазового выключателя | LF2, VF*[3];<br>HD4/GT; ВГП | LF3; HD4/GT | LF-1 | LF-2; LF-3 |
| Тип маломасляного выключателя | ВКЭ-М | — | — | — |
| Тип трансформатора тока | ТЛО-10-50/5-1500;<br>ТОЛ-10-50/5-1500;<br>ТЛК-10-50/5-1500 | ТЛШ-10-2000/5-350/5 | ТЛК-10 30/5-1500/5 | |
| Тип трансформатора тока нулевой последовательности | TLH; TSH-120; ТЗЛН;<br>ТЗРЛ; ТЗЛЭ-125 | — | ТДЛЗ-0,66 | |
| Тип трансформатора напряжения | НАМИТ<br>ЗНОЛ.06<br>НОЛ.08 | ЗНОЛ.06 | НАМИТ<br>ЗНОЛ.06<br>НОЛ.08 | |
| Тип трансформатора собственных нужд | ТСКС; ОЛС | ТСКС | ТСКС; ОЛС | |
| Тип разрядника | РВО-6;<br>РВО-10 | — | РВО | |
| Тип ограничителя перенапряжений | ОПН-РС/TEL; ОПН-П | — | ОПК-КР/TEL, ОПН-КС/ TEL;<br>ОПН-П | |
| Устройство РЗиА | С электромеханическим или с микропроцессорным устройством | | | |
| Климатическое исполнение | У3 | | У3, Т3 | |
| Вид обслуживания | Двухстороннее | | | |
| Исполнение | Для внутренней установки | | | |
| Вид управления | Местное, дистанционное | | | |
| Размеры камер (ширина × глубина × высота), мм | 750 × 1150—2305 × × 2900 | 1000—1125 × 1480 × × 2340 | 750 × 1250—1450 × × 2268 | 800—1125 × × 1400—1600 × 2380 |
| Масса, кг, не более | 800 | 1330 | 600 | 950 |
| Срок службы, лет, не менее | 25 | | | |

*1 Токи термической стойкости 40 кА и электродинамической стойкости 128 кА относятся к камерам с элегазовыми выключателями.

*2 Для КРУ с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкость определяется стойкостью трансформатора тока.

*3 Не рекомендуются к применению во вновь проектируемых РУ.

*4 КРУ со сборными шинами на ток 1000 А выполняются только на ток электродинамической стойкости 51 кА.

*5 В зависимости от типа встраиваемого выключателя параметры тока отключения могут уточняться.

*6 Для КРУ с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкость определяется стойкостью трансформаторов тока.

*Таблица 6.3.2.* **Технические характеристики КРУ выкатного исполнения**

| Параметр | **К-XXVI** | **К-XXVII** | **К-104-КФ** | **КМ-1КФ** |
|---|---|---|---|---|
| Производитель | (МЭЩ) | (МЭЩ) | (КЭМОНТ) | (КЭМОНТ) |
| Назначение | Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения | Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-XXVI, для отходящих линий с током более 1600 А | Для приема и распределения электроэнергии (применяются, в основном для наружной установки в КРУН К-47 и К-59) | |
| Климатическое исполнение | У3 | | | |
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10 | | | |
| Номинальный ток сборных шин, А | 2000; 3150 | 2000; 3150 | 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500 | 630; 1000; 1600; 2000; 2500 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630; 1000; 1600 | 3150 | 630; 1000; 1600 | 630; 1000; 1600 |
| Номинальный ток выключателя, А | | | | |
| Номинальный ток отключения выключателя, кА: | | | | |
| вакуумного | 20; 31,5 | — | 20; 31,5 | 20 |
| элегазового | | — | — | — |
| маломасляного | | 31,5 | — | — |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 20; 31,5 | 31,5 | 20 | 20 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51; 81 | 81 | 51 | 51 |
| Тип выключателя: | | | | |
| вакуумного | ВБЭ | ВБЭ | ЗАН; ВВ/TEL | Н. д. |
| элегазового | LF-2 | HD4 | — | Н. д. |
| маломасляного | ВМПЭ-М | | — | — |
| Устройство РЗиА | С электромеханическим или с микропроцессорным устройством | | С микропроцессорным устройством | |
| Вид обслуживания | Одностороннее | | Двухстороннее | |

*Окончание табл. 6.3.1*

| Параметр | К-XXVI | К-XXVII | К-104-КФ | КМ-1КФ |
|---|---|---|---|---|
| Производитель | (МЭЩ) | (МЭЩ) | (КЭМОНТ) | (КЭМОНТ) |
| Исполнение | Для внутренней установки | | Для внутренней и наружной установки | |
| Вид управления | Местное, дистанционное | | | |
| Размеры камер, (ширина × глубина × высота), мм | 900 × 1150—2380 | 1350 (900) × 1650 × × 2817 | 750(1125) × 1300 × × 1800 (2240) | 750 (1125) × × 1300 × 1720 (2040) |
| Масса, кг | 400—1250 | 680—1800 | 600 | * |
| Срок службы, лет, не менее | 25 | | | |

* *В новых проектах не применять.*

### 6.3.2. Комплектные распределительные устройства предприятия ОАО «Самарский завод «Электрощит»

**Комплектные распределительные устройства серии К-63**[1] выпускаются с 2002 г. и предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение У3 и Т3, тип окружающей среды — II по ГОСТ 15150. Отдельно стоящий шкаф с трансформатором собственных нужд предназначен для работы на открытом воздухе и выпускается климатического исполнения УХЛ1).

КРУ поставляются отдельными камерами с элементами для стыковки камер в распределительное устройство или транспортными блоками до трех камер в блоке со смонтированными в пределах блока соединениями главных и вспомогательных цепей.

Камеры К-63 унифицированы и независимо от схем электрических соединений главной цепи имеют аналогичную конструкцию основных узлов и одинаковые габаритные размеры. Исключение составляют камеры кабельного ввода (вывода) с вводом кабеля в высоковольтный отсек снизу и сверху камеры, глубина этих камер на 200 мм больше по сравнению с другими камерами. В камере предусмотрены: отсек сборных шин (расположен в нижней части камеры), отсек выкатного элемента, линейный отсек. В верхней части камер устанавливаются релейные шкафы со встроенной аппаратурой РЗиА, аппаратурой управления, измерения и сигнализации, клеммниками и цепями вторичных соединений.

Конструкция камеры позволяет подключать не более четырех высоковольтных кабелей сечением 3 × 240 мм$^2$ на ток до 1000 А. Присоединения (вводы, выводы) могут быть как кабельными, так и шинными.

---

[1] Источник. Устройство комплектное распределительное напряжением 6—10 кВ на токи 630—1600 А серии К-63. Техническая информация ТИ-071. ОАО Самарский завод «Электрощит», 1999.

В состав КРУ в зависимости от заказа могут входить:

- шинные вводы в ближний и дальний ряды распределительного устройства с прямой и обратной фазировкой для подключения воздушных вводов и отходящих линий, а также силового трансформатора внутри РУ;
- шинные мосты между двумя рядами камер, расположенных в одном помещении;
- кабельные блоки для кабельного ввода (вывода) с подсоединением вверху камеры и вне камеры;
- переходные шкафы для стыковки с КРУ других серий и другие элементы.

В камерах К-63 предусмотрена быстродействующая дуговая защита, выполненная на фототиристорах, установленных в высоковольтных отсеках камер: отсеке ввода (вывода), выкатного элемента, сборных шин. Схемы от дуговых замыканий выполнены с блокировкой: по току; по напряжению; по току и напряжению, что исключает ложную работу защиты. Кроме того, отсеки камер оборудованы клапанами избыточного давления, контроль положения которых осуществляется путевыми конечными выключателями, подключенными к соответствующим цепям схем дуговой защиты.

Внешний вид распределительного устройства с камерами серии К-63 и камеры с шинным и кабельным вводом представлены на рис. 6.3.1—6.3.4. Технические характеристики камер серии К-63 и схемы первичных соединений главных цепей приведены в табл. 6.3.1, 6.3.3.

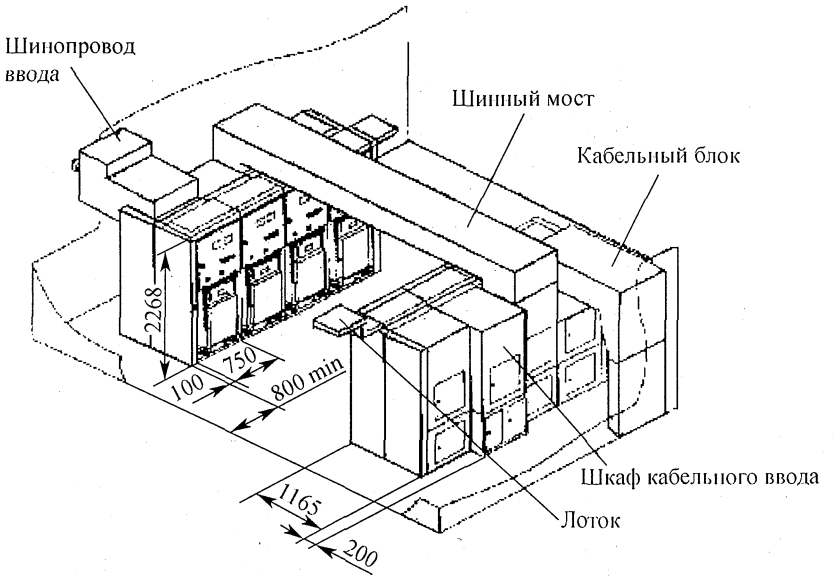



**Рис. 6.3.1.** Общий вид РУ с камерами К-63

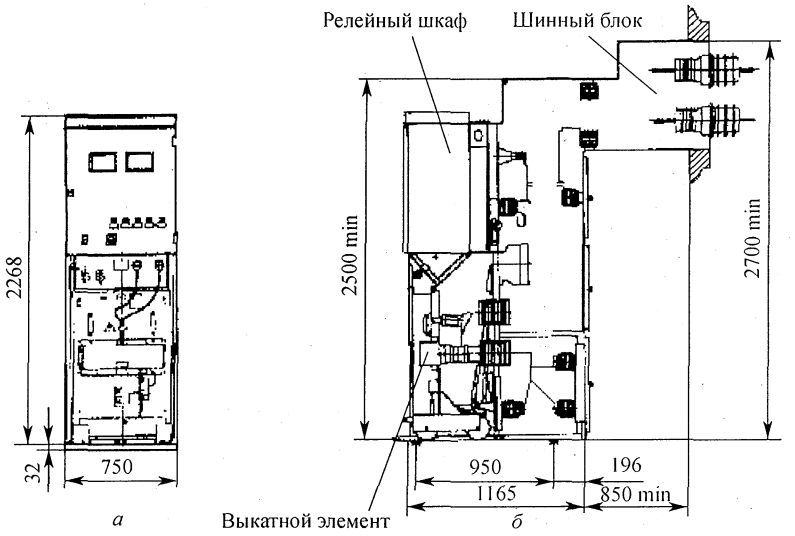



**Рис. 6.3.2.** Камера К-63 с шинным вводом (выводом):
*а* — вид спереди; *б* — вид сбоку

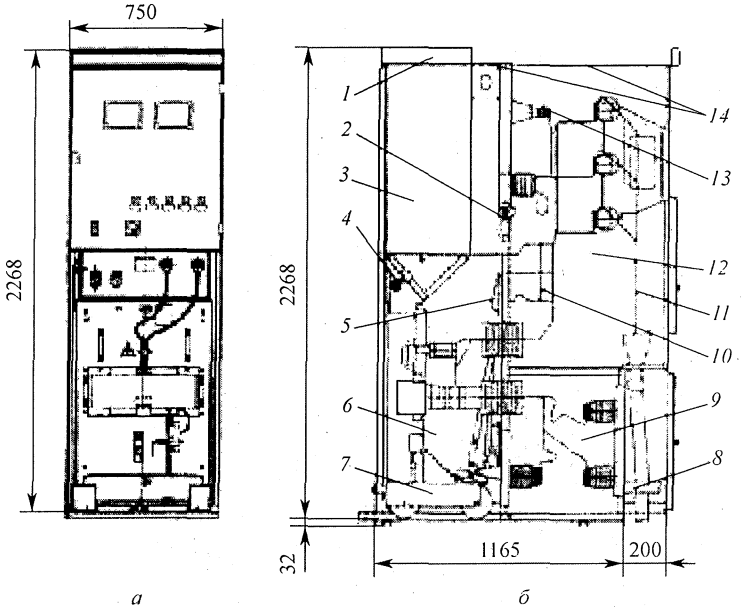
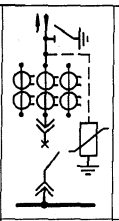
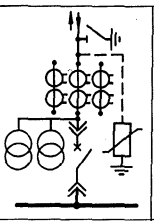
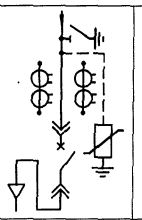
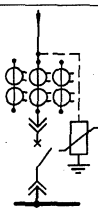
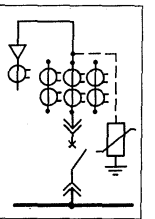
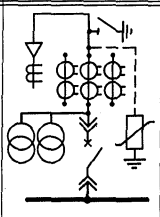
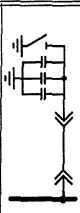
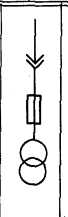
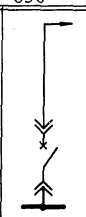
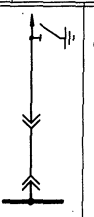
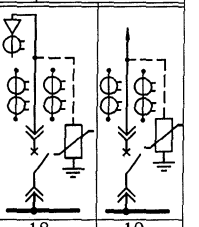
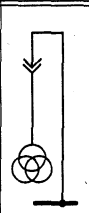
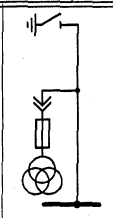
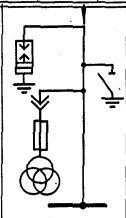
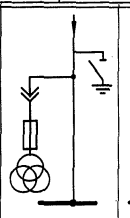
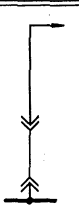
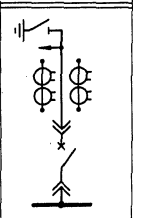


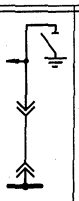
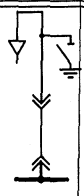
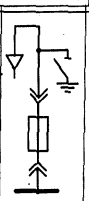
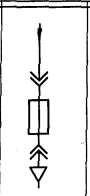
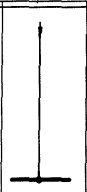
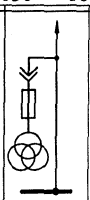
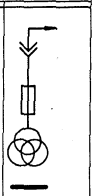

**Рис. 6.3.3.** Камера К-63 кабельного ввода (вывода) с подключением в камере: *а* — вид спереди; *б* — вид сбоку; *1* — лоток; *2* — заземляющий разъединитель; *3* — релейный шкаф; *4* — блокировочный замок; *5* — шторный механизм; *6* — отсек выкатного элемента; *7* — выкатной элемент с выключателем типа BB/TEL; *8* — трансформатор тока ТДЗЛ; *9* — отсек сборных шин; *10* — ТТ; *11* — силовой кабель; *12* — отсек ввода; *13* — ОПН; *14* — клапаны разгрузки избыточного давления

*Таблица 6.3.3.* **Схемы первичных соединений камер К-63**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 01, 02* | 03, 04* | 05 | 06, 07* | 08, 09* |
| Назначение | Ввод или отходящая линия | | Ввод | | В или ОЛ |
| Номинальный ток, А | 630; 1000; 1600 | | 630 | 1600 | 630 — 1600 |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 10, 11* | 13 | 14 | 15, 16** | 17 | 18 | 19 |
| Назначение | В или ОЛ | | | 630 — 1600 | | 630 | |
| Номинальный ток, А | 630-1600 | КС | ТСН | СЕКЦ | к ТСН*** | к ТСН свыше 250 кВ·А | |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 22 | 23 | 24, 25 | 26 | 27 | 31 |
| Назначение | ТН | | ТН и РВО (24) или ОПН (25) | ТН | СЕКЦ | |
| Номинальный ток, А | | | | 630 — 3150 | 630 — 1600 | |

| Схема главных цепей |  | |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 28 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 46 | 47, 48** |
| Назначение | СЕКЦ | Ввод | | к ТСН до 630 кВ·А | | Ввод | ТН | |
| Номинальный ток, А | 630 — 1600 | | | 80 | | 630 — 1600 | | |

* Трансформаторы тока установлены в двух фазах.

** Камеры с выводом шин влево (вправо).

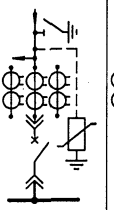
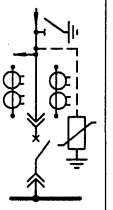
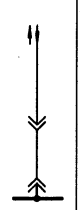
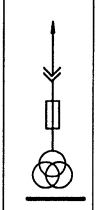
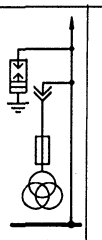
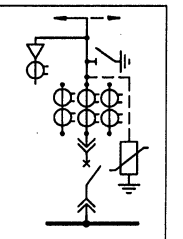
*** Для подключения к ТСН мощностью до 250 кВ·А.

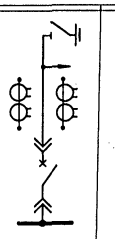
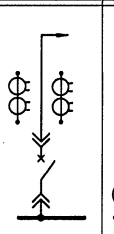
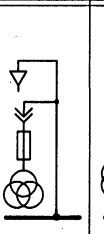
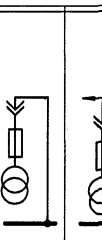
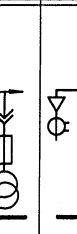
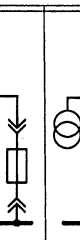
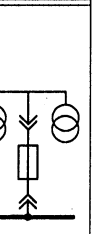
*Примечания:*

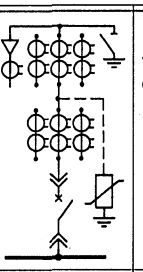
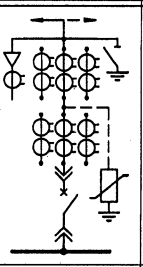
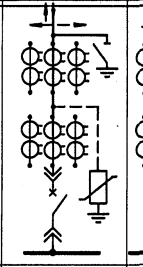
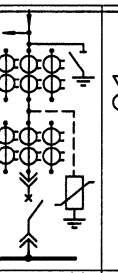
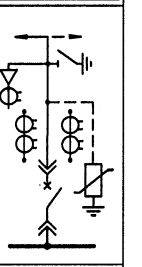
1. Более полная сетка схем первичных соединений приведена в информации завода-изготовителя.

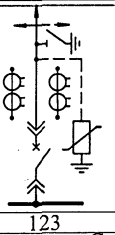
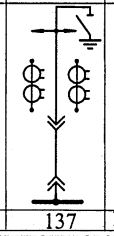
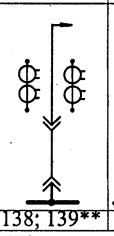
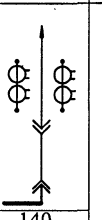
2. Для выполнения кабельного ввода (вывода) на ток 1600 А с подключением более четырех кабелей (но не более восьми) используются две камеры, устанавливаемые рядом: первая камера выполняется по схемам 58, 59, 72, 84 или 91, вторая — по схемам 81 или 82. Эти камеры соединяются шинопроводом на ток 1000 А. Число высоковольтных кабелей и трансформаторов нулевой последовательности определяются при проектировании.

*Окончание табл. 6.3.3*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 49; 50** | 51; 52** | 53 | 54 | 55 | 56; 57* |
| Назначение | Ввод | В или ОЛ | СЕКЦ | ТН | ТН | В или ОЛ |
| Номинальный ток, А | | 630 — 1600 | | | 630 — 3150 | 630 — 1600 |
| Назначение отпайки | ТН | | | | | ТН, ТСН |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 62 | 63; 64** | 71 | 86 | 87 | 88 | 89 |
| Назначение | СЕКЦ | | ТН | ТСКС 40/10 | | К ТСН 250 кВ·А | ТН НОЛ.0.8 |
| Номинальный ток, А | 630 — 1600 | | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 69; 70* | 73; 74* | 75; 76* | 77; 78** | 92 |
| Назначение | В или ОЛ | | Ввод | | Ввод на 2600 А |
| Номинальный ток, А | | | 630; 1000; 1600 | | 1600 |
| Назначение отпайки | | ТН, ТСН | | ТН | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |
| Номер схемы | 123 | 137 | 138; 139** | 140 |
| Назначение | Секционирование | | | |
| Номинальный ток, А | 1600 | | | |

* В камерах трансформаторы тока установлены в двух фазах.
** Камеры с выводом шин влево (вправо).

3. Для выполнения кабельного ввода на ток более 1600 А рекомендуется использовать две камеры по схемам 60 и 61 или 92 и 93, включенные параллельно с помощью шинопровода на ток 1600 А.

4. Шинный ввод (вывод) на ток более 1600 А можно осуществить с помощью двух камер по схемам 01 и 04, 49 и 52, 76 и 80. Возможны и другие варианты.

5. Камеры ввода с трансформаторами напряжения по схемам 03, 04, 10, 11, 89 изготовляются с трансформаторами напряжения типа НОЛ.08-6(10) кВ. В остальных ячейках могут устанавливаться трансформаторы напряжения типа НАМИТ-10 или 3НОЛ.06-6(10).

6. С помощью камер по схемам 25, 26, 46 и 55 можно через шинный мост соединить сборные шины в двух параллельно стоящих рядах КРУ.

7. Заземляющий разъединитель сборных шин должен стоять только в одной камере.

8. Для секционирования сборных шин используются камеры 27 и 31, которые устанавливаются рядом, или 02 и 53, которые устанавливаются в разных рядах и соединяются шинным мостом.

9. Для подключения ТСН мощностью до 250 кВ·А до выключателя ввода используются камеры по схеме 86 или 87. В случае подключения ТСН к сборным шинам используются камеры: по схеме 87 совместно с 25, 26, 42 или 46; камера по схеме 88.

10. В камере по схеме 13 устанавливаются конденсаторы мощностью не более 25 квар на фазу, предназначенные для снижения перенапряжений на сборных шинах.

11. В таблице используются следующие сокращения: В — ввод; ОЛ — отходящая линия; КС — конденсаторы; СЕКЦ — секционирование; КСб — кабельная сборка.

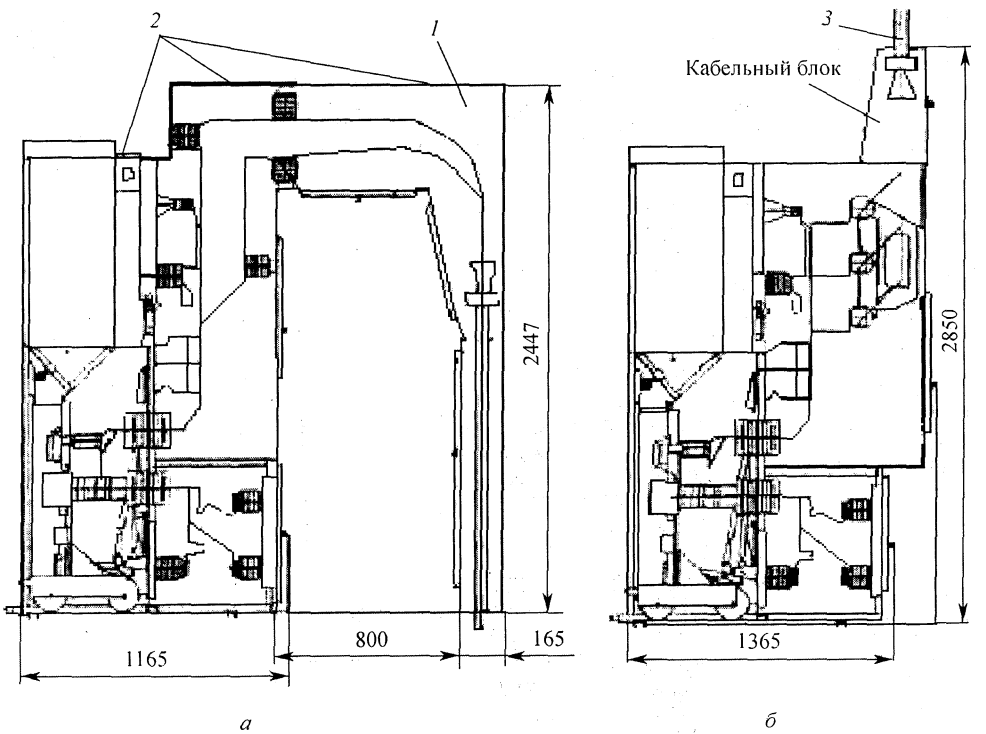



**Рис. 6.3.4.** Камера К-63 кабельного ввода (вывода) с подключением: *а* — вне камеры; *б* — сверху камеры: *1* — кабельный блок; *2* — клапаны разгрузки избыточного давления; *3* — высоковольтный кабель

**Основная встраиваемая аппаратура:**

- типы и параметры высоковольтных выключателей приведены в табл. 6.3.4;
- трансформаторы тока ТЛК-10-30,5-1500/5У3 (табл. 6.3.5);
- трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТДЗЛ-0,66 (ОАО «Самарский трансформатор»);
- трансформаторы напряжения: НАМИТ-102УХЛ2 (ОАО «Самарский трансформатор»); ЗНОЛ.06-6(10)У3 и НОЛ.08-6(10) (СЗТТ, г. Екатеринбург);
- трансформаторы собственных нужд ТСКС-40/145/10У3 («Энергия», г. Раменское); ОЛС-0,63-6(10)У2 (СЗТТ, г. Екатеринбург);
- разрядники вентильные типа РВО-6(10)У1, ВЗВА (г. Великие Луки);
- ограничители перенапряжений типа ОПНп-6(10)УХЛ2 («Электрокерамика», г. Санкт-Петербург); ОПН-КС/TEL-6/6 УХЛ2; ОПН-КР/TEL-6(10) УХЛ2 («Таврида Электрик»).

КРУ серии К-63 может устанавливаться в одном распределительном устройстве с КРУ других серий (КМ-1Ф; К-104; КР-10У4) с помощью переходных шкафов как по секционному выключателю, так и по сборным шинам. При необходимости установки шкафов ввода и секционирования на ток 2000—3150 А рекомендуются шкафы ввода серии К-61М производства Самарского завода «Электрощит». Камеры К-61М стыкуются с камерами К-63 без переходных шкафов и могут устанавливаться в любом месте ряда РУ с камерами К-63.

*Таблица 6.3.4.* **Типы и параметры выключателей камер К-63**

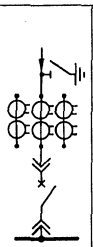
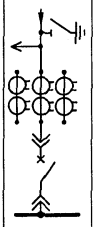
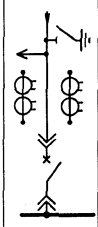
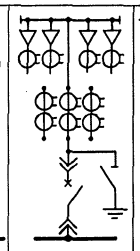
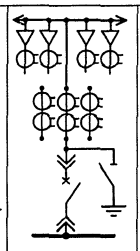
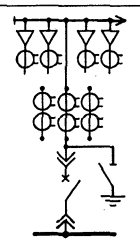
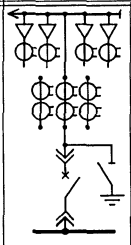
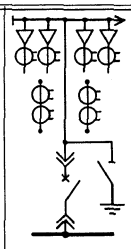
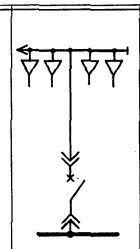
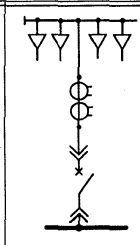
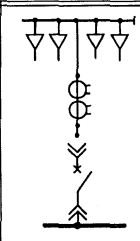
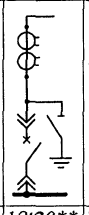
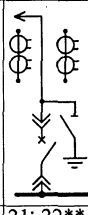
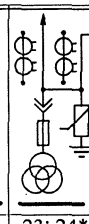
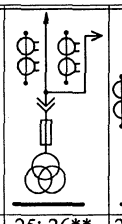
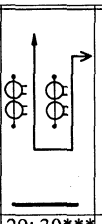
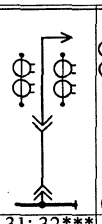
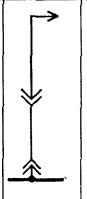
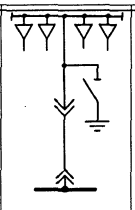
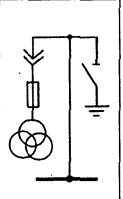
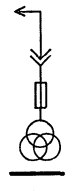
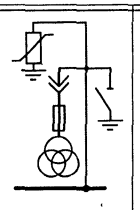
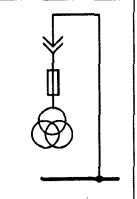
| Выключатель | Номинальный ток, А | Ток термической стойкости, кА |
|---|---|---|
| ВВ/TEL-10-12,5-20/630-1000 УХЛ2 («Таврида Электрик» г. Москва) | 630; 800; 1000 | 12,5; 16; 20 |
| ВВЭ-М-10-20-31,5/630-1600 У3 («Элеко», г. Минусинск) | 630, 1000; 1600 | 20; 31,5 |
| ВБПВ-10-20/630-1600 У2 («Элеко», г. Минусинск) | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 |
| ВБЭК-10-20(31,5)/630-1600У2 («Контакт», г. Саратов) | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 |
| ВВКЭ-10-20 (31,5)/630-1600 У3 («НТЭАЗ», г. Н. Тура) | 630; 800; 1600 | 20; 31,5 |
| ВБТЭ-1—20/630-1600 У2 («Электроаппарат», г. Уфа) | 630; 1000; 1600 | 20 |
| Вакуумный выключатель ЭВОЛИС-10-25(31,5)/630-1250 («Шнейдер Электрик») | 630; 1000, 1600 2500; 3150 | 20; 31,5 31,5 |
| Элегазовый выключатель 1-Р-1-10-25/630-1250 («Мерлин Жерин», Франция) | 1250 | 25 |

*Таблица 6.3.5.* **Параметры трансформатора тока ТЛК камер К-63**

| Коэффициент трансформации | Ток термической стойкости, кА | Коэффициент трансформации | Ток термической стойкости, кА |
|---|---|---|---|
| 30/5 | 1,6 | 400/5; 600/5; 800/5; | 16 |
| 50/5; 75/5; 100/5; 150/5 | 4,0 | 1000/5 | 31,5 |
| 200/5; 300/5 | 10 | 1500/5 | 31,5 |

**Комплектные распределительные устройства серии К-61М** выпускаются с 2002 г. и предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение УХЛ3 и Т3 по ГОСТ 15150—69) при тех же условиях, что и камеры К-63. Технические характеристики приведены в табл. 6.3.1, схемы первичных соединений камер серии К-61М — в табл. 6.3.6.

*Таблица 6.3.6.* **Схемы первичных соединений камер К-61М**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 01; 02* | 03; 04** | 05; 06** | 08; 07* | 09; 10* | 11*; 13 |
| Номинальный ток, А | 630 — 3150 | | | | 1250 — 3150 | 630 — 3150 |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 12*; 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| Номинальный ток, А | 630 — 3150 | 630 — 1250 | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 19;20** | 21; 22** | 23; 24** | 25; 26** | 29; 30*** | 31; 32*** | 33; 34** |
| Номинальный ток, А | 1250; 2000; 3150 | | | | | | 2000; 3150 |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 35;36** | 37 | 38 | 39; 40** | 41 | 42 |
| Номинальный ток, А | 1250; 2000; 3150 | | Н. д. | Н. д. | Н. д. | Н. д. |

* Трансформаторы тока установлены в двух фазах.

** Камеры с выводом шин влево (вправо).

*** Схемы камер 30, 32, являются зеркальным отражением схем 29, 31 соответственно.

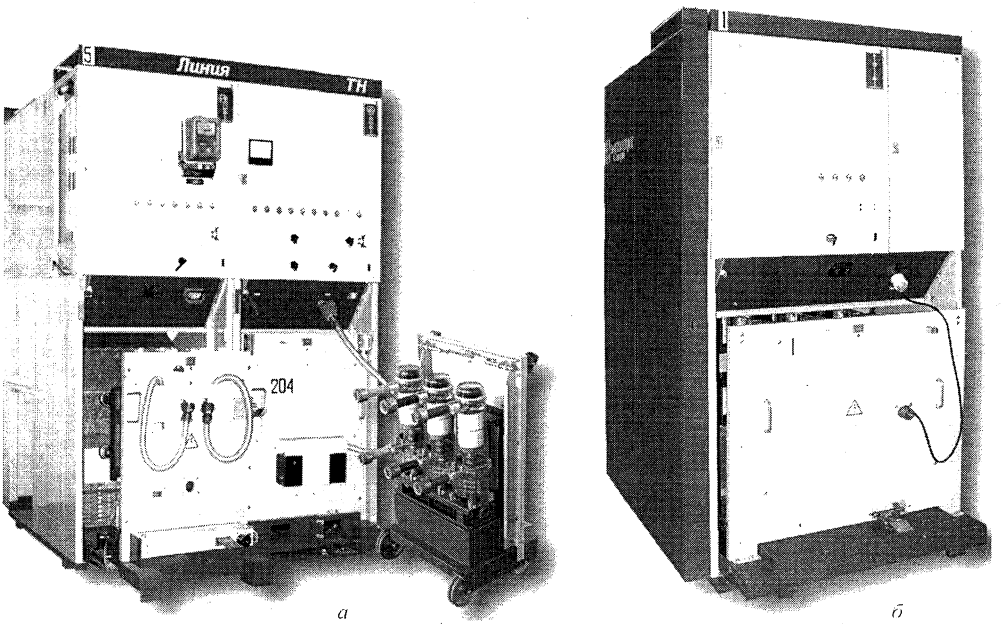
Камеры К-61М унифицированы, имеют аналогичную конструкцию основных узлов и одинаковые габаритные размеры. Исключение составляют камеры кабельного ввода (вывода) (вариант ввода кабеля в высоковольтный отсек снизу и сверху шкафа с присоединением в камере), глубина этих камер на 375 мм (токи 2000—3150 А) и на 200 мм (токи 630—1600 А) больше по сравнению с другими камерами.

**Основная встраиваемая аппаратура:**

- вакуумный выключатель ВВЭ-М-10-40(31,5)/2000-3150 У3 («Элко», г. Минусинск); элегазовый выключатель LF-2 с номинальным током 630, 1250, 2000 А («Мерлин Жерин», Франция); элегазовый выключатель LF-3 с номинальным током 2500, 3150 А, ток отключения 31,5; 40 кА («Мерлин Жерин», Франция);
- трансформатор тока трехсердечниковый шинный типа ТЛШ-10-1 на токи 2000 и 3000 А (Свердловский завод трансформаторов);
- трансформатор тока ТЛК-10 на токи от 100 до 1500 А (АО «Самарский трансформатор»).

Остальное электрооборудование аналогично камерам К-63.

Присоединения (вводы, выводы) могут быть кабельными и шинными. Конструкция камеры на токи до 1600 А позволяет подключать не более четырех высоковольтных кабелей сечением $3 \times 240$ мм$^2$, на токи свыше 1600 А — не более шести кабелей, а в камерах кабельных сборок на токи 2000—3150 А — не более десяти кабелей. Камеры К-63 и К-61М показаны на рис. 6.3.5.




*а* *б*

**Рис. 6.3.5.** Камера К-63 (*а*) и камера К-61М (*б*)

**Малогабаритные комплектные распределительные устройства серии К-66**[1] выпускаются Самарским заводом «Электрощит» с 2003 г. и предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение У3 и Т3 по ГОСТ 15150—69). Сейсмостойкость камер — 9 баллов по шкале MSK-64. Могут использоваться для замены камер КСО серий 200 и 300.

*Выкатное исполнение* предусматривается только для камер с выключателями, остальные камеры выполняются *стационарного исполнения.*

При необходимости камеры К-66 могут применяться в составе камер КСО-3СЭЩ с выключателями нагрузки. Стыковка камер К-66 и КСО-3СЭЩ производится с помощью переходного шкафа шириной 400 мм, входящего в состав камер К-66.

**Типы основного высоковольтного оборудования**:

- выключатели ВБУП-10 или ВБУЭ-10 с пружинным или электромагнитным приводом (выключатель установлен на выкатном элементе);
- выключатели нагрузки ВНА-10;
- разъединители РВ-10У2 и РВЗ-10У2;
- трансформаторы тока типа ТОЛ-10У2;
- трансформаторы напряжения типа ЗНОЛП-10УХЛ2;
- трансформаторы собственных нужд типа ТСКС-40/145-10У3;
- предохранители для трансформаторов напряжения ПКН-001-10У3;
- предохранители типов ПКТ101-6(10)У3; ПКТ102-6(10)У3.

Основные технические характеристики камер К-66 приведены в табл. 6.3.7, схемы первичных соединений камер — в табл. 6.3.8.

*Таблица 6.3.7.* **Технические характеристики камер К-66**

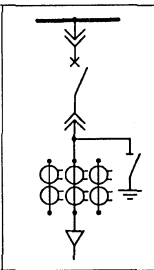
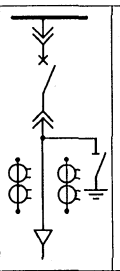
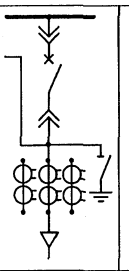
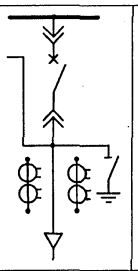
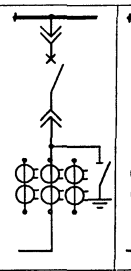
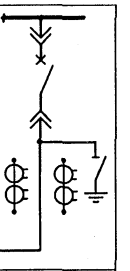
| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6—10 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 1000; 1600 |
| Номинальный ток камер с вакуумными выключателями, А | 630; 1000; 1250 |
| Номинальный ток камер с выключателями нагрузки, А | 630 |
| Номинальный ток камер с разъединителями, А | 630; 1000; 1250 |
| Номинальный ток отключения выключателя , А | 20 |
| Номинальный ток отключения выключателя нагрузки, А | 630 |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 20 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51 |

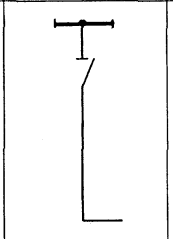
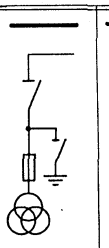
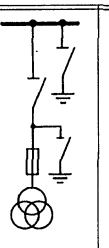
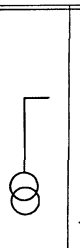
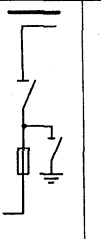
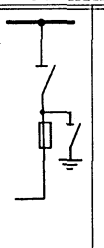
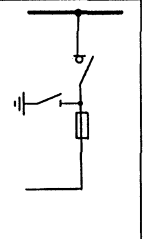
[1] Источник. ОАО «Самарский завод «Электрощит». Комплектное распределительное устройство напряжением 6—10 кВ серии К-66. Техническая информация ТИ-083. 2001.

*Окончание табл. 6.3.7*

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Тип вакуумного выключателя | ВБУЭ-10; ВБУП-10 |
| Тип выключателя нагрузки | ВНА-10 |
| Номинальный первичный ток встроенных трансформаторов тока, А | 50; 100: 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000 |
| Условия обслуживания | Одностороннее |
| Вид управления | Местное |
| Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76 | Нормальная, уровень «б» |
| Вид изоляции | Воздушная |
| Наличие изоляции токоведущих частей | С неизолированными и изолированными шинами |
| Вид присоединений | Кабельные, шинные |
| Номинальное напряжение вспомогательных цепей переменного и постоянного тока, В | 220 |
| Габаритные размеры (ширина × глубина × высота), мм | 600 × 800 × 2000 |
| Масса, кг, не более | 450 |

*Таблица 6.3.8.* **Схемы первичных соединений камер К-66**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
| Назначение | Ввод или отходящая линия | | | | Секционная камера с выключателем | |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Назначение | Секционная камера с разъединителем | ТН | ТН | ТСН | Камеры для подключения ТСН | | |

**Конструкция.** Основной конструктивной особенностью камер К-66 является нетрадиционное расположение фаз по глубине камеры (как в КРУ/TEL), что позволило значительно сократить ширину камер. Отличительные особенности камер К-66 по сравнению с камерами традиционной конструкции:

- выводы вертикально расположенных полюсов выключателя являются подвижными контактами разъединителей, которые также расположены вертикально (аналогичное решение использовано в камерах КРУ/TEL);
- уменьшено количество шин до одной на фазу длиной 200 мм;
- отсек релейной защиты и автоматики представляет собой корпус с выдвижным приборным контейнером, на дне которого установлена вертикальная панель с релейной аппаратурой.

КРУ серии К-66 поставляются отдельными камерами или транспортными блоками до трех камер в блоке со смонтированными в пределах блока соединениями главных и вспомогательных цепей.

Камера имеет четыре изолированных отсека:

- высоковольтного выключателя;
- трансформаторов тока и кабельной разделки;
- сборных шин;
- релейной защиты.

Присоединения (вводы, выводы) выполняются кабельными. Конструкция камеры позволяет подключать не более двух высоковольтных трехжильных кабелей сечением 240 мм$^2$ или трех одножильных кабелей сечением до 630 мм$^2$. Возможен ввод шинопроводом через боковую стенку крайних камер КРУ или через заднюю стенку камеры.

Выкатной элемент с выключателем может перемещаться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Перемещение выкатного элемента в вертикальной плоскости обеспечивает разрыв главной цепи камеры (рабочее и контрольное положение выкатного элемента). При перемещении в горизонтальной плоскости выкатной элемент может быть перемещен в ремонтное положение. Камеры КРУ оборудованы защитными автоматически закрывающимися шторками при перемещении выкатного элемента из рабочего положения в контрольное.

Схемы вспомогательных цепей могут быть выполнены на переменном и выпрямленном оперативном токе на основе микропроцессорных, электронных и электромеханических устройств. Аппаратура вспомогательных цепей размещается в релейных отсеках камер и в камерах НКУ.

В КРУ серии К-66 применена быстродействующая дуговая защита, выполненная на светочувствительных элементах, установленных в высоковольтных отсеках, в сочетании с клапанами разгрузки избыточного давления.

Общий вид камер К-66 показан на рис. 6.3.6, вариант распределительного устройства с камерами К-66 и КСО-3СЭЩ (стыковка камер осуществляется через переходной шкаф) представлен на рис. 6.3.7.

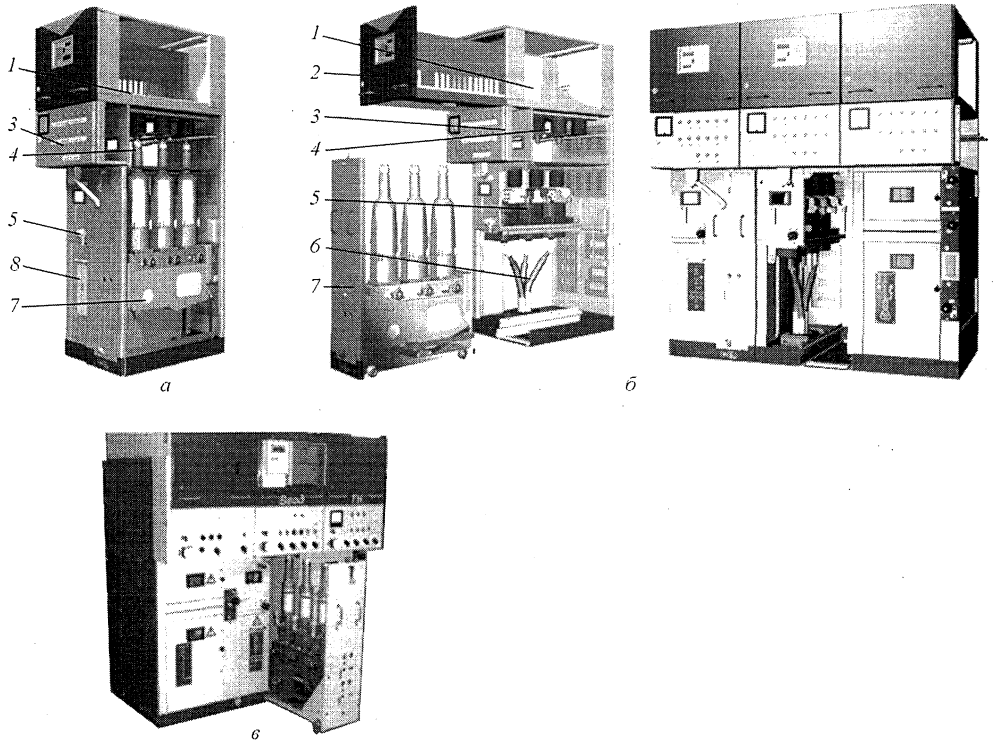



**Рис. 6.3.6.** КРУ серии К-66: *а* — К-66 со снятой правой стенкой; *б* — доступ в отсек для разделки кабеля; *в* — внешний вид камер К-66; *1* — релейный шкаф; *2* — выдвижная панель; *3* — шкаф сигнализации; *4* — отсек сборных шин; *5* — отсек заземлителя и трансформаторов тока; *6* — отсек ввода кабелей; *7* — съемная панель отсека ввода кабелей; *8* — выкатной элемент с вакуумным выключателем

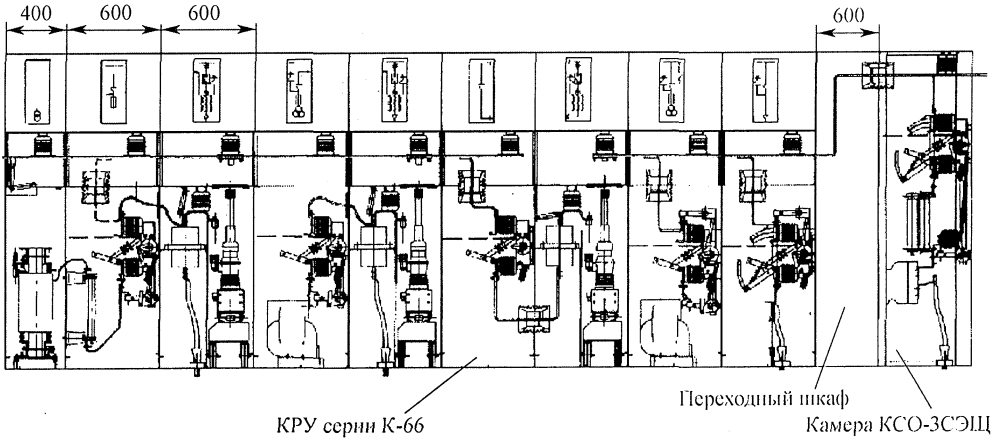



**Рис. 6.3.7.** Распределительное устройство с камерами К-66 и КСО-3СЭЩ

### 6.3.3. Комплектные распределительные устройства прпроизводства ОАО «Московский завод «Электрощит»[1]

Заводом выпускаются КРУ следующих серий:

- двухстороннего обслуживания: К-104 и К-104МС1 на номинальные токи до 1600 А; К-105 и К-105С1[2] на номинальные токи 2000—3150 А;
- одностороннего обслуживания: К-XXVI на номинальные токи до 1600 А; К-XXVII на номинальные токи 2000—3150 А.

КРУ имеют исполнение У3 по ГОСТ 15150, одинаковые габаритные размеры, жесткую конструкцию, в которую встроены токоведущие части (сборные шины и отпайки), трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и др. В верхней части камер устанавливаются релейные шкафы со встроенной аппаратурой РЗиА, управления, измерения, сигнализации, клеммниками и цепями вторичных соединений. На выкатных тележках размещены выключатели, трансформаторы напряжения и др. По требованию заказчика в поставку могут входить: шинные вводы для ближнего и дальнего ряда секций КРУ; шинные мосты между секциями КРУ при двухрядном расположении камер; навесные релейные шкафы, устанавливаемые вне шкафов КРУ.

**Комплектные распределительные устройства серии К-104М и К-104МС1.** Технические характеристики камер приведены в табл. 6.3.1, технические характеристики выключателей — в табл. 6.3.9, схемы первичных соединений камер представлены в табл. 6.3.10. Основное конструктивное отличие камер К-104М и К-104МС1 от камер К-63, К-61М — размещение сборных шин в нижней части камеры. Конструкция камер с шинными и кабельными вводами показана на рис. 6.3.8—6.3.10, варианты размещения камер К-104М в помещении РУ приведены на рис. 6.3.11, 6.3.12.

Дуговая защита отсека сборных шин камер выполнена с помощью дугоуловителей и клапанов разгрузки с концевыми выключателями, установленными по торцам секций КРУ. При открывании клапанов разгрузки контакты концевых выключателей подают сигнал на отключение выключателей ввода. Кроме того, предусмотрена фототиристорная дуговая защита. Фототиристоры устанавливаются в отсеке выключателя (трансформатора напряжения) и в линейном отсеке. Для защиты сборных шин фототиристоры устанавливаются в каждой третьей камере в отсеке сборных шин. При срабатывании фототиристорной защиты сигнал подается на отключение выключателя камеры или вводного (при срабатывании в отсеке сборных шин).

---

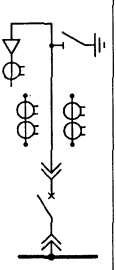
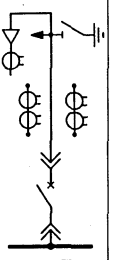
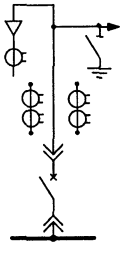
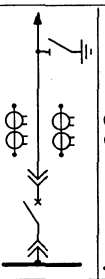
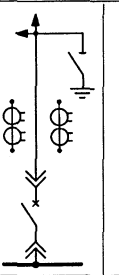
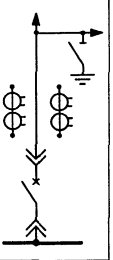
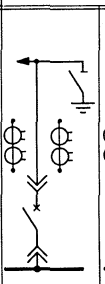
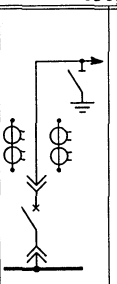
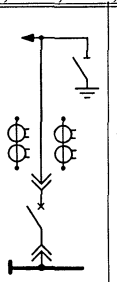
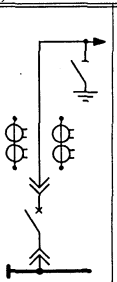
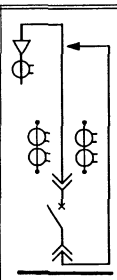
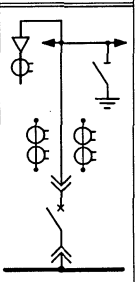
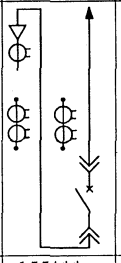
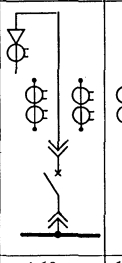
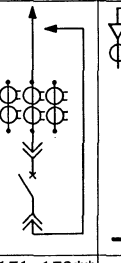
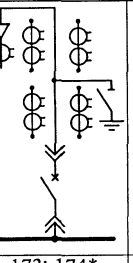
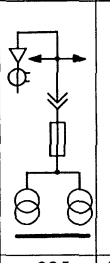
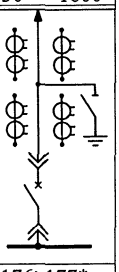
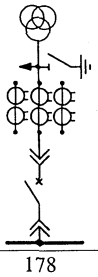
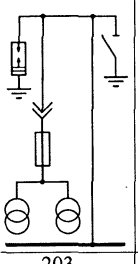
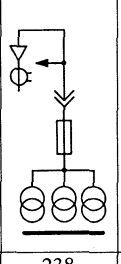
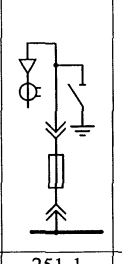
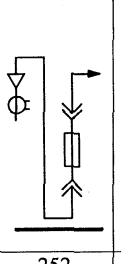
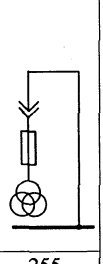
[1] Источник. ОАО «Московский завод «Электрощит». Устройства комплектные распределительные (КРУ) внутренней установки напряжением 6 и 10 кВ. Техническая информация. Изд-е 3-е, дополненное. Москва, 2003.

[2] Буква С в обозначении означает сейсмостойкое исполнение.

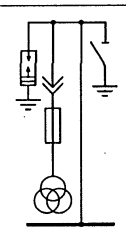
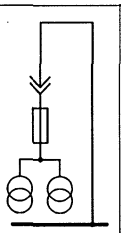
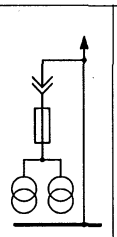
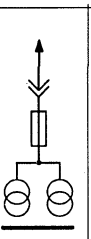
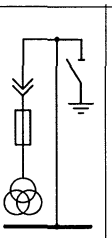
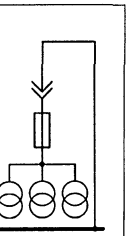
*Таблица 6.3.9.* **Технические характеристики выключателей, устанавливаемых в камерах К-104М и К-104МС1**

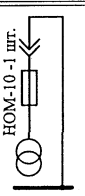
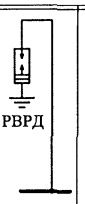
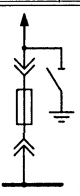
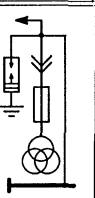
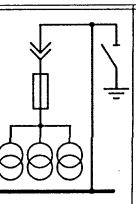
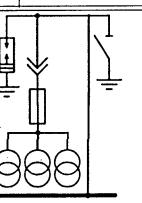
| Тип | Завод-изготовитель | Номинальное напряжение, кВ | Номинальный ток, кА | Номинальный ток отключения, кА | Ток электродинамической стойкости, кА | Номинальное напряжение привода, В | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | постоянное | переменное |
| **Элегазовые** | | | | | | | |
| **HD4/GT** 12.06.20 | ООО «АББ Мосэлектрощит» | 10 | 630 | 20 | 51 | 110; 220 | 220 |
| **HD4/GT** 12.12.20<br>**HD4/GT** 12.12.32<br>**HD4/GT** 12.12.40 | ООО «АББ Мосэлектрощит» | 10 | 1250 | 20<br>31,5<br>40 | 51<br>81<br>128 | 220 | 220 |
| $LF_2$ | Шнейдер-Электрик | 6, 10 | 630; 1250; 1600 | 40; 50 | 100; 125 | 110; 220 | 220 |
| ВГП-6 | ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саратов | 6 | 630; 1600 | 40 | 100 | 110; 220 | 220 |
| **Вакуумные** | | | | | | | |
| ВБПВ-10 | АО «Электрокомплекс», г. Минусинск | 10 | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 | 50; 80 | 110; 220 | 220 |
| ВВЭ-10 | АО «Электрокомплекс», г. Минусинск | | | | | | — |
| ВБЧЭ-10 | АО «Энергетики и экологии» (ЭНЭКО) | | | | | 220 | 220 |
| ВБЭК-10 | ГНПП «Контакт», г. Саратов | | | | 50 | 110; 220 | 220 |
| ВБКЭ-10 | НТЭАЗ, г. Нижняя Тура | | | | 50; 80 | 220 | 220 |
| ВВ/TEL | Таврида Электрик | 10 | 630;1000; 800; 1600 | 12,5; 20 | 50 | 220 | 220 |
| ЭВОЛИС | Шнейдер-Электрик | 6; 10 | 630;1250; 1600 | 25; 31,5 | 64; 80 | 110; 220 | 110; 220 |
| ВБТЭ-М-10 | ОАО Уфимский завод «Электроаппарат», г. Уфа | 10 | 630; 1600 | 20 | 51 | 220 | — |
| **Маломасляные** | | | | | | | |
| ВКЭ-М-10 | НТЭАЗ, г. Нижняя Тура | 10 | 630;1000; 1600 | 20; 31,5 | 50; 80 | 110; 220 | — |

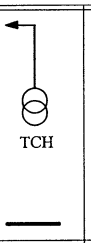
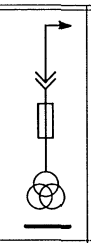
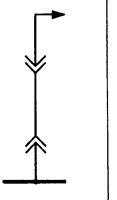
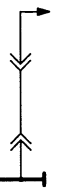
*Таблица 6.3.10.* **Схемы первичных соединений камер К-104М и К-104МС1**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 101; 102* | 103; 104* | 105; 106* | 110; 111* | 112; 113* | 114; 115* |
| Номинальный ток, А | 630; 1000; 1250; 1600 | | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 122; 123* | 124; 125* | 126; 127* | 128; 129* | 144; 146** | 148; 149* |
| Номинальный ток, А | 630; 1000; 1250; 1600 | | | | 630 | 630 — 1600 |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 155*** | 160 | 171; 172** | 173; 174* | 225 | 176; 177* |
| Номинальный ток, А | 630 | | 630 — 1600 | 1000 — 1600 | 630 — 1600 | 1000 — 1600 |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 178 | 203 | 238 | 251-1 | 252 | 255 |
| Номинальный ток, А | 1000; 1600 | – | 1000 — 2000 | – | | |

*Окончание табл. 6.3.10*

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 261-1 | 263 | 263-1 | 265 | 269 | 272 |
| Номинальный ток, А | - | | 1000 – 2000 | - | | - |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 274 | 275 | 282-1 | 284; 285** | 292 | 297 |
| Номинальный ток, А | - | | | 630 — 1600 | - | - |

| Схема главных цепей |  |  | |  | |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 302; 303** | 305; 306** | 428 | 602; 603** | 506; 507** | 630; 631 |
| Номинальный ток, А | - | | 1600 —2000 | 630 — 1600 | | |

Примечания:

1. Номинальные токи сборных шин: 1000; 1600; 2000; 2500 А.
2. Более подробная сетка схем приводится заводом-изготовителем.
3. Максимальное число подключаемых кабелей в схемах (n):

| Номер схемы | 101 — 105 | 144; 146 | 144; 146 | 144; 146 | 155; 160 |
|---|---|---|---|---|---|
| n | 4(3×240) | 2(3×240) | 2(3×240) | 4(3×240) | 2(3×240) |
| Номер схемы | 173 — 174-2 | 175 | 225 — 238 | 251; 251-1; 252; 253; 281 | |
| n | 4(3×240) | 2(3×240) | 4(3×240) | 2(3×240) | |
| Номер схемы | 292-2; 293; 294 | 299 | 308 | 318 | |
| n | 4(3×240) | 2(3×240) | 4(3×240) | 1(3×240) | |
| Номер схемы | 430; 432; 501 – 520; 605; 635; 636; 648; 648-1 | | | ГТЭС-4 | |
| n | 4(3×240) | | | 3(3×240) | |

* Камера с трансформаторами тока в трех фазах.

** Камера с выводом шин вправо (влево).

*** Кабельный ввод сверху не изготовляется.

*Таблица 6.3.11.* **Размеры камер серии К-104М**

| Размер | Значение размера, мм | Номер рисунка |
|---|---|---|
| Ширина | 750 | 6.3.7; 6.3.8 |
| $L$ | 1150 | Для камер с маломасляными и вакуумными выключателями: 6.3.7, *а*; 6.3.8; 6.3.9 |
| | 1265 | Для камер с элегазовыми выключателями VF: 6.3.7, *а*; 6.3.8; 6.3.9 |
| | 1365 | Для камер с элегазовыми выключателями $VF_2$: 6.3.7, *а*; 6.3.8; 6.3.9 |
| $L_1$ | 1305 | Для камер с маломасляными и вакуумными выключателями: 6.3.7, *б* |
| | 1435 | Для камер с элегазовыми выключателями VF: 6.3.7, *б* |
| | 1525 | Для камер с элегазовыми выключателями $VF_2$: 6.3.7, *б* |
| $L_2$ | 2100 | Для камер с маломасляными и вакуумными выключателями: 6.3.9 |
| | 2215 | Для камер с элегазовыми выключателями VF: 6.3.9 |
| | 2305 | Для камер с элегазовыми выключателями $VF_2$: 6.3.9 |
| $H$ | 2200<br>2230<br>2432<br>2900 | 6.3.8<br>6.3.7, *б*<br>6.3.9<br>6.3.7, *а* |

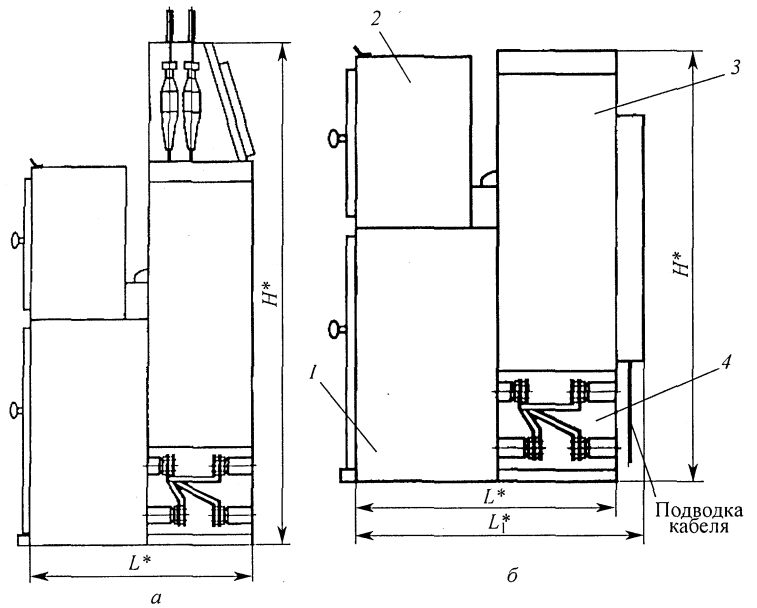



**Рис. 6.3.8.** Камеры К-104М с кабельными вводами: *а* — сверху камеры; *б* — снизу камеры; *1*, *4* — отсеки сборных шин; *2* — релейный шкаф; *3* — линейный отсек

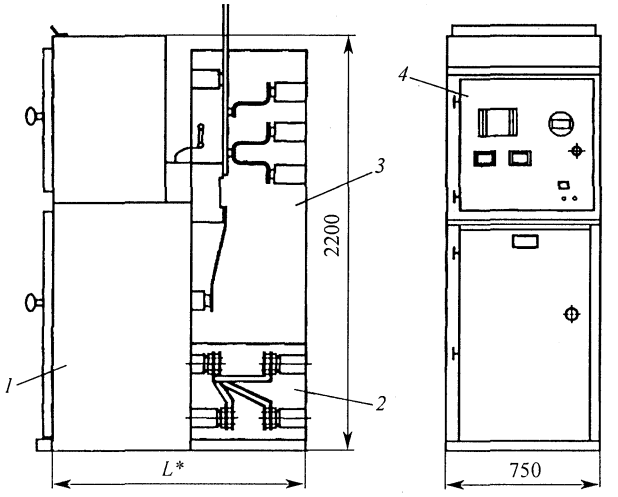



**Рис. 6.3.9.** Камера К-104М с выключателем и шинным вводом сверху: *1, 2* — отсеки сборных шин; *3* — линейный отсек; *4* — релейный шкаф

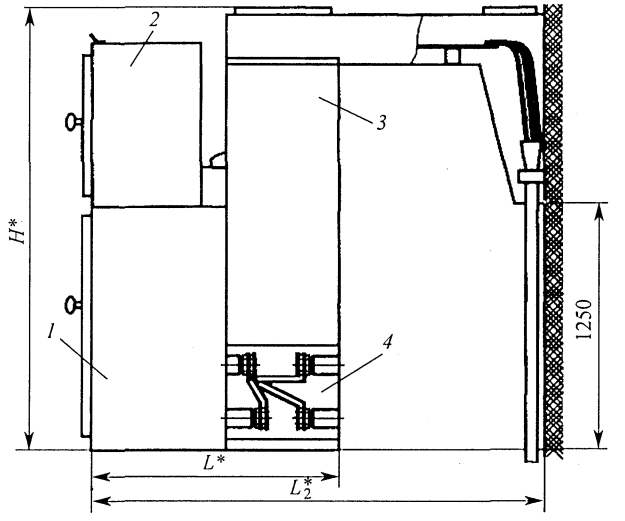



**Рис. 6.3.10.** Камера К-104М с выключателем и кабельным вводом вне камеры: *1* — отсеки сборных шин; *2* — релейный шкаф; *3* — линейный отсек

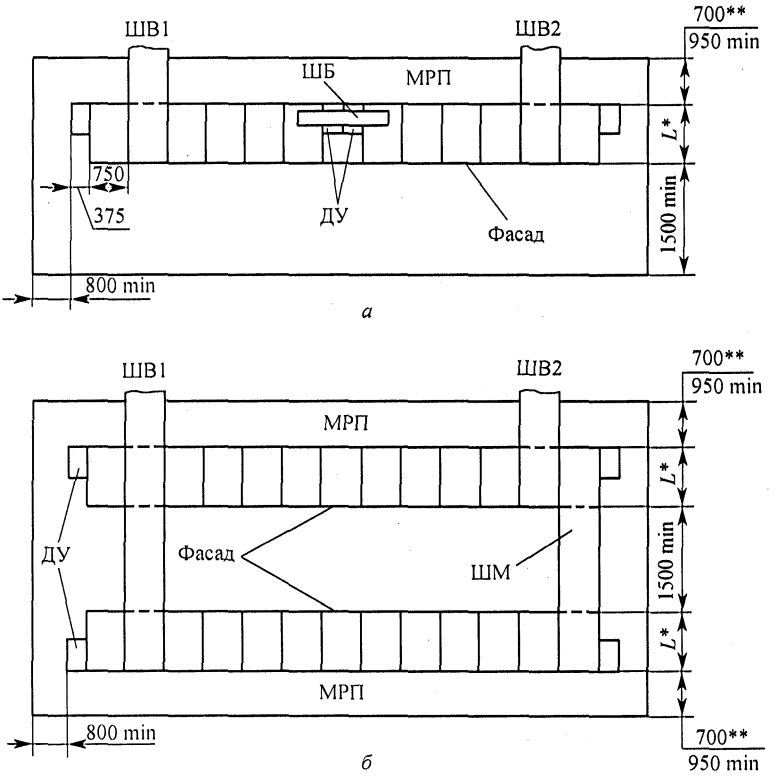



**Рис. 6.3.11.** Варианты размещения камер серии К-104М в помещении РУ: *а* — однорядное; *б* — двухрядное; *ДУ* — дугоуловители; *МРП* — монтажно-ремонтный подход; *ШВ* — шинные вводы; *ШМ* — шинный мост

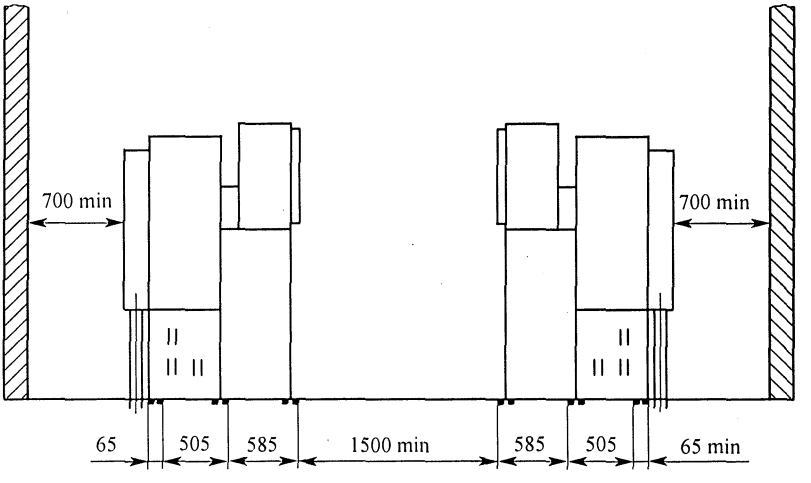



**Рис. 6.3.12.** Двухрядное размещение камер К-104М с кабельными вводами снизу камеры

**Камеры К-104М специального назначения:**

- для трансформаторных подстанций с трансформаторами мощностью до 630 кВ·А;
- для газотурбинных электростанций мощностью от 1,5 до 9,5 МВ·А;
- с R-C цепями, предназначен для защиты от перенапряжений в сетях 6 и 10 кВ;
- с трансформаторами собственных нужд мощностью 40 кВ·А напряжением 6 и 10 кВ; с низковольтной аппаратурой.

**Комплектные распределительные устройства серии К-105 и К-105С1** предназначены для ввода и секционирования в распределительных устройствах 6 и 10 кВ с камерами К-104М при токах нагрузки, превышающих 1600 А (но не более 3150 А). Данная серия камер применяется также для отходящих линий при токах нагрузки более 1600 А. Основные технические характеристики камер приведены в табл. 6.3.1, параметры выключателей, встраиваемых в камеры К-105 и К-105С1, — в табл. 6.3.13, габаритный чертеж представлен на рис. 6.3.13, схемы первичных соединений камер — в табл. 6.3.14. На рис. 6.3.14 показано двухрядное расположение камер серии К-105 с камерами К-104М в помещении РУ.

*Таблица 6.3.12.* **Технические характеристики выключателей, устанавливаемых в камерах К-105 и К-105С1**

| Тип | Номинальное напряжение, кВ | Номинальный ток, кА | Номинальный ток отключения, кА | Ток электродинамической стойкости, кА | Номинальное напряжение привода, В | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | постоянное | переменное |
| **Элегазовые** | | | | | | |
| HD4/GT12.32.40 | 12 | 3150 | 40 | 128 | 220 | 220 |
| $LF_3$ | 6, 10 | 2500; 3150 | 31,5; 50 | 79; 125 | 110; 220 | 110; 220 |
| **Вакуумные** | | | | | | |
| ВВЭ-М-10-3150 | 10 | 3150 | 31,5; 40 | 128 | 220 | — |
| ВБЭ-10 | 10 | 2000; 3150 | 31,5 | 80 | 220 | — |
| ВБЧЭ-10 | 10 | 3150 | 31,5; 40 | 128 | 220 | — |

*Примечание.* Возможна установка других типов выключателей по согласованию с заводом-изготовителем.

*Таблица 6.3.13.* **Размеры камер К-105 и К-105С**

| Размер | Значение размера, мм | Примечание |
|---|---|---|
| $M$ | 1000 | Для камер с элегазовыми выключателями всех типов |
| | 1125 | Для всех остальных выключателей |
| $L$ | 1410 | По основанию |
| $L_1$ | 1450 | По основанию с учетом фасадных дверей |
| $L_2$ | 1480 | По глубине камеры |
| $H$ | 2100 | Корпус камеры |
| $H_1$ | 2340 | — |

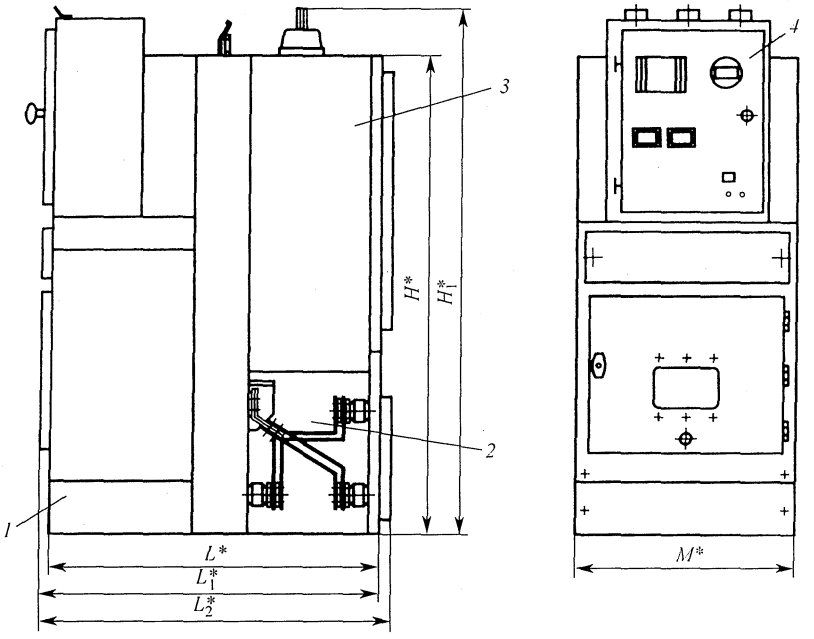



**Рис. 6.3.13.** Камера К-105 шинного ввода с выключателем: *1* — отсек выкатного элемента; *2* — отсек сборных шин; *3* — линейный отсек; *4* — релейный шкаф

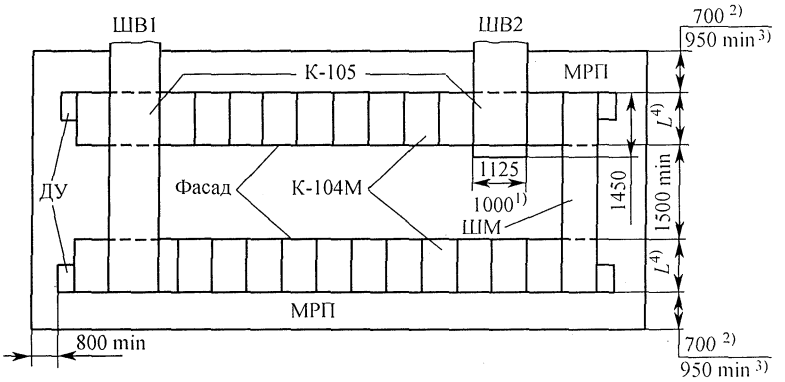
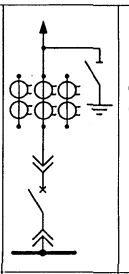
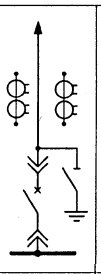
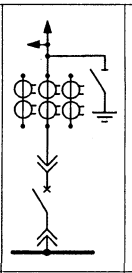
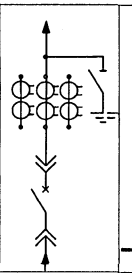
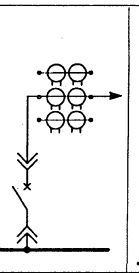
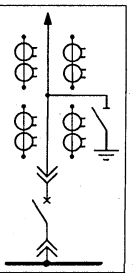
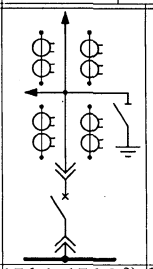
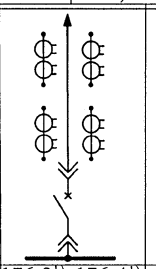
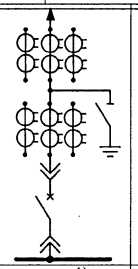
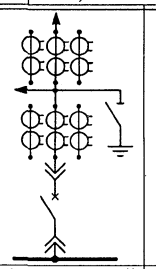
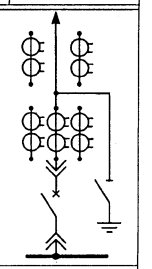
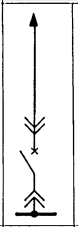
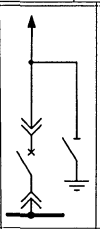
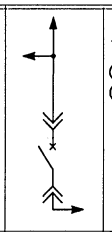
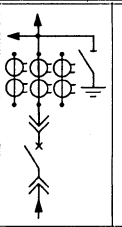
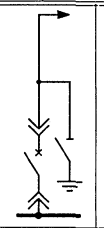
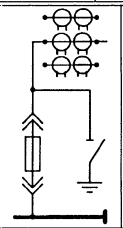
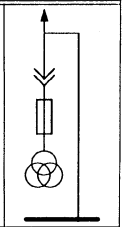
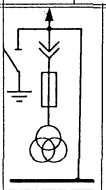
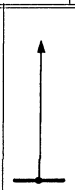
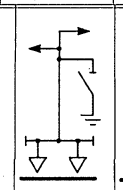
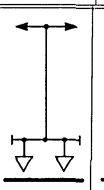
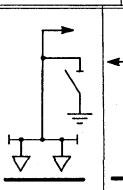
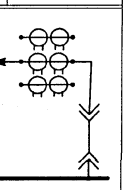



**Рис. 6.3.14.** Двухрядное расположение камер серии К-105 с камерами К-104 в помещении РУ: [1] — размеры для камер серии К-105 с элегазовыми выключателями; [2] — монтажно-ремонтный проход для камер с кабельными вводами снизу камеры; [3] — монтажно-ремонтный проход для камер с кабельными вводами вне камеры; [4] — размеры для камер К-104М; *ДУ* — дугоуловители; *ШВ1, ШВ2* — шинные вводы; *ШМ* — шинный мост; *МРП* — монтажно-ремонтный проход

*Таблица 6.3.14.* **Схемы первичных соединений камер К-105 и К-105С1**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 111 | 111-1[1] | 113, 115[2] | 135 | 136, 137[2] | 176 |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 176-1, 176-2[2] | 176-3[1], 176-4[1] | 177[1] | 177-1, 177-2[1] | 177-3 | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 180 | 181 | 182, 183[2] | 184, 185[2] | 186, 187[2] | 186-1 | 255-1[3] |
| Схема главных цепей |  |  | |  |  |  |  |
| Номер схемы | 269-1[3] | 428[4] | 428-1[5] | 509, 510 | 513 | 515, 516 | 611 |

[1] Камера с элегазовыми выключателями на номинальные токи отключения 31,5 и 40 кА.
[2] Вывод шин вправо (влево). [3] Камеры шириной 750 мм напряжением 6 кВ.
[4] Камеры шириной 750 мм при номинальном токе до 2000 А напряжением 10 кВ, при токе - 3150 А — на напряжение 6 кВ. [5] Камеры шириной 750 мм на напряжение 10 кВ.

*Примечания:* 1. Номинальный ток камер 2000 и 3150 А.
2. Более подробная сетка схем приведена в информации завода-изготовителя.
3. Максимальное количество подключаемых кабелей в схемах (n):

| Номер схемы | 182—185 | 186—187; 255-1; 269-1(2); 428; 428-1 | 509; 510 |
|---|---|---|---|
| n | 10(3×240) | 12(3×240) | 12(3×240) |

| Номер схемы | 511; 512 | 518; 524; 525 | 528; 529 |
|---|---|---|---|
| n | 12(3×240) | 10(3×240) | 12(3×240) |

**Комплектные распределительные устройства серии К-XXVI, К-XXVII одностороннего обслуживания** выпускаются с 1977 г. В камерах этих серий сборные шины расположены в верхнем отсеке. Применение камер одностороннего обслуживания обеспечивает возможность их размещения в помещениях РУ, имеющих меньшую ширину.

Камеры К-XXVI выпускаются на токи до 1600 А. Камеры К-XXVII предназначены для ввода и секционирования в распределительных устройствах с камерами К-XXVI при токах, превышающих 1600 А, но не более 3150 А. Могут применяться также для отходящих линий 6 и 10 кВ при токах нагрузки более 1600 А.

Технические характеристики камер К-XXVI, К-XXVII приведены в табл. 6.3.2, камера отходящей линии представлена на рис. 6.3.15, выкатные элементы с вакуумным выключателем BB/TEL и элегазовым выключателем VF12 показаны на рис. 6.3.16, однорядное и двухрядное расположение камер — на рис. 6.3.17. Параметры используемых выключателей даны в табл. 6.3.15. Схемы первичных соединений камер К-XXVI и К-XXVII — в табл. 6.3.16, 6.3.17. Вариант стыковки камер серии К-XXVII с камерами серии К-XXVI представлен на рис. 6.3.18, вариант двухрядного расположения камер К-XXVII с камерами серии К-XXVI в одном помещении РУ показан на рис. 6.3.19.

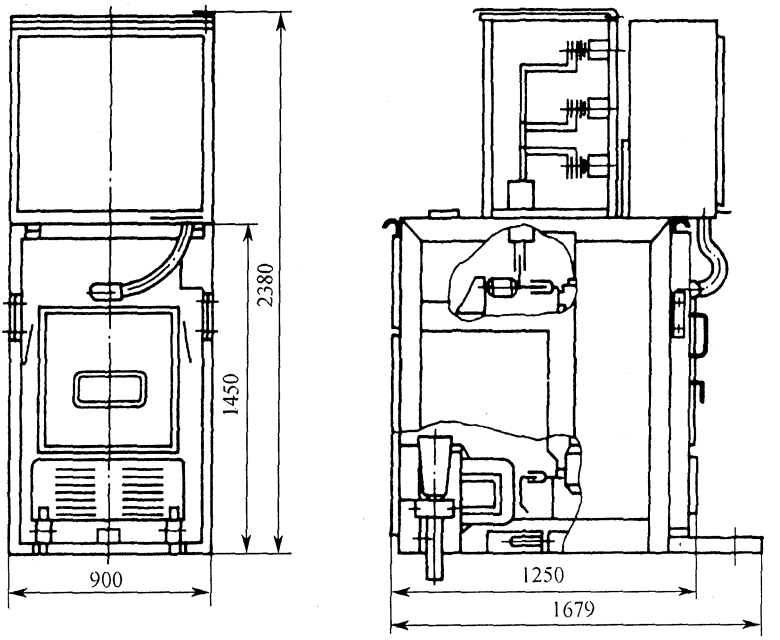



**Рис. 6.3.15.** Камера отходящей линии КРУ серии К-XXVI

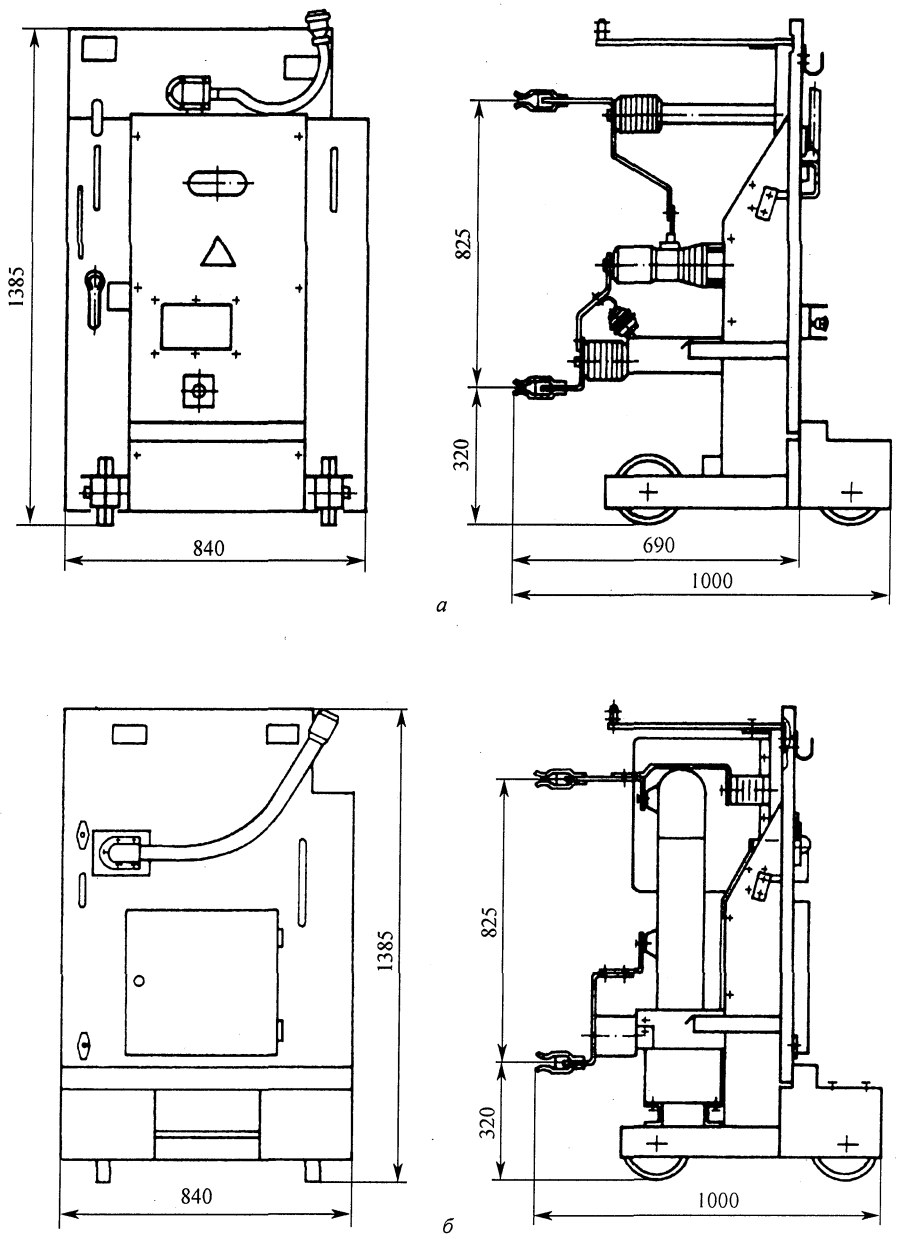



**Рис. 6.3.16.** Выкатные элементы камер серии K-XXVI с вакуумным выключателем BB/TEL (*а*) и с элегазовым выключателем UF12 (*б*)

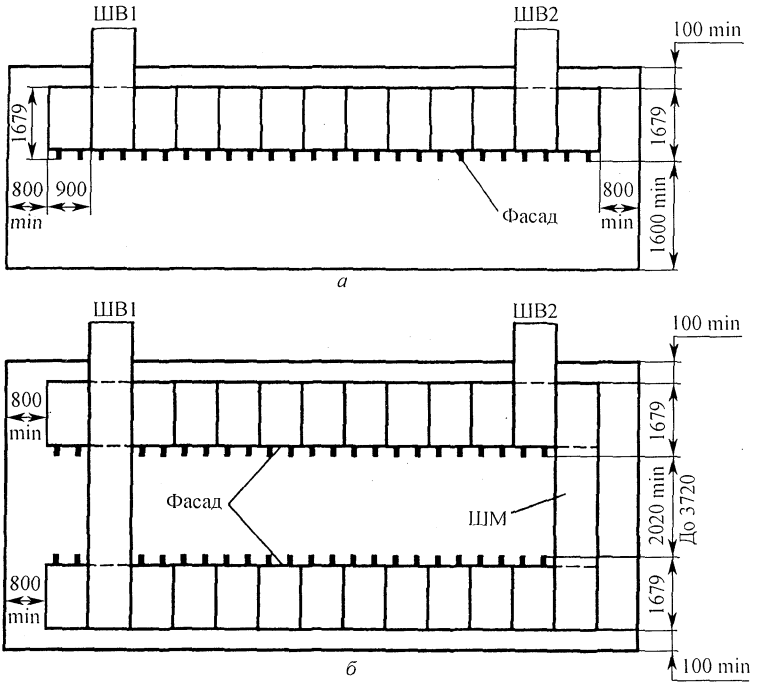


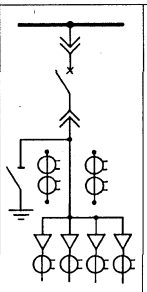
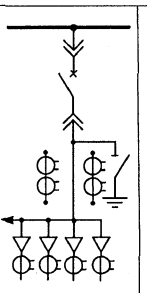
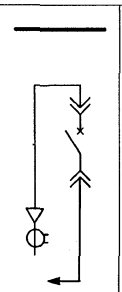
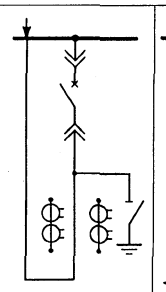
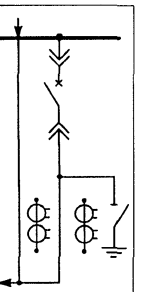

**Рис. 6.3.17.** Варианты размещения камер серии К-XXVI в помещении РУ: *а* — однорядное; *б* — двухрядное; *ШВ* — шинные вводы; *ШМ* — шинный мост между двумя рядами камер

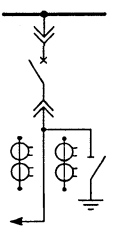
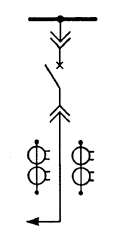
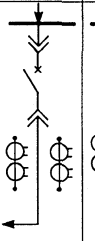
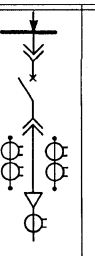
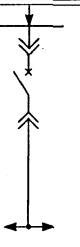
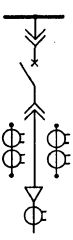
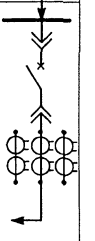
*Таблица 6.3.15.* **Технические характеристики выключателей, устанавливаемых в камерах К-XXVI, К-XXVII**

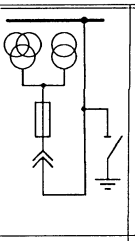
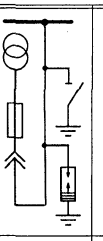
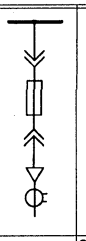
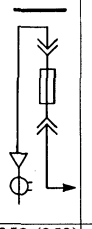
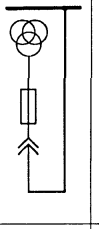
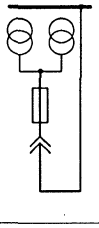
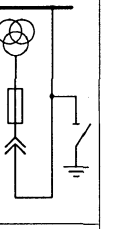
| Тип | Номинальное напряжение, кВ | Номинальный ток, кА | Номинальный ток отключения, кА | Ток электродинамической стойкости, кА | Номинальное напряжение привода, В | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | постоянное | переменное |
| **К-XXVI элегазовые** | | | | | | |
| VF-12 | 10 | 630; 1250; 1600 | 16; 20; 31,5 | 40; 50; 80 | 220 | 220 |
| **К-XXVI вакуумные** | | | | | | |
| ВБЭС-10 | 10 | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 | 50 | 220 | 220 |
| ВВТЭ-М-10 | | | | 50; 80 | | |
| ВБЧЭ-10 | | | | 80 | | |
| ВВ/TEL | | | 20 | 50 | | |
| ВБЭ-10 | 10 | 2000; 3150 | 31,5 | 80 | 220 | — |
| ЭВОЛИС | 6; 10 | 630; 1250; 1600 | 25; 31,5 | 64; 80 | 110; 220 | 110; 220 |
| **К-XXVI маломасляные** | | | | | | |
| ВМПЭ-10 | 10 | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 | 50; 80 | 220 | — |
| **К-XXVII маломасляные** | | | | | | |
| ВМПЭ-10 | 10 | 3150 | 31,5 | 80 | 220 | — |

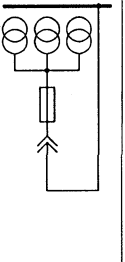
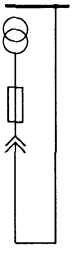
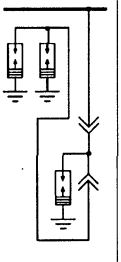
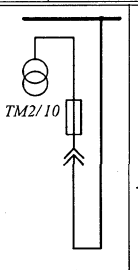
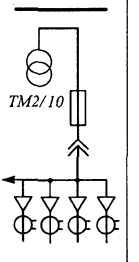
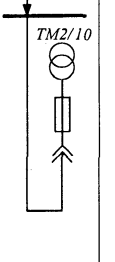
*Примечание.* Возможна установка других типов выключателей по согласованию с заводом-изготовителем.

*Таблица 6.3.16.* **Схемы первичных соединений камер К-XXV1**

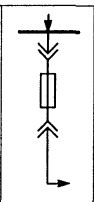
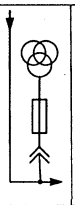
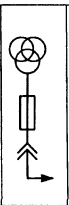
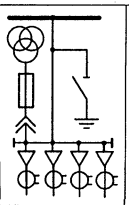
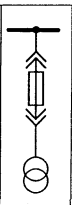
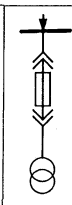
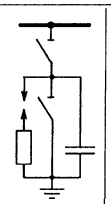
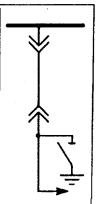
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 101; 102* | 103; 104* (105; 106*) | 108 (109) | 110; 111* | 112; 113* (114; 115*) |
| Номинальный ток, А | 630; 1000; 1600 | | 630 | | |

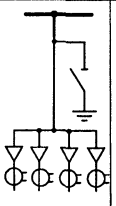
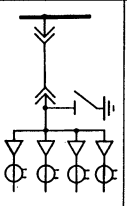
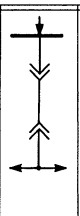
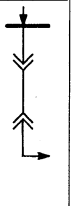
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 122; 123* (124; 125*) | 126; 127* (128; 129*) | 152; 153* | 154 | 159 | 160 | 167 (168) |
| Номинальный ток, А | 630; 1000; 1600 | | | 630 | 630—1600 | 630 | 630—1600 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 201 | 202 | 251 | 252 (253) | 255 | 263 | 269 |
| Номинальный ток, А | - | - | - | 630 | - | - | - |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |   |   |   |
| Номер схемы | 272 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 |
| Номинальный ток, А | - | - | - | - | 630—1600 | - |

*Окончание табл. 6.3.16*

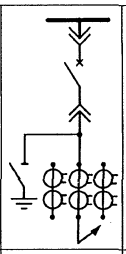
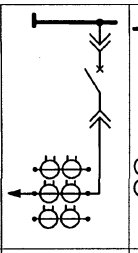
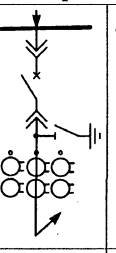
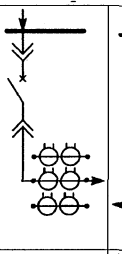
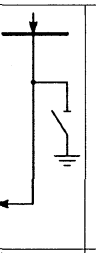
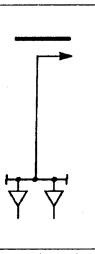
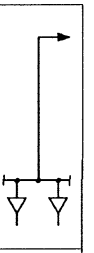
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 279 (280) | 288 (289) | 290 (291) | 295 | 301 | 302 | 304 | 602(603) |
| Номинальный ток, А | - | 630—1600 | - | 630—1600 | Трансформатор до 63 кВ·А | | 6 и 10 кВ | 630—1600 |

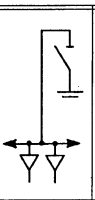
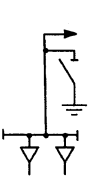
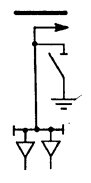
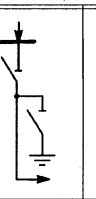
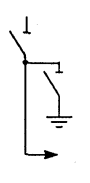
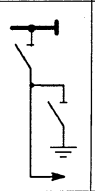
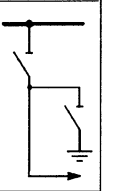
| Схема главных цепей |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 501 | 604 | 632 | 633(634) |
| Номинальный ток, А | 630—1600 | | | |

*Трансформаторы тока устанавливаются в трех фазах.

**Камеры, указанные в скобках, выпускаются с выводом шин вправо.

*Таблица 6.3.17.* **Схемы главных цепей шкафов КРУ серий К-XXVII**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 119 | 127(129) | 140 | 138 (139) | 419(420) | 504(505) | 507(508) |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 513 | 515 (516) | 517(518) | 637 (638) | 639 (640) | 641 (642) | 643 (644) |

*Примечания:* 1. Камеры, указанные в скобках, выпускаются с выводом шин влево (вправо).
2. Номинальный ток камер 2000, 3150 А.

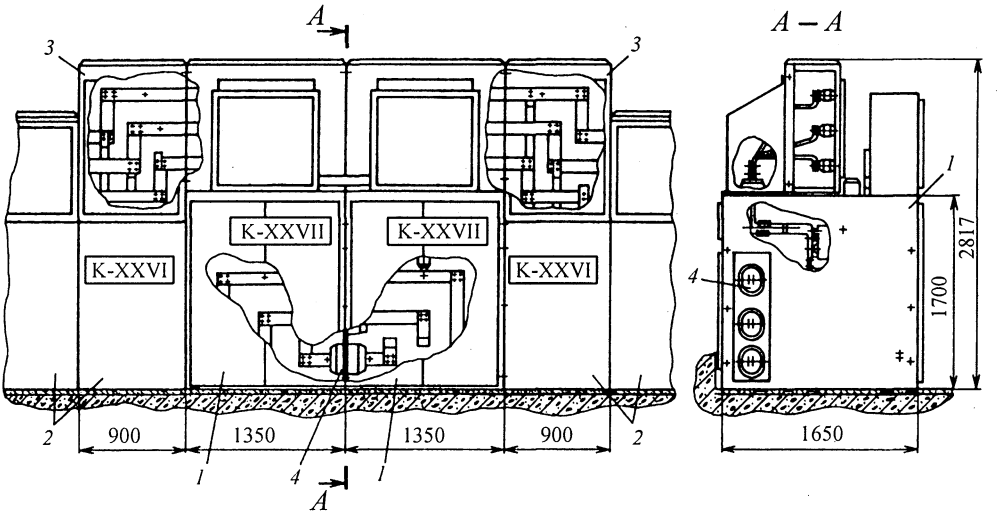



**Рис. 6.3.18.** Вариант стыковки камер серии K-VII с камерами K-VI: *1* — камеры серии K-VII; *2* — камеры серии K-VI; *3* — отсек сборных шин; *4* — трансформаторы тока

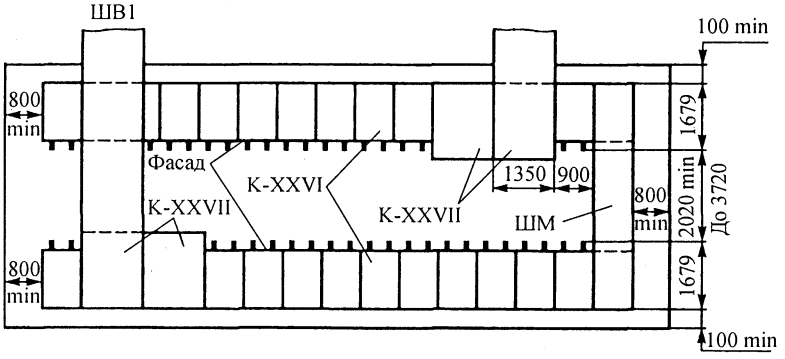



**Рис. 6.3.19.** Вариант двухрядного размещения камер серии K-XXVII с камерами серии K-XXVI: *ШВ* — шинные вводы на секцию шин; *ШМ* — шинный мост между двумя рядами камер

**Комплектные распределительные устройства серии K-XXVIM.** Камеры данной серии отличаются от камер K-XXVI меньшими габаритными размерами и массой, что достигнуто применением в качестве основного коммутационного аппарата вакуумного выключателя типа ВБ-10/20/1600 УХЛ2. Другие типы выключателей не применяются. Основные технические характеристики камер K-XXVIM приведены в табл. 6.3.17. Схемы первичных соединений аналогичны схемам камер K-XXVI.

Камеры серии K-XXVIM устанавливаются непосредственно без переходных шкафов с камерами K-XII, K-XXVI, K-XXVII. В камерах K-XXVIM могут быть предусмотрены любые виды защит: электромеханические реле, микропроцессорные терминалы типа Сириус, SEPAM, SPAC, Темп-2501, БМРЗ и др. по согласованию с заказчиком.

*Таблица 6.3.17.* **Технические характеристики камер К-XXVIM**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6; 10 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 7,2; 12 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630; 1000; 1600 |
| Номинальный ток отключения выключателя, кА | 20* |
| Номинальный трехсекундный ток термической стойкости, кА | 20 |
| Номинальный ток электродинамической стойкости, кА | 50 |
| Габаритные размеры камеры (ширина × глубина × высота), мм | 750 × 1656 × 2500 |
| Масса, кг, не более | 720 |

* Ток термической стойкости заземляющего разъединителя — 20 кА при времени протекания тока 1 с.

### 6.3.4. Комплектные распределительные устройства «Классика» серии D-12P

Совместное российско-польское предприятие «КРУЭЛТА» производит комплектные распределительные устройства «Классика» серии D-12P с вакуумными выключателями BB/TEL. КРУ этой серии применяются в качестве РУ напряжением 10(6) кВ трансформаторных подстанций, в том числе комплектных и контейнерных напряжением 110/35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ, 35/10(6) кВ и 10(6)/0,4 кВ, а также в качестве распределительных пунктов.

КРУ серии D-12P предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- верхнее рабочее (эффективное) значение температуры окружающего воздуха не выше плюс 45 °С;
- нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха не ниже минус 25 °С;
- тип окружающей среды — II по ГОСТ 15150—69.

При необходимости применения КРУ в помещениях с температурой окружающего воздуха ниже минус 25 °С в шкафах КРУ предусматривается установка антиконденсатных нагревательных элементов, обеспечивающих нормальные температурные условия работы комплектующей аппаратуры. Нагревательные элементы включаются автоматически при понижении температуры ниже минус 25 °С.

**Отличительные особенности:**

- оригинальная конструкция, обеспечивающая легкий доступ к оборудованию;
- широкий диапазон рабочих параметров (токи от 630 до 4000 А, токи короткого замыкания до 50 кА);

- в сетке схем первичных соединений предусмотрены: камера с конденсаторной батареей для компенсации реактивной мощности и камера отходящей линии с контактором и плавким предохранителем;
- корпус выполнен из высококачественной стали с алюмоцинковым покрытием;
- применена система дуговой защиты с применением концевых выключателей или VAMP (система, реагирующая на вспышку и прирост тока с использованием оптоволокна);
- продуманная система блокировок.

**Основная встраиваемая аппаратура:**

- контакторы V-7, V-12;
- выключатели нагрузки NAL, NALF;
- вакуумные выключатели: BB/TEL (630—1600 А, «Таврида Электрик»), VD4 (630—3150 А, «ABB»), EVOLIS (630—2500 А, «Schneider Electric»), HVX, ECA (4000 А, «ALSTOM»);
- заземлители UWEa, UMR («ELEKTROBUDOWA»);
- измерительные трансформаторы тока и напряжения (по требованию заказчика);
- ограничители перенапряжений ОПН/TEL («Таврида Электрик»);
- микропроцессорные устройства РЗиА (по требованию заказчика);
- системы дуговой защиты (по требованию заказчика).

Основные технические характеристики и классификация исполнений КРУ серии D-12PR приведены в табл. 6.3.18, 6.3.19, схемы первичных соединений камер — в табл. 6.3.20. Общий вид распределительного устройства с камерами D-12P представлен на рис. 6.3.20.

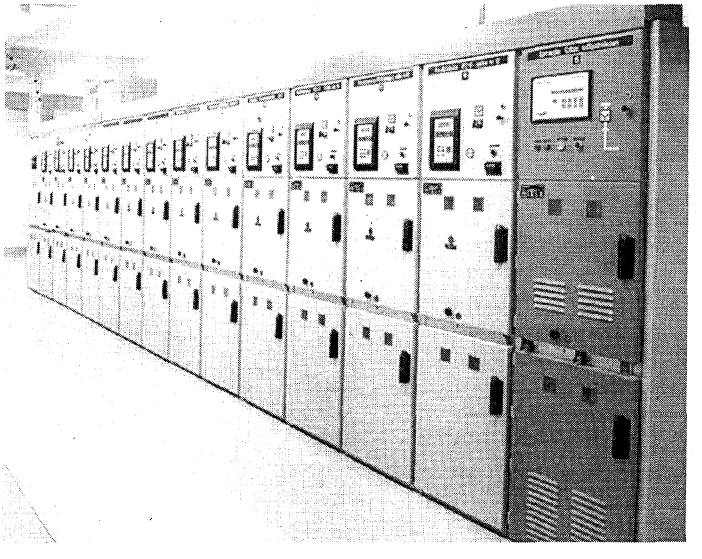


**Рис. 6.3.20.** Комплектное распределительное устройство серии D-12 напряжением 10(6) кВ на базе камер «Классика»

*Таблица 6.3.18.* **Техническая характеристика камер серии D-12P**

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10,0 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 12,0 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630; 1000; 1250; 1600; 2500; 3150; 4000 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630; 1000; 1250*; 1600; 2500*; 3150* |
| Номинальный ток отключения выключателей, встроенных в КРУ, кА | 12,5; 20; 31,5; 40; 50 |
| Ток электродинамической стойкости (амплитуда), кА | До 125 |
| Ток термической стойкости, кА | 20; 31,5; 40; 50 |
| Время протекания тока термической стойкости, с:<br>для главных цепей<br>для заземляющих цепей | <br>3<br>1 |
| Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В | До 220** |
| Габаритные размеры шкафов, мм:<br>ширина<br>глубина<br>высота | <br>600***; 750<br>1300<br>2150; 2320 |
| Масса, кг | От 540 |

* С выключателями VD4 производства компании ABB.

** Любое стандартное напряжение постоянного, переменного или выпрямленного тока.

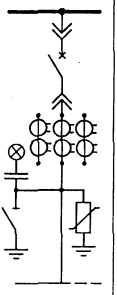
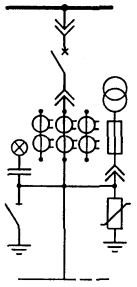
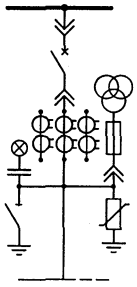
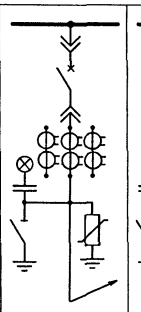
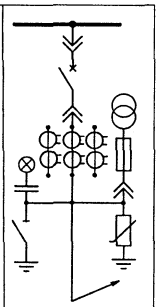
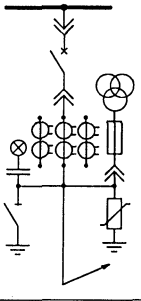
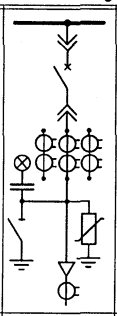
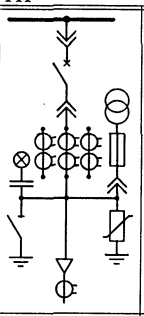
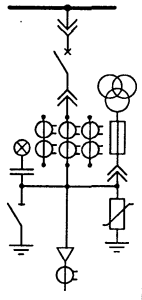
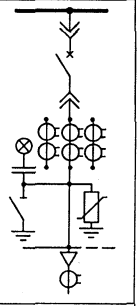
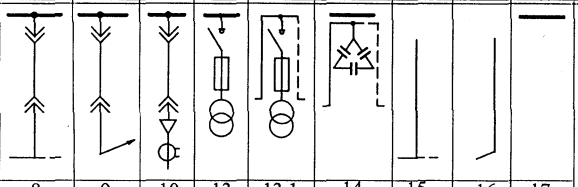
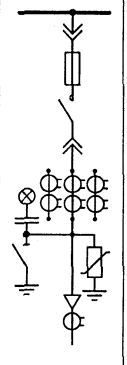
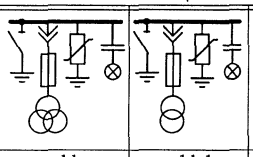
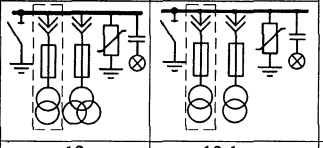
*** Шкафы шириной 600 мм изготавливаются по специальному заказу.

*Таблица 6.3.19.* **Классификация исполнений КРУ серии D-12P**

| Признак классификации | Исполнение |
|---|---|
| Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76 | Нормальный |
| Изоляция | Воздушная |
| Изоляция ошиновки | С неизолированными шинами |
| Вид линейных высоковольтных присоединений | Кабельные и шинные |
| Наличие выдвижных элементов в камерах | С выдвижными элементами<br>Без выдвижных элементов |
| Условия технического обслуживания | Одностороннее<br>Двухстороннее* |
| Оболочка | Сплошная металлическая |
| Степень защиты оболочек по ГОСТ 14254—96 | IP4X |
| Вид управления | Местное, дистанционное, телемеханическое |

* Изготавливаются по специальному заказу.

*Таблица 6.3.20.* **Схемы первичных соединений камер «Классика» серии D-12P**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 1 | 1.1 | 1.2 | 2 | 2.1 |
| Назначение | Ввод (вывод) шинами вправо/влево с ТН | | | Ввод (вывод) шинами сзади с ТН | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 2.2 | 3 | 3.1 | 3.2 | 4 |
| Назначение | То же, что и 2.1 | Ввод (вывод) кабелем снизу с ТН | | | Ввод К снизу вывод Ш вбок |
| Схема главных цепей |  | | | |  |
| Номер схемы | 8 | 9 | 10 | 13 | 13.1 | 14 | 15 | 16 | 17 | |
| Назначение | Секционный разъединитель | | | ТСН | | БК | Приставка для перехода | | ШМ | |
| Схема главных цепей |  | |  | | | | | | | |
| Номер схемы | 11 | 11.1 | 12 | 12.1 | 5 | | | | | |
| Назначение | ЗР с ТН | | ЗР с ТН и опломбированным отсеком учета | | ОЛ с контактором | | | | | |

*Примечание.* В таблице использованы следующие сокращения: Ш — шины; К — кабель; БК — батарея конденсаторов для компенсации реактивной мощности; ШМ — шинный мост; ЗР — заземляющий разъединитель; ОЛ — отходящая линия.

**Конструкция.** Камера разделена на четыре отсека: сборных шин; выдвижного элемента; трансформаторов тока и присоединений, вспомогательных цепей (рис. 6.3.21).

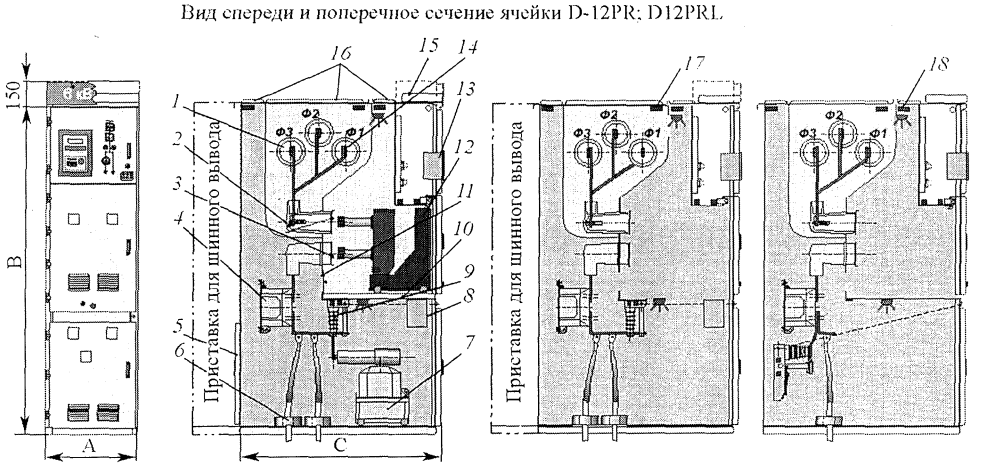



**Рис. 6.3.21.** Камера D-12: *1* — проходные изоляторы сборных шин; *2* — проходные стыковые изоляторы; *3* — подвижные металлические заслонки; *4* — трансформатор тока; *5* — тыльные дверцы (на заказ); *6* — трансформатор тока короткого замыкания; *7* — трансформаторы напряжения на выдвижной конструкции; *8* — привод электрический заземлителя (только D-12PRL); *9* — заземлитель; *10* — перегородка между отсеками; *11* — съемная металлическая перегородка; *12* — выдвижная неотделяемая часть; *13* — аппаратура защиты; *14* — сборные шины; *15* — лоток вторичных цепей; *16* — клапаны безопасности; *17* — концевой выключатель; *18* — оптический датчик (на заказ)

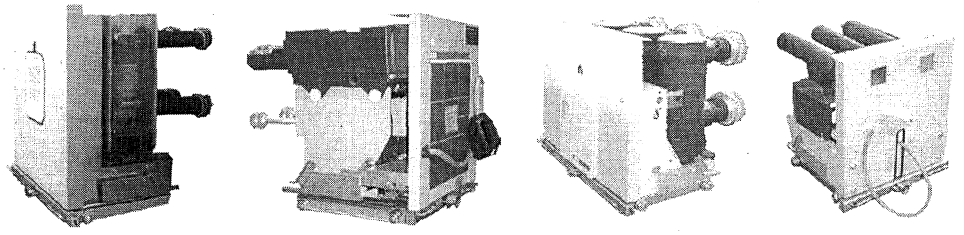
*В отсеке сборных шин* располагаются медные шины, проходные изоляторы и клапаны для сброса избыточного давления с концевыми выключателями.

*В отсеке выдвижного элемента* кроме выдвижного элемента располагаются:

- подвижные металлические шторки, автоматически закрывающиеся при перемещении выдвижного элемента из рабочего положения в контрольное;
- съемная металлическая перегородка, обеспечивающая в случае необходимости доступ в верхнюю часть отсека присоединений;
- клапаны сброса избыточного давления с концевыми выключателями.

Внешний вид выдвижных элементов с различными аппаратами показан на рис. 6.3.22. Вспомогательные цепи выдвижного элемента выведены на один или два 28-контактных штепсельных разъема. В ремонтном положении выдвижной элемент размещается на специальной тележке-подъемнике, входящей в комплект поставки КРУ (рис. 6.3.23).

В шкафах специального исполнения перемещение выдвижного элемента из контрольного положения в рабочее и обратно можно про-



*а* *б* *в* *г*

**Рис. 6.3.22.** Выдвижные элементы с различными типами коммутационных аппаратов: *а* — с выключателем BB/TEL; *б* — с выключателем VD-4; *в* — с секционным разъединителем; *г* — с измерительным трансформатором напряжения

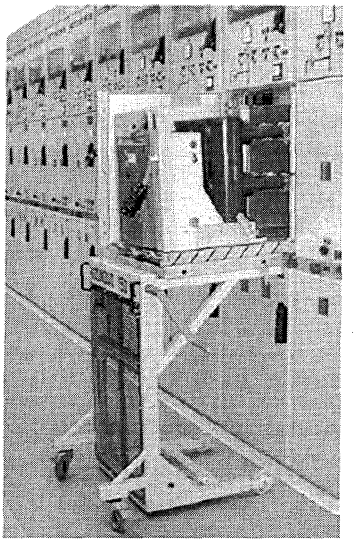


**Рис. 6.3.23.** Тележка-подъемник для перемещения выдвижных элементов

изводить дистанционно с помощью электропривода при закрытых дверцах отсека.

Следует обратить внимание на небольшие размеры выдвижного элемента с выключателем и возможность установки в одной камере двух выдвижных элементов: выключателя и трансформатора напряжения.

*В отсеке трансформаторов тока и присоединений* располагаются заземлитель с ручным или электрическим приводом, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения (установленные стационарно или на выдвижной конструкции), концевые заделки кабелей, клапаны сброса избыточного давления с концевыми выключателями и лампа освещения. Отсек рассчитан на подключение четырех трехжильных кабелей сечением жилы до 240 мм$^2$ или двенадцати одножильных кабелей того же сечения.

*В отсеке вспомогательных цепей* размещаются микропроцессорные, устройства РЗиА, измерительные приборы и другая аппаратура вспомо-

гательных цепей. Вспомогательные цепи могут быть выполнены на постоянном, переменном и выпрямленном оперативном токе.

Схемы вспомогательных цепей шкафов КРУ серии D-12PR разработаны для различных микропроцессорных устройств защиты, управления, автоматики и сигнализации. Цепи учета электроэнергии могут выполняться на электронных или многофункциональных микропроцессорных счетчиках электрической энергии.

### 6.3.5. Комплектное распределительное устройство «NEXIMA» производства компании ОАО «ПО Элтехника»

Комплектные распределительные устройства «NEXIMA» производятся по лицензии французской компании Schneider Electric, прошли все необходимые испытания и соответствуют всем российским требованиям. Камеры представляют собой современную и высоконадежную конструкцию, обеспечивающую:

- надежность и бесперебойность электроснабжения;
- удобство эксплуатации и технического обслуживания: ручные переключения не требуют значительных усилий, на передних панелях выключателя и заземляющего разъединителя нанесены мнемосхемы;
- безопасность обслуживающего персонала. Камеры имеют многоуровневую систему механических и электрических блокировок, исключающих ошибочные действия оператора.

Камеры предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от минус 25 до плюс 40 °С;
- высота над уровнем моря до 1000 м;
- среднесуточная относительная влажность не более 95 %;
- среднемесячная относительная влажность не более 90 %;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли и агрессивных газов или паров, а также соли.

Все металлические поверхности ячеек имеют антикоррозийное покрытие. Внешние поверхности выполняются либо из стального листа с гальваническим покрытием в соответствии с ИСО 3575, либо из оцинкованной стали в соответствии с ИСО 5002. На лицевые панели нанесено эпоксидно-полиэфирное покрытие. Пластиковые элементы выполнены из не поддерживающей горение пластмассы.

Камеры «NEXIMA» разработаны с учетом российских стандартов, требований и условий. Они соответствуют требованиям ГОСТ 14693—90, ГОСТ 14694—76, ГОСТ 12.2.007.0—75, ГОСТ 12.2.007.4—75, а также МЭК 298 и 694, прошли сертификацию в системе сертификации «Энергосерт». Основные технические характеристики камер приведены в табл. 6.3.21.

*Таблица 6.3.21.* **Техническая характеристика КРУ «NEXIMA»**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10,0 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630—1250 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 65 |
| Ток термической стойкости (в течение 3 с), кА | 25 |
| Механический ресурс (операций ВО) | 25 000 |
| Стойкость к внутренней дуге, кА/с | 25 /0,5 |
| Габаритные размеры, мм:<br>высота<br>ширина<br>глубина | <br>2300<br>650<br>1595 |

**Конструкция**. Камера представляет собой заземленный металлический корпус с металлическими перегородками. Перегородки разделяют камеру на следующие отсеки:

- отсек выключателя;
- отсек кабельных присоединений;
- отсек релейной защиты и автоматики;
- отсек сборных шин.

В *отсек выключателя* входят:

- выкатной вакуумный выключатель EVOLIS;
- кассета со скользящим шторочным механизмом и проходными изоляторами;
- низковольтные соединения с релейным отсеком. Выключатель снабжен пружинным приводом с ручным и электрическим управлением.

В *отсек кабельных присоединений* входят:

- присоединения кабелей к шинам;
- узел ввода кабелей;
- трансформаторы напряжения;
- трансформаторы тока;
- заземляющий разъединитель с быстродействующим приводом.

Легкий доступ в отсек обеспечивается либо со стороны передней, либо со стороны задней (по заказу) панели.

В *отсек релейной защиты и автоматики* входят:

- многофункциональный цифровой блок релейной защиты SEPAM 1000+;
- устройства защиты цепей вторичной коммутации;
- устройства контроля и сигнализации;
- вспомогательные контакты, клеммники и разъемы.

Микропроцессорные устройства SEPAM 1000+ в комбинации с трансформаторами тока позволяют управлять и получать всю необходимую информацию о распределительном устройстве через систему диспетчерского управления.

В *отсеке сборных шин* расположены плоские медные шины со скругленными краями. Внутри отсека нет хрупких частей, поэтому обеспечивается высокая надежность сборных шин.

Камеры снабжены разгрузочными клапанами для сброса избыточного давления и продуктов горения в случае возникновения дуги, которые установлены на крыше ячейки (один клапан на каждый высоковольтный отсек). На рис. 6.3.24 показано устройство камеры КРУ «NEXIMA», в табл. 6.3.22 представлены примерные схемы главных соединений.

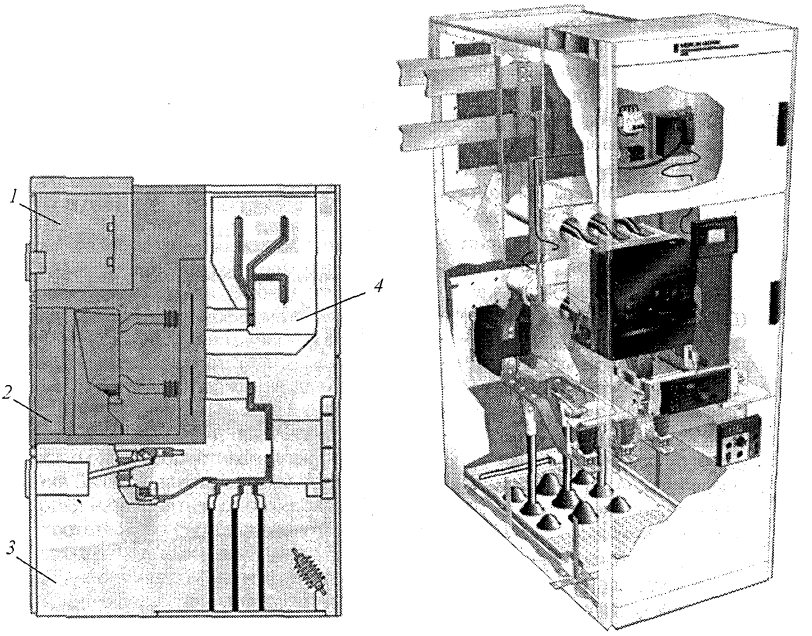
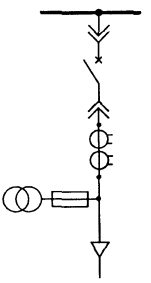
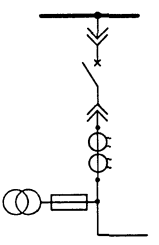
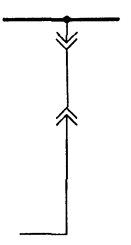
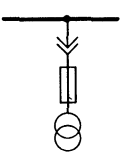



**Рис. 6.3.24.** Устройство камеры КРУ «NEXIMA»: *1* — отсек сборных шин; *2* — отсек выключателя; *3* — отсек кабельных присоединений; *4* — отсек релейной защиты и автоматики

*Таблица 6.3.22.* **Схемы первичных соединений основных камер «Классика» серии D-12P**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|
| Назначение | Ввод или отходящая линия | Секционный выключатель | Секционный разъединитель | Трансформатор напряжения |

## 6.4. Моноблок «Ладога» компании ОАО «ПО Элтехника»

Моноблок «Ладога»[1] — первое российское малогабаритное распределительное устройство 10(6) кВ с элегазовой изоляцией с небольшим числом присоединений, предназначенное для установки на городских и промышленных трансформаторных подстанциях 10(6)/0,4 кВ при любой схеме питания подстанций. Моноблок идеален для применения в ограниченном пространстве: в контейнерных и блочных трансформаторных подстанциях, подстанциях в бетонной оболочке. Распределительные устройства этого типа не нуждаются в техническом обслуживании и успешно работают в условиях агрессивных сред, сильной запыленности, повышенной влажности.

Моноблок «Ладога» обеспечивает высокую безопасность технического обслуживания вследствие:

- полного исключения доступа к высоковольтным токоведущим частям (ошиновка РУ изолирована в металлической емкости, заполненной элегазом);
- наличия механических и электромагнитных блокировок.

Контроль давления элегаза внутри моноблока осуществляется манометром, установленным на лицевой панели.

Моноблок выполняется на два—пять присоединений. Возможность расширения распределительного устройства производится путем простого стыкования моноблоков на уровне сборных шин.

Преимущества:

- высокая безопасность технического обслуживания моноблока;
- отсутствие необходимости технического обслуживания и подкачки элегаза в течение всего срока эксплуатации;
- простота монтажа и подключения кабеля.

**Конструкция.** Моноблок «Ладога» содержит присоединения двух типов: с выключателем нагрузки и выключателем нагрузки в комбинации с предохранителями (используются трехпозиционные элегазовые выключатели нагрузки). В КРУ «Ладога» невозможно выделить отдельные ячейки, так как все коммутационные аппараты и соединяющие их шины размещены в едином металлическом корпусе, заполненном элегазом, что позволяет существенно снизить габаритные размеры изделия.

Конструктивно моноблок разделен на следующие отсеки:

- аппаратов (кожух с элегазовым заполнением);
- приводов коммутационных аппаратов;
- кабельных присоединений;
- вторичных цепей.

Привод выключателей нагрузки снабжен антирефлексным механизмом, препятствующим отключению выключателя нагрузки сразу после

[1] Источник. Моноблок «Ладога» — Европейский стандарт. Новости электротехники. 1(25), 2004.

включения. На кабельных присоединениях установлены стационарные указатели наличия напряжения. Предусмотрены механические указатели положения подвижных контактов. Технические характеристики моноблока «Ладога» приведены в табл. 6.4.1, общий вид и устройство моноблока показаны на рис. 6.4.1, 6.4.2.

*Таблица 6.4.1.* **Технические характеристики моноблока «Ладога»**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6,0; 10,0 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 400; 630 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630 |
| Ток термической стойкости (в течение 3 с), кА | 16; 20 |
| Ток термической стойкости (в течение 1 с), кА | 25 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 40; 50; 63 |
| Электрическая прочность изоляции, кВ:<br>при испытательном напряжении промышленной частоты 50 Гц в течение 1 мин<br>грозовой импульс 1,2/50 мкс | <br>42<br>75 |
| Номинальный ток плавкой вставки, А | До 200 |
| Степень защиты высоковольтных вводов/выводов и предохранителей | IP65 |
| Степень защиты механизмов приводов | IP21 |

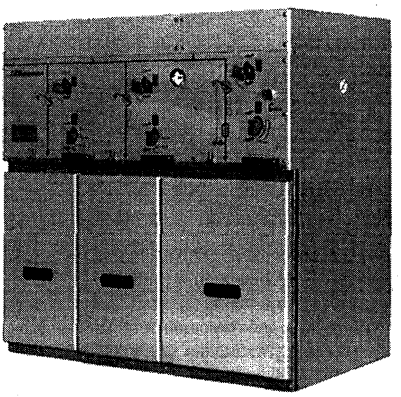


**Рис. 6.4.1.** Моноблок «Ладога»

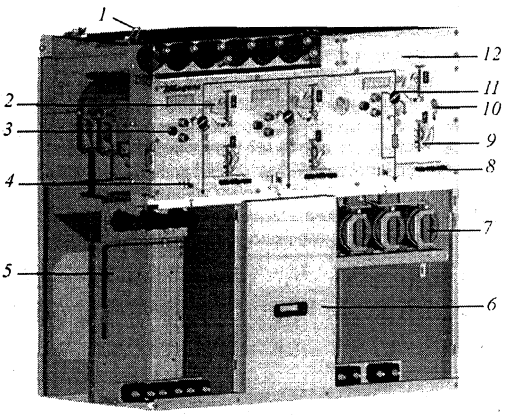



**Рис. 6.4.2.** Устройство моноблока «Ладога»: *1* — проушины для транспортировки; *2* — гнездо ручного оперирования заземляющим разъединителем; *3* — кнопки включения-отключения выключателя нагрузки (по отдельному заказу); *4* — рычаг блокировки двери отсека кабельных присоединений; *5* — отсек кабельных присоединений; *6* — низковольтный отсек; *7* — механический индикатор положения главных контактов; *8* — отключение выключателя защиты трансформатора; *9* — гнездо ручного оперирования выключателем; *10* — указатели наличия напряжения; *11* — держатели предохранителей; *12* — съемная дверь в кабельный отсек

## 6.5. Комплектные распределительные устройства наружной установки напряжением 10(6) кВ

Комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) предназначены для приема и распределения электрической энергии переменного трехфазного тока промышленной частоты.

Все КРУН можно разделить:

- на КРУН, предназначенные для комплектования распределительных устройств напряжением 10(6) кВ подстанций, включая комплектные трансформаторные подстанции 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ;
- на отдельно стоящие ячейки, предназначенные для установки в сетях карьеров;
- на отдельно стоящие ячейки и пункты секционирования, предназначенные для секционирования воздушных линий с односторонним и двухсторонним питанием, для плавки гололеда, для сетевого резервирования.

### 6.5.1. КРУН для комплектования распределительных устройств

**Комплектные распределительные устройства наружной установки К-59**[1] Самарского завода «Электрощит» выпускаются в климатическом исполнении и категории размещения У1 и ХЛ1.

В качестве коммутационных аппаратов применяются вакуумные выключатели разных типов, предусмотрена возможность установки элегазовых выключателей. Технические характеристики КРУ серии К-59У1 и К-59ХЛ1 приведены в табл. 6.5.1, параметры встраиваемых выключателей, измерительных трансформаторов тока и напряжения, трансформаторов собственных нужд даны в табл. 6.5.2—6.5.5.

В камерах могут устанавливаться:

- датчик трансформаторный ТДЗЛК-0,66 У3;
- датчик тока нулевой последовательности ТДЗЛВ-10 (первичный ток однофазного замыкания — не более 30 А);
- устройство для определения поврежденного присоединения при однофазных замыканиях на землю УСЗ-3С;
- разрядник вентильный РВО-6(10) У1;
- разрядник вентильный с магнитным гашением РВРД-6(10) У1;
- ограничители перенапряжений: ОПНп-6/17,3 У3; ОПНп-10/29 У3; ОПН-КС/TEL-6/6,0 УХЛ2; ОПН-КС/TEL-10/10,5 УХЛ2;
- конденсаторы для ограничения перенапряжений с чистопленочным покрытием мощностью 30 и 37,5 квар;
- предохранители для трансформаторов напряжения ПКН-001-10 У3;

[1] Источник. ОАО «Самарский завод «Электрощит». Каталог. Комплектные распределительные устройства напряжением 6(10) кВ серии К-59 У1 (ХЛ1).

- предохранители для трансформаторов собственных нужд ПКТ 101-6-2...20-40 У3; ПКТ 101-10-2...20-31,5 У3.

*Таблица 6.5.1.* **Техническая характеристика КРУ серии К-59**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| *Номинальное напряжение, кВ* | 6; 10 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630; 1000; 1600 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 1000*; 1600; 2000; 3150 |
| Номинальный ток отключения выключателя, кА | 20; 31,5** |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 20; 31,5** |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51; 81*** |
| Уровень изоляции по ГОСТ 151676 | Нормальный, уровень «б» |
| Изоляция | Воздушная |
| Изоляция токоведущих частей | С неизолированными шинами |
| Вид линейных высоковольтных присоединений | Кабельные, воздушные, шинные (по просьбе заказчика) |
| Условия технического обслуживания | Двухстороннее |
| Степень защиты по ГОСТ 14254—96 | Для У1 — брызгозащищенное исполнение IP34<br>Для ХЛ1 — пылезащищенное исполнение IP54 |
| Наличие теплоизоляции в КРУ | Для У1 — без теплоизоляции<br>Для ХЛ1 — с теплоизоляцией |
| Вид управления | Местное, дистанционное |
| Габаритные размеры камеры, мм, не более:<br>высота<br>глубина<br>ширина | <br>2200<br>1250<br>750 |
| Габаритные размеры блока камер исполнения ХЛ1:<br>высота<br>ширина<br>длина | <br>2780<br>3180<br>Определяется числом камер в блоке |

* КРУ на ток 1000 А выполняются только на ток электродинамической стойкости 51 кА.

** В зависимости от встраиваемого выключателя параметры тока отключения могут уточняться.

*** Для КРУ с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкость определяется стойкостью трансформаторов тока.

*Таблица 6.5.2.* **Технические характеристики выключателей**

| Тип | Номинальный ток, А | Ток отключения, кА |
|---|---|---|
| **Вакуумные выключатели** | | |
| BB/TEL | 630; 1000; 1600 | 12,5; 20 |
| ВВЭ-М-10-20(31,5)/630-1600 У3 | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 |
| ВБПВ-10-20(31,5)/630-1600 У3 | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 |
| ВБЭК-10-20/1600УХЛ2 | 1000; 1600 | 20 |
| ВБЭМ-10-16(20)/1000 УХЛ2 | 1000 | 16; 20 |
| ВБКЭ-10-20(31,5)/630-1600 У3 | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 |

*Окончание табл. 6.5.2*

| Тип | Номинальный ток, А | Ток отключения, кА |
|---|---|---|
| ВБТЭ-М-20/630-1600 УХЛ2 | 630; 1000; 1600 | 20 |
| ЭВОЛИС | 630; 1250 | 25; 31,5 |
| ВБМ-10-20/630-1250 УХЛ1, УХЛ2 | 630; 1000; 1600 | 20 |
| ВБП-10-20/630-1250 УХЛ1, УХЛ2 | 630; 1000; 1600 | 20 |
| ВВЭ-М-20(31,5)/630-1600 У3 | 630; 1000; 1600 | 20; 31,5 |
| **Элегазовые выключатели** | | |
| LF-1 | 630; 1250 | 25; 31,5 |

*Таблица 6.5.3.* **Показатели трансформаторов тока**

| Трансформатор | Коэффициент трансформации | Ток термической стойкости, кА |
|---|---|---|
| ТЛК-10 | 30/5 | 1,6 |
| | 50/5 | 4,0 |
| | 75/5; 100/5; 150/5; 200/5 | 10 |
| | 300/5; 400/5 | 16 |
| | 600/5; 800/5; 1000/5; 1500/5 | 31,5 |
| ТЛМ | 50/5 | 2,8 |
| | 100/5 | 6,3 |
| | 150/5 | 7,2 |
| | 200/5 | 10,1 |
| | 300/5; 400/5 | 18,4 |
| | 600/5; 800/5 | 23 |
| | 1000/5; 1500/5 | 26 |

*Таблица 6.5.4.* **Параметры трансформаторов напряжения**

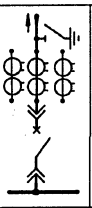
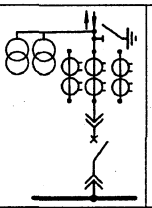
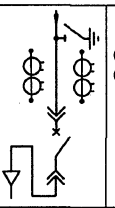
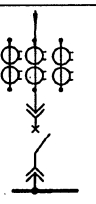
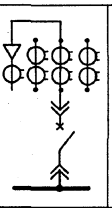
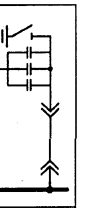
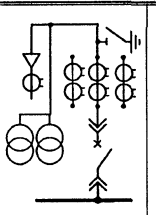
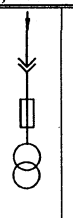
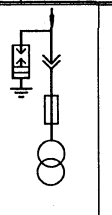
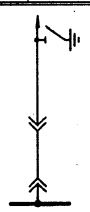
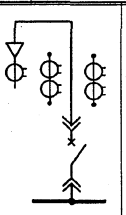
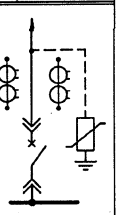
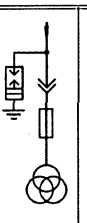
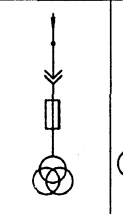
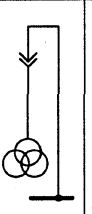
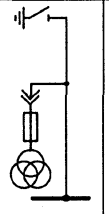
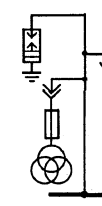
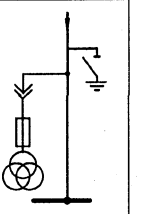
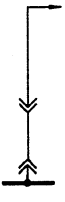
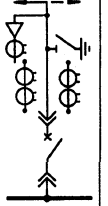
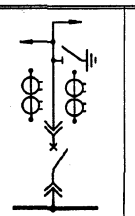
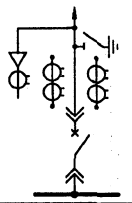
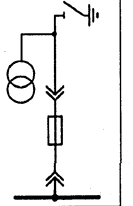
| Трансформатор | Номинальное напряжение, кВ | |
|---|---|---|
| | первичной обмотки | вторичной обмотки |
| НАМИТ-10 УХЛ2 | 6; 10 | 0,1 |
| НОЛ.08-6(10) У2 | 6; 10 | 0,1; 0,11 |
| 3НОЛ.06-6(10) У3 | 6; 6,3; 6,6; 6,9; 10; 11 | 0,1 |

*Таблица 6.5.5.* **Параметры трансформаторов собственных нужд**

| Трансформатор | Номинальная мощность, В·А | Номинальное напряжение, кВ | |
|---|---|---|---|
| | | *первичной обмотки* | *вторичной обмотки* |
| ОЛС-0,63-6(10) У3 | 630 | 6,3; | 0,1; 0,209; 0,231 |
| | | 10,5 | 0,22 |
| ТМ-100-250/10У1 | 100; 160; 250 | 6; 10 | 0,4 |
| ТМГ-25-250/10У1 | 25; 40; 63; 100; 160; 250 | 6; 10 | 0,4 |

Схемы первичных соединений камер приведены в табл. 6.5.6 (полная сетка схем первичных соединений приводится в информации завода-изготовителя), устройство камер показано на рис. 6.5.1—6.5.6.

*Таблица 6.5.6.* **Схемы первичных соединений камер К-59 У1 (ХЛ1) наружной установки производства Самарского завода «Электрощит»**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 01; 02* | 03; 04* | 05 | 06; 07* | 08; 09* | 13 | |
| Назначение | Ввод или ОЛ | | ВВ/вывод и КВ/вывод | ВВ | КВ/вывод | | |
| Номинальный ток, А | 630; 1000; 1600 | | 630 | 1600 | 630—1600 | КС | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 10; 11* | 14 | 15; 16 | 17 | 18 | 19 | |
| Назначение | 630—1600 | | | | 630 | | |
| Номинальный ток, А | В или ОЛ | ТСН | ТСН | К ТСН*** | К ТСН свыше 250 кВ·А | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 26 | |
| Назначение | ТН | | ТН | | ТН и РВО | ТН | |
| Номинальный ток, А | | | | | | 630 | |
| Схема главных цепей |  | |  |  |  |  | |
| Номер схемы | 27 | 31 | 57 | 97; 98 | 102; 105 | 101 | |
| Назначение | СЕКЦ | | В или ОЛ | КВ с выводом к ТСН | ВВ с выводом к ТСН | ТСКС 40/145 | |
| Номинальный ток, А | 630—1600 | | 630 | | | | |

* Трансформаторы тока установлены в двух фазах.

** Камеры с выводом шин влево (вправо).

*** *Для подключения ТСН до 250 кВ·А.*

Схема 14, 15, 16 — отдельно стоящий шкаф ТСН мощностью до 250 кВ·А.

Схема 20, 21 — отдельно стоящий шкаф ТН. ВВ — воздушный ввод; КВ — кабельный ввод.

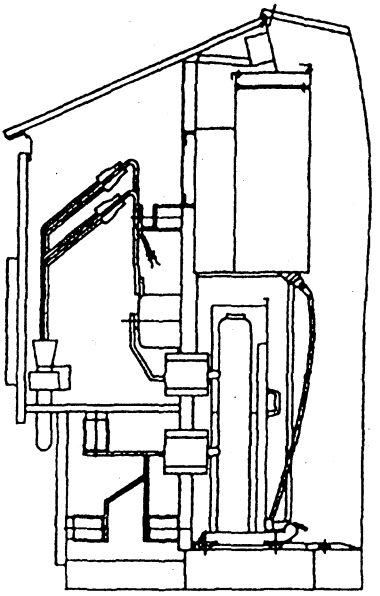


**Рис. 6.5.1.** Камера по схеме 08, 09 — кабельный ввод (вывод) (У1; УХЛ1)

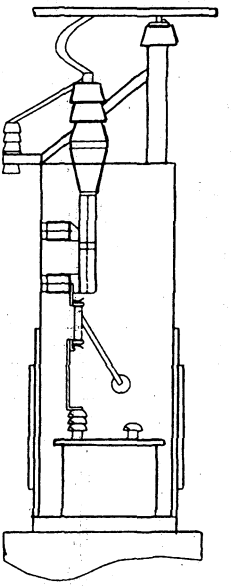


**Рис. 6.5.2.** Отдельно стоящий шкаф с ТСН по схеме 15 или 16 (УХЛ1)

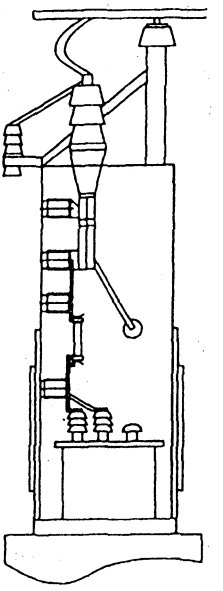


**Рис. 6.5.3.** Отдельно стоящий шкаф с ТН по схеме 20 (УХЛ1)

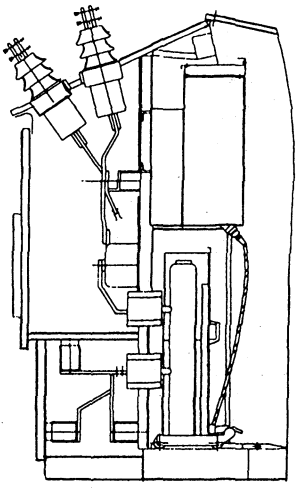


**Рис. 6.5.4.** Камера по схеме 01, 02 — воздушный ввод (вывод) (У1; УХЛ1)

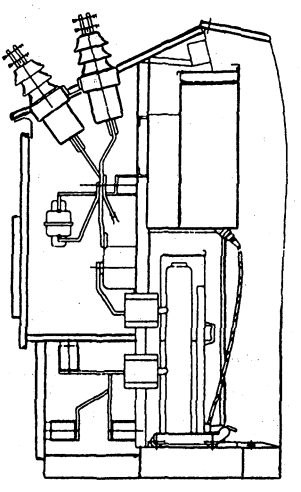


**Рис. 6.5.5.** Камера по схеме 03, 04 — воздушный ввод (вывод) (У1; УХЛ1)

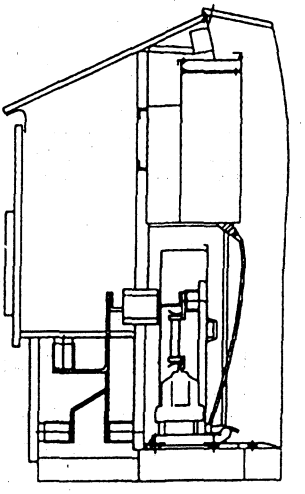


**Рис. 6.5.6.** Камера по схеме 127 — с трансформатором напряжения

**Основные рекомендации по компоновке камер блока и установке распределительного устройства.** При установке КРУ на незаглубленном фундаменте лежни должны располагаться на строго горизонтальной площадке. Они могут укладываться непосредственно на грунт или на подушку из песчано-гравийной смеси толщиной 50—100 мм.

В случаях, когда грунт не позволяет устанавливать изделия на лежнях, монтаж РУ производится на фундаменте заглубленного типа. При этом каждый лежень заменяется тремя железобетонными стойками типа УСО с закрепленным швеллером.

При компоновке камер необходимо учитывать следующее:

- в пределах блока из четырех—шести камер камера с воздушным вводом от силового трансформатора должна быть крайней;
- камера воздушной линии не должна располагаться рядом с камерой воздушного ввода от силового трансформатора;
- камеры воздушных линий не рекомендуется устанавливать рядом друг с другом;
- камера трансформатора напряжения с заземляющим разъединителем сборных шин не должна быть крайней в ряду;
- в случае применения камеры по схеме 32 и необходимости установки разрядников на сборных шинах последние могут быть установлены в камерах 01—04, 06, 07, 13, 17, 19, 27, 28 и 31.

Общий вид блока КРУ исполнения У1 (вариант установки на незаглубленном и заглубленном фундаменте) представлен на рис. 6.5.7 и 6.5.8, разрез камеры на номинальный ток 1600 А — на рис. 6.5.9, вариант установки отдельно стоящих шкафов трансформаторов собственных нужд и трансформаторов напряжения показан на рис. 6.5.10.

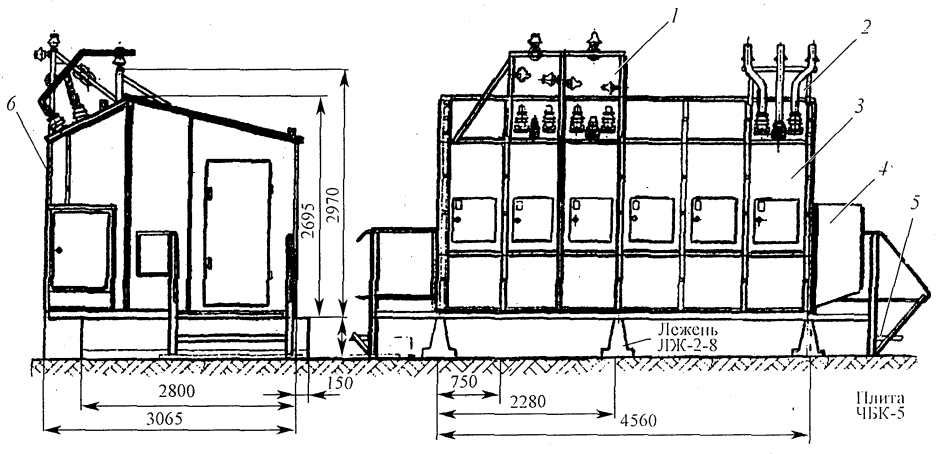



**Рис. 6.5.7.** Общий вид блока КРУН серии К-59 исполнения ХЛ1 (вариант установки на незаглубленном фундаменте): *1* — кронштейн линии; *2* — кронштейн ввода; *3* — блок камер КРУ; *4* — навесной шкаф с ТН; *5* — лестница; *6* — кронштейн (только для исполнения на ток короткого замыкания 31,5 кА)

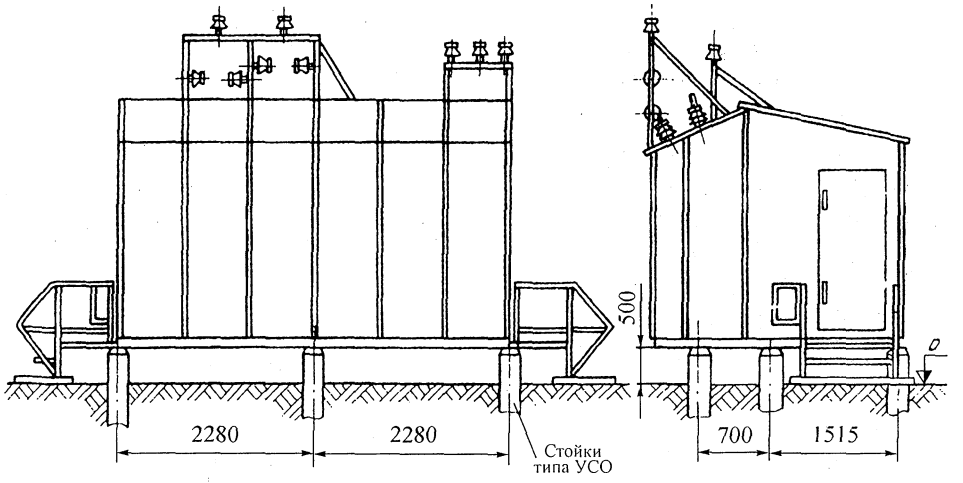



**Рис. 6.5.8.** Установка КРУН на заглубленном фундаменте

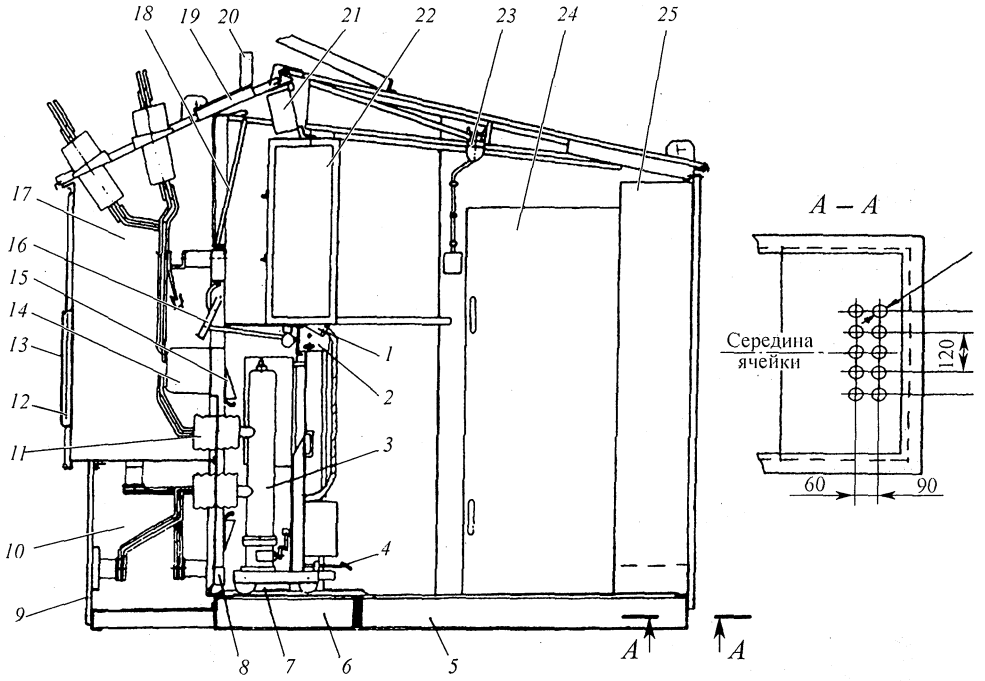



**Рис. 6.5.9.** Разрез КРУН на ток 1600 А с воздушным вводом по ячейке: *1* — штепсельный разъем; *2* — привод заземляющего разъединителя; *3* — тележка с высоковольтным выключателем; *4* — педаль фиксатора положения ячейки; *5* и *6* — рамы основания блока; *7* — отсек тележки; *8* — электронагреватель; *9* — съемная стенка; *10* — отсек сборных шин; *11* — изолятор проходной с неподвижными разъединяющими контактами; *12* — предохранительная перегородка; *13* — дверь отсека ввода; *14* — трансформатор тока; *15* — защитные шторки; *16* — заземляющий разъединитель; *17* — отсек ввода; *18* — дифференциальный клапан; *19* — разгрузочный клапан; *20* — кронштейн ввода; *21* — вентиляционная перегородка; *22* — релейный шкаф; *23* — узел освещения; *24* — коридор управления; *25* — блок релейных шкафов

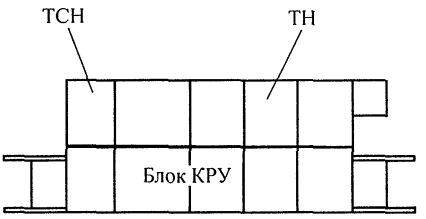



**Рис. 6.5.10.** Вариант установки отдельно стоящих шкафов трансформаторов собственных нужд и трансформаторов напряжения

По просьбе заказчика завод может разработать и поставить шиносоединительные мосты для двухрядного расположения КРУН К-59 У1 и К-59 ХЛ1, аналогичные изображенному на рис. 6.5.11.

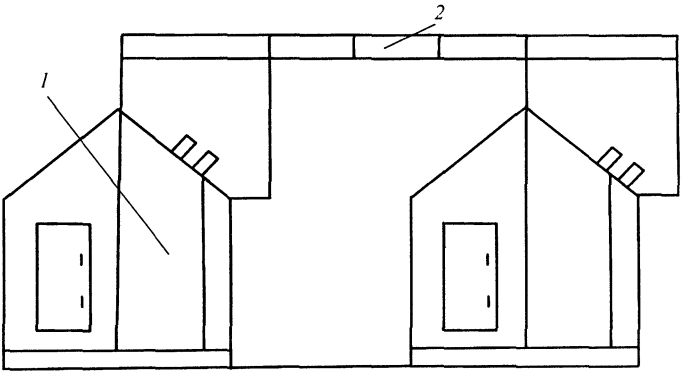



**Рис. 6.5.11.** Двухрядное расположение КРУН К-59 У1 (ХЛ1): *1* — блок КРУН К-59 У1 (ХЛ1); *2* — шинный мост

**Комплектные распределительные устройства серии К-47**[1] выпускаются в климатическом исполнении и категории размещения У1 с нормальным (категория А) и усиленным (категория Б) исполнением внешней изоляции. Основные технические параметры и классификация исполнений КРУН приведены в табл. 6.5.7, 6.5.8.

В КРУН серии К-47 в качестве типовых камер применяются камеры КМ-1КФ или современные камеры типа К-104-КФ выкатного исполнения, в которых используются высоконадежные вакуумные выключатели серии ЗАН5 со встроенным приводом фирмы «SIEMENS», микропроцессорные блоки фирм «SIEMENS» или «ALSTOM».

Поставка КРУН осуществляется преимущественно единым блоком, при невозможности — КРУН разделяется на транспортные блоки с учетом схем главных цепей.

---

[1] Источник. Комплектное распределительное устройство наружной установки КРУН серий К-47 и К-59 напряжением до 10 кВ. Технический паспорт (описание конструкции, инструкция по монтажу и эксплуатации). КРУН.10.00.059.ТП.

*Таблица 6.5.7.* **Технические параметры КРУН серии К-47**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6; 10 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 7,2; 12 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630; 800; 1000; 1250; 1600 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500 |
| Номинальный ток отключения выключателя, кА | 20; 31,5 |
| Ток термической стойкости, кА | 20; 31,5* |
| Время протекания тока термической стойкости, с | 3 |
| Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА | 51; 81* |
| Габаритные размеры, мм:<br>высота (без кронштейнов линии, ввода)<br>ширина<br>длина | <br>2755<br>2850<br>Определяется числом камер |
| Масса одного типового транспортного блока (из 6 камер), кг, для исполнения У1/ХЛ1 | 5900/6500 |

* Термическая и электродинамическая стойкость камер КРУН с трансформаторами тока на номинальный ток менее 600 А определяется стойкостью трансформатора тока.

*Таблица 6.5.8.* **Классификация КРУН серии К-47**

| Признак классификации | Исполнение |
|---|---|
| Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76 | Нормальный |
| Изоляция | Воздушная |
| Изоляция токоведущих шин главных цепей | С неизолированными шинами |
| Наличие выдвижных элементов | С выдвижными элементами<br>Без выдвижных элементов |
| Вид линейных высоковольтных присоединений | Кабельные, воздушные |
| Способ технического обслуживания | Двухсторонний |
| Степень защиты оболочек по ГОСТ 14254—96 | IP34 — брызгозащищенное;<br>IP34 — при открытых дверях релейных шкафов и контрольном положении выкатного элемента |
| Наличие закрытого коридора управления | С коридором управления |
| Вид управления | Местное, дистанционное |
| Наличие дверей в отсеках выдвижных элементов | С дверями<br>Без дверей |

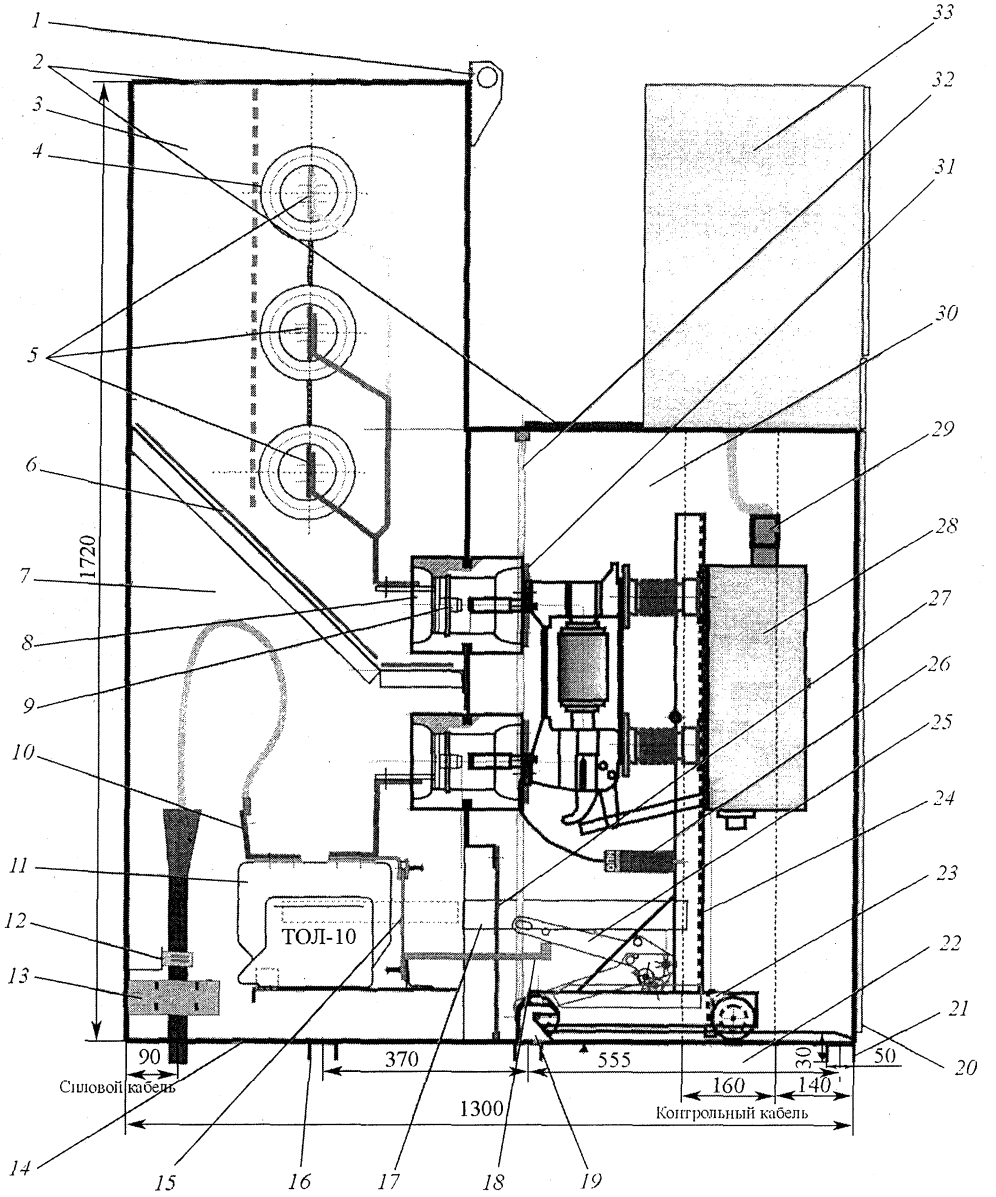



**Рис. 6.5.12.** Камера КМ-1КФ: *1* — строповочный рым; *2* — откидные крышки; *3* — отсек сборных шин; *4* — проходной изолятор; *5* — сборные шины; *6*, *26* — изоляционные перегородки; *7* — кабельный отсек; *8* — изолятор крепления главных контактов; *9* — контакты главной цепи; *10* — место подключения силового кабеля; *11* — трансформатор тока; *12* — место крепления кабеля; *13* — ТЗЛМ; *14* — место ввода силового кабеля; *15* — заземляющий разъединитель; *16*, *21* — опорные изоляторы; *17* — короб проводов вторичных цепей; *18* — вал привода заземлителя; *19* — упор тележки; *20* — дверь отсека выключателя; *22* — место ввода контрольного кабеля; *23* — фиксатор положения тележки; *24* — тележка выключателя; *25* — механизм подъема шторок; *27* — кнопки управления выключателем; *28* — вакуумный выключатель; *29* — разъем выключателя; *30* — отсек выключателя; *31* — подвижные шторки; *32* — напрявляющие подвижных шторок; *33* — шкаф релейной аппаратуры

**Комплектные распределительные устройства серий К-104-КФ, КМ-1КФ** выпускаются предприятием КЭМОНТ и применяются в основном для комплектных распределительных устройств наружной установки серий К-47 и К-59 (при наличии уплотнения на задней стенке).

Технические характеристики камер приведены в табл. 6.3.2, устройство камеры КМ-1КФ показано на рис. 6.5.12, общий вид блока КРУН серии К-47 (вариант установки на незаглубленном фундаменте) представлен на рис. 6.5.13. Схемы первичных соединений камер К-104-КФ и КМ-1КФ представлены в табл. 6.5.9 и 6.5.10.

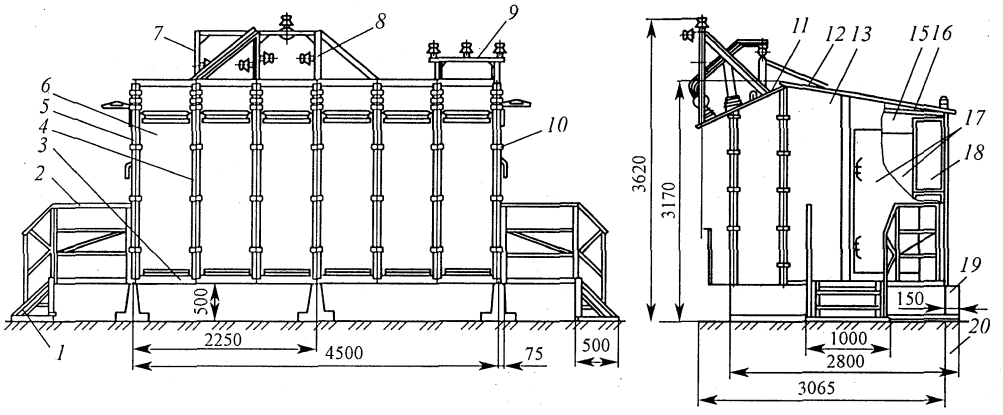
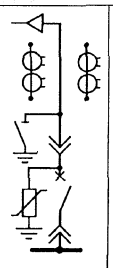
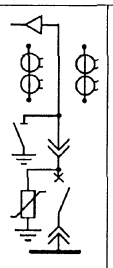
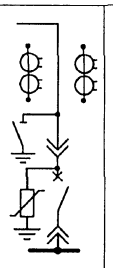
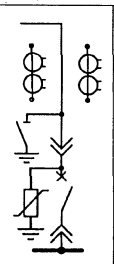
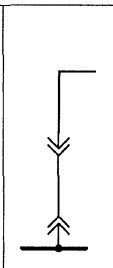
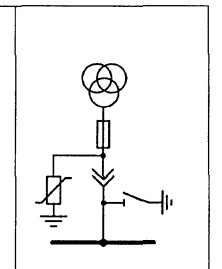


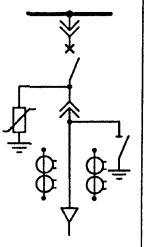
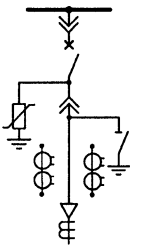
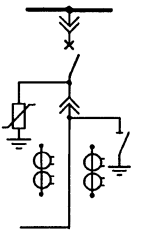
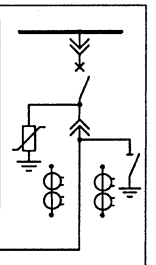

**Рис. 6.5.13.** КРУН серии К-47 на незаглубленном фундаменте: *1* — лестница; *2* — перила; *3* — основание; *4*, *5* — стойки; *6* — передняя стенка; *7*, *8* — кронштейны линии; *9* — кронштейн ввода; *10* — прижим; *11* — крыша; *12* — крыша коридора; *13* — торцевая стенка; *15* — торцевая стенка с дверями; *16* — ферма; *17* — двери; *18* — блок релейных шкафов; *19* — лежень ЛЖ-2,8; *20* — плита УБК-5

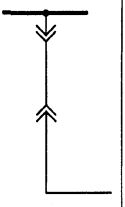
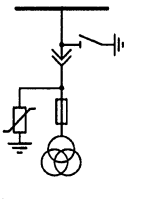
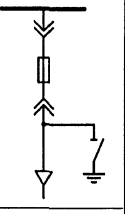
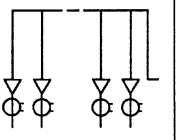
*Таблица 6.5.9.* **Схемы первичных соединений камер К104-КФ**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 01 (ШВВ) | 02 (ШВВ) | 03 (ШВВ) | 04 (ШШВ) | 05 (ШРС) | 06 (ШТН) |
| Назначение | КВ | ОЛ | СВ | ВШ | СР | ТН |
| Номинальный ток, А | 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 | | | | | 630 |

*Примечание.* В таблице используются следующие сокращения: КВ — кабельный ввод; ОЛ — отходящая линия; СВ — секционный выключатель; ВШ — ввод шинный; СР — секционный разъединитель; ТН — трансформатор напряжения.

*Таблица 6.5.10.* **Схемы первичных соединений камер КМ-1КФ**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 01 (ШВВ) | 02 (ШВВ) | 03 (ШВВ) | 04 (ШШВ) |
| Назначение | КВ | ОЛ | СВ | ВШ |
| Номинальный ток, А | 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500 | | | |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|
| Номер схемы | 05 (ШР) | 06 (ШТН) | 07 (ШПС) | 08 (ШКС) |
| Назначение | СР | ТН | ОЛ с П | |
| Номинальный ток, А | 630; 800; 1000; 1250; 1600 2000; 2500 | 630 | – | – |

*Примечание.* В таблице используются следующие сокращения: КВ — кабельный ввод; ОЛ — отходящая линия; СВ — секционный выключатель; ВШ — ввод шинный; СР — секционный разъединитель; ТН — трансформатор напряжения; ОЛ с П — отходящая линия с предохранителем.

## 6.5.2. Отдельно стоящая ячейка ЯКНО

Ячейка ЯКНО[1] предназначена для установки в электрических сетях карьеров и выпускается в климатическом исполнении У1.

В ячейке установлены:

- выключатель типа 3AH5 («SIEMENS) с моторным приводом, встроенным в выключатель;
- разъединитель типа РВФЗ-10;
- трансформаторы тока;
- трансформатор тока нулевой последовательности;
- трансформатор напряжения с предохранителями ПКН.

Ячейка разделена сплошными перегородками на отсеки: разъединителя; высоковольтного выключателя; трансформатора напряжения; управления. Внешний вид ячейки приведен на рис. 6.5.14.

[1] Источник. КЭМОНТ. Ячейка высоковольтная ЯКНО. Паспорт, техническое описание, 2002.

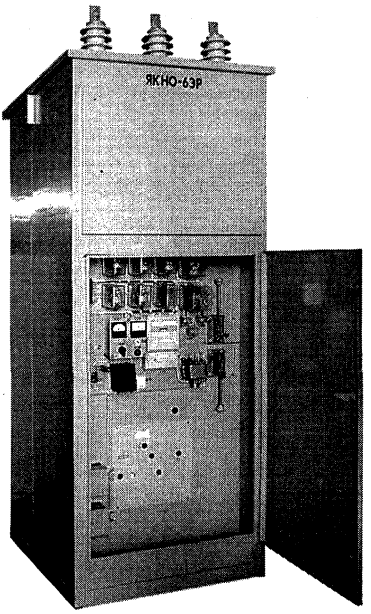



**Рис. 6.5.14.** Ячейка ЯКНО

*В отсеке разъединителя* расположены разъединитель и проходные изоляторы. Управление разъединителем осуществляется двумя приводами ПР-10, расположенными в отсеке управления. Один привод тягой соединен с валом основных ножей, другой — с валом заземляющих ножей.

*В отсеке высоковольтного выключателя* расположены выключатель, трансформаторы тока, трансформаторы тока нулевой последовательности и механизмы блокировок.

*В отсеке управления* кроме приводов расположена панель аппаратуры вторичных цепей. Все отсеки имеют двери с запирающимися замками и защелками.

Предусмотрены защиты, выполненные на электромеханических реле: токовая отсечка; защита от однофазных замыканий на землю; защита минимального напряжения (по заказу). Возможна установка амперметра, вольтметра и счетчика активной энергии. Технические характеристики ячейки ЯКНО приведены в табл. 6.5.11, схема главных цепей ячейки ЯКНО-6(10) представлена на рис. 6.5.15.

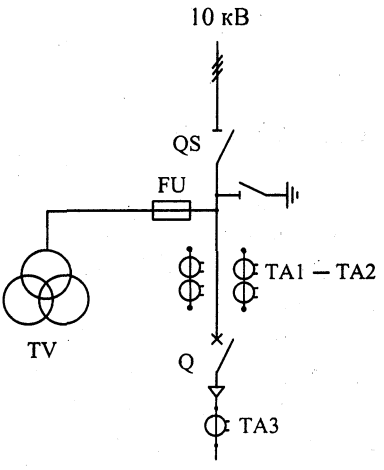



**Рис. 6.5.15.** Однолинейная принципиальная электрическая схема ячейки ЯКНО: FU — предохранитель; QS — разъединитель; TA1—TA2 — трансформатор тока; TA3 — трансформатор тока нулевой последовательности; TV — трансформатор напряжения

*Таблица 6.5.11.* **Технические характеристики ячейки ЯКНО**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6; 10 |
| Номинальный ток отключения выключателя, кА | 20 |
| Ток термической стойкости, кА | 20 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51 |
| Уровень и вид изоляции | Нормальный, воздушная |
| Вид линейных высоковольтных присоединений | Кабельные; воздушные |
| Условия технического обслуживания | Двухстороннее |
| Степень защиты по ГОСТ 14254—96 | Брызгозащищенное исполнение (IP34) |
| Наличие теплоизоляции | Без теплоизоляции |
| Вид управления | Местное |

### 6.5.3. Комплектные распределительные устройства наружной установки для секционирования и автоматического резервирования воздушных линий электропередачи

**Комплектные распределительные устройства серий К-112 и К-112М** выпускаются Московским заводом «Электрощит» и предназначены для секционирования воздушных линий с односторонним питанием, для секционирования и автоматического резервирования линий с двухсторонним питанием, для плавки гололеда, для сетевого резервирования. Назначение устройств К-112 и К-112М показано на рис. 6.5.16.

КРУН серии К-112 выполнено в виде шкафа высоковольтной аппаратуры и шкафа управления. Отдельно на опоре может быть установлен разъединитель.

Устройство К-112М является усовершенствованным аналогом К-112 и выполнено в виде единой сборной конструкции и имеет три отсека (рис. 6.5.17): отсек разъединителей; отсек выключателя; релейный отсек. В К-112М применен новейший вакуумный выключатель ВБ-10-20/1000УХЛ2 и цифровой терминал БМРЗ-ПС.

Преимущества К-112М перед К-112:

- цифровой терминал БМРЗ-ПС обеспечивает управление выключателем, телеизмерение, изменение уставок и конфигураций защит по проводным или беспроводным каналам;
- БМРЗ-ПС имеет функции защиты: направленную максимально токовую защиту с ускорением, защиту от обрыва фаз и др.;
- БМРЗ-ПС обеспечивает функции многократного АПВ и сетевого АВР с выделением поврежденного участка, автоматическое переключение уставок при изменении направления мощности, определение места повреждения;
- БМРЗ-ПС имеет дополнительные возможности измерение параметров сети, осциллографирование и регистрацию аварийных со-

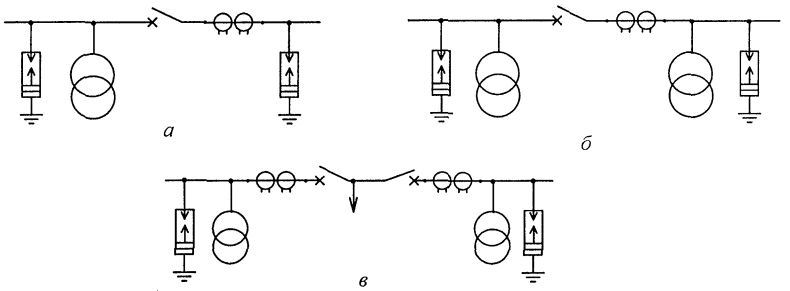



**Рис. 6.5.16.** Функциональное назначение комплектного устройства для наружной установки К-112 и К-112М: *а* — пункт секционирования линии с односторонним питанием; *б* — пункт секционирования линии с двухсторонним питанием; *в* — пункт сетевого резервирования

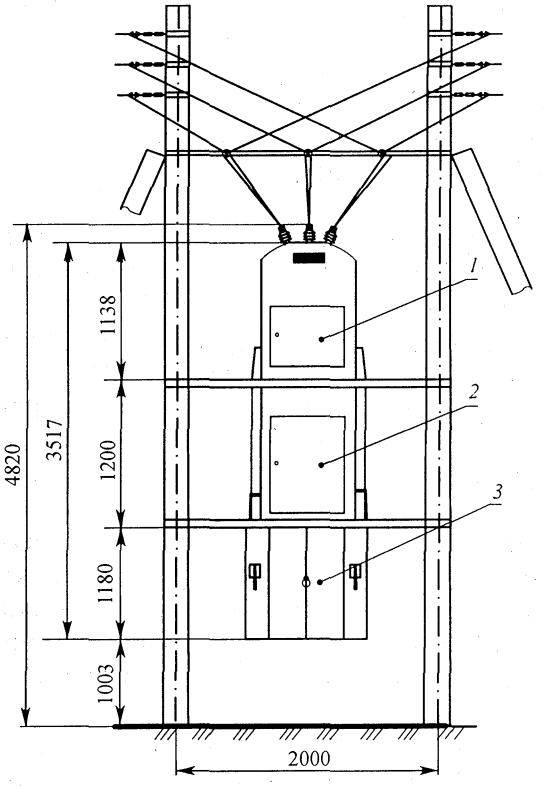


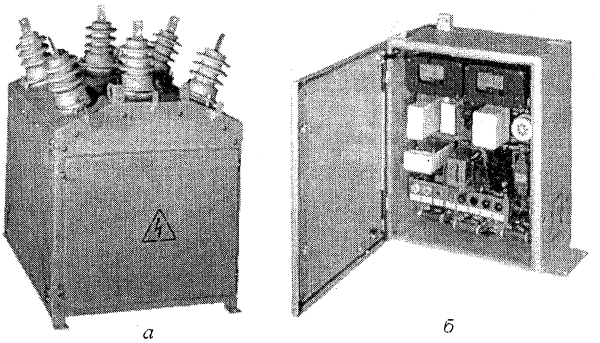

**Рис. 6.5.17.** Вариант размещения КРУН серии К-112М: *1* — отсек разъединителей; *2* — отсек выключателя; *3* — релейный отсек

бытий, сигнализацию о срабатывании защит и автоматики, работу при обесточенной линии до 1 мин (без аккумулятора), хранение параметров аварий и осциллограмм при отключении питания до 200 ч, непрерывную самодиагностику;

- разъединители смонтированы в отдельном отсеке и защищены от прямого воздействия окружающей среды;
- возможен коммерческий учет электроэнергии;

- сокращен объем монтажных работ при установке КРУН К-112М;
- предусмотренная система блокировок обеспечивает высокий уровень безопасности и надежности во время эксплуатации.

Технические характеристики КРУН К-112 и К-112М приведены в табл. 6.5.12, общий вид устройства К-112 показан на рис. 6.5.18.



*а* *б*

**Рис. 6.5.18.** КРУН серии К-112: *а* — шкаф высоковольтной аппаратуры; *б* — шкаф управления

*Таблица 6.5.12.* **Технические характеристики КРУН К-112 и К-112М**

| Параметр | К-112 | К-112М |
|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6; 10 | |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 7,2; 12 | |
| Номинальный ток главных цепей, А | 400; 630; 800 | |
| Тип выключателя | ВВ/TEL<br>ВБЭМ; ВБСК | ВБ |
| Номинальный ток отключения выключателя, кА | 4; 6; 12,5 | 20 |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 4; 6; 12,5 | 20 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 10; 16; 32 | 51 |
| Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В | ~220 | |
| Диапазон рабочих температур, °С | От –40 до +55 | |
| Габаритные размеры шкафа (ширина × глубина × высота), мм:<br>высоковольтной аппаратуры<br>управления | <br>800 × 1090 × 1200<br>310 × 620 × 1000 | 986 × 1125 × 3820 |
| Масса шкафа, кг:<br>высоковольтной аппаратуры<br>управления | <br>285<br>75 | 884 |

**Пункт секционирования** выпускает предприятие ООО «БОСК» в климатическом исполнении и категории размещения У1, который предназначен:

- для секционирования линий с односторонним питанием;
- для секционирования линий с двухсторонним питанием и автоматическое резервирование;
- для сетевого резервирования (АВР).

Пункт имеет утепленную разборную конструкцию, коридор технического обслуживания (рис. 6.5.19).

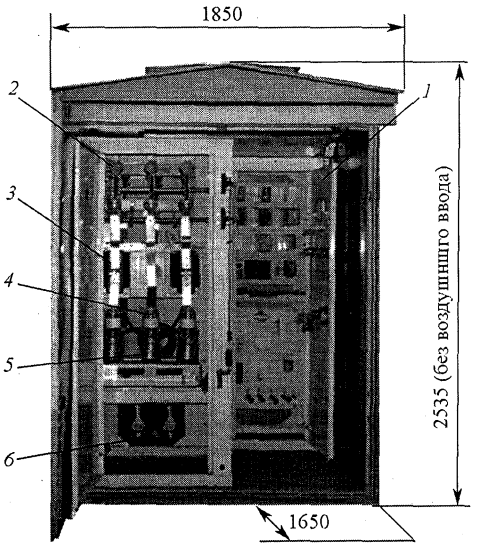



**Рис. 6.5.19.** Пункт секционирования предприятия ООО «БОСК»

Основная встраиваемая аппаратура:

- разъединитель РВЗ с электромеханическим управлением включения и отключения;
- вакуумные выключатели типов: ВВ/TEL, ЭВОЛИС, ВБ, ВБЧЭ;
- трансформаторы тока ТОЛ, ТЛК;
- трансформатор тока нулевой последовательности ТЗЛЭ;
- трансформаторы напряжения типа 3 × ЗНОЛ.

Релейная защита выполнена на электромеханических реле. По желанию заказчика могут быть установлены микропроцессорные блоки Sepam, БМРЗ, MiCOM. Основные технические характеристики пункта секционирования приведены в табл. 6.5.13.

*Таблица 6.5.13.* **Технические характеристики пункта секционирования**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6; 10 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 400; 630 |
| Номинальный ток трансформаторов тока, А | 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600 |
| Номинальный ток отключения, кА | 20 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51 |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 20 |

### 6.5.4. Реклоузер серии PBA/TEL предприятия «Таврида Электрик»

Реклоузер вакуумный PBA/TEL-10-16/630 У1[1] применяется в воздушных электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением 10(6) кВ.

Реклоузер может применяться как отдельно стоящий аппарат для защиты отходящих линий электропередачи (в составе открытых распределительных устройств) или совместно с такими же аппаратами как средство комплексной автоматизации распределительной сети.

*Отличительные особенности реклоузера*:

- высокий механический и коммутационный ресурсы;
- малое время включения и отключения;
- трехкратное быстрое АПВ;
- гибкая отстройка от предохранителей;
- встроенная система измерения;
- возможность интеграции в системе телемеханики;
- ведение журналов оперативных и аварийных событий;
- устойчивость к электромагнитным воздействиям по критерию качества функционирования «А»;
- простота монтажа и эксплуатации;
- минимальное техническое обслуживание.

*Выполняемые функции:*

- оперативные переключения в распределительной сети (местная и дистанционная конфигурация сети);
- автоматическое отключение поврежденного участка;
- автоматическое повторное включение линии (АПВ);
- автоматическое выделение поврежденного участка;
- автоматическое восстановление питания на неповрежденных участках сети (АВР);
- автоматический сбор информации о параметрах режимов работы сети;
- интеграция в системы телемеханики (SCADA).

*Применение реклоузеров позволяет:*

- повысить надежность электроснабжения;
- снизить недоотпуск электрической энергии;
- сократить число аварийных отключений линий электропередачи;
- сократить затраты на обслуживание электрической сети;
- повысить технический уровень эксплуатации сетей;
- реализовать современные принципы автоматизации и управления распределительными сетями.

Технические характеристики реклоузера PBA/TEL приведены в табл. 6.5.14.

---

[1] Источник. РК «Таврида Электрик». Реклоузер вакуумный PBA/TEL-10-16/630 У1.

*Таблица 6.5.14.* **Технические характеристики реклоузера вакуумного РВА/TEL**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 10 |
| Номинальный ток, А | 630 |
| Номинальный ток отключения, кА | 16 |
| Время включения собственное, мс, не более | 60 |
| Время отключения полное, мс, не более | 40 |
| Ресурс по коммутационной стойкости, операций «ВО»:<br>при номинальном токе<br>при номинальном токе отключения | <br>30 000<br>100 |
| Цикл АПВ | 0-0,1с-ВО-1с-ВО-1с-ВО |
| Номинальное напряжение цепей управления, В | 100/127/220 |
| Масса коммутационного модуля, кг | 62,5 |
| Масса шкафа управления, кг | 35 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51 |
| Трехсекундный ток термической стойкости, кА | 20 |

В состав реклоузера входят коммутационный модуль, шкаф управления и соединительный кабель. Принципиальная электрическая схема включения реклоузера в линию электропередачи показана на рис. 6.5.20.

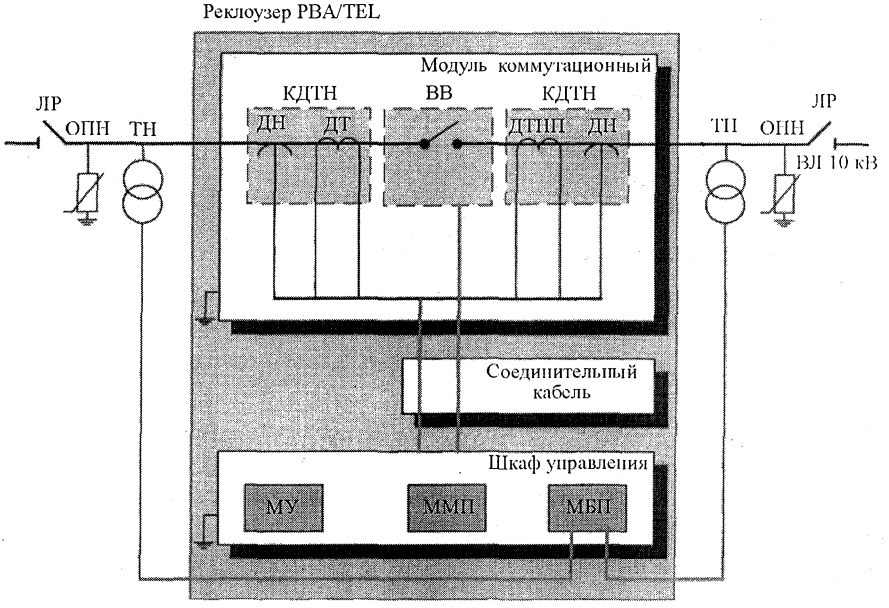



**Рис. 6.5.20.** Принципиальная схема включения РВА/TEL: ДН и ДТ — датчики напряжения и тока; ДТНП — датчик тока нулевой последовательности; КДТН — комбинированный датчик тока и напряжения; ВВ — вакуумный выключатель; МУ — модуль управления; ММП — модуль микропроцессора; МБП — модуль бесперебойного питания; ТН — трансформатор напряжения; ЛР — линейный разъединитель

**Коммутационный модуль PBA/TEL** (рис. 6.5.21) состоит из вакуумного выключателя, размещенного в металлическом защитном корпусе, и высоковольтных проходных изоляторов со встроенной системой измерения, для целей которой применяются комбинированные датчики тока и напряжения.

Комбинированный датчик тока и напряжения представляет собой датчик тока — катушка Роговского (для измерения фазных токов и токов нулевой последовательности) и датчик напряжения (для измерения фазных напряжений с обеих сторон коммутационного модуля).

Для выполнения электрической и механической блокировок реклоузера на включение в конструкции коммутационного модуля предусмотрено кольцо ручного отключения.

Положение коммутационного модуля определяется посредством указателя положения главных контактов. Указатель механически связан с валом вакуумного выключателя.

**Шкаф управления** выполняет следующие функции:

- управление коммутационным модулем;
- релейная защита и автоматика;

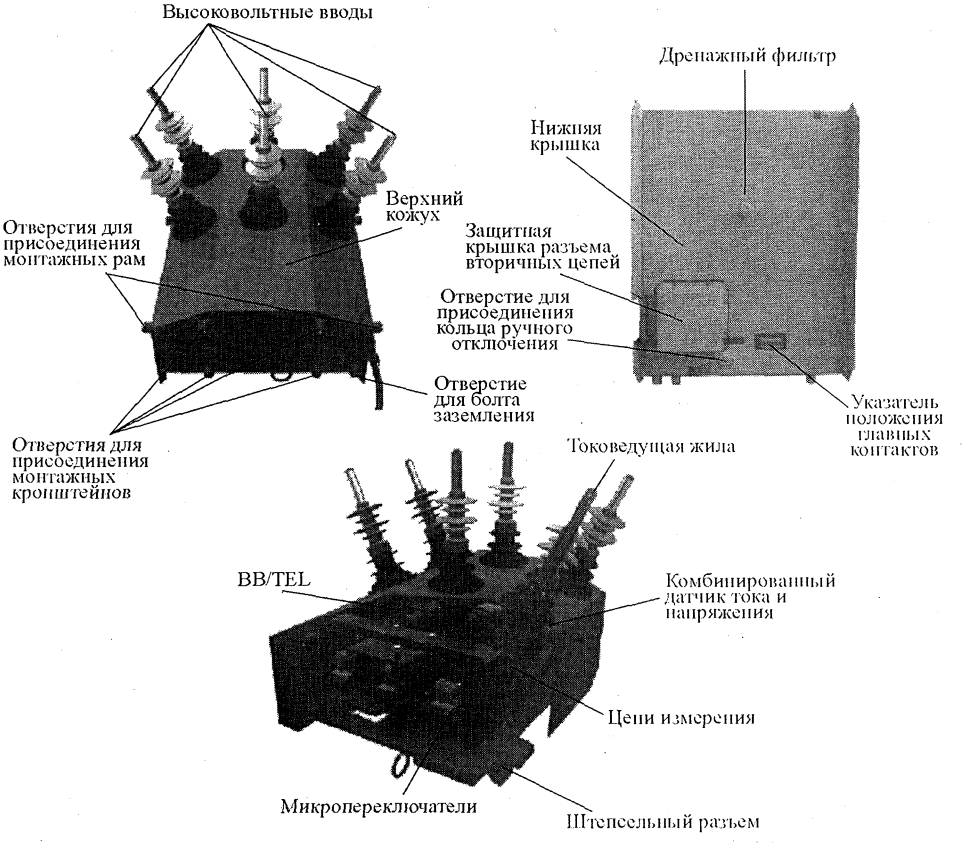



**Рис. 6.5.21.** Коммутационный модуль PBA/TEL

- индикация и измерения;
- сбор и обработка информации.

Основными элементами шкафа управления являются (рис. 6.5.22):

- модуль основного микропроцессора, отвечающий за выполнение основных функций реклоузера;
- модуль управления, в состав которого входят конденсаторы включения и отключения, обеспечивающие необходимое количество электрической энергии для работы коммутационного модуля;
- модуль бесперебойного питания, обеспечивающий питание основных и дополнительных модулей шкафа управления (радиостанция, модем) и подзарядку аккумуляторной батареи.

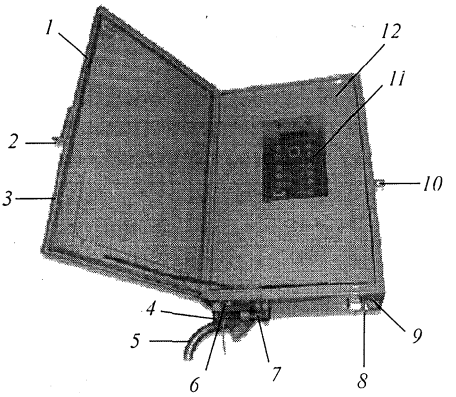



**Рис. 6.5.22.** Шкаф управления PBA/TEL: *1* — внешняя дверца; *2* — отверстие для навесного замка; *3* — резиновый уплотнитель; *4* — заземление; *5* — соединительный кабель; *6* — отверстие для кабеля дискретных входов (выходов); *7* — кабель питания; *8* — дренажный фильтр; *9* — отверстие для кабеля SCADA; *10* — отверстие для навесного замка; *11* — панель управления; *12* — внутренняя дверца

В качестве источника бесперебойного питания в шкафу используется герметичная свинцово-кислотная аккумуляторная батарея емкостью 26 А·ч.

На внутренней дверце шкафа расположена панель управления, оснащенная жидкокристаллическим экраном, кнопками управления коммутационным модулем и кнопками ввода (вывода) защит. В шкафу возможна установка дополнительного оборудования для передачи информации.

**Релейная защита и автоматика.** В памяти PBA/TEL может храниться до четырех независимых групп уставок. Каждая отдельная группа включает в себя набор настроек всех видов защит и автоматики, запрограммированных в модуле микропроцессора шкафа управления PBA/TEL. В каждом наборе уставок могут быть использованы следующие виды защит и автоматики:

- трехступенчатая направленная и ненаправленная токовые защиты от междуфазных коротких замыканий;
- направленная и ненаправленная чувствительные защиты от замыканий на землю;

- защита минимального напряжения по фазным напряжениям, реагирующая на симметричное снижение напряжений ниже уставки;
- защита минимального напряжения по линейным напряжениям для защиты потребителей, чувствительных к асимметрии напряжения;
- автоматическое повторное включение;
- автоматический ввод резервного питания;
- автоматическая частотная разгрузка.

Для настройки *трехступенчатой направленной и ненаправленной токовых защит от междуфазных коротких замыканий* можно использовать 12 типов стандартных времятоковых характеристик или создать собственную характеристику (характеристику пользователя). Характеристики защиты приведены в табл. 6.5.15.

*Таблица 6.5.15.* **Характеристики защиты от междуфазных коротких замыканий**

| Ступень | Диапазон по току (шаг 1), А | Выдержка времени (шаг 0,01), с |
|---|---|---|
| ОС1+ ОС1– | От 10 до 1200 | От 0 до 120 |
| ОС2+ ОС2– | От 10 до 1200 | От 0 до 120 |
| ОС3+ ОС3– | От 20 до 6000 | От 0 до 2 |

*Направленная и ненаправленная чувствительные защиты от замыканий на землю* имеют независимую времятоковую характеристику с возможностью настройки в прямом и обратном направлениях потока мощности и предусматривают возможность действия на сигнал или отключение. Характеристики защиты приведены в табл. 6.5.16.

*Таблица 6.5.16.* **Характеристики защиты от замыканий на землю**

| Параметр | Диапазон | Шаг |
|---|---|---|
| Уставка по току, А | 4—80 | 1 |
| Уставка по времени, с | 0—120 | 0,01 |
| Коэффициент возврата | 0—1 | 0,01 |

Характеристики *защит минимального напряжения* приведены в табл. 6.5.17.

*Таблица 6.5.17.* **Характеристики защиты минимального напряжения**

| Параметр | По фазным напряжениям | | По линейным напряжениям | |
|---|---|---|---|---|
| | диапазон | шаг | диапазон | шаг |
| Уставка по напряжению, от $U_н$ | 0,6—1 | 0,01 | 0,6—1 | 0,01 |
| Уставка по времени, с | 0—180 | 0,01 | 0—180 | 0,01 |

*Автоматическое повторное включение* выполнено трехкратным (0-0,1с-ВО-1с-ВО-1с) с независимым пуском от токовых защит, защиты от замыканий на землю и защит минимального напряжения. АПВ может быть выполнено с контролем по напряжению. В каждом цикле

АПВ для каждой ступени может быть изменен режим действия — с запретом или пуском АПВ, а для первой ступени токовой защиты — действие на сигнал. АПВ предусматривает работу реклоузера в режиме координации последовательности зон.

*Автоматический ввод резерва* может быть одно- и двухсторонним. Уставка АВР по напряжению равна 0,5 номинального, выдержка времени от 0 до 180 с с шагом 0,01 с.

*Автоматическая частотная разгрузка* позволяет производить отключение нагрузки или действие на сигнал при снижении частоты ниже уставки, которая устанавливается в диапазоне от 45 до 50 Гц с шагом 0,01 Гц, с выдержкой времени от 0 до 120 с с шагом 0,01 с.

Реклоузер измеряет следующие параметры:

- фазные и линейные напряжения;
- фазные токи и токи нулевой последовательности;
- одно- и трехфазную полную, активную и реактивную мощности;
- одно- и трехфазную полную энергию;
- одно- и трехфазную реактивную энергию;
- частоту сети с обеих сторон реклоузера;
- одно- и трехфазные коэффициенты мощности.

В PBA/TEL предусмотрено ведение журналов оперативных и аварийных событий, в которые заносятся:

- информация о последних операциях включения и отключения с указанием причины и времени возникновения;
- данные о последних четырех аварийных отключениях, вызванных той или иной защитой;
- события, происходящие с реклоузером;
- усредненные по времени данные о перетоках активной и реактивной мощности;
- информация об изменениях настроек PBA/TEL.

В реклоузере установлены:

- счетчик операций включения и отключения;
- счетчик аварий, регистрирующий каждое аварийное отключение реклоузера.

Для работы с PBA/TEL было разработано специальное программное обеспечение TELUS, которое позволяет:

- управлять реклоузером;
- изменять основные настройки аппарата;
- изменять уставки защит;
- выбирать активную группу уставок;
- вводить или выводить защиты;
- считывать показания реклоузера;
- анализировать базу данных оперативных журналов.

Для интеграции реклоузера PBA/TEL в системы **телемеханики** в шкафу управления предусмотрены коммуникационные интерфейсы RS485 и RS232, поддерживающие стандартные протоколы передачи

данных DNP3, Modbus. Дополнительно в шкафу управления могут быть установлены один или два модуля дискретных входов (выходов). Имеется возможность подключения и размещения любого передающего устройства, отвечающего требованиям по габаритным размерам и максимальному потреблению электрической энергии.

**Установку реклоузеров** на опоры воздушных линий электропередачи рекомендуется производить с использованием стандартного монтажного комплекта «Таврида Электрик», поставляемого вместе с реклоузером. Примеры установки РВА/TEL приведены на рис. 6.5.23.

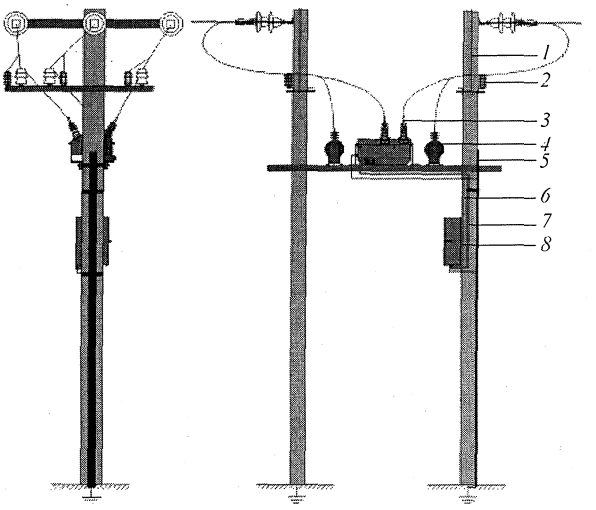



**Рис. 6.5.23.** Установка реклоузера РВА/TEL на опоры: *1* — заземление ОПН; *2* — ограничитель перенапряжений; *3* — коммутационный модуль; *4* — трансформаторы тока; *5* — шина заземления; *6* — цепи питания; *7* — соединительный кабель; *8* — шкаф управления

## 6.6. Распределительные устройства 6—20 кВ компании Schneider Elektric

### 6.6.1. Распределительные ячейки напряжением 6—24 кВ серии SM6

**Распределительные ячейки серии SM6**[1] предназначены для внутренней установки в распределительных устройствах и подстанциях напряжением 6—24 кВ и на стороне ВН подстанций 6—20 кВ. Ячейки выпускаются на токи 400—1250 А и представляют собой модульную конструкцию в металлических корпусах с воздушной изоляцией стационарного или выкатного исполнения с элегазовыми коммутационными аппаратами. Внешний вид ячеек показан на рис. 6.6.1.

[1] Распределение электроэнергии. Распределительные ячейки. Серия SM6 6, 10 кВ. Schneider Elektric. ACO356/2-K, 2002.

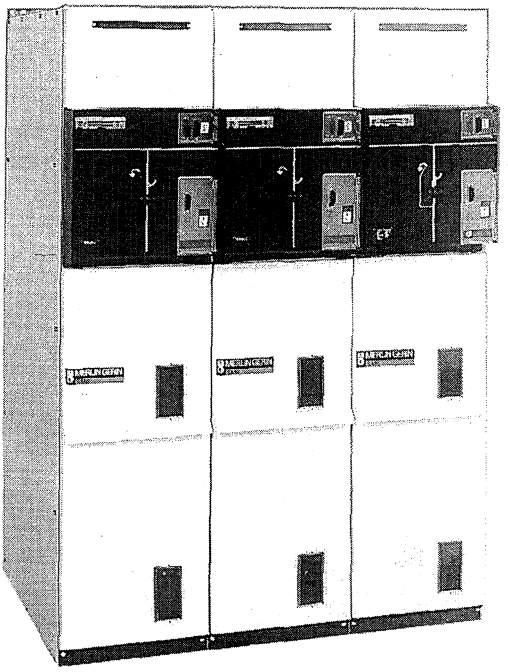


**Рис. 6.6.1.** Внешний вид ячеек SM6

В качестве коммутационных аппаратов в ячейках устанавливаются:

- элегазовые выключатели нагрузки;
- элегазовые высоковольтные выключатели типа SF1 или SFset;
- элегазовые контакторы Rollarc 400 или 400D;
- элегазовые разъединители.

Преимущества ячеек серии SM6:

- большой срок службы;
- минимальное техническое обслуживание;
- высокие электротехнические показатели;
- герметичность элегазовых коммутационных аппаратов (рабочие части аппаратов находятся в изолированном корпусе, заполненном элегазом);
- высокая надежность и безопасность эксплуатации;
- небольшие размеры: ширина — от 375 до 750 мм, высота — 1600 мм, глубина — 840 мм, что обеспечивает возможность их размещения в небольших помещениях или подстанциях, полностью собранных на заводе.

В зависимости от функционального назначения ячейки имеют код: IM, QM, DM1, CM, DM, GBC и др. Назначение и основные аппараты ячеек серии SM6 указаны в табл. 6.6.1, основные технические характеристики ячеек приведены в табл. 6.6.2, схемы первичных соединений — в табл. 6.6.3.

*Таблица 6.6.1.* **Назначение и основные аппараты ячеек SM6**

| Код ячейки | Назначение | Основной аппарат |
|---|---|---|
| IM, IMC, IMB | Для ввода и отходящих линий | Выключатель нагрузки |
| PM | | Выключатель нагрузки и плавкие предохранители |
| QM, QMC, QMB | | Выключатель нагрузки и плавкие предохранители |
| CRM | Для отходящих линий | Контактор и контактор с предохранителями |
| DM1-A, DM1-D | Для ввода и отходящих линий | Выключатель |
| DM1-W, DM1-Z | | Выкатной выключатель* |
| DM2 | | Выкатной выключатель с двумя разъединителями |
| CM, CM2 | Измерительная для сетей с заземленной (CM) и с изолированной нейтралью (CM2) | Трансформатор напряжения |
| GBC-A, GBC-B | Измерительная | Трансформаторы тока и/или трансформатор напряжения |
| NSM-кабели | Основной и резервный кабельный ввод | — |
| NSM-шины | Основной ввод шинами и резервный кабельный ввод | — |
| GIM | Разделительная ячейка (соединение шинами) | — |
| GEM | Расширение | — |
| GBM | Соединительная | — |
| GA2M, GAM | Подвод кабеля | — |
| SM | Разъединитель | — |
| TM | | Трансформатор собственных нужд |

* В отличие от камер отечественного производства ячейки выкатного выключателя выполнены с разъединителями.

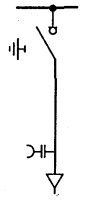
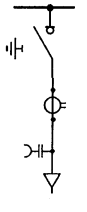
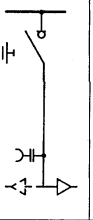
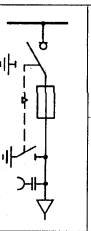
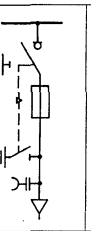
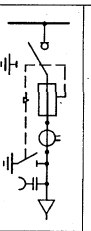
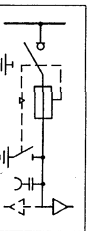
*Таблица 6.6.2.* **Технические характеристики ячеек**

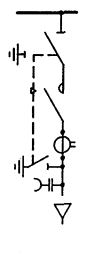
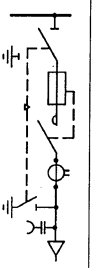
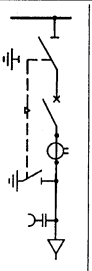
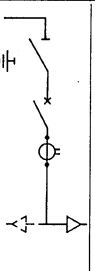
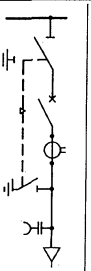
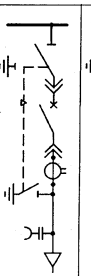
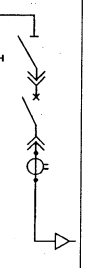
| Параметр | Значения | | | |
|---|---|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 7,2 | 12 | 17,5 | 24 |
| Номинальный ток, А | 200—1250 | | | |
| Номинальный ток отключения, кА: | | | | |
| IM, IMC, IMB, NSM-кабели, NSM-шины | 0,63 | | | |
| PM, QM, QMC, QMB | 25 | | 20 | |
| CRM | 10 | 8 | | |
| CRM с предохранителем | 25 | 12,5 | | |
| DM1-A, DM1-D, DM1-W, DM1-Z | 25 | | 20 | |
| DM2 | 20 | | 16 | |
| Ток термической стойкости (время протекания 1 с), при токе, кА: | | | | |
| 630—1250 А | 16; 20; 25 | | | |
| 400—630—1250 А | 12,5 | | | |
| Механический ресурс, операций: | | | | |
| IM, IMC, IMB, PM, QM, QMC, QMB, NSM-кабели, NSM-шины | 1000 (МЭК 265) | | | |
| CRM | 300 000 (МЭК 56) | | | |
| DM1-A, DM1-D, DM1-W, DM1-Z, DM2 | 10 000 (МЭК 56) | | | |
| Коммутационный ресурс, операций: | | | | |
| IM, IMC, IMB, PM, QM, QMC, QMB, NSM-кабели, NSM-шины | 100 (МЭК 265) | | | |

*Окончание табл. 6.6.2*

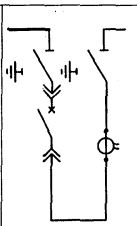
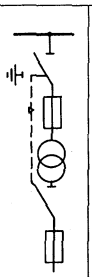
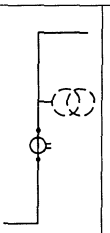
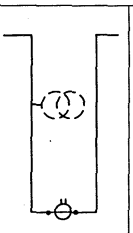
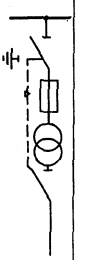
| Параметр | Значения |
|---|---|
| CRM | 100 000 (при 320 А);<br>300 000 (при 250 А) (МЭК 56) |
| DM1-A, DM1-D, DM1-W, DM1-Z, DM2 | 40 (при 12,5 кА);<br>10 000 (при $I_н$, cos φ = 0,7) |

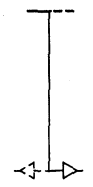
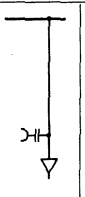
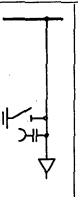
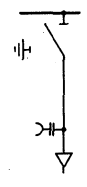
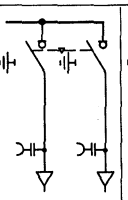
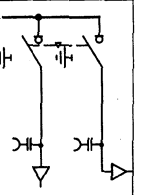
*Таблица 6.6.3.* **Схемы первичных соединений ячеек SM6**

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Код схемы | IM | IMC | IMB | PM | QM | QMC | QMB |
| Номинальный ток ячейки, А | 400 — 630 | | | 200 | 200 | | |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630 — 1250 | | | | | | |
| Число ТТ | - | От 1до 3 | - | - | - | 3 | - |
| Ширина, мм | 375 или 500 | | | 375 | 375 | 625 | 375 |
| Назначение ячейки | Ввод или ОЛ | | ОЛ | Ввод или ОЛ | | | Влево, вправо |
| Привод | CIT | | | CI1 | | | |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Код схемы | CRM | CRM | DM1-A | DM1-D | DM1-R | DM1-W | DM1-Z |
| Номинальный ток ячейки, А | 400 | 250 | 400 — 630 | | 400 | 400 — 630 | 1250 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630 или 1250 | | | | 630 | 630 или 1250 | 1250 |
| Число ТТ | От 1 до 3 | | 3 | | | | |
| Ширина, мм | 750 | | | | 500 | 750 | |
| Назначение ячейки | | | Ввод или ОЛ | ОЛ вправо или влево | Ввод или ОЛ | | Вправо |
| Привод разъединителя | CS | | CS | | | | |
| Привод контактора или выключателя | С магнитным удержанием или с устройством механической фиксации | | RI | | | | |

*Окончание табл. 6.6.3*

| Схема главных цепей |  |  |  |  | — | — |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Код схемы | DM2 | CM, CM2 | GBC-A | GBC-B | GIM | GEM | TM |
| Номинальный ток ячейки, А | 400 — 630 | 50 | 400 — 630 | | 400 | 400 -630 | 50 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630 или 1250 | | | | | | |
| Число ТТ | 3 | | От 1до 3 | | - | | - |
| Число ТН | - | 3 | 3 | | - | | 1 |
| Ширина, мм | 750 | 375 | 750 | | 125 | | 375 |
| Назначение ячейки | Ячейка В с с двумя Р и и ОЛ направо или налево | ТН | ТТ и/или ТН с ОЛ направо или налево | ТТ и/или ТН | Разделительная и расширения | | ТСН |
| Привод разъединителя | CS | - | - | - | - | | - |
| Привод выключателя | RI | - | - | - | - | | - |

| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Код схемы | GBM | GAM2 | GAM | SM | NSM-кабели | NSM-шины |
| Номинальный ток сборных шин, А | 400 — 630 | | | | | |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630 или 1250 | | | | | |
| Число ТТ | - | - | - | - | - | - |
| Число ТН | - | - | - | - | - | - |
| Ширина, мм | 375 | 375 | 500 | 375 или 500 | 750 | |
| Назначение ячейки | Соединительная ячейка с ОЛ направо или налево | Ячейка подключения кабеля | | ОЛ с разъединителем | Ячейка основного и резервного кабельных вводов | Ячейка основного ввода шинами и резервного кабелем |
| Привод | - | - | | CS | CI2 | |

*Примечание.* В таблице приняты следующие сокращения: В — выключатель; Р — разъединитель; ОЛ — отходящая линия; ТТ — трансформаторы тока; ТН — трансформаторы напряжения; ТСН — трансформатор собственных нужд.

Ячейки помимо оборудования, указанного в табл. 6.6.1, могут быть укомплектованы рядом дополнительных устройств (реле, трансформаторы тока нулевой последовательности, трансформаторы тока и на-

пряжения, дополнительный отсек наверху ячейки, нагревательные элементы и т. д.).

**Конструкция.** Ячейка состоит из пяти отсеков (рис. 6.6.2):

1 — отсека коммутационного аппарата (выключателя нагрузки и/или разъединителя;

2 — отсека сборных шин;

3 — кабельного отсека и отсека выключателя или контактора;

4 — отсека привода;

5 — отсека релейной защиты и цепей вторичной коммутации.

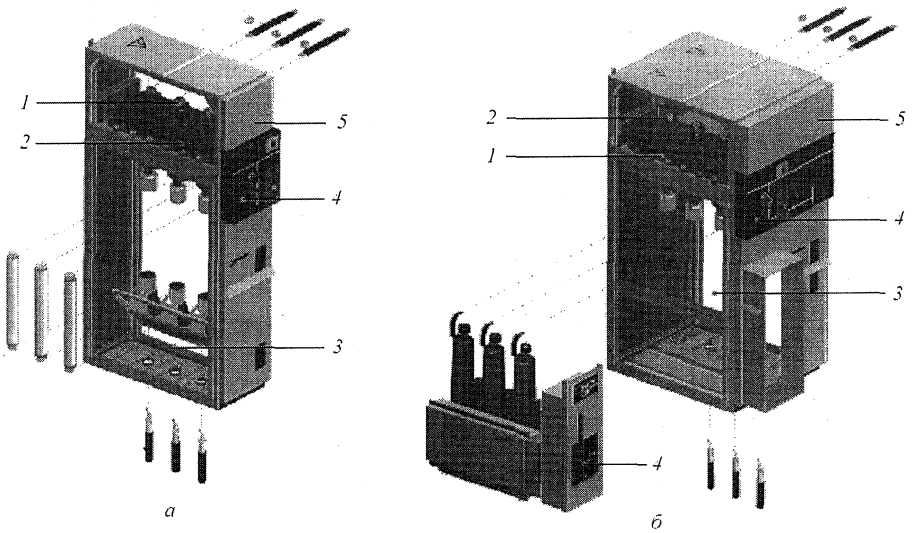



**Рис. 6.6.2.** Конструкция ячейки: *а* — с выключателем нагрузки и плавким предохранителем; *б* — с выключателем; *1* — отсек трехпозиционного разъединителя (выключателя нагрузки) и заземляющего разъединителя в одном корпусе; *2* — отсек сборных шин; *3* — кабельный отсек и отсек выключателя; *4* — отсек привода; *5* — отсек релейной защиты и цепей вторичной коммутации

**В первом отсеке** в одном корпусе расположены: трехпозиционный выключатель нагрузки (разъединитель) и заземляющий разъединитель. Корпус заполнен элегазом и «запаян на весь срок службы». Аппарат отделяет отсек сборных шин от кабельного отсека.

**В отсеке сборных шин** расположены в одной плоскости три изолированные шины, номинальный ток которых составляет 400; 600; 1250 А.

**В кабельном отсеке** осуществляется подсоединение кабелей к контактным площадкам коммутационных аппаратов. Здесь же — в ячейках DM1-A, DM1-D, DM1-W, DM1-Z и DM2 расположен элегазовый выключатель; в ячейках PM, QM расположены плавкие предохранители, в ячейках DM1-A, DM1-D — контактор. При необходимости могут быть установлены трансформаторы тока и напряжения.

Подключение кабелей осуществляется спереди. Кабели могут иметь: простые концевые муфты для одно- или трехфазных кабелей с

СПЭ-изоляцией и термоусаживаемые муфты для кабелей с СПЭ-изоляцией или с бумажной масляной изоляцией.

Максимальное допустимое сечение кабелей:

- 630 мм$^2$ — для вводных ячеек или ячеек отходящих линий с номинальным током 1250 А;
- 240 мм$^2$ — для вводных ячеек или ячеек отходящих линий с номинальным током 400—630 А;
- 95 мм$^2$ — для ячеек с плавкими предохранителями.

Подвод кабелей осуществляется снизу через каналы в полу, с использованием цоколей через проемы в полу. Глубина каналов зависит от сечения кабелей. Возможна установка ячеек на цоколях высотой 400 мм.

**В четвертом отсеке** расположены приводы коммутационных аппаратов.

**В отсеке релейной защиты** устанавливается блок управления, контроля и защиты типов SEPAM, VIP или ABP, клеммник и автоматические выключатели низкого напряжения. При необходимости отсек может быть увеличен путем установки дополнительного отсека с дверцей наверху ячейки. Доступ в эти отсеки может осуществляться при наличии напряжения на сборных шинах и кабелях.

**Электрооборудование, применяемое в ячейках серии SM6.**

**Выключатели нагрузки, разъединители и заземляющие разъединители.** Выключатели нагрузки и разъединители имеют одинаковую конструкцию. В качестве дугогасящей и изоляционной среды используется элегаз. Три поворотных контакта помещены в корпус, заполненный элегазом с избыточным давлением 40 кПа, герметичность корпуса всегда проверяется на заводе-изготовителе. Внешний вид и основные элементы выключателя нагрузки (разъединителя) показаны на рис. 6.6.3, 6.6.4.

Коммутационный аппарат может находиться в одном из трех положений: включен, отключен, заземлен (рис. 6.6.5). Заземляющий разъединитель, помещенный в элегаз, обладает необходимой стойкостью к включению на короткое замыкание. В случае недопустимого повышения давления внутри корпуса предохранительная мембрана направляет

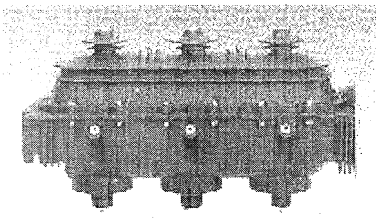


**Рис. 6.6.3.** Выключатель нагрузки (разъединитель)

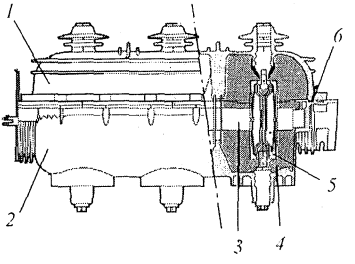
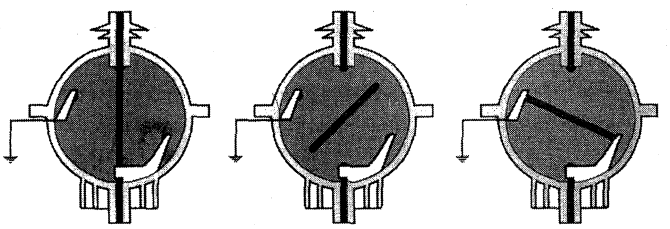



**Рис. 6.6.4.** Устройство выключателя нагрузки (разъединителя): *1* — крышка; *2* — корпус; *3* — вал привода; *4* — неподвижный контакт; *5* — подвижный контакт; *6* — уплотнение



*а* *б* *в*

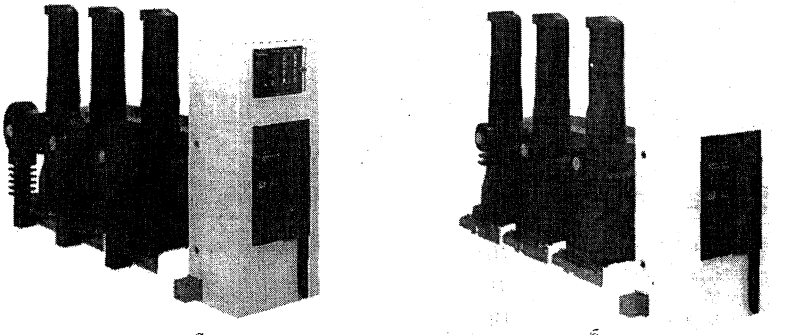
**Рис. 6.6.5.** Положения контактов выключателя нагрузки (разъединителя): *а* — включен; *б* — отключен; *в* — заземлен

газ в заднюю часть ячейки, обеспечивая безопасность обслуживающего персонала.

В момент расхождения неподвижного и подвижного контактов аппарата возникает дуга, для гашения которой используется элегаз, обладающий исключительными дугогасительными свойствами. Для усиления охлаждения дуги создается ее движение в элегазе. Взаимодействие тока с полем, создаваемым постоянным магнитом, приводит к закручиванию дуги относительно неподвижного контакта, в результате происходит ее удлинение и охлаждение до момента, пока она не будет полностью погашена при первом прохождении тока через ноль. Расстояние между неподвижными и подвижными контактами становится к этому моменту достаточным, чтобы выдержать восстанавливающееся напряжение. Эта система является простой, имеет повышенную долговечность благодаря небольшому изнашиванию контактов.

**Выключатель.** В ячейках серии SM6 применяются два типа выключателей:

- серии SFset (рис. 6.6.6, *а*) с автономным устройством, оборудованным электронной системой защиты и специальными датчиками, не требующими дополнительного источника питания;
- серии SF1 (рис. 6.6.6, *б*) с встроенным электронным реле и стандартными датчиками, с питанием от дополнительного источника или без него.



*а* *б*

**Рис. 6.6.6.** Элегазовые выключатели, используемые в ячейках SM6: *а* — серии Fluars SFset; *б* — серии Fluars SF1

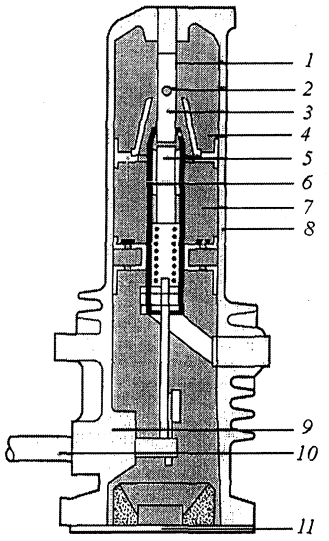



**Рис. 6.6.7.** Полюс выключателя: *1* — корпус; *2* — изолирующее сопло; *3* — неподвижный дугогасительный контакт; *4* — главный подвижный контакт; *5* — подвижный дугогасительный контакт; *6* — подвижный поршень; *7* — камера сжатия; *8* — клапаны; *9* — система уплотнения; *10* — вал привода; *11* — нижняя крышка

Выключатели состоят из трех отдельных полюсов, установленных на раме, на которой смонтирован и привод. Рабочие элементы каждого полюса находятся в изолированном корпусе, заполненном элегазом с избыточным давлением 50 кПа. Каждый элегазовый корпус имеет предохранительную мембрану, срабатывающую при недопустимом повышении давления внутри полюса. Полюс выключателя представлен на рис. 6.6.7.

В выключателях используется автокомпрессионный способ гашения дуги в элегазе, который не дает перенапряжений в момент отключения электрического тока.

*Отключение выключателя* происходит следующим образом (рис. 6.6.8). Первая стадия — предварительное сжатие. В начале процесса расхождения контактов поршень слегка сжимает элегаз в камере повышенного давления. Следующая стадия — горение дуги. При расхождении дугогасительных контактов между ними возникает дуга, при этом поршень продолжает свое движение вниз. Небольшое количество газа через изолированное сопло направляется на дугу. Таким образом, охлаждение дуги при отключении малых токов происходит путем принудительной конвенции. При отключении больших токов происходит тепловое расширение газа в области горения дуги и его перемещение с большой скоростью в сторону частей полюса с более низкой температурой. При прохождении тока через ноль расстояние между двумя дугогасительными контактами достаточно для отключения тока благодаря диэлектрическим свойствам элегаза. Заключительная стадия — стадия гашения дуги. Подвижные части прекраща-

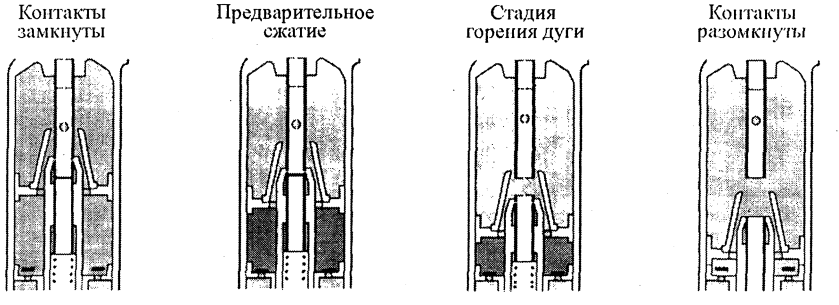



**Рис. 6.6.8.** Процесс отключения выключателя

ют свое движение, в то время как поступление холодного газа продолжается до полного расхождения контактов.

**Контактор Rollarc 400 или 4000** применяется в цепях с частыми коммутациями. Три фазы контактора находятся в корпусе, заполненном элегазом с избыточным давлением 250 кПа. Для обеспечения безопасности предусмотрена предохранительная мембрана, которая срабатывает при повышении давления в корпусе выше предельно допустимого значения.

Устройство контактора показано на рис. 6.6.9. Для гашения дуги в контакторах используется принцип вращения дуги между кольцевыми дугогасительными контактами с помощью электромагнитного поля. Поле создается соленоидом, через который протекает отключаемый ток в момент расхождения контактов.

До начала процесса отключения главные и дугогасительные контакты находятся в замкнутом положении (рис. 6.6.10). Главная цепь раз-

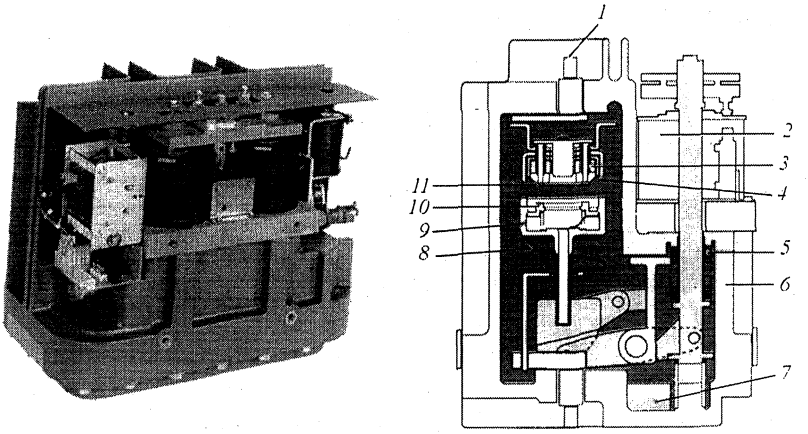



**Рис. 6.6.9.** Устройство контактора: *1* — контакты; *2* — электромагнит; *3* — дугогасящая катушка; *4* — неподвижный главный контакт; *5* — система уплотнения; *6* — корпус; *7* — молекулярная сетка; *8* — гибкий соединитель; *9* — подвижный главный контакт; *10* — подвижный дугогасительный контакт; *11* — неподвижный дугогасительный контакт

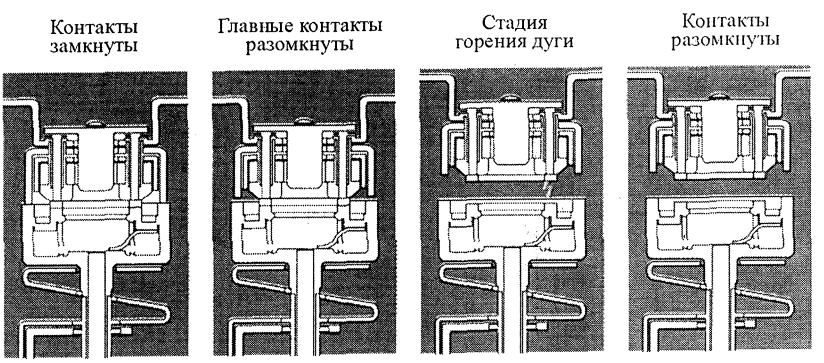



**Рис. 6.6.10.** Процесс отключения главных и дугогасительных контактов контактора

мыкается при размыкании главных контактов. Дугогасительные контакты при этом замкнуты. Размыкание дугогасительных контактов происходит непосредственно за размыканием главных контактов. На дугу воздействует электромагнитное поле, создаваемое дугогасительной катушкой. Дуга быстро вращается под действием электромагнитных сил и охлаждается вследствие принудительной конвенции. Благодаря фазовому сдвигу между током и напряженностью магнитного поля эта сила продолжает существовать и в момент прохождения тока через ноль. При токе, равном нулю, в промежутке между дугогасительными кольцами восстанавливается исходная диэлектрическая напряженность благодаря уникальным диэлектрическим свойствам элегаза.

**Приводы.** В ячейках SM6 применяются двухфункциональные (для двух аппаратов) и однофункциональные (для одного аппарата) приводы. Выполняемые функции приводов приведены в табл. 6.6.4. Устройства управления приводом находятся на передней панели. Привод может быть моторизирован (по дополнительному заказу).

*Таблица 6.6.4.* **Функции приводов**

| Функции | Двухфункциональный привод | | | | Однофункциональный привод | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CIT | CI1 | CI2 | CS | CC | RI |
| **Выключатель нагрузки** | | | | | | |
| Независисимое отключение | + | + | + | | + | + |
| Зависимое отключение | | | | + | | |
| Независимое включение с помощью рычага или двигателя | | + | + | | | + |
| Включение с помощью рычага или мотора | + | | | | + | |
| Зависимое включение | | | | + | | |
| **Заземляющий разъединитель** | | | | | | |
| Независимое отключение | + | | + | | | |
| Отключение с помощью рычага | | + | | | | |
| Независимое включение | | + | | | | |
| Включение с помощью рычага | + | | + | | | |

**Плавкие предохранители.** В ячейках SM6 устанавливаются плавкие предохранители типа Solefuse или Fusarc. Основные технические характеристики предохранителей приведены в табл. 6.6.5, 6.6.6.

*Таблица 6.6.5.* **Технические характеристики плавких предохранителей**

| Рабочее напряжение, кВ | Номинальная мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | | | | Номинальное напряжение, кВ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | |
| **Solefuse** | | | | | | | | | | |
| 3,3 | 31,5 | 31,5 | 31,5 | 63 | 63 | 100 | 100 | | | 7,2 |
| 5,5 | 16 | 31,5 | 31,5 | 63 | 63 | 63 | 80 | 80 | 100 | |
| 6,6 | 16 | 16 | 31,5 | 31,5 | 43 | 43 | 63 | 80 | 100 | |
| 10 | 16 | 16 | 16 | 31,5 | 31,5 | 31,5 | 43 | 43 | 63 | 12 |
| 13,8 | 6,3 | 16 | 16 | 16 | 16 | 31,5 | 31,5 | 31,5 | 43 | 17,5 |
| 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 31,5 | 31,5 | 31,5 | 43 | |
| 20 | 6,3 | 6,3 | 16 | 16 | 16 | 16 | 31,5 | 31,5 | 31,5 | 24 |
| 22 | 6,3 | 6,3 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 31,5 | 31,5 | |

| Рабочее напряжение, кВ | Номинальная мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | Номинальное напряжение, кВ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 800 | 1000 | 22 | 1600 | 2000 | 2500 | |
| 3,3 | | | | | | | 7,2 |
| 5,5 | 125 | | | | | | |
| 6,6 | 125 | 125 | | | | | |
| 10 | 80 | 80 | 100 | | | | 12 |
| 13,8 | 63 | 63 | 80 | | | | 17,5 |
| 15 | 43 | 63 | 80 | | | | |
| 20 | 43 | 43 | 63 | | | | 24 |
| 22 | 31,5 | 43 | 63 | 63 | | | |

| **Fusarc** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Рабочее напряжение, кВ | Номинальная мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | | | Номинальное напряжение, кВ |
| | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | |
| 3,3 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 | 80 | 125 | 160 | 7,2 |
| 5,5 | 25 | 31,5 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 80 | |
| 6,6 | 25 | 31,5 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 | |
| 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 12 |
| 13,8 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 31,5 | 40 | 40 | 17,5 |
| 15 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 31,5 | 40 | 40 | |
| 20 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 25 | 31,5 | 24 |
| 22 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 31,5 | |

*Окончание табл. 6.6.5*

| Рабочее напряжение, кВ | Номинальная мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | | Номинальное напряжение, кВ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 630 | 800 | 1000 | 22 | 1600 | 2000 | 2500 | |
| 3,3 | 200 | | | | | | | 7,2 |
| 5,5 | 100 | 125 | 160 | | | | | |
| 6,6 | 80 | 100 | 125 | 160 | | | | |
| 10 | 63 | 80 | 80 | 100 | 160 | 160 | | 12 |
| 13,8 | 50 | 63 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 17,5 |
| 15 | 50 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | |
| 20 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 80 | 100 | 125 | 24 |
| 22 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 | 100 | |

*Таблица 6.6.6.* **Параметры предохранителей**

| Номинальное напряжение, кВ | | Номинальный ток, А | | Длина/диаметр, мм | | Масса, кг | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solefuse | Fusarc | Solefuse | Fusarc | Solefuse | Fusarc | Solefuse | Fusarc |
| 7,2 | 6,3—125 | 125 | 450/55 | 292/86 | 2 | 3,3 | |
| 12 | 100 | 6,3—20<br>25—40<br>50—100<br>125 | | 292/50,5<br>292/57<br>292/78,5<br>442/86 | | 1,2<br>1,5<br>2,8<br>4,6 | |
| 17,5 | 80 | | | | | | |
| 24 | 6,3—63 | 6,3—20<br>25—40<br>50—63<br>80—100 | | 442/50,5<br>442/57<br>442/78,5<br>442/86 | | 1,6<br>2.2<br>4,1<br>5,3 | |

* Диаметр патрона предохранителя.

**Безопасность эксплуатации** коммутационных аппаратов обеспечивается конструкцией ячеек, простотой коммутационных операций и системой функциональных блокировок. Гарантированное положение выключателей нагрузки и разъединителей отражается на мнемосхеме. Наличие напряжения на кабелях определяется по неоновым лампам стационарных указателей напряжения.

**Трансформаторы тока.** Технические характеристики трансформаторов тока приведены в табл. 6.6.7.

*Таблица 6.6.7.* **Технические характеристики трансформаторов тока**

| Тип трансформатора тока (обмотки) | $I_{н1}$, А | $I_{н2}$, А* | $I_{тер.ст}$, кА | $t$, с | Вторичная обмотка | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Класс точности/$S_2$, кВ·А | |
| | | | | | измерение | защита |
| **Ячейка IMC** | | | | | | |
| Трансформатор **ARM2/N2F** (одна первичная; две вторичные ) | 50 | И: 5, З: 1 или 5 | 12,5 | 0,8 | 0,5/7,5 | 1А — 10Р30/1<br>5А — 5Р10/10 |
| | 75 | | 16 | 1 | | |
| | 100 | | 25 | 0,8 | | |
| | 150; 400 | | | 1 | | |
| | 600 | | | | | |
| **Ячейка QMC** | | | | | | |
| Трансформатор **ARM1/N1F** (одна первичная; одна вторичная для измерения или защиты) | 10 | И: 5 или З: 5 | 0,8 | 1 | 0,5/7,5 | 5Р15/5 |
| | 15 | | 1,2 | | | |
| | 20 | | 1,6 | | | |
| | 25 | | 2 | | | |
| | 30 | | 2,4 | | | |
| | 50 | | 4 | | | |
| | 75 | | 6 | | | |
| | 100 | | 8 | | | |
| | 150; 200 | | 12,5 | | | |
| **Ячейка CRM** | | | | | | |
| **ARM1/N1F** (одна первичная; две вторичные) | 50 | И: 5; З: 5 | 10 | 1 | 0,5/7,5 | 5Р10/5 |
| | 100 | | | | | |
| | 150 | | | | | |
| | 200 | | | | | |
| **Ячейка 400—630 А DM1-A, DM1-D, DM1-R, DM1-W, GBC-A** | | | | | | |
| **ARM3/N2F** (две первичные; две вторичные) | 10—20 | И: 5; З: 1; 5 | 5 | 1 | 0,5/7,5 | 1А — 10Р30/1<br>5А — 5Р10/5 |
| | 20—40 | | 12,5 | 0,8 | | |
| | 50—100 | | | 1 | | |
| | 100—200 | | | | | 1А — 10Р30/1<br>5А — 5Р15/5 |
| | 200—400 | | | | | |
| | 300—600 | | 25 | | | 1А — 10Р30/1<br>5А — 5Р10/5 |
| Ячейки 1250 А: **DM1-A, DM1-D, DM1-W, DM1-Z, GBC-A, GBC-B** | | | | | | |
| **ARJP2/N2F** (одна первичная; две вторичные) | 600 | И: 1; 5; З: 1; 5 | 25 | 1 | 1 и 5 А — 0,5/20 | 1 и 5 А — 5Р20/10 |
| | 750 | | | | | |
| **ARJP3/N2F** (одна первичная; две вторичные) | 1000 | | | | 1 и 5 А — 0,5/30 | 1 и 5 А — 5Р20/15 |
| | 1250 | | | | | |

*Примечание.* $I_{н1}$ — номинальный ток первичной обмотки; $I_{н2}$ — номинальный ток вторичной обмотки; $I_{тер.ст}$ — ток термической стойкости, $t$ — время протекания тока термической стойкости.

* И — обмотка измерения; З — обмотка защиты.

**Трансформаторы напряжения.** Технические характеристики трансформаторов напряжения приведены в табл. 6.6.8.

*Таблица 6.6.8.* **Технические характеристики трансформаторов напряжения**

| Трансформатор | $U_н$, кВ | $U_{н1}$, кВ | $U_{н2}$, кВ | $S_{тепл}$, В·А | Класс точности | $S_{н1}$, В·А | $S_{н2}$, В·А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ячейки CM, DM1-A, DM1-D, DM2, GBC-A, GBC-B** | | | | | | | |
| **VRQ2-n/S1** (фаза—земля) | 24 | $10/\sqrt{3}$ | $100/\sqrt{3}$ | 250 | 0,5 | 30 | — |
| | | $15\sqrt{3}$ | | | 0,5—1 | 30 | — |
| | | 15—$20\sqrt{3}$ | | 150—250 | 0,5 | | 30—50 |
| | | $20\sqrt{3}$ | | | 0,5—1 | 30 | |
| **Ячейки CM, GBC-A, GBC-B** | | | | | | | |
| **VRC2/S1** (фаза—фаза) | 24 | 10 | 100 | 500 | 0,5 | 50 | — |
| | | 15 | | | | | |
| | | 20 | | | | | |
| **Ячейка TM** | | | | | | | |
| **RV9** (фаза—фаза) | 24 | 10 | 220 | 2500 | — | — | — |
| | | 15 | | | | | |
| | | 20 | | | | | |

Примеры компоновки распределительных устройств с ячейками SM6 даны на рис. 6.6.11, примеры выполнения принципиальных схем РП и РУВН трансформаторных подстанций приведены на рис. 6.6.12.

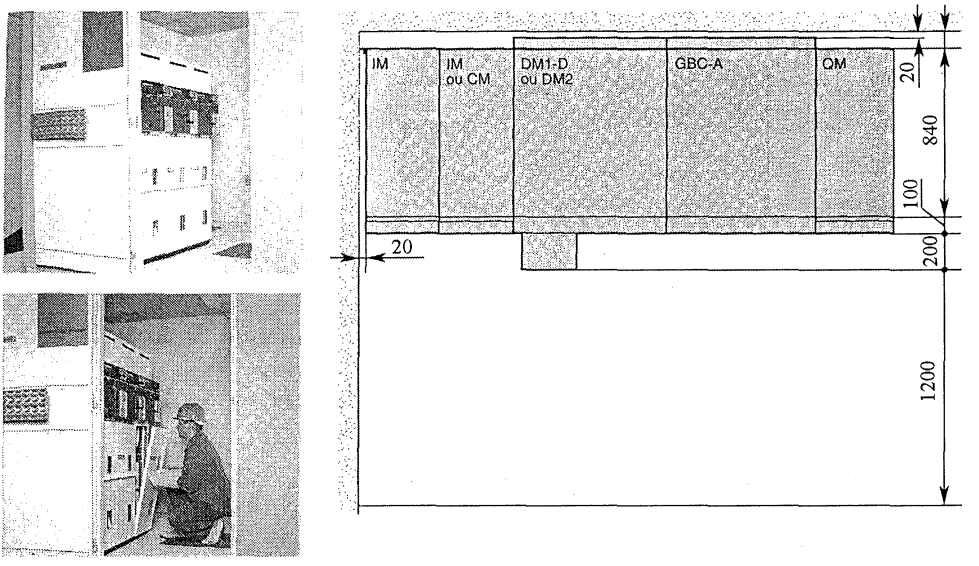



**Рис. 6.6.11.** Примеры компоновок распределительных устройств с ячейками SM6

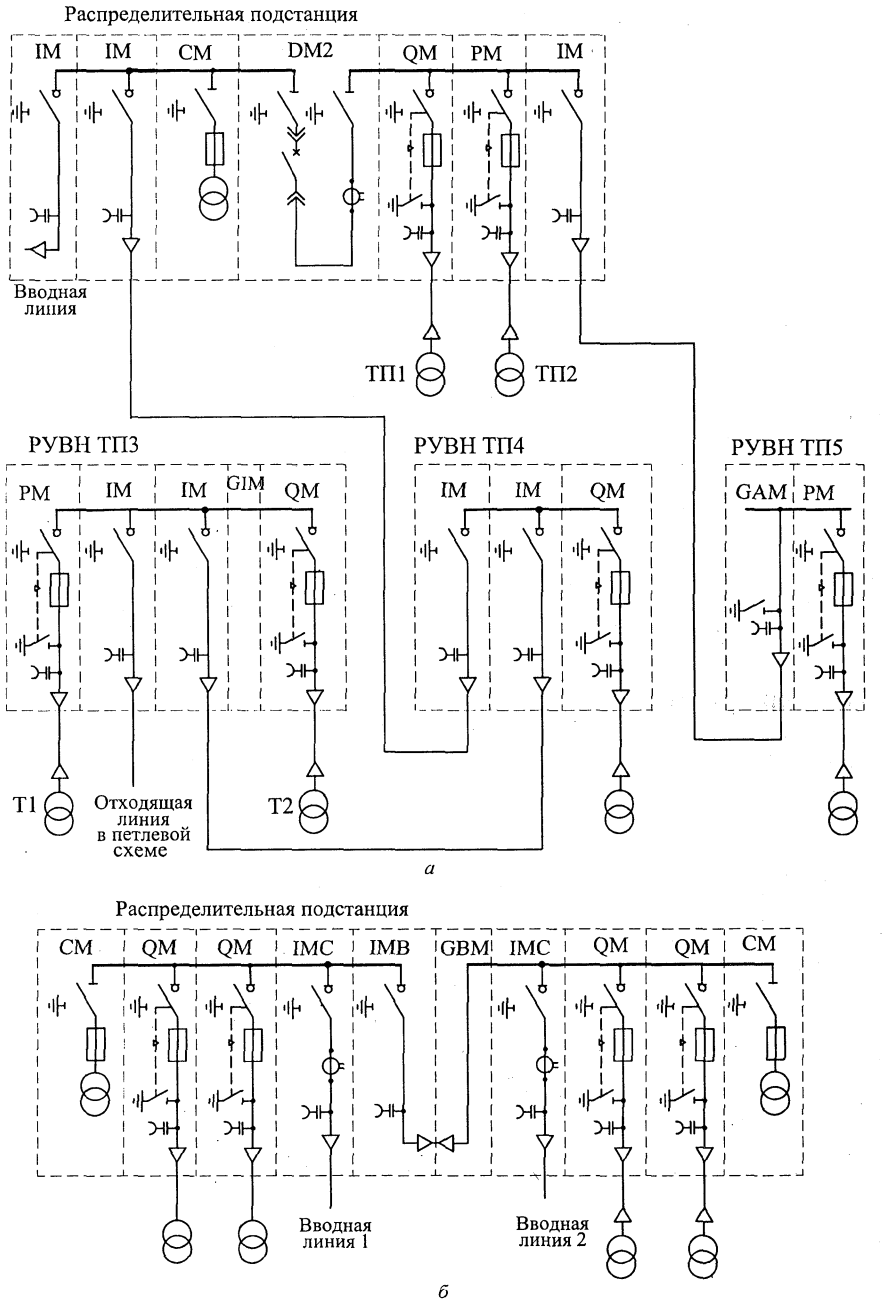



**Рис. 6.6.12.** Примеры принципиальных схем РП и РУВН трансформаторных подстанций: *а* — распределительной сети; *б* — распределительной подстанции

### 6.6.2. Распределительное устройство напряжением 6, 10, 20 кВ серии RM6

Распределительное устройство серии RM6[1] представляет собой полностью изолированный моноблок, состоящий от одного до четырех встроенных функциональных блоков (рис. 6.6.13). Используется как самостоятельный распределительный пункт или распределительное устройство трансформаторных подстанций напряжением 6—20 кВ с небольшим числом присоединений. Моноблоки серии RM6 выпускаются для внутренней установки на токи 400—630 А.

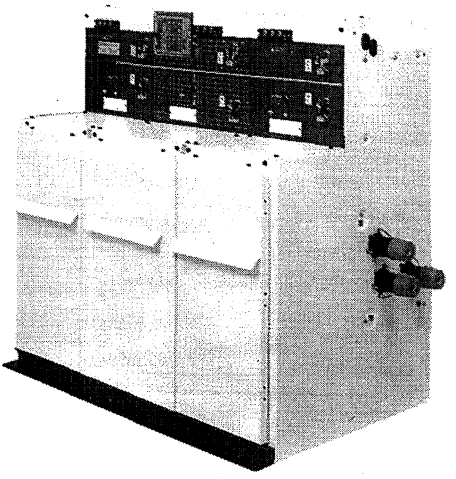


**Рис. 6.6.13.** Моноблок RM6 с возможностью расширения

Преимущества моноблока RM6:

- полная безопасность для обслуживающего персонала, которая обеспечивается стойкостью к внутренней дуге, видимым положением контактов аппаратов, конструкцией коммутационных аппаратов, наличием указателя гарантированного положения контактов;
- устойчивость к воздействию окружающей среды, корпус моноблока имеет степень защиты IP67;
- высокое качество, моноблок соответствует международным стандартам и нормам ГОСТ;
- экологическая безопасность, полная герметичность корпуса;
- не требует технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации, устройство изготовлено, собрано, заполнено элегазом и «запаяно» на весь срок службы (30 лет);

[1] Электрооборудование для распределительных сетей. Компактное распределительное устройство 6, 10, 20 кВ. Серия RM6. Schneider Elektric. ART/93643, 2001.

- небольшие габаритные размеры и масса;
- высоковольтные выключатели выполняют функции выключателей и разъединителей одновременно.

Условия эксплуатации для закрытых распределительных устройств:

- температура воздуха в помещении не выше 40 °С;
- среднесуточная температура не выше 35 °С и не ниже −25 °С;
- высота не выше 1000 м (от 1000 до 3000 м в случае применения экранированных адаптеров).

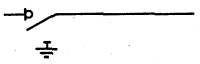
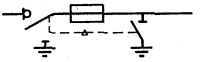
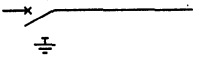
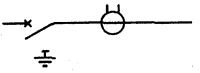
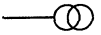
Присоединения моноблока (от одного до четырех) помещены в единый герметичный металлический корпус, заполненный элегазом. Предусмотрена возможность расширения РУ (дополнительно до трех присоединений в одну или в две стороны).

Технические характеристики моноблока приведены в табл. 6.6.9. Схемы и характеристики присоединений моноблока RM6 приведены в табл. 6.6.10.

*Таблица 6.6.9.* **Техническая характеристика моноблока серии RM6**

| Параметр | Значения | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 6—10 | | 20 | | |
| **Выключатель нагрузки (код I)** | | | | | |
| Номинальный ток, А | 630 | 630 | 400 | 630 | 630 |
| Ток отключений, А: нормальный режим | 630 | 630 | 400 | 630 | 630 |
| ток замыкания на землю | 95 | | | | |
| ток холостого хода кабеля | 30 | | | | |
| Односекундный ток термической стойкости, кА | 21 | 25 | 16 | 16 | 20 |
| Ток включения выключателей нагрузки и заземляющих разъединителей, кА | 52,5 | 62,5 | 40 | 40 | 50 |
| **Выключатель в цепи силового трансформатора (код D)** | | | | | |
| Номинальный ток, А | 200 | | | | |
| Ток отключения, кА | 21 | Н. д. | 16 | 16 | Н. д. |
| Ток включения, кА | 52,5 | Н. д. | 40 | 40 | Н. д. |
| **Выключатель нагрузки с предохранителем в цепи силового трансформатора (код Q)** | | | | | |
| Номинальный ток, А | 200 | | | | |
| Ток отключения, кА | 21 | 25 | 16 | 16 | Н. д. |
| Ток включения, кА | 52,5 | 62,5 | 40 | 40 | 50 |
| **Выключатель в цепи линии с номинальным током 630 А (код B)** | | | | | |
| Ток отключения, кА | 21 | Н. д. | 16 | Н. д. | Н. д. |
| Ток включения, кА | 52,5 | Н. д. | 40 | Н. д. | Н. д. |

*Таблица 6.6.10.* **Схемы и характеристики моноблока серии RM6**

| Схема присоединения | Код | Назначение присоединения |
|---|---|---|
|  | I | Сетевой выключатель нагрузки для ввода (вывода) с номинальным током, А: 630 — для напряжений 10(6) кВ; 400—630 — для напряжения 20 кВ |
|  | Q | Комбинация выключателя нагрузки и плавких предохранителей для присоединения силового трансформатора на номинальный ток 200 А |
|  | D | Элегазовый выключатель для присоединения к силовому трансформатору на номинальный ток 200 А |
|  | B | Элегазовый выключатель для ввода и вывода на номинальный ток 630 А |
|  | T | Трансформатор напряжения для телеуправления |

**Маркировка RM6.** В маркировке указываются тип корпуса и вариант конфигурации блока.

Тип корпуса:

NE — нерасширяемый;

RE — расширяемый с одной стороны (Г-образно);

DE — расширяемый с двух сторон (Т-образно).

Возможны следующие варианты конфигурации RM6:

| | | | |
|---|---|---|---|
| I | I | I | I |
| Q | I | Q | I |
| D | I | D | I |
| B | I | B | I |
| T | I | I | I |

Примеры маркировки:

RV6:NE-IQI — нерасширяемый с присоединениями I, Q, I;

RV6:RE-TIII — расширяемый Г-образно с присоединениями T, I, I, I;

RV6:DE-I — расширяемый Т-образно с присоединением I.

Порядок нумерации присоединений моноблока показан на рис. 6.6.14.

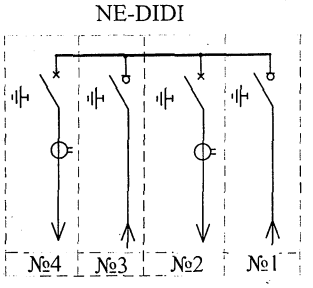



**Рис. 6.6.14.** Порядок нумерации присоединений

**Конструкция моноблока RM6 и аппаратов.**

Моноблок состоит из следующих элементов:

- герметичного металлического корпуса из нержавеющей стали, в котором находятся выключатели нагрузки или выключатели, заземляющие разъединители, сборные шины и токоведущие части. Корпус заполняется элегазом с избыточным давлением 20 кПа, после чего запаивается на заводе-изготовителе на весь срок службы (не менее 30 лет).
  Технического обслуживания в течение указанного срока не требуется;
- отсеков плавких предохранителей, используемых в комбинации с выключателями нагрузки. Плавкие предохранители находятся в трех герметизированных металлизированных колодцах, заземленных с внешней стороны и защищающих предохранители от пыли и влаги;
- одного—четырех кабельных отсеков с адаптерами для подключения к сети или к трансформатору;
- отсека вторичных цепей;
- отсека привода.

Кабельный отсек имеет съемную переднюю панель, устройство крепления кабеля и устройство заземления оболочек кабеля (рис. 6.6.15). Дополнительно могут быть установлены: панель для подключения ограничителей перенапряжения, блокировки, предотвращающие доступ в кабельный отсек, если жилы кабеля не заземлены; блокировки, предотвращающие включение выключателя нагрузки (выключателя) при открытом кабельном отсеке и др.

Корпус соединен с кабельным отсеком с помощью проходных изоляторов из эпоксидной смолы. Проходные изоляторы служат для подключения кабелей к токоведущим частям, находящимся внутри моноблока, и обеспечивают изоляцию между токоведущими частями и корпусом. Моноблок абсолютно защищен от пыли и влаги.

Возможно подключение кабелей с СПЭ-изоляцией и с бумажной пропитанной изоляцией. Прочная и надежная конструкция RM6 практически исключает короткие замыкания внутри РУ. Вместе с тем устройство обладает стойкостью к электрической дуге и выдерживает дугу с током короткого замыкания 20 кА в течение 1 с. Кроме того, при повышении давления внутри RM6 сверх безопасного предела срабатывает защитная мембрана, находящаяся в нижней части корпуса, что полностью исключает опасное воздействие на оператора.

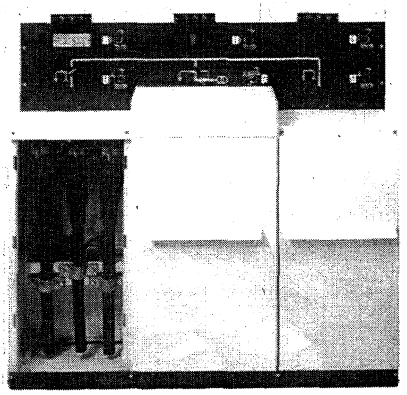


**Рис. 6.6.15.** Кабельный отсек

**Выключатели нагрузки и выключатели** имеют одинаковую конструкцию. Коммутационные аппараты совмещают в себе функции выключателя (выключателя нагрузки) и заземляющего разъединителя и имеют три положения: включено, отключено, заземлено (рис. 6.6.16). Подвижный контакт перемещается в вертикальной плоскости. Выключатели нагрузки и выключатели RM6 выполняют одновременно функции разъединителей.

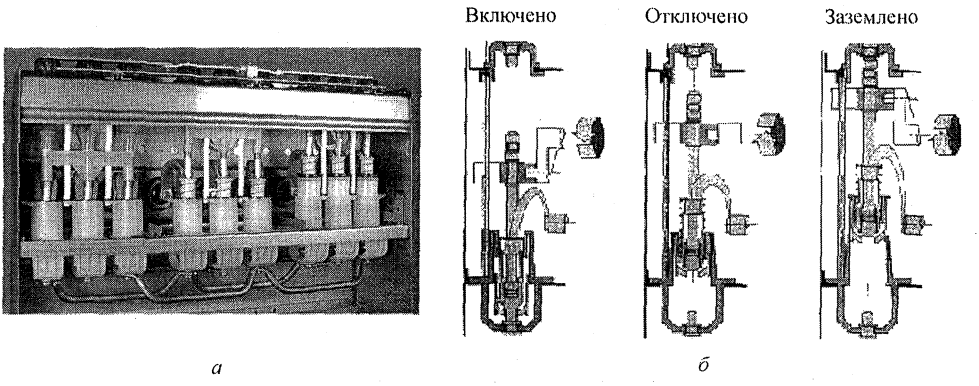



**Рис. 6.6.16.** Общий вид (*а*) и три положения выключателя (*б*)

Замыкание подвижного контакта осуществляется механизмом быстрого действия независимо от оператора. При этом пружина привода выключателя нагрузки постоянно находится в разжатом состоянии. В приводе выключателя механизм отключения взводится в момент отключения аппарата. При отключении выключателя нагрузки используется тот же механизм, действующий в обратном порядке. Отключение выключателя происходит при получении сигнала со стороны кнопки или при протекании тока короткого замыкания.

При необходимости телеуправления коммутационными аппаратами возможна установка моторизованного привода.

Включение и отключение заземляющего разъединителя осуществляется через специальное гнездо управления, доступ к которому открыт, если аппарат отключен, и заблокирован шторкой, если аппарат включен. Заземляющий разъединитель обладает стойкостью к включению на короткое замыкание.

Указатель положения контактов расположен непосредственно на валу, жестко связанном с подвижными контактами. Он однозначно и гарантированно указывает на положение подвижных контактов выключателя нагрузки или выключателя. Обслуживающий персонал в любой момент видит положение подвижных контактов аппаратов через колпачки, расположенные в верхней части моноблока.

**Плавкие предохранители.** В моноблоке RM6 могут быть установлены в комбинации с выключателями нагрузки плавкие предохранители двух типов: Solefuse и Fusars CF на токи от 10 до 125 А. Рекомендации по

выбору плавких предохранителей для защиты трансформаторов приведены в табл. 6.6.11.

*Таблица 6.6.11.* **Параметры плавких предохранителей**

| $U_Р$, кВ | $U_Н$, кВ | Мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 75 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| **Предохранители типа Solefuse** | | | | | | | | | | | | | |
| 5,5 | 7,2 | 16 | | 31,5 | | 63 | | | | | | | |
| 10 | 24 | | | 16 | | 31,5 | | | 63 | | | | |
| 15 | 24 | | | 16 | | | | | 43 | | | | |
| 20 | 24 | | | 16 | | | | | | 43 | | | |
| | | Мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | | | | | | |
| | | 1000 | | | 1250 | | | 1600 | | | 2000 | | |
| 5,5 | 7,2 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 24 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 24 | 63 | | | | | | | | | | | |
| 20 | 24 | 43 | | | 63 | | | | | | | | |
| ***Предохранители типа Fusars CF*** | | | | | | | | | | | | | |
| $U_Р$, кВ | $U_Н$, кВ | Мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | 75 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| 3 | 12 | 20 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | | |
| 3,3 | | 20 | 25 | 40 | 40 | 40 | 63 | 80 | 80 | 125 | 125 | 160 | |
| 4,2 | | 20 | 25 | 25 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 | 80 | 100 | 125 | 160 |
| 5,5 | | 16 | 20 | 25 | 25 | 40 | 40 | 50 | 63 | 80 | 80 | 100 | 125 |
| 6 | | 16 | 20 | 25 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| 6,6 | | 10 | 20 | 25 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 63 | 63 | 80 | 100 |
| 10 | | 10 | 10 | 16 | 20 | 25 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 |
| 11 | | 10 | 10 | 16 | 20 | 20 | 25 | 25 | 40 | 40 | 50 | 50 | 63 |
| 13,8 | 24 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 40 | 50 | 50 |
| 15 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 31,5 | 40 | 50 | 50 |
| 20 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 25 | 31,5 | 40 | 40 |
| 22 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 40 |
| $U_Р$, кВ | $U_Н$, кВ | Мощность трансформатора, кВ·А | | | | | | | | | | | |
| | | 1000 | | | 1250 | | | 1600 | | | 2000 | | |
| 5,5 | 12 | 160 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | 160 | | | | | | | | | | | |
| 6,6 | | 125 | | | 160 | | | | | | | | |
| 10 | | 100 | | | 125 | | | | | | | | |
| 11 | | 80 | | | 100 | | | 125 | | | | | |
| 13,8 | 24 | 63 | | | 100 | | | | | | | | |
| 15 | | 63 | | | 80 | | | 100 | | | | | |
| 20 | | 63 | | | 63 | | | 80 | | | 100 | | |
| 22 | | 50 | | | 63 | | | 80 | | | 100 | | |

**Система релейной защиты** не требует дополнительного источника питания и включает в себя:

- три тороидальных трансформатора, встроенных в проходные изоляторы;
- электронное реле VIP 30 или VIP 35 для выключателей с номинальным током 200 А и VIP 300 для выключателей 630 А;
- расцепитель;
- испытательный разъем для проверки правильности работы защиты с помощью блока VAP 6.

Электронные реле VIP 30, VIP 35 и VIP 300 питаются от датчиков тока и действуют на расцепитель MITOP, функции реле указаны в табл. 6.6.12. Срабатывание защит фиксируют два индикатора (фазное короткое замыкание и замыкание на землю).

*Таблица 6.6.12.* **Функции электронных реле**

| Электронное реле | Междуфазная защита | Защита от замыканий на землю |
|---|---|---|
| VIP 30 | + | – |
| VIP 35 | + | + |
| VIP 30 | + | + |

Для телеуправления в приводе выключателя нагрузки и выключателя предусмотрено место для установки мотор-редуктора, который может быть установлен на заводе или на подстанции силами обслуживающего персонала без снятия напряжения и без демонтажа привода.

На всех присоединениях устанавливаются **указатели напряжения**, которые позволяют проверить наличие или отсутствие напряжения на кабелях. Данное устройство представляет собой индикатор из трех неоновых ламп, подсоединенных к емкостным делителям напряжения, встроенным в проходные изоляторы. Кроме того, каждый выключатель нагрузки может быть укомплектован указателем прохождения токов короткого замыкания типа Альфа (индикатор Хорстмана).

**Размеры моноблоков RM6** приведены на рис. 6.6.17 и 6.6.13.

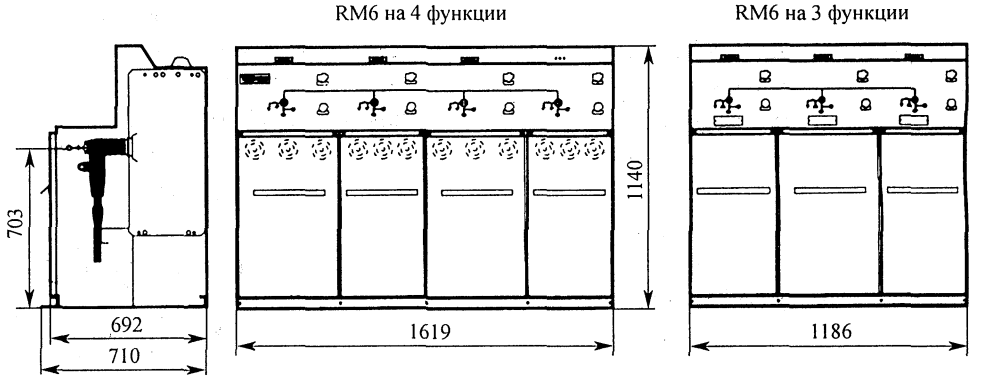



**Рис. 6.6.17.** Размеры моноблока RM6 без возможности расширения

*Таблица 6.6.13.* **Параметры моноблока серии RM6**

| Моноблок | Размеры, мм | | | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|
| | ширина | глубина | высота | |
| **RM6 без возможности расширения:** | | | | |
| четыре присоединения | 1619 | 710 | 1140 | 330 |
| три присоединения | 1186 | — | — | 250 |
| два присоединения | 829 | — | — | 180 |
| одно присоединение | 572 | — | — | 135 |
| **RM6 с возможностью расширения вправо:** | | | | |
| четыре присоединения | 1649 | 710 | 1140 | — |
| три присоединения | 1216 | — | — | — |
| **Отдельно стоящие модули RM6, расширяемые в две стороны:** | | | | |
| одно присоединение с выключателем нагрузки | 532 | 710 | 1140 | — |
| одно присоединение с выключателем | 632 | 710 | 1140 | — |
| на три присоединения с блоком расширения DE с выключателем нагрузки | 1738 | 710 | 1140 | — |
| на четыре присоединения с блоком расширения DE с выключателем нагрузки | 2171 | 710 | 1140 | — |
| на три присоединения с блоком расширения DE с выключателем | 1838 | 710 | 1140 | — |
| на четыре присоединения с блоком расширения DE с выключателем | 2271 | 710 | 1140 | — |

**Установка моноблоков.** Моноблоки RM6 имеют два отверстия, предназначенные для крепления к полу или к стене. К полу RM6 крепится на двух металлических уголках с отверстиями для крепления:

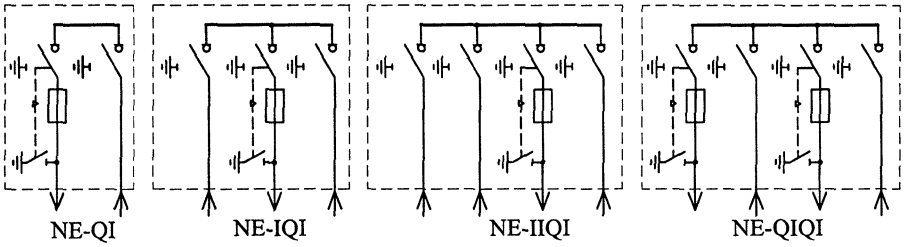
- на плоском полу с кабельными каналами или траншеями;
- на бетонном основании;
- на стойках;
- на металлических рельсах.

Вводные кабели могут быть проложены по каналам или траншеям, с левой или правой стороны.

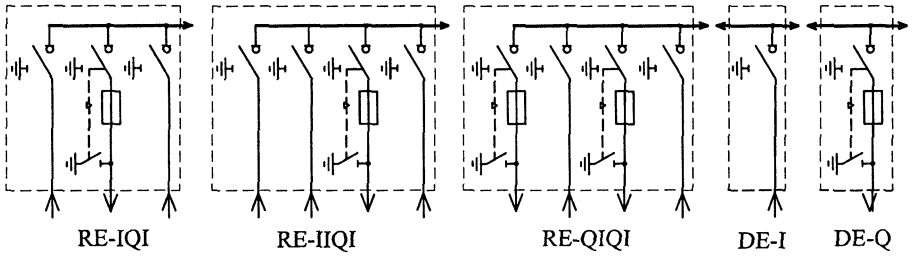
Примеры схем моноблоков приведены на рис. 6.6.18, примеры распределительных сетей с моноблоками RM6 приведены на рис. 6.6.19, 6.6.20.

**1. Защита трансформаторов выключателями нагрузки в комплекте с плавкими предохранителями**

Распредустройства без возможности расширения

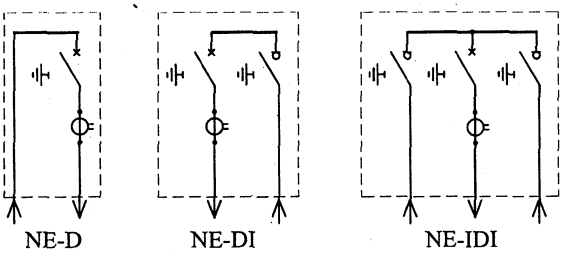


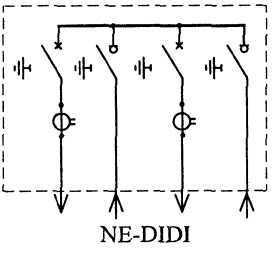

Распредустройства с возможностью расширения




**2. Защита трансформаторов выключателем 200 А**

Распредустройства без возможности расширения




С возможностью расширения
RE-IDI, RE-IIDI, RE-DIDI, DE-I, DE-D

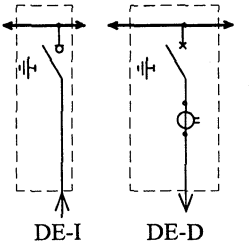
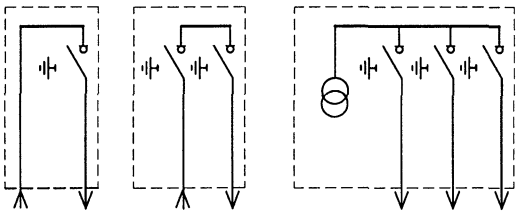



**Рис. 6.6.18.** Схемы моноблоков RM6 (Начало. Продолжение см. стр. 307)

**3. Сетевой выключатель нагрузки**

Распредустройства без возможности расширения



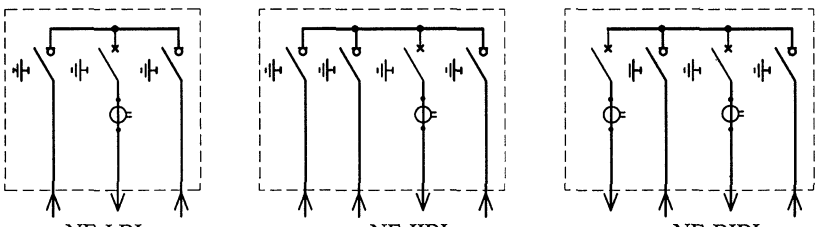
NE-I NE-II NE-TIII со встроенным ТН

А также NE-III, NE-IIII, NE-TIII и др

Распредустройства с возможностью расширения: RE-III, RE-IIII, DE-I и др.

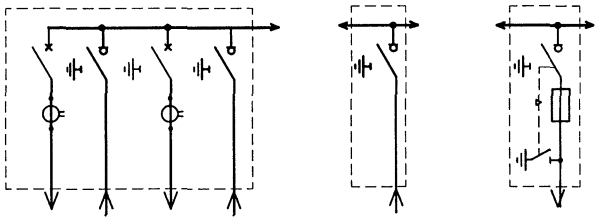
**4. Защита линии выключателем 630 А**

Распредустройства без возможности расширения



NE-I BI NE-IIBI NE-BIBI

Распредустройства с возможностью расширения: RE-IBI, RE-IIBI и др.



RE-BIBI DE-I DE-B

**Рис. 6.6.18.** Схемы моноблоков RM6 (Окончание)

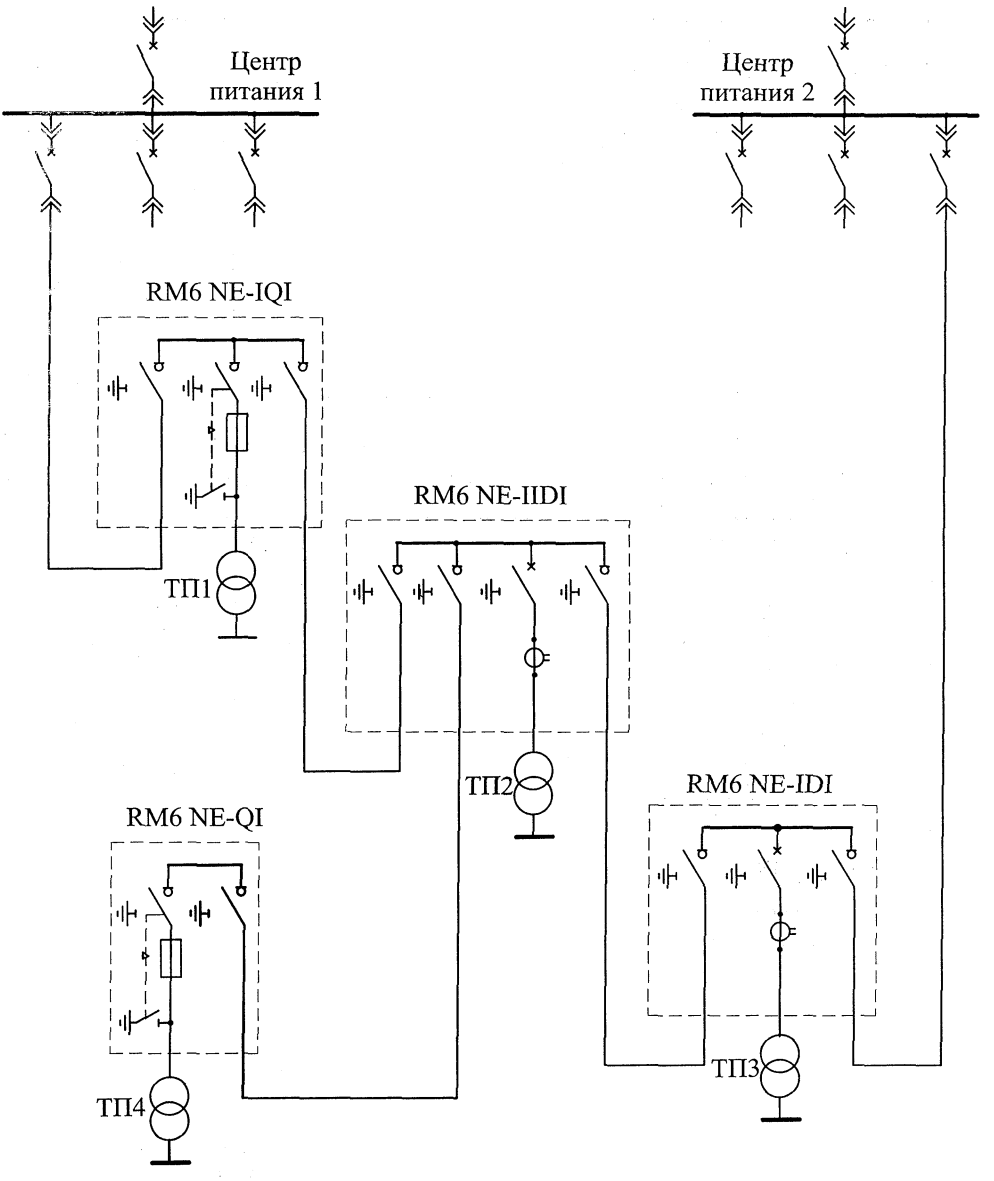



**Рис. 6.6.19.** Пример выполнения петлевой схемы распределительной сети с моноблоками RM6

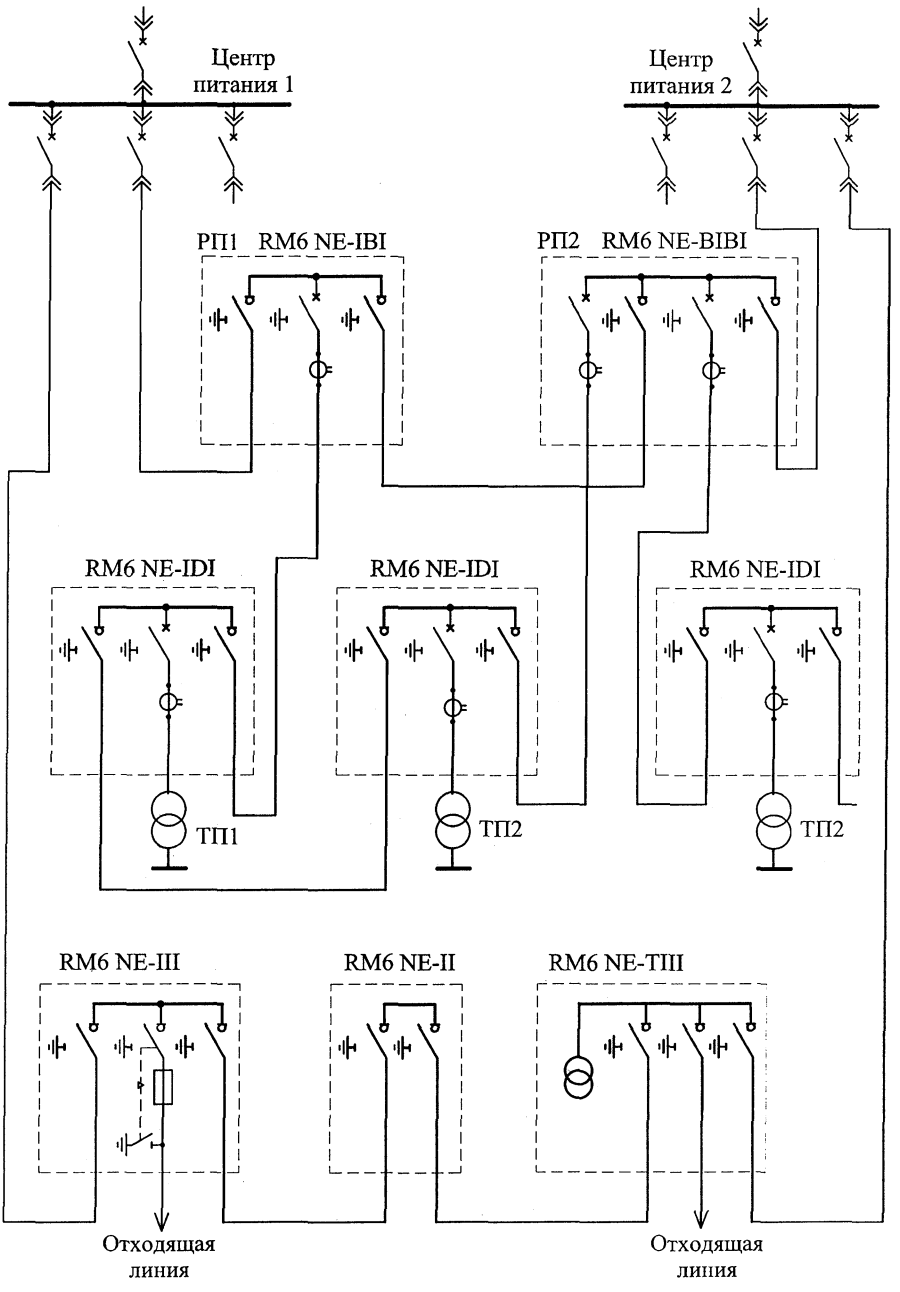



**Рис. 6.6.20.** Пример двухступенчатой схемы распределения электроэнергии с РП1 и РП2, выполненной с моноблоками RM6

## 6.7. Комплектные распределительные устройства напряжением 35 кВ

**Комплектные распределительные устройства серии К-65**[1] напряжением 35 кВ выпускаются Самарским заводом «Электрощит» с 2004 г. и предназначены для приема и распределения электрической энергии переменного трехфазного тока промышленной частоты. Данные КРУ применяются для комплектования трансформаторных подстанций, в том числе КТПБ напряжением 35/6(10) кВ, 110/35/6(10) кВ, 220/ /35/6(10) кВ.

Камеры серии К-65 **одностороннего обслуживания** с шинным и кабельным вводом предназначены для работы в следующих условиях:

- высота установки над уровнем моря не более 1000 м;
- тип окружающей среды II (промышленная) по ГОСТ 15150;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая пыли.

Допустимые значения окружающего воздуха приведены в табл. 6.7.1.

*Таблица 6.7.1.* **Допустимые значения температуры окружающего воздуха, °С**

| Климатическое исполнение и категория размещения КРУ | Верхнее рабочее (эффективное) значение | Нижнее значение |
|---|---|---|
| У3 | +50 | –25 |
| Т3 | +40 | –10 |

Основные технические характеристики камер серии К-65 приведены в табл. 6.7.2, схемы электрических соединений главных цепей — в табл. 6.7.3, общий вид и эскизы камер представлены на рис. 6.7.1, 6.7.2.

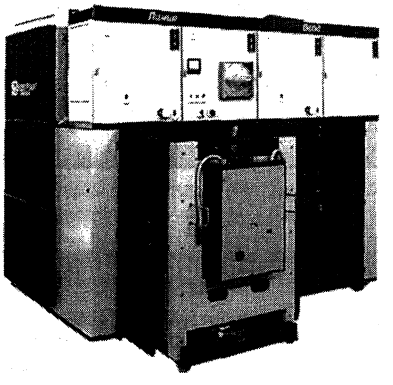


**Рис. 6.7.1.** Камера К-66

[1] Источники. 1. ОАО «Самарский завод «Электрощит». Комплектное распределительное устройство К-65. Техническое описание, 2001. 2. Ячейки серии К-65. Новости электротехники, №1(25), 2004.

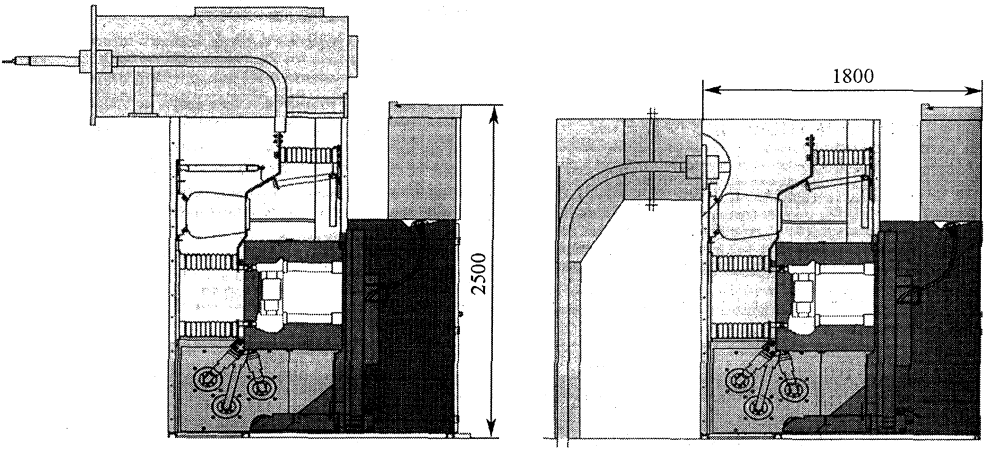



**Рис. 6.7.2.** Камера К-66: *а* — с шинным вводом; *б* — с кабельным вводом

*Таблица 6.7.2.* **Техническая характеристика камер К-65**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, кВ | 35 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 40,5 |
| Номинальный ток главных цепей, А | (800*); 1000 |
| Номинальный ток сборных шин, А | (800;* 1000*); 1000; 1600; |
| Номинальный ток отключения выключателя, встроенного в КРУ, кА | 16; 20; 25** |
| Ток термической стойкости (3 с), кА | 16; 20*** |
| Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА | 51*** |
| Уровень изоляции | Нормальная изоляция, уровень «б» |
| Изоляция | Комбинированная |
| Изоляция токоведущих частей | С частично изолированными шинами |
| Наличие выкатных элементов | С выкатными элементами |
| Вид линейных высоковольтных присоединений | Шинные, кабельные |
| Габаритные размеры шкафа КРУ в утепленном блоке-модуле исполнения УХЛ1 (ширина × глубина × высота), мм | 1500 × 3399 × 3903 (4550****) |
| Габаритные размеры шкафа КРУ в здании (ширина × глубина × высота), мм | 1500 × 1810 × 2520 |
| Степень защиты по ГОСТ 14254—96 | IP20 |

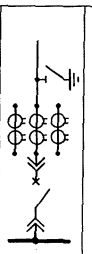
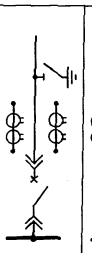
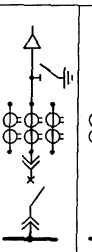
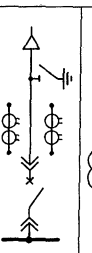
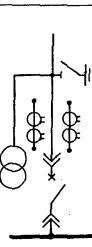
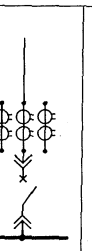
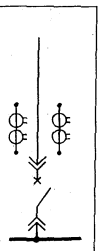
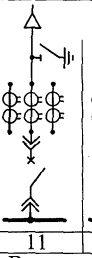
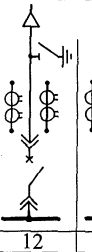
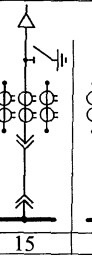
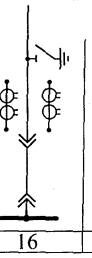
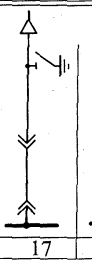
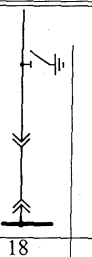
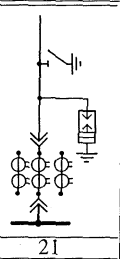
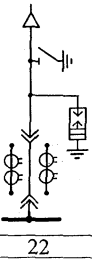
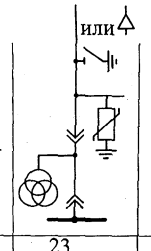
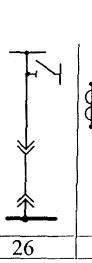
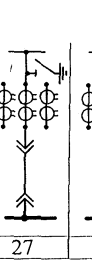
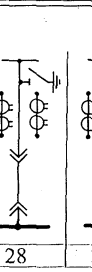
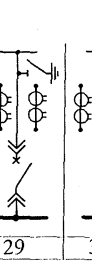
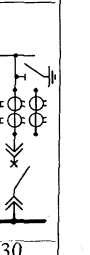
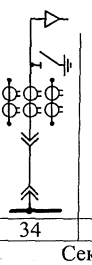
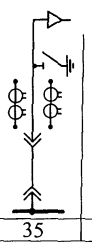
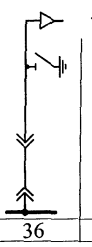
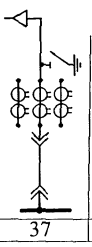
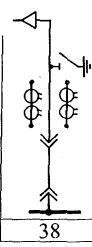
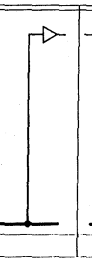
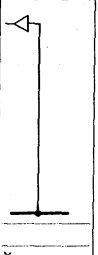
* Для исполнения Т3.

** При номинальном токе отключения выключателей, превышающем ток термической стойкости КРУ, токи включения и отключения для КРУ не могут превышать тока термической стойкости.

*** Термическая и электродинамическая стойкость камер определяется стойкостью встроенных высоковольтных выключателей и/или трансформаторов тока.

**** Высота КРУ с наружной ошиновкой.

*Таблица 6.7.3.* **Схемы первичных соединений камер К-65**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 1 | 2 | 3 | 4 | 7, 8* | 9 | 10 |
| Назначение | Ввод или отходящая линия | | | | | | |
| Номинальный ток, А | 630; 1000 | | | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 11 | 12 | 15 | 16 | 17 | 18 | 21 |
| Назначение | Ввод или отходящая линия | | Ввод с разъединителем | | | | Линия с разъединителем |
| Номинальный ток, А | 630; 1000 | | | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 22 | 23 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Назначение | Линия с разъединителем | | Секционирование | | | | |
| Номинальный ток, А | 630; 1000 | | 630; 1000 | | | | |
| Схема главных цепей |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер схемы | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | | |
| Назначение | Секционная связь между рядами | | | | | Глухой ввод | |
| Номинальный ток, А | 630; 1000 | | | | | | |

* Камера с кабельным вводом (выводом).

В камерах используются вакуумные и элегазовые выключатели. Для защиты от атмосферных и коммутационных перенапряжений предусмотрены ограничители перенапряжений.

**Конструкция.** Конструктивно камеры унифицированы и независимо от схем главных и вспомогательных цепей имеют аналогичные размеры. Камера разделена на отсеки: сборных шин, ввода, выкатного элемента. Для повышения степени локализации камеры изолированы друг от друга сплошными перегородками, а шины шлейфом проходят через проходные изоляторы, установленные на этих перегородках.

*Отсек сборных шин* расположен в нижней части камеры. Шины из медного прутка с твердой изоляцией фирмы «Райхем». Все работы по нанесению твердой изоляции производятся только на заводе.

*В отсеке ввода* размещены заземляющий разъединитель и трансформаторы тока или напряжения. Данный отсек совмещен с отсеком сборных шин, в связи с чем большой объем и разгрузочный клапан позволяют ослабить разрушающее воздействие при аварийном режиме и сбросить давление вне зоны технического обслуживания.

*В отсеке выкатного элемента* может находиться выключатель, разъединитель или трансформатор напряжения, которые устанавливаются на выкатной тележке. С фасадной стороны отсек отделен от коридора технического обслуживания двухстворчатыми дверями, со стороны сборных шин имеются шторки, которые автоматически открываются и закрываются при движении тележки. Выкатной элемент довольно легко перемещается в пределах ячейки и имеет два положения: контрольное и рабочее.

По выбору заказчика КРУ серии К-65 могут изготавливаться в двух вариантах: для внутренней установки в стационарных зданиях (поставляются транспортными блоками до трех камер) и для наружной установки — поставка полностью собранными секциями в утепленных блок-модулях с коридором управления. Утепленная обшивка и система обогрева в блок-модуле дают возможность эксплуатировать КРУ в условиях холодного климата. Размеры блок-модуля (высота — 3600 мм, ширина — 3400 мм) позволяют избежать проблем при транспортировке оборудования. Камеры, устанавливаемые в блок-модуле, имеют открытый высоковольтный отсек, совмещенный с верхней частью здания. Данная конструкция при аварийных ситуациях обеспечивает сброс избыточного давления в область крыши, имеющей разгрузочный клапан. Тем самым обеспечивается безопасность эксплуатации в коридоре обслуживания, имеющем сплошной потолок. Релейная защита и автоматика выполняется с применением микропроцессорных, микроэлектронных, электромеханических реле, а также на микропроцессорных устройствах защиты, управления, автоматики и сигнализации.

## 6.8. Выбор комплектного распределительного устройства

Выбору подлежат:

- номинальное напряжение камер;
- номинальный ток сборных шин РУ;

- место установки (внутри помещения, на открытом воздухе);
- исполнение и серия камер (выбираются в зависимости от значений номинального тока на шинах РП и присоединениях, от числа присоединений и сложности схемы первичных соединений камер, места установки);
- расположение камер (однорядное, двухрядное);
- условия технического обслуживания камер (одностороннее или двухстороннее);
- принципиальная схема, схема заполнения;
- план расположения камер с указанием основных размеров;
- типы и параметры основного оборудования камер.

В распределительном устройстве **обязательно** предусматриваются следующие присоединения:

- ввод;
- отходящие линии;
- секционирование в РУ с секционированной системой шин;
- трансформатор напряжения (не менее одного на секцию шин);
- заземляющий нож сборных шин (один на секцию шин).

При необходимости предусматриваются:

- трансформатор собственных нужд;
- разрядники или ограничители перенапряжений, конденсаторы для снижения перенапряжений;
- шинные мосты между двумя рядами шин (при двухрядном расположении камер);
- кабельные блоки для ввода силовых кабелей;
- кабельные лотки для подводки к ряду КРУ контрольных кабелей и т. д.

В некоторых сериях КРУ (D-12P, КСО «Аврора») предусматриваются камеры с конденсаторными батареями, предназначенными для компенсации реактивной мощности. Их установка обосновывается расчетами по компенсации реактивной мощности.

**Варианты выполнения различных присоединений распределительного устройства.**

**Ввод** выполняется шинным или кабельным, с помощью одной камеры или блока камер (рис. 6.8.1—6.8.2). В блок камер могут входить камеры с трансформатором напряжения, трансформатором собственных нужд. Выключатели ввода рекомендуется подключать ближе к центру сборных шин с целью более равномерного распределения электрической энергии.

**Отходящие линии** также могут выполняться с кабельным или шинным выводом в виде одной камеры или блока камер. При необходимости применения автоматического повторного включения или автоматического включения резерва на наиболее ответственных линиях после выключателя может быть установлен трансформатор напряжения (рис. 6.8.3).

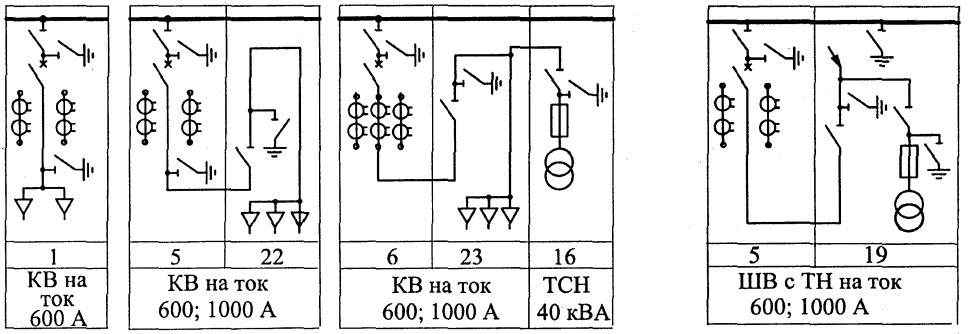



**Рис. 6.8.1.** Варианты выполнения кабельного (*а*) и шинного (*б*) ввода с камерами КСО-285: КВ — кабельный ввод; ШВ — шинный ввод

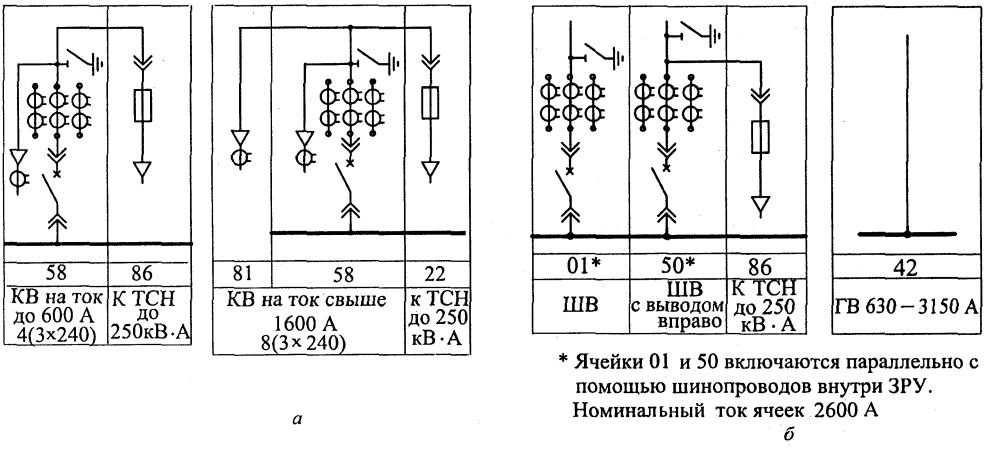



**Рис. 6.8.2.** Варианты выполнения кабельного (*а*) и шинного (*б*) ввода с камерами К-63: КВ — кабельный ввод; ШВ — шинный ввод; ГВ — глухой ввод

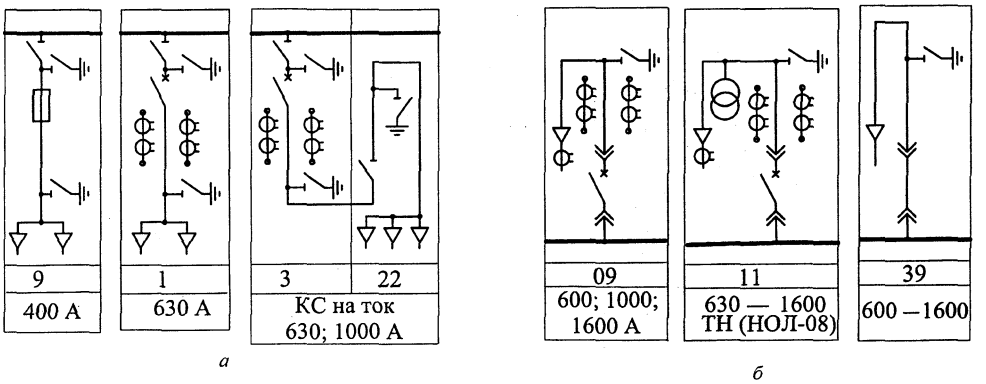



**Рис. 6.8.3.** Варианты выполнения отходящих линий с камерами: *а* — КСО-285; *б* — К-63; КС — кабельная сборка

**Секционирование** осуществляет связь между секциями сборных шин и может быть выполнено по следующим схемам:

- два шинных разъединителя (в камерах КСО серий 300 и 200; рис. 6.8.4, *а*, *д*, *е*);
- два шинных разъединителя и выключатель нагрузки (КСО-366М; рис. 6.8.4, *б*);
- два шинных разъединителя и высоковольтный выключатель (КСО серии 200, КРУ/TEL и др.; рис. 6.8.4, *в*);
- разъемные контакты и высоковольтный выключатель (камеры выкатного исполнения; рис. 6.8.4, *г*).

Секционирование выполняется в виде одной камеры (схемы только с разъединителями) или двух камер: камеры с выключателем (выключателем нагрузки) и камеры с разъединителем (разъемными контактами).

При однорядном расположении распределительного устройства секционное присоединение располагается между секциями в середине РУ.

При двухрядном расположении распределительного устройства:

- для схемы с разъединителями возможна установка разъединителей в камере (рис. 6.8.4, *д*) или на шинном мосту (рис. 6.8.4, *е*);
- для схемы с выключателем и разъединителями (разъемными контактами) возможны три варианта реализации схемы:

  1. Присоединения первой секции шин располагаются в одном ряду, второй — в другом параллельном ряду, секционные камеры

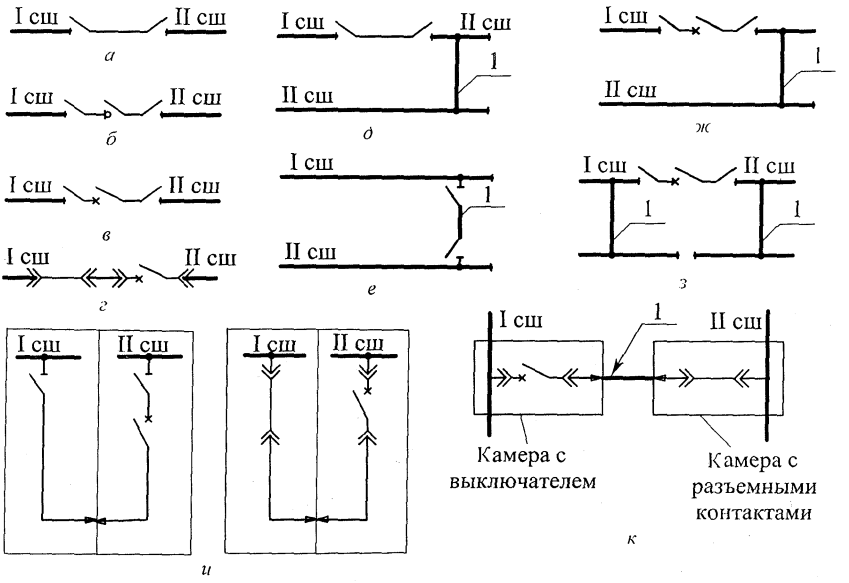



**Рис. 6.8.4.** Вариант секционирования сборных шин при однорядном (*а—г*) и двухрядном (*д—и*) расположении камер: *а*, *д*, *е* — с разъединителями; *б* — с разъединителями и выключателем нагрузки; *в*, *ж*, *з* — с разъединителями и высоковольтным выключателем; *г* — с высоковольтным выключателем выкатного исполнения; *и* — камеры с боковым выводом шин установлены в одном ряду; *к* — камеры с выводом шин вверх установлены в параллельно устанавливаемых рядах; *1* — шинный мост; I сш, II сш — первая, вторая секции шин соответственно

с боковыми выводами шин располагаются рядом с краю первой (второй) секции РУ, при этом соединение со второй (первой) секцией шин осуществляется шинным мостом (рис. 6.8.4, *ж*). Число камер по рядам получается неравным, что приводит к увеличению площади помещения РУ.

2. Присоединения и первой и второй секций шин располагаются в параллельно устанавливаемых рядах, секционные камеры располагаются в середине первого или второго ряда. Для реализации схемы требуется два шинных моста: первый соединяет камеры первой секции шин в разных рядах, второй — камеры второй секции шин (рис. 6.8.4, *з*). Расположение камер по рядам равномерное.

3. Присоединения первой секции шин располагаются в одном ряду, второй — в другом ряду РУ, секционные камеры с выводом шин вверх располагаются напротив друг друга в разных рядах и соединяются шинным мостом (рис. 6.8.4, *к*). Расположение камер по рядам равномерное.

Примеры выполнения секционного присоединения с камерами серий КСО-285 и К-63 приведены на рис. 6.8.5.

**Трансформаторы собственных нужд** подключаются до выключателей ввода, если они служат для питания оперативных цепей, в остальных случаях они могут подключаться к сборным шинам. Трансформаторы мощностью до 40 кВ·А устанавливаются в камерах КРУ, с мощностью трансформатора от 40 до 250 кВ·А они устанавливаются в отдельно стоящих шкафах. На рис. 6.8.6, *а* показаны варианты подключения ТСН в отдельно стоящем шкафу к сборным шинам — рис. 6.8.6, *а*, до выключателей ввода — рис. 6.8.6, *б*.

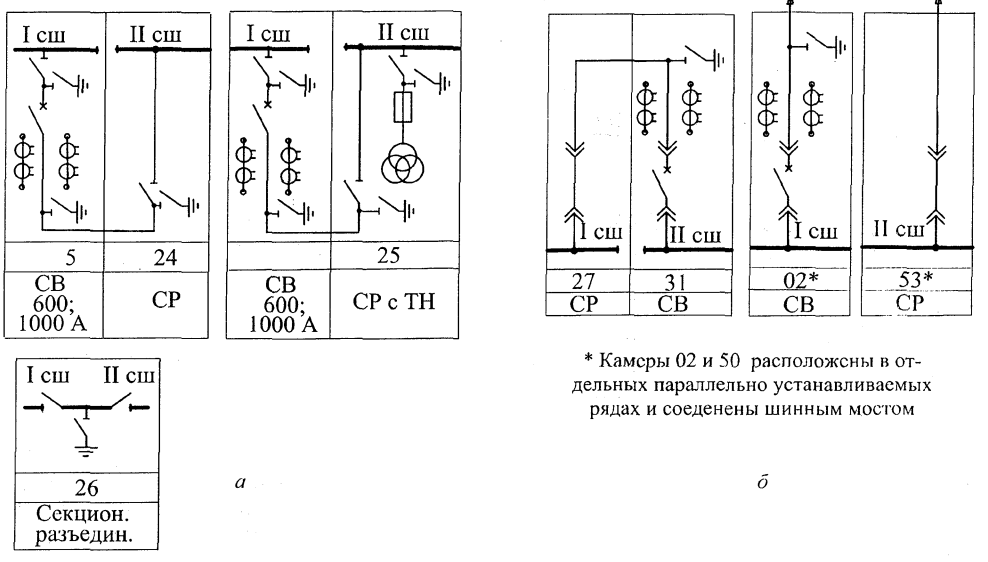



**Рис. 6.8.5.** Примеры выполнения секционного присоединения: *а* — с камерами КСО-285; *б* — с камерами К-63

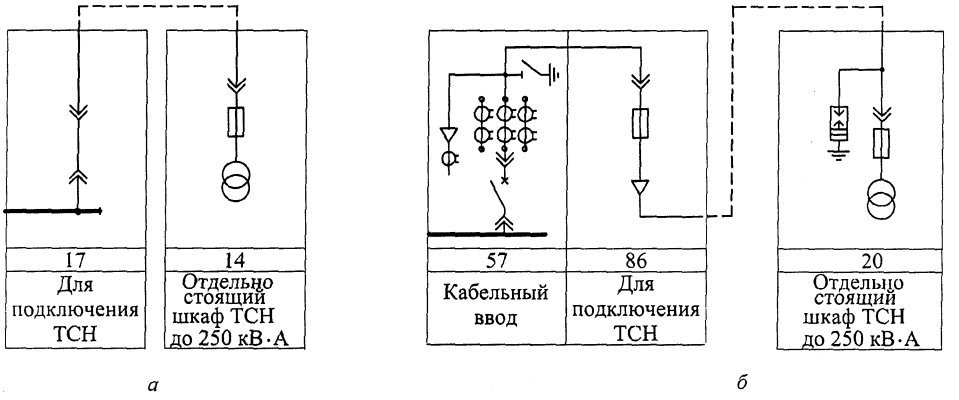



**Рис. 6.8.6.** Варианты подключения трансформаторов собственных нужд в РУ с камерами К-63

**Трансформаторы напряжения** устанавливаются на каждой секции шин, при этом они должны обеспечивать централизованный контроль изоляции в сети 6—10 кВ. Схемы первичных соединений камер КРУ различных серий предусматривают возможность подключения трансформаторов напряжения до выключателей ввода и выключателей отходящих линий, если это требуется по условиям релейной защиты и автоматики. Примеры подключения трансформаторов напряжения приведены на рис. 6.8.7.

Кроме рассмотренных присоединений в схеме РУ могут предусматриваться камеры с конденсаторами, разрядниками или ограничителями перенапряжений, камеры собственных нужд и др.

**Принципиальная схема и схема заполнения распределительного устройства.** На принципиальной схеме распределительного устройства показываются все присоединения, предусмотренные схемой, без учета действительного расположения сборных шин и присоединений. Элементы на схеме располагаются таким образом, чтобы обеспечить большую наглядность и удобство при чтении схемы.

Схема заполнения РУ является разновидностью принципиальной схемы, в которой учитывается действительное расположение сборных шин и присоединений. Схема заполнения обязательно выполняется при проектировании распределительного устройства и, как правило, оформляется в виде таблицы, в которой дается полная информация о типах и параметрах применяемого электрооборудования. Схема служит основой для выполнения планов распределительного устройства.

На схеме заполнения для каждой камеры, входящей в состав РУ, указываются:

- номер схемы исполнения главных цепей,
- номер камеры в РУ;
- назначение камеры;

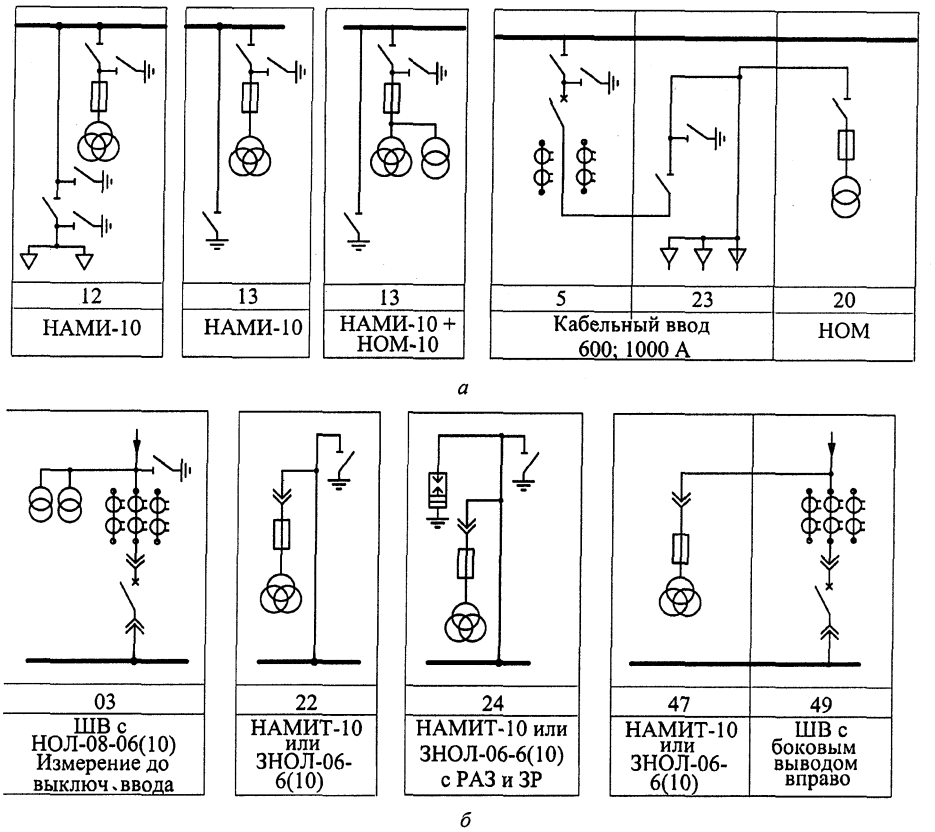



**Рис. 6.8.7.** Варианты подключения трансформаторов напряжения в РУ: *а* — с камерами КСО-285; *б* — с камерами К-63; ШВ — шинный ввод; ЗР — заземляющий разъединитель; РАЗ — разрядник

- номинальный ток камеры;
- типы и параметры установленного электрооборудования: разъединителей, высоковольтных выключателей, трансформаторов тока и т. д.
- марка, сечение и число подходящих кабелей;
- число трансформаторов тока нулевой последовательности;
- номер схемы вспомогательных цепей;
- ток реле максимальной защиты, токовой отсечки и т. д.;
- учет электрической энергии.

**Установка камер.** Камеры устанавливаются в помещениях, в которых должны быть созданы условия работы, допустимые для камер определенной серии.

При использовании камер с односторонним обслуживанием камеры устанавливаются к стене РУ таким образом, чтобы был предотвращен доступ к задней стороне камер. Расстояние до стены должно быть в пределах 100 ± 50 мм. При использовании камер с двухсторонним обслуживанием расстояние между задней стороной камер и стеной помещения 700—1000 мм.

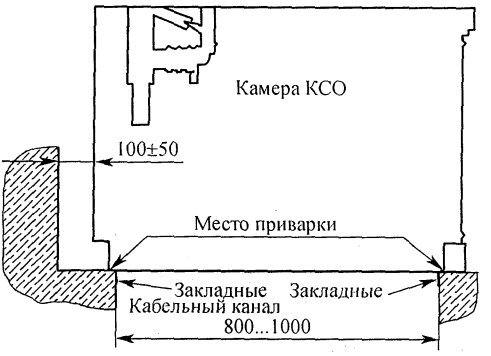



**Рис. 6.8.8.** Установка камер КСО-298 на закладные

Камеры устанавливаются, как правило, на закладные детали (рис. 6.8.8). Для камер стационарного исполнения серий 300 и 200 с открытым расположением сборных шин на крайних в ряду камерах, если они не устанавливаются вплотную боком к стене, должна быть предусмотрена установка боковых экранов для ограждения сборных шин с торца. Необходимо при размещении камер выдерживать следующие расстояния:

- расстояние от фасада камеры до стены (ширина коридора технического обслуживания) при однорядном расположении камер: стационарного исполнения — не менее 1000 мм; выкатного исполнения — длина тележки плюс не менее 0,6 м;
- расстояние между фасадами камер при двухрядном расположении камер: стационарного исполнения — не менее 1200 мм; выкатного исполнения — длина тележки плюс не менее 0,6 м;
- расстояние между фасадами камер при двухрядном расположении камер и длине коридора технического обслуживания до 7000 мм — не менее 1800 мм.

Высота помещения должна быть не менее высоты КРУ, считая от выступающих частей (шинных мостов, шинных вводов и др.) плюс 0,8 м до потолка и 0,3 м — до балок.

**План распределительного устройства** выполняется с указанием основных размеров помещения, размещения камер, шинных мостов, кабельных каналов, шинных (воздушных) вводов и вспомогательного оборудования. Пример выполнения шинного моста с разъединителями в РУ с камерами КСО-298 приведен на рис. 6.8.9. Шинный мост собран из двух рам *2* и *4* с установленными изоляторами *6*, шинами *5* и шинодержателями. При широком проходе в РУ между рамами устанавливается рама-вставка *3*. Приводы разъединителей размещаются на панелях шириной 200 мм, закрепленных между двумя крайними камерами ряда РУ (справа либо слева). Размеры шинных мостов для различных серий камер устанавливаются предприятием-изготовителем.

Примеры выполнения принципиальных схем, схем заполнения и планов РП (РУ) с камерами разных серий приведены на рис. 6.8.10—6.8.16.

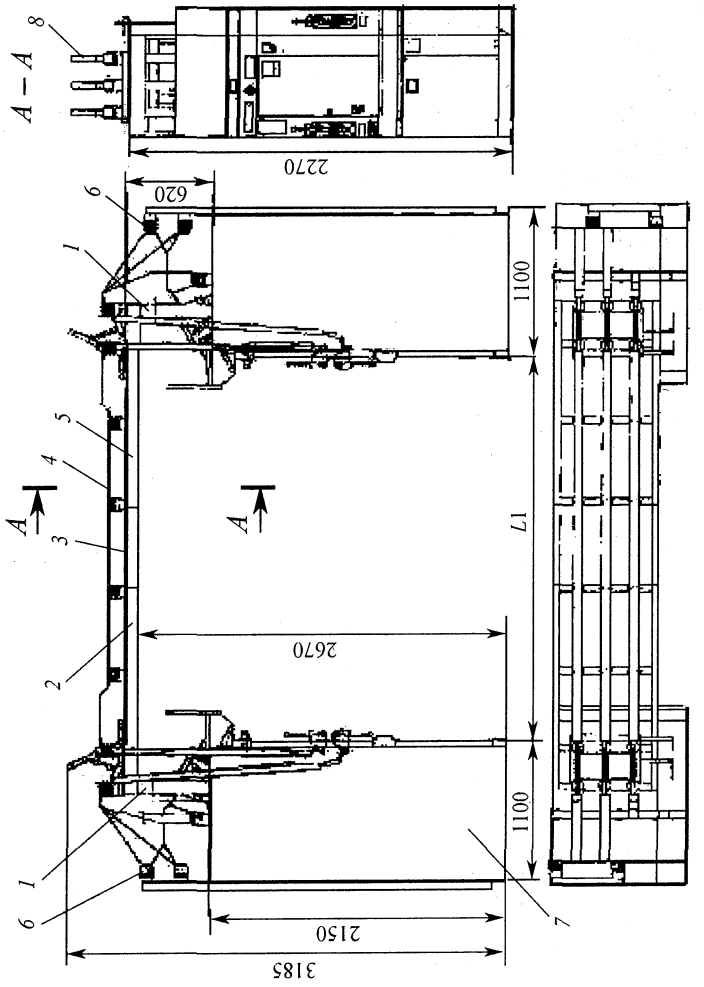
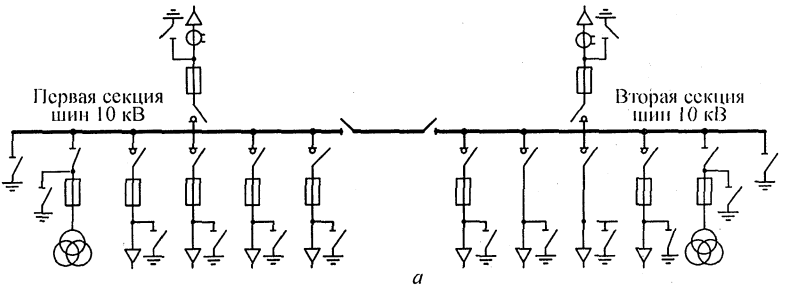



**Рис. 6.8.9.** Шинный мост с разъединителями для камер КСО-298: *1* — опора; *2* — рама; *3* — вставка; *4* — шины; *5* — рама, *6* — изолятор; *7* — камера КСО-298; *8* — разъединитель




*а*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Число и площадь сечения кабелей (мм²) | | | | | | | |
| Тип выключателя, $I_н$, А | | | | | | | |
| Обозначение камеры | 14 | 11 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Назначение камеры | ЗР | ТН | ОЛ1 | Ввод | ОЛ2 | ОЛ3 | Резерв |
| Порядковый номер камеры | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 |
| Схемы первичных соединений первой секции шин 10 кВ | | | | | | | |
| Схемы первичных соединений второй секции шин 10 кВ | | | | | | | |
| Порядковый номер камеры | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| Назначение камеры | ЗР | ТН | ОЛ4 | Ввод | ОЛ5 | ОЛ6 | Резерв |
| Обозначение камеры | 15 | 11 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Тип выключателя, $I_н$, А | | | | | | | |
| Число и площадь сечения кабелей (мм²) | | | | | | | |

*б*

**Рис. 6.8.10.** Принципиальная схема (*а*) и схема заполнения (*б*) РП 10(6) кВ с камерами КСО-366М: ОЛ — отходящая линия; ЗР — заземляющий разъединитель; ТН — трансформатор напряжения

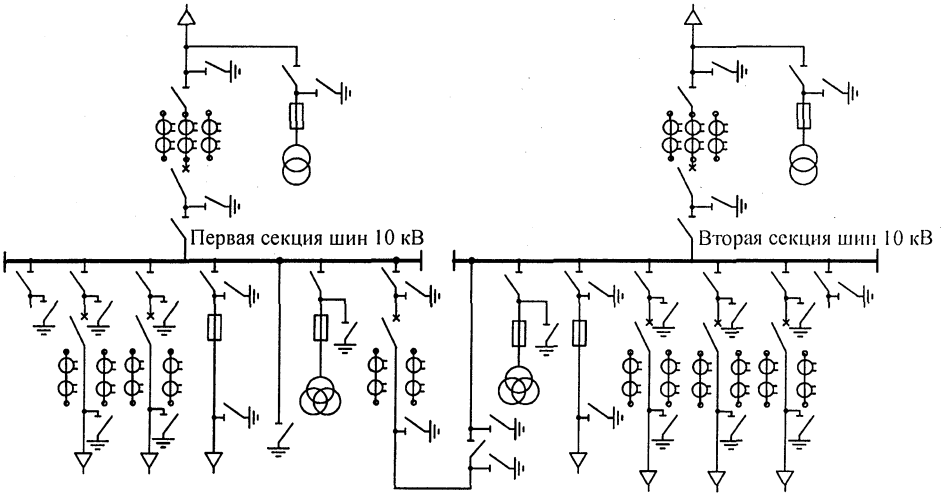



**Рис. 6.8.11.** Принципиальная схема РП 10(6) кВ с камерами КСО-285

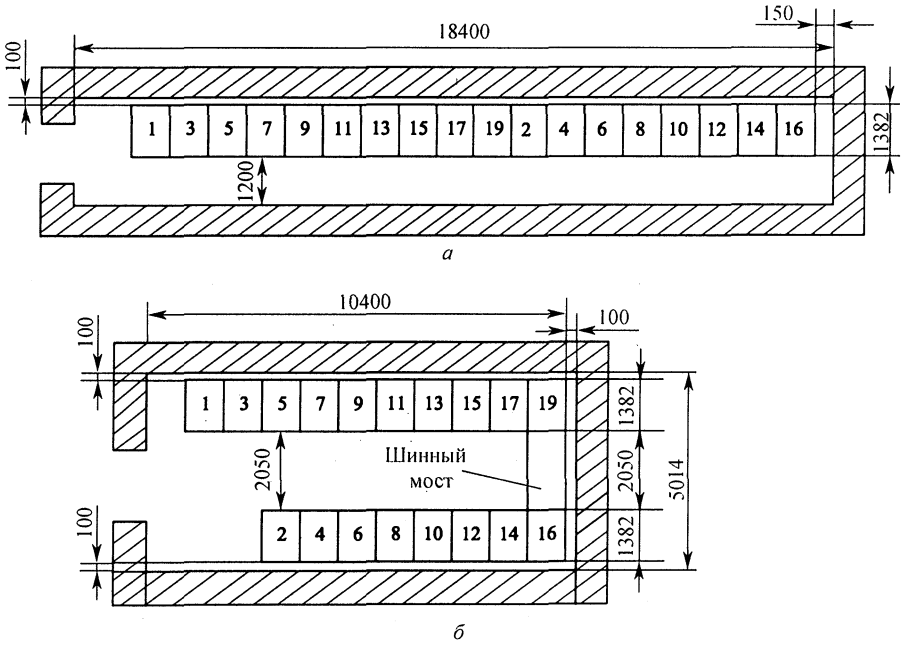



**Рис. 6.8.12.** План РП 10(6) кВ с камерами КСО-285 при однорядном (*а*) и двухрядном (*б*) расположении камер

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тип и параметры ТТ | | | | | | | | | | |
| Тип выключателя; $I_н$, А | | | | | | | | | | |
| Обозначение камеры | 27 | 1 | 1 | 16 | 23 | 6 | 9 | 13 | 5 | 25 |
| Назначение камеры | Резерв | ОЛ1 | ОЛ2 | ТСН | Ввод | I сш | ОЛ3 | ТН I сш | СВ | СР, ТН II сш |
| Порядковый номер камеры | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| Схемы первичных соединений первой секции шин 10 кВ | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Схемы первичных соединений второй секции шин 10 кВ | | | | | | | | | | |
| Порядковый номер камеры | | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| Назначение камеры | | | Резерв | ОЛ7 | ОЛ6 | Ввод | II сш с ТСН | | ОЛ5 | ОЛ4 |
| Обозначение камеры | | | 27 | 1 | 1 | 6 | 23 | 16 | 1 | 9 |
| Тип выключателя; $I_н$, А | | | | | | | | | | |
| Тип и параметры ТТ | | | | | | | | | | |

*Примечание.* I сш, II сш — первая, вторая секции шин соответственно.

**Рис. 6.8.13.** Схема заполнения РП 10(6) кВ с камерами КСО-285

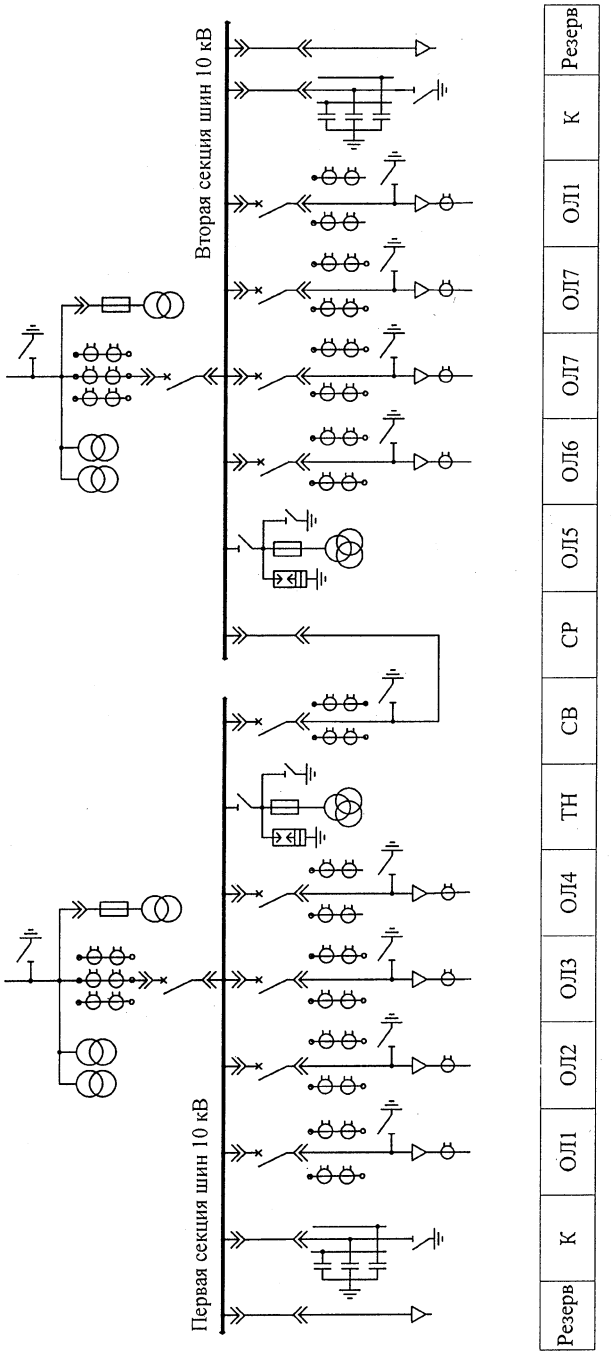
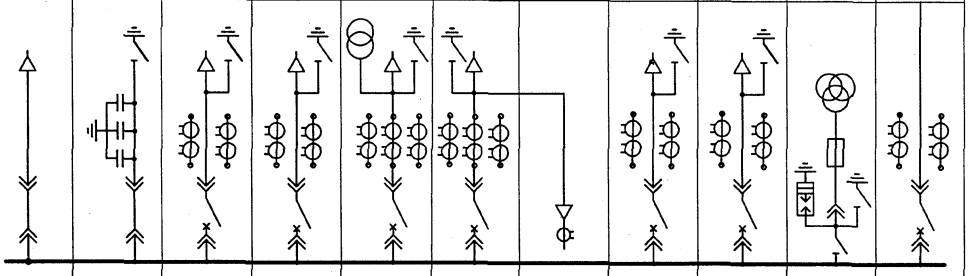
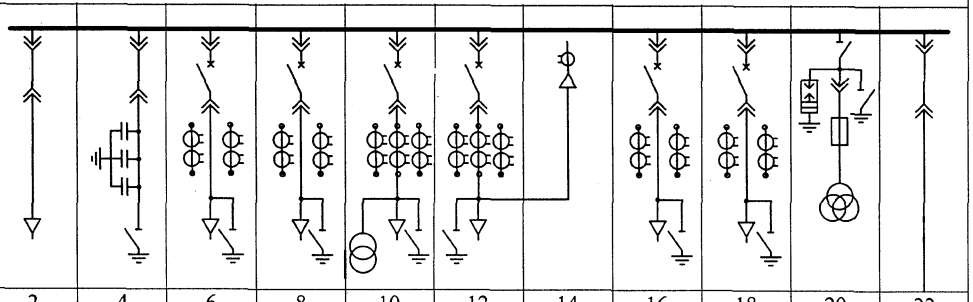



**Рис. 6.8.14.** Принципиальная схема РП 10(6) кВ с камерами К-63: ОЛ — отходящая линия; СВ — секционный выключатель; СР — секционный разъединитель; К — конденсаторы

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номинальный ток, А | | | | | 2600 А | | | | | | |
| Обозначение камеры | 85 | 13 | 09 | 09 | 03 | 50 | 66 | 09 | 09 | 24 | 02 |
| Назначение камеры | Резерв | К | ОЛ1 | ОЛ2 | Ввод I сш с ТН | | к ТСН | ОЛ3 | ОЛ4 | ТН | СВ |
| Порядковый номер камеры | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 |
| Схемы первичных соединений первой секции шин 10 кВ |  | | | | | | | | | | |
| Схемы первичных соединений второй секции шин 10 кВ |  | | | | | | | | | | |
| Порядковый номер камеры | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 |
| Назначение камеры | Резерв | К | ОЛ5 | ОЛ6 | Ввод II сш с ТН | | к ТСН | ОЛ7 | ОЛ8 | ТН | СР |
| Обозначение камеры | 85 | 13 | 09 | 09 | 03 | 49 | 67 | 09 | 09 | 24 | 53 |
| Номинальный ток, А | | | | | 2600 А | | | | | | |

*Примечание.* I сш, II сш — первая, вторая секции шин соответственно.

**Рис. 6.8.15.** Схема заполнения РП 6(10) кВ с камерами К-63

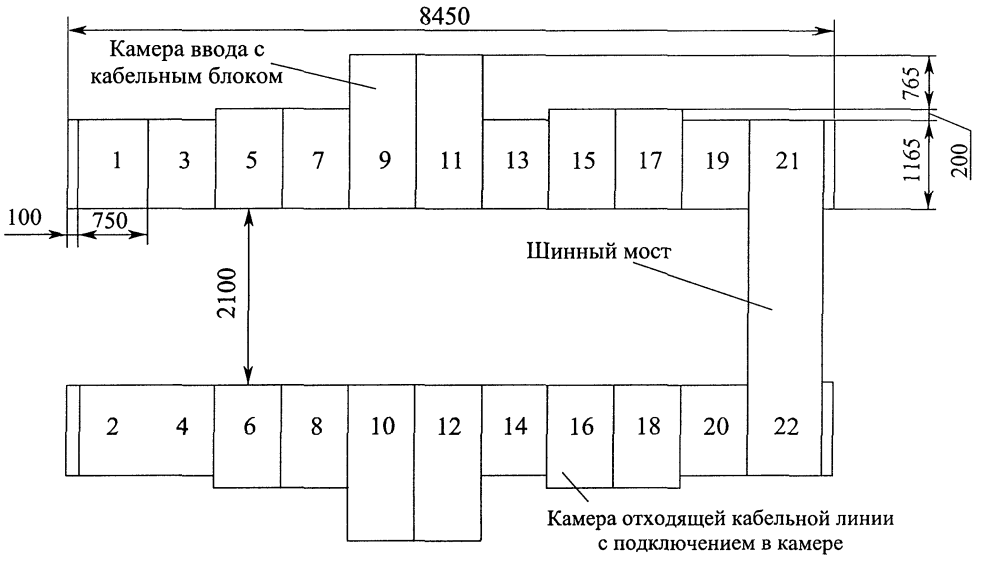



**Рис. 6.8.16.** План двухрядного расположения РП 10(6) кВ с камерами К-63

# 7. НИЗКОВОЛЬТНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ УСТРОЙСТВА

## 7.1. Классификация

Низковольтные комплектные устройства (НКУ) классифицируются по следующим признакам [32]:

- функциям;
- конструкции;
- месту установки, возможности перемещения;
- защите от поражения электрическим током.

**По выполняемым функциям** НКУ делятся на: НКУ распределения электрической энергии; НКУ распределения и управления; НКУ управления.

**НКУ распределения электрической энергии** предназначены для приема и распределения электрической энергии и состоят из сборных шин и низковольтных коммутационных и защитных аппаратов (автоматических выключателей, плавких предохранителей, рубильников). К ним относятся панели распределительные, силовые распределительные шкафы, щитки (силовые, осветительные, этажные, квартирные и т. д.).

**НКУ распределения и управления** представляют собой комбинацию низковольтных коммутационных и защитных аппаратов совместно с устройствами управления, измерения, защиты, регулирования и т. п., смонтированных на единой конструктивной основе.

**НКУ управления** предназначены для управления, измерения, защиты, регулирования.

**Конструктивные исполнения НКУ:**

- открытое — НКУ, на несущей конструкции которого установлена электрическая аппаратура, при этом ее части, находящиеся под напряжением, не защищены;
- защищенное с передней стороны — НКУ открытое, имеющее с передней стороны степени защиты не менее IP2x, доступ к частям, находящимся под напряжением, возможен с другой стороны;
- защищенное — НКУ, закрытое со всех сторон, в котором обеспечивается степень защиты IP2x;
- шкафное — защищенное НКУ, предназначенное в основном для установки на полу, может состоять из нескольких секций, подсекций или отсеков;

- многошкафное — НКУ, состоящее из нескольких механически соединенных шкафов;
- пультовое — защищенное НКУ с горизонтальной или наклонной поверхностью управления, сигнализации, измерения и т. д.;
- ящичное — защищенное НКУ, предназначенное в основном для установки на вертикальной плоскости.

По месту установки НКУ делятся:

- для внутренней установки, предназначенные для установки внутри помещений;
- для наружной установки, предназначенные для эксплуатации вне помещений;
- стационарное, закрепленное на месте установки;
- передвижное, которое в процессе эксплуатации может быть перемещено.

## 7.2. Панели распределительные

Панели распределительные предназначены для комплектования распределительных устройств трансформаторных подстанций (городского, промышленного типа, наружной установки и др.) и отдельно стоящих распределительных устройств напряжением 0,4/0,23 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью. Они служат для приема и распределения электрической энергии, защиты линий от перегрузки и токов короткого замыкания. Выпускаются панели на номинальный ток до 2500 А следующих серий: ЩО-70; ЩО-70-1; ЩО-70-2; ЩО-70-3; ЩО-70-3М; ЩО-01; ЩРО 94.

Предприятие «ПО Элтехника» выпускает панели «Нева» ЩО-2000 модульного типа с номинальным током до 6300 А. Модульные элементы позволяют монтировать щиты любой конфигурации стационарного, выдвижного и разъемного исполнения.

Распределительные устройства комплектуются из вводных, секционных, линейных и торцевых панелей. Кроме перечисленных могут предусматриваться панели: с аппаратурой АВР, диспетчерского управления уличным освещением, учета электроэнергии, управления, торцевые панели (номенклатура выпускаемых панелей определяется заводом-изготовителем).

**Панели распределительные серии ЩРО 94**[1] выпускает ОАО «Самарский завод «Электрощит» с 1994 г. Технические характеристики панелей приведены в табл. 7.2.1, характеристики линейных, вводных и секционных панелей даны в табл. 7.2.2—7.2.4, схемы первичных соединений панелей — на рис. 7.2.1. Кроме панелей, указанных в табл. 7.2.2—7.2.4, вы-

[1] Каталог. Панели распределительных щитов ЩРО. ОАО «Самарский завод «Электрощит».

пускаются нетиповые панели с аппаратурой управления, а также панели по схемам:

- 90 — с аппаратурой АВР;
- 93 — панель диспетчерского управления уличным освещением (для главного пункта управления освещением);
- 94 — панель диспетчерского управления уличным освещением (для промежуточного пункта управления освещением);
- 95 — торцевая;
- 96 — щиток учета активной и реактивной энергии.

В панелях установлены трансформаторы тока ТНШ, Т-0,66.

*Таблица 7.2.1.* **Технические характеристики панелей ЩРО**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, В | 380 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 1000; 1600; 2000 |
| Ток термической стойкости (односекундный), кА | 20 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 50 |
| Число отходящих линий | 1, 2, 3, 4 |
| Габаритные размеры, мм:<br>ширина<br>глубина<br>высота | <br>830,1030 (600*)<br>600 (600*)<br>2200 (600*) |
| Масса панели, кг | 150 |
| Выполнение ввода 380 В | Кабельный (снизу); кабельный с защитой от замыканий на землю; шинный (сверху); шинный с защитой от замыканий на землю |
| По способу установки автоматических выключателей | Стационарное (возможно изготовление линейных панелей с блоком выключатель—контактор, выключатель—пускатель) |
| Режим работы нейтрали | Глухозаземленная |

* Размеры щита учета активной и реактивной энергии.

*Таблица 7.2.2.* **Технические характеристики линейных панелей**

| Номер панели | $I_н$, А | Число ОЛ | Номинальный ток, тип (число аппаратов) |
|---|---|---|---|
| 01 | 250 | 4 | 100, РПС1 (6 шт.)<br>250, РПС2 (6 шт.) |
| 02 | 250 | 4 | 250, РПС2 (12 шт.) |
| 03 | 250 | | 250, РПС2 (8 шт.) |
| 04 | 600 | 1 | РЕ 19-41 (1 шт.)<br>ПН2-600-10У3 (3 шт.) |
| 05 | 400 | 6 | РЕ 19-41 (2 шт.)<br>ВА 35-34 (6 шт.) |

*Окончание табл. 7.2.2*

| Номер панели | $I_н$, А | Число ОЛ | Номинальный ток, тип (число аппаратов) |
|---|---|---|---|
| 06 | 400 | 6 | РЕ 19-41( 2 шт.)<br>ВА 57-35 (6 шт.) |
| 07, 08 | 400 | 4 | РЕ 19-41 (2 шт.)<br>ВА 57-35 (4 шт.) |
| 09, 10 | 630 | 2 | РЕ 19-41 (2 шт.)<br>ВА 51-39 (2 шт.) |
| 13, 14 | 630 | 6 | ВА 57-35 (6 шт.) |
| 15 | 630 | 4 | ВА 57-35 (4 шт.) |
| 15А | 630 | 4 | ВА 51-39 (2 шт.)<br>ВА 57-35 (2 шт.) |
| 16 | 630 | 4 | ВА 57-35 (4 шт) |
| 16А | 630 | 4 | ВА 51-39 (2 шт.) |
| | | | ВА 57-35 (2 шт) |
| 17, 24 | 400 | | РЕ 19-41 (1 шт.)<br>А3794С (1 шт.)<br>ППТ-10 (1 шт.)<br>Вставка ВТФ-10 (1 шт.)<br>ПК = 16-12А (1 шт.) |
| 18, 19 | 630 | | ВА 51-39 (2 шт.) |
| 23 (25) | 1000 (630) | | РЕ 19-41 (1 шт.)<br>ВА 55-41 (1 шт.)<br>Вставка ВТФ—10 (1 шт.)<br>ППТ-10 (1 шт.)<br>ПК 16-12 А |
| 26, 28 | 400 | | РЕ 19-41 (1 шт.)<br>ВА 57-35 (6 шт.) |

*Примечание.* В шапке таблицы: ОЛ — отходящая линия, $I_н$ — номинальный ток панели.

*Таблица 7.2.3.* **Технические характеристики вводных панелей**

| Номер схемы | Номинальный ток панели, А | Тип (число аппаратов) | Примечания |
|---|---|---|---|
| 30 | 630 | РЕ 19-41 с выносной рукояткой привода (1 шт.); ПН2-600 (3 шт.) | Кабельный ввод (для двух вводов без АВР) |
| 31 | 1000 | РЕ 19-41 с выносной рукояткой привода (1 шт.) | Кабельный одиночный ввод (для двух вводов без АВР) |
| 32 | 630 | РЕ 19-41 с выносной рукояткой привода (1 шт.); ПН2-600 (3 шт.) | Шинный одиночный ввод (для двух вводов без АВР) |
| 33 | 1000 | РЕ 19-41 с выносной рукояткой привода (1 шт.) | |

*Окончание табл. 7.2.3*

| Номер схемы | Номинальный ток панели, А | Тип (число аппаратов) | Примечания |
|---|---|---|---|
| 34; 35* | 1000 | РЕ 19-41 с выносной рукояткой привода (1 шт.); ВА 55-41 (1 шт. ) | Кабельный одиночный ввод (для двух вводов: без АВР — 34, с АВР — 35) |
| 36; 37; 38*; 39*; 40; 41* | 1600 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.); ВА 55-43 (1 шт.) | Кабельный одиночный ввод (для двух вводов: без АВР и с АВР) |
| 42; 43* | 1000 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.); ВА 55-41 (1 шт.) | Шинный ввод (для двух вводов: без АВР и с АВР) |
| 44; 45; 46*; 47*; 48; 49* | 1600 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.); ВА 55-43 (1 шт.)** | |
| 50; 51* | 400 | РЕ 19-41 (1 шт.); А 3794С (1 шт.) | Кабельный одиночный ввод (для двух вводов: без АВР и с АВР) |
| 52; 53* | 1000 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.); ВА 55-41 (1 шт.) | |
| 54; 55; 56*; 57*; 58*; 59* | 1600 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.); ВА 55-43 (1 шт.)** | |
| 60*; 61*; 62*; 63* | 1000 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.); ВА 55-41 (1 шт.) | Шинный ввод (для двух вводов: без АВР и с АВР) |
| 64; 65; 66*; 67* 68; 69* | 1600 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.); ВА 55-43 (1 шт.) | |

* На вводе силового трансформатора в PEN проводнике установлены трансформаторы тока.

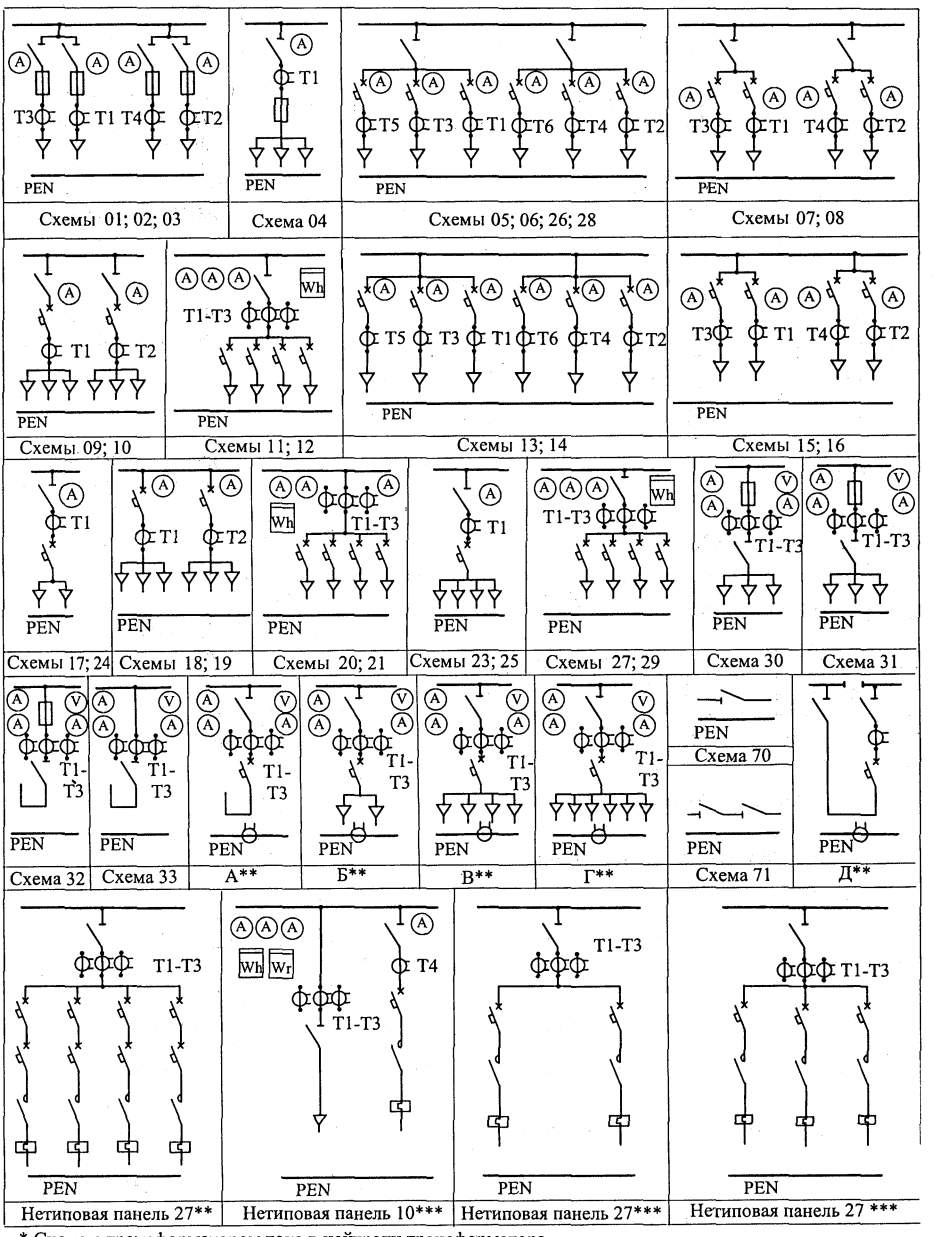
** С электромагнитным приводом и независимой расцепкой.

*Таблица 7.2.4.* **Технические характеристики секционных панелей**

| Номер панели | $I_н$, А | Тип (число аппаратов) |
|---|---|---|
| 70 | 1000 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (1 шт.) |
| 71 | 1000 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (2 шт.) |
| 72 | 1000 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (2 шт.); ВА 55-41 (1 шт.) |
| 74 | 1600 | РЕ 19-41 с оперативной штангой (2 шт.); ВА 55-43 (1 шт.) |
| 75 | 400 | Рубильник ВР 32-37 (2 шт.); А 3794С (1 шт.) |

**Панели распределительные ЩО70-1; ЩО-70-2; ЩО-70-3; ЩО-01**[2] выпускаются Иркутским заводом низковольтных устройств. Основные технические характеристики панелей приведены в табл. 7.2.5, 7.2.6, принципиальные схемы главных цепей панелей ЩО70-1, ЩО-70-2, ЩО-70-3; ЩО-01 представлены на рис. 7.2.2, принципиальная схема и план распределительного устройства с панелями ЩО-70-1 показаны на рис. 7.2.3.

[2] Источник. Каталог. ЗАО Производственная компания «Иркутский завод низковольтных устройств». Иркутск, 2003.




* Схема с трансформатором тока в нейтрали трансформатора.

** А — номера схем: 42, 43*, 44, 45, 46*, 47*, 48, 49*, 60, 61*, 62, 63*, 64, 65, 66*, 67*, 68, 69*, 81, 82*; Б — номера схем: 50, 51*, 79, 80*; В — номера схем 34, 35*, 52, 53*; Г — номера схем: 36, 37, 38*, 39*, 40, 41*, 54, 55, 56*, 57*, 58*, 59*. Д — номера схем 72—78, 83.

*** Нетиповые панели выпускаются с контакторами и магнитными пускателями, с автоматическими выключателями серий: ВА 57-35 и ВА 16-26.

**Рис. 7.2.1.** Схемы первичных соединений панелей ЩРО-94 производства Самарского завода «Электрощит»

*Таблица 7.2.5.* **Технические характеристики панелей ЩО70-1; ЩО-70-2; ЩО-70-3; ЩО-01**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, В | 380/220 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 1600; 2000 |
| Номинальный ток панелей, А:<br>вводных<br>линейных<br>секционных | <br>600; 1000<br>До 1000<br>630; 1000; 1600 |
| Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА | 30; 51 |
| Наличие изоляции токоведущих частей главных цепей | С неизолированными шинами |
| Изоляция | Воздушная |
| Отходящие линии | Кабельные, шинные |
| Условия технического обслуживания | Одностороннее |
| Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В | 220 |
| Габаритные размеры, мм:<br>высота:<br>ЩО-70-1; ЩО-70-2<br>ЩО-70-3; ЩО-01<br>глубина<br>ширина | <br><br>2200<br>2000<br>600<br>См. табл. 7.2.9 |

*Таблица 7.2.6.* **Технические характеристики панелей ЩО70-1, ЩО-70-2, ЩО-70-3, ЩО-01**

| Тип панели | Назначение | Номинальный ток, А | Р | Ав | П | W | А | V | Ширина, мм | Схема |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ЩО-70-1,2-01<br>ЩО-70-3-01<br>ЩО-01-01 | Линейная | 2 × 100 + 2 × 250 | + | – | + | – | + | – | 800<br>800<br>800 | 9 |
| ЩО-70-1,2-02<br>ЩО-70-3-02<br>ЩО-01-02 | То же | 4 × 250 | + | – | + | – | + | – | 800<br>800<br>800 | 9 |
| ЩО-70-1,2-03<br>ЩО-70-3-03<br>ЩО-01-03 | » | 2 × 250 + 2 × 400 | + | – | + | – | + | – | 800<br>800<br>800 | 9 |
| ЩО-70-1,2-04<br>ЩО-70-3-04<br>ЩО-01-04 | » | 1 × 600 | + | – | + | – | + | – | 800<br>600<br>800 | 10 |
| ЩО-70-1,2-06<br>ЩО-70-3-05<br>ЩО-01-06 | » | 6 × 100 | + | + | – | – | + | – | 800<br>800<br>800 | 11 |
| ЩО-70-1,2-07<br>ЩО-70-3-06<br>ЩО-01-08 | » | 4 × 250 | + | + | – | – | + | – | 800<br>800<br>800 | 12 |
| ЩО-70-1,2-09<br>ЩО-70-3-07<br>ЩО-01-09 | » | 2 × 630 | + | + | – | – | + | – | 800<br>800<br>800 | 13 |
| ЩО-70-1,2-12<br>ЩО-70-3-08<br>ЩО-01-12 | » | 4 × 100 | + | + | – | – | + | – | 800<br>600<br>800 | 14 |

*Продолжение табл. 7.2.6*

| Тип панели | Назначение | Номинальный ток, А | Р | Ав | П | W | А | V | Ширина, мм | Схема |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ЩО-70-1,2-14<br>ЩО-01-08 | » | 6 × 100 | – | + | – | – | + | – | 800<br>800 | 15 |
| ЩО-70-1,2-16<br>ЩО-01-16 | » | 4 × 250 | – | + | – | – | + | – | 800<br>800 | 16 |
| ЩО-70-1,2-18<br>ЩО-01-18 | » | 2 × 630 | – | + | – | – | + | – | 800<br>800 | 17 |
| ЩО-70-1,2-21 | » | 4 × 100 | – | + | – | + | + | – | 800 | 18 |
| ЩО-70-1,2-23<br>ЩО-70-3-09<br>ЩО-01-23 | » | 1 × 1000 | + | + | – | – | + | – | 800<br>600<br>800 | 19 |
| ЩО-70-1,2-24<br>ЩО-01-24 | » | 1 × 400 | + | + | – | – | + | – | 800<br>800 | 25 |
| ЩО-70-1,2-30<br>ЩО-70-3-15<br>ЩО-01-30 | Кабельный ввод | 600 | + | – | + | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 2 |
| ЩО-70-1,2-31<br>ЩО-70-3-16<br>ЩО-01-31 | То же | 1000 | + | – | – | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 3 |
| ЩО-70-1,2-32<br>ЩО-70-3-17<br>ЩО-01-32 | Шинный ввод | 600 | + | – | + | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 4 |
| ЩО-70-1,2-33<br>ЩО-70-3-18<br>ЩО-01-33 | То же | 1000 | + | – | – | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 5 |
| ЩО-70-1,2-34<br>ЩО-70-3-19<br>ЩО-01-34 | Кабельный ввод | 1000 | + | + | – | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 6 |
| ЩО-70-1,2-35<br>ЩО-70-3-19А<br>ЩО-01-35 | То же | 1000 | + | + | – | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 22 |
| ЩО-70-1,2-36<br>ЩО-70-3-21<br>ЩО-01-36 | » | 1600 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 7 |
| ЩО-70-1,2-38<br>ЩО-70-3-21А<br>ЩО-01-38 | » | 1600 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 23 |
| ЩО-70-2-40<br>ЩО-70-3-23<br>ЩО-01-40 | » | 2000 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 7 |
| ЩО-70-2-41<br>ЩО-70-3-23А<br>ЩО-01-41 | » | 2000 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 23 |
| ЩО-70-,12-42<br>ЩО-70-3-20<br>ЩО-01-42 | Шинный ввод | 1000 | + | + | – | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 8 |

*Окончание табл. 7.2.6*

| Тип панели | Назначение | Номинальный ток, А | Р | Ав | П | W | А | V | Ширина, мм | Схема |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ЩО-70-1,2-43<br>ЩО-70-3-2-А<br>ЩО-01-43 | То же | 1000 | + | + | – | – | + | + | 800<br>600<br>800 | 24 |
| ЩО-70-1,2-44<br>ЩО-70-3-22<br>ЩО-01-44 | » | 1600 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 8 |
| ЩО-70-1,2-46<br>ЩО-70-3-22А<br>ЩО-01-46 | » | 1600 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 24 |
| ЩО-70-2-48<br>ЩО-70-3-24<br>ЩО-01-48 | » | 2000 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 8 |
| ЩО-70-2-49<br>ЩО-70-3-24А<br>ЩО-01-49 | » | 2000 | + | + | – | – | + | + | 1000<br>800<br>1000 | 24 |
| ЩО-70-1,2-50<br>ЩО-01-50 | Линейная | 400—630 | + | + | – | – | + | + | 800<br>800 | 26 |
| ЩО-70-1,2-51<br>ЩО-01-51 | То же | 400—630 | + | + | – | – | + | + | 800<br>800 | 27 |
| ЩО-70-1,2-60<br>ЩО-01-60 | Шинный ввод | 600 | + | + | – | – | + | + | 800<br>800 | 8 |
| ЩО-70-1,2-61<br>ЩО-01-61 | То же | 1000 | + | + | – | – | + | + | 800<br>800 | 24 |
| ЩО-70-1,2-71<br>ЩО-70-3-36<br>ЩО-01-71 | Секционный | 1000 | + | – | – | – | – | – | 300<br>300<br>300 | 20 |
| ЩО-70-1,2-72<br>ЩО-70-3-37<br>ЩО-01-72 | То же | 1000 | + | + | – | – | – | – | 800<br>600<br>800 | 21 |
| ЩО-70-1,2-73<br>ЩО-70-3-38<br>ЩО-01-73 | » | 1600 | + | + | – | – | – | – | 1000<br>800<br>1000 | 21 |
| ЩО-70-1,2-75<br>ЩО-01-01 | » | 630 | + | + | – | – | + | + | 800<br>800 | 21 |
| ЩО-70-1,93<br>ЩО-70-3-56<br>ЩО-01-93 | Уличное освещение | — | – | – | – | + | – | – | 800<br>800<br>800 | — |
| ЩО-70-1-94<br>ЩО-70-3-57<br>ЩО-01-94 | То же | — | – | – | – | + | – | – | 800<br>800<br>800 | — |
| ЩО-70-1-95<br>ЩО-70-3-58/59<br>ЩО-01-95 | Торцевая | — | – | – | – | – | – | – | 60<br>60<br>60 | — |

*Примечания.* 1. Кроме указанных в таблице выпускаются панели АВР: ЩО-70-1-90, ЩО-70-3-51, ЩО-01-90 шириной 800, 600, 800 мм соответственно.

2. В шапке таблицы использованы сокращения: Р — разъединитель; Ав — автоматический выключатель; П — предохранитель; W — учет электроэнергии; А — амперметр; V — вольтметр.

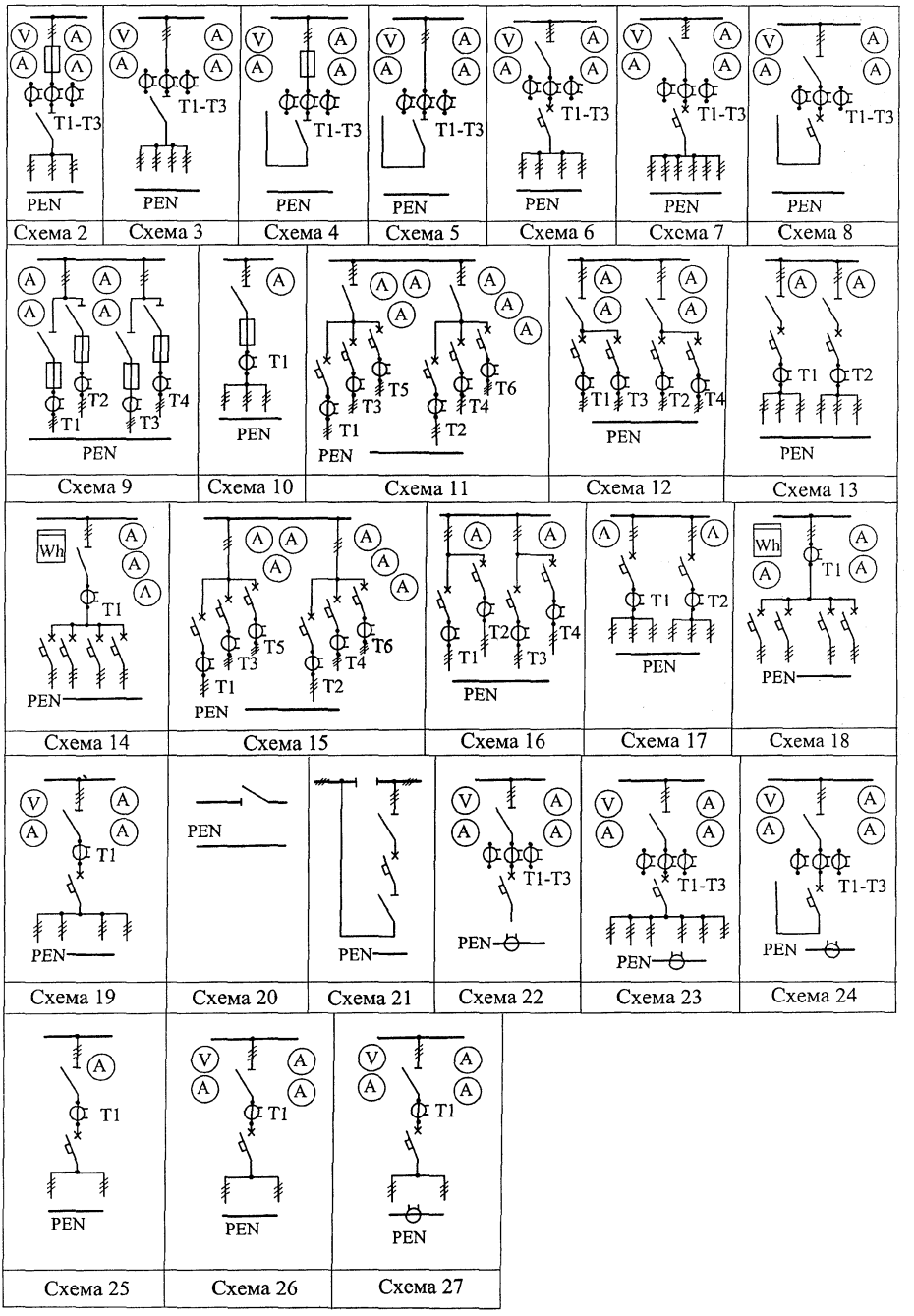
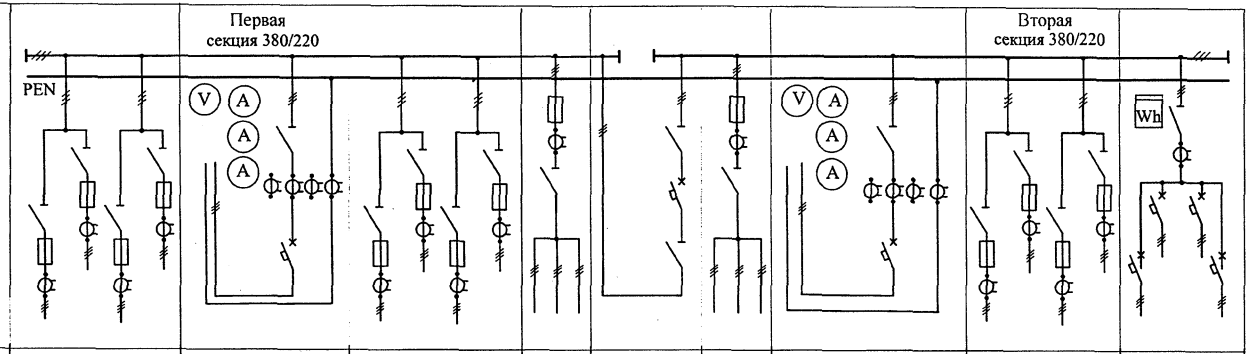
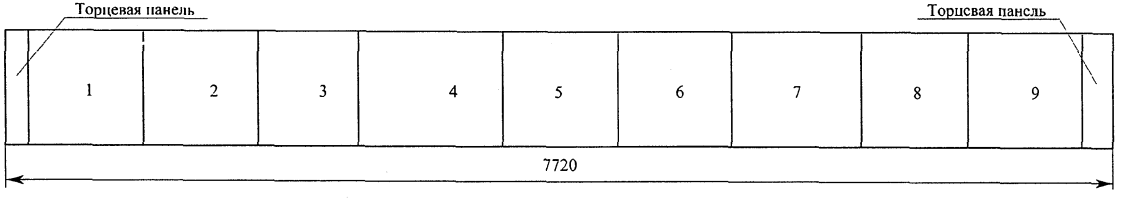



**Рис. 7.2.2.** Схемы первичных соединений панелей ЩО-70-1; ЩО-70-2; ЩО-70-3; ЩО-01 производства ЗАО ПК «ИЗНУ»

| Схема главных цепей |  | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Первая секция 380/220 | | | | | | Вторая секция 380/220 | |
| | PEN | V A A A | | | | | V A A A | | Wh |
| Номер панели | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Тип панели | ЩО-70-1-02 | ЩО-70-1-46 | ЩО-70-1-02 | ЩО-70-1-30 | ЩО-70-1-73 | ЩО-70-1-30 | ЩО-70-1-46 | ЩО-70-1-02 | ЩО-70-1-12 |
| Назначение | Отходящие линии | Ввод первой секции | Отходящие линии | Отходящие линии | Секционирование | Отходящие линии | Ввод второй секции | Отходящие линии | Отходящие линии |

Примечание. На схеме не указаны PEN проводники и амперметры отходящих линий.

*а*




*б*

**Рис. 7.2.3.** Схема (*а*) и план (*б*) распределительного устройства напряжением 380/220 В с панелями ЩО-70-1

**Панели «Нева» ЩО-2000**[3] выпускаются предприятием «ПО Элтехника» на номинальное напряжение 400 В и представляют собой панели одностороннего обслуживания в металлических корпусах с воздушной изоляцией. Панели предназначены для комплектования низковольтных распределительных устройств и шкафов управления на объектах энергетики, промышленности и инфраструктуры.

Низковольтные комплектные устройства «Нева» используются на всех уровнях распределения электроэнергии. На их базе можно изготовить главные распределительные щиты до 6300 А и панели управления до 2500 А.

Благодаря очень гибкой и надежной конструкции система модульных панелей «Нева» дает возможность выполнить любые требования и пожелания заказчика.

**Преимущества** перед панелями традиционных конструкций:

- большие номинальные токи (до 6300 А) и высокие параметры электродинамической и термической стойкости позволяют применять панели в промышленных электрических сетях и в сетях собственных нужд электрических станций;
- применение современных коммутационных аппаратов обеспечивает соблюдение высоких требований к бесперебойности работы;
- модульная конструкция. Модульные элементы позволяют монтировать щиты любой конфигурации в стационарном, выдвижном и разъемном исполнении, размер модуля составляет 190 мм по каждому из трех измерений;
- высокая надежность и безопасность эксплуатации обеспечивается наличием электромеханических блокировок, разделением панели на внутренние отсеки, что позволяет локализовать дугу в месте возникновения;
- возможность установки микропроцессорной дуговой защиты;
- обслуживание, извлечение и ремонт модулей может производиться без отключения питания.

**Конструкция.** Внешний вид распределительного устройства с панелями «Нева» ЩО-2000 показан на рис. 7.2.4. Каркас панелей состоит из жестко крепящихся друг к другу профилей из двухмиллиметрового холоднокатаного стального листа с алюминиевоцинковым покрытием. Профили каркаса соединяются уникальной системой уголков, которая гарантирует прочную и надежную структуру (рис. 7.2.5).

Двери и наружные панели производятся по специальной технологии из листовой стали толщиной 1,5 или 2 мм, обеспечивающей высокую степень защиты. Цоколь изготовлен из стали толщиной 2,5 мм.

Внутренние механические элементы конструкции: боковые перегородки, различные защитные и разделительные пластины, монтажные

---

[3] Источник. Современное поколение НКУ. Новости электротехники, 2 (20), 2003.

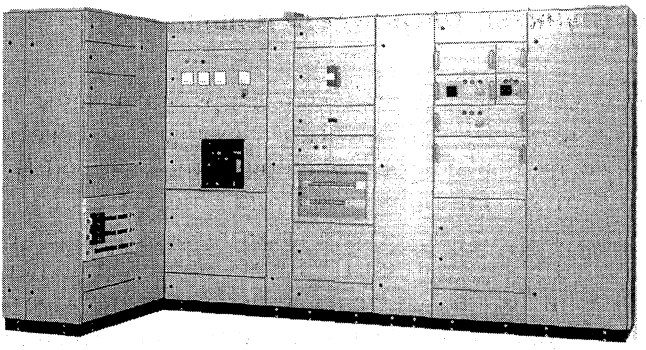


**Рис. 7.2.4.** Распределительное устройство с панелями «Нева» ЩО-2000

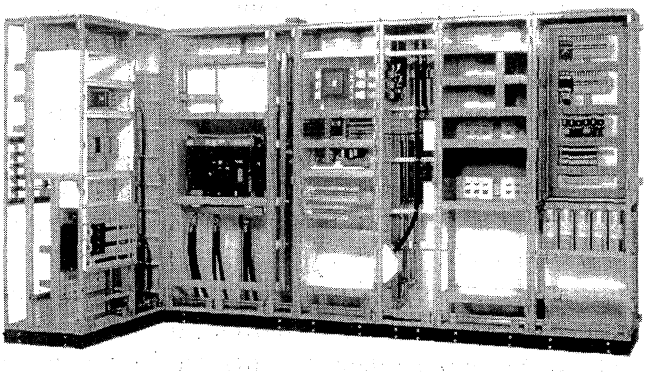


**Рис. 7.2.5.** Панели «Нева» ЩО-2000

панели, а также стационарные и подвижные части в шкафах с выдвижными элементами позволяют разделить шкаф на секции, создавать шинные и кабельные отсеки.

Сборные шины изготовлены из электротехнической меди и для обеспечения безопасности размещены внутри панелей. Существенным отличием шинной системы «Нева» является применение двух шин на каждую фазу. Такая конструкция обеспечивает лучшее охлаждение шин во время работы. При этом отпадает необходимость сверления и гибки шин, что сокращает сроки изготовления панелей.

Панели «Нева» состоят из набора функциональных блоков. Число и габаритные размеры блоков зависят от типоразмеров устанавливаемой коммутационной аппаратуры По типу исполнения блоки делятся на стационарные, разъемные и выдвижные.

Конструкция разъемных и выдвижных блоков позволяет при необходимости заменять их под напряжением. Разъемные блоки имеют положения: включено и отключено. Выдвижные блоки имеют положения: включено, проверка, отключено.

Функциональные блоки могут изготавливаться вне щита, их установку можно проводить как на заводе, так и на объекте.

## 7.3. Шкафы (пункты) распределительные

Шкафы (пункты) распределительные предназначены для приема и распределения электрической энергии в силовых и осветительных цепях переменного трехфазного тока напряжением до 660 В включительно, для защиты отходящих линий от токов перегрузки и коротких замыканий, для нечастых коммутаций электрических цепей (до шести раз за 1 ч). Выпускаются в навесном, утопленном и напольном исполнении. Многие серии распределительных шкафов снабжаются кнопками управления для пусков асинхронных двигателей. Номинальные токи шкафов: 100, 160, 250, 400, 630 А.

Шкафы состоят из металлической оболочки со встроенными в нее сборными шинами, аппаратами и приборами. Выпускаются в пяти- и четырехпроводном исполнениях, с аппаратом на вводе (рубильником, автоматическим выключателем) и без него.

Шкафы классифицируются по следующим признакам:

- максимальному номинальному току;
- наличию или отсутствию вводных выключателей (или их типу);
- максимальному числу и типоисполнению выключателей (предохранителей) отходящих линий;
- способу и месту установки (напольное, навесное, утопленное).

На отходящих линиях устанавливаются: плавкие предохранители типов ПН2, НПН2, однополюсные и (или) трехполюсные автоматические выключатели. Число отходящих линий зависит от исполнения шкафов. Максимально возможное число: 30—36 — только однофазных или 10—12 только трехфазных отходящих линий.

Промышленностью выпускаются шкафы (пункты):

- серий ШРС 1, ШР-11 с плавкими предохранителями;
- серий ШРС11, ШРС12 и все исполнения пунктов серии ПР (ПР11, ПР22В, ПР8000 и др.) с автоматическими выключателями.

**Шкафы распределительные серии ПР8000**[4] выпускаются Иркутским заводом низковольтных устройств, Дивногорским заводом низковольтной аппаратуры и другими предприятиями следующих исполнений: ПР8503, ПР8703 и ПР8804.

Шкафы предназначены:

- ПР8503 — для эксплуатации в цепях с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц;
- ПР8703 — для эксплуатации в цепях с номинальным напряжением до 440 В постоянного тока;

[4] Источники. 1. Каталог. ЗАО Производственная компания «Иркутский завод низковольтных устройств». 2. ОАО Дивногорский завод низковольтной аппаратуры. Номенклатурный каталог 2-2003.

- ПР8804 — для ввода, учета и распределения электрической энергии для установки в индивидуальных жилых зданиях и малых производственных предприятиях.

По требованию заказчика возможна установка двух- и четырехполюсных устройств защитного отключения на отходящих линиях. Основные технические характеристики шкафов предприятия «ИЗНУ» приведены в табл. 7.3.1—7.3.6.

**Структура условного обозначения**

*Таблица 7.3.1.* **Шкафы распределительные ПР8503, ПР8703 на ток до 200 А**

| Типоисполнение | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | Типоисполнение | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | на вводе | отходящих линий | | | | на вводе | отходящих линий |
| навесное | утопленное | | Тип 1 | Тип 2 | навесное | утопленное | | Тип 1 | Тип 3 |
| 1130-2 | — | 3 | 1 | 4 | 1160-2 | — | 3 | 1 | 10 |
| 1130-1 | 3130-1 | 3 | | | 1160-1 | 3160-1 | 3 | | |
| 1131-2 | — | 3 | 1 | 6 | 1161-2 | — | 3 | 1 | 8 |
| 1131-1 | 3131-1 | 3 | | | 1161-1 | 3161-1 | 3 | | |

*Окончание табл. 7.3.1*

| Типоисполнение | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | Типоисполнение | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | на вводе | отходящих линий | | | | на вводе | отходящих линий |
| навесное | утопленное | | Тип 1 | Тип 2 | навесное | утопленное | | Тип 1 | Тип 3 |
| 1132-2 | — | 3 | 1 | 8 | 1162-2 | — | 3 | 1 | 6 |
| 1132-1 | 3132-1 | 3 | | | 1162-1 | 3162-1 | 3 | | |
| 1133-2 | — | 3 | 1 | 10 | 1163-2 | — | 3 | 1 | 4 |
| 1133-1 | 3133-1 | 3 | | | 1163-1 | 3163-1 | 3 | | |
| 1134-2 | — | 3 | — | 12 | 1196-2 | — | 3 | — | 6 |
| 1134-1 | 3134-1 | 3 | | | 1196-1 | 3196-1 | 3 | | |
| 1135-2 | — | 3 | — | 10 | 1197-2 | — | 3 | — | 8 |
| 1135-1 | 3135-1 | 3 | | | 1197-1 | 3197-1 | 3 | | |
| 1136-2 | — | 3 | — | 8 | 1198-2 | — | 3 | — | 10 |
| 1136-1 | 3136-1 | 3 | | | 1198-1 | 3198-1 | 3 | | |
| 1137-2 | — | 3 | — | 6 | 1199-2 | — | 3 | — | 12 |
| 1137-1 | 3137-1 | 3 | | | 1199-1 | 3199-1 | 3 | | |

*Примечание.* Тип 1 — автоматический выключатель ВА-57-35 от 100 до 250 А; тип 2 — автоматический выключатель ВА-57-31 от 16 до 100 А; тип 3 — автоматический выключатель АЕ2040-10Б от 16 до 63 А.

*Таблица 7.3.2.* **Технические характеристики шкафов распределения ПР8503, ПР8703 с номинальным током до 500 А**

| Типоисполнение шкафов | | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| навесное | напольное | утопленное | | вводной | отходящих линий | |
| | | | | | ВА57-31 | ВА57-35 |
| 1001-2, 1001-4 | — | — | 3 | 1 | 6 | — |
| 1001-06 | 2001-6 | — | 1 | 1 | 6 | — |
| 1001-1, 1001-3 | — | 3001-1, 3001-3 | 3 | 1 | 6 | — |
| 1001-5 | 2001-5 | 3001-5 | 1 | 1 | 6 | — |
| 1002-2, 1002-4 | 2002-2, 2002-4 | — | 1 | 1 | 8 | — |
| 1002-1, 1002-3 | 2002-1, 2002-3 | 3002-1 | 1 | 1 | 8 | — |
| 1002-5 | 2002-5 | 3002-5 | 5 | 1 | 8 | — |
| 1002-6 | 2002-6 | — | 5 | 1 | 8 | — |
| 1003-2, 1003-4 | 2003-2, 2003-4 | — | 1 | 1 | 10 | — |
| 1003-5, 1003-6 | 2003-5, 2003-6 | — | 5 | 1 | 10 | — |
| 1003-1, 1003-3 | 2004-1, 2003-3 | 3003-1, 3003-3 | 1 | 1 | 10 | — |

*Продолжение табл. 7.3.2*

| Типоисполнение шкафов | | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| навесное | напольное | утопленное | | вводной | отходящих линий | |
| | | | | | ВА57-31 | ВА57-35 |
| 1004-2, 1004-4 | 2004-2, 2004-4 | — | 1 | 1 | 12 | — |
| 1004-5, 1004-6 | 2004-5, 2004-6 | — | 5 | 1 | 12 | — |
| 1004-1, 1004-3 | 2004-1, 2004-3 | 3004-1, 3004-3 | 1 | 1 | 12 | — |
| 1005-2, 1005-4 | 2005-2, 2005-4 | — | 2 | 1 | — | 8 |
| 1005-1, 1005-3 | 2005-1, 2005-3 | — | 2 | 1 | — | 8 |
| 1005-5, 1005-6 | 2005-5, 2005-6 | — | 6 | 1 | — | 8 |
| 1006-2, 1006-4 | 2006-2, 2006-4 | — | 2 | 1 | — | 6 |
| 1006-1, 1006-3 | 2006-1, 2006-3 | — | 2 | 1 | — | 6 |
| 1006-5, 1006-6 | 2006-5, 2006-6 | — | 6 | 1 | — | 6 |
| 1007-2, 1007-4 | 2007-2, 2007-4 | — | 4 | 1 | 2 | 2 |
| 1007-1, 1007-3 | — | — | 4 | 1 | 2 | 2 |
| 1007-5, 1007-6 | 2007-5, 2007-6 | — | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 1008-2,1008-4 | 2008-2,2008-4 | — | 2 | 1 | 4 | 2 |
| 1008-1,1008-3 | 2008-1,2008-3 | — | 2 | 1 | 4 | 2 |
| 1008-5,1008-5 | 2008-5,2008-6 | — | 6 | 1 | 4 | 2 |
| 1009-5, 1009-4 | 2009-2, 2009-4 | — | 2 | 1 | 6 | 2 |
| 1009-1, 1009-3 | 2009-1, 2009-3 | — | 2 | 1 | 6 | 2 |
| 1009-5, 1009-6 | 2009-5, 2009-6 | — | 6 | 1 | 6 | 2 |
| 1010-2, 1010-4 | 2010-2, 2010-4 | — | 2 | 1 | 8 | 2 |
| 1010-1, 1010-3 | 2010-1, 2010-3 | — | 2 | 1 | 8 | 2 |
| 1010-5, 1010-6 | 2010-5, 2010-6 | — | 6 | 1 | 8 | 2 |
| 1011-2, 1011-4 | — | — | 3 | — | 6 | — |
| 1011-1, 1011-3 | — | 3011-1 | 3 | — | 6 | — |
| — | — | 3011-3 | — | — | 6 | — |
| 1011-5, 1011-6 | — | 3011-5 | 3 | — | 6 | — |
| 1012-2, 1012-4 | — | — | 3 | — | 8 | — |
| 1012-6 | 2012-6 | — | 3 | — | 8 | — |
| 1012-1, 1012-3 | — | 3012-1, 3012-3 | 3 | — | 8 | — |
| 1012-5 | 2012-5 | 3012-5 | 1 | — | 8 | — |
| 1013-2, 1013-4 | — | — | 3 | — | 10 | — |

*Продолжение табл. 7.3.2*

| Типоисполнение шкафов | | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| навесное | напольное | утопленное | | вводной | отходящих линий | |
| | | | | | ВА57-31 | ВА57-35 |
| 1013-6 | 2013-6 | — | 1 | — | 10 | — |
| 1013-1, 1013-3 | — | 3013-1, 3013-3 | 3 | — | 10 | — |
| 1013-5 | 2013-5 | 3013-5 | 1 | — | 10 | — |
| 1014-2, 1014-4 | — | — | 1 | — | 12 | — |
| 1014-6 | 2014-6 | — | 1 | — | 12 | — |
| 1014-1, 1014-3 | 2014-1, 2014-3 | 3014-1, 3014-3 | 1 | — | 12 | — |
| 1014-5 | 2014-5 | 3014-5 | 1 | — | 12 | — |
| 1015-1(3), 1015-2(4) | — | — | 4 | — | — | 4 |
| 1015-5, 1015-6 | 2015-5, 2015-6 | — | 2 | — | — | 4 |
| 1016-1(3), 1016-2(4) | — | — | 4 | — | — | 6 |
| 1016-5, 1016-6 | 2016-5, 2016-6 | — | 2 | — | — | 6 |
| 1017 | — | — | 4 | — | 2 | 2 |
| 1018 | — | — | 4 | — | 4 | 2 |
| 1019-1(3), 1019-2(4) | — | — | 4 | — | 6 | 2 |
| 1019-5, 1019-6 | 2019-5, 2019-6 | — | 2 | — | 6 | 2 |
| 1020 | 2020 | — | 2 | — | 8 | 2 |
| 1021-1(3), 1021-2(4) | — | — | 2 | — | 2 | 4 |
| 1021-5, 1021-6 | 2021-5, 2021-6 | — | 2 | — | 2 | |
| 1022-1(3), 1022-2(4) | — | — | 2 | — | 4 | 4 |
| 1022-5, 1022-6 | 2022-5, 2022-6 | — | 2 | — | 4 | 4 |
| 1023-1(3), 1023-2(4) | 2023-1(3), 2023-2(4) | — | 2 | 1 | 2 | 4 |
| 1023-5, 1023-6 | 2023-5, 2023-6 | — | 6 | 1 | 2 | 4 |
| 1024-1(3), 1024-2(4) | 2024-1(3), 2024-2(4) | — | 2 | 1 | 4 | 4 |
| 1024-5, 1024-6 | 2024-5, 2023-6 | — | 6 | 1 | 4 | 4 |
| 1051-2, 1051-4 | — | — | 3 | 1 | 6 | — |
| 1051-3, 1051-3 | — | 3051-1, 3051-3 | 3 | 1 | 6 | — |
| 1051-5 | 2051-5 | 3051-5 | 1 | 1 | 6 | — |
| 1051-6 | 2051-6 | — | 1 | 1 | 6 | — |
| 1052-2, 1052-4 | 2052-2, 2052-4 | — | 1 | 1 | 8 | — |
| 1052-5, 1052-6 | 2052-5, 2052-6 | — | 5 | 1 | 8 | — |

*Продолжение табл. 7.3.2*

| Типоисполнение шкафов | | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| навесное | напольное | утопленное | | вводной | отходящих линий | |
| | | | | | ВА57-31 | ВА57-35 |
| 1052-1, 1052-3 | 2052-1, 2052-3 | 3052-1, 3052-3 | 1 | 1 | 8 | — |
| 1053-2, 1053-4 | 2053-2, 2053-4 | — | 1 | 1 | 10 | — |
| 1053-5, 1053-6 | 2053-5, 2053-6 | — | 5 | 1 | 10 | — |
| 1053-1, 1053-3 | 2053-1, 2053-3 | 3053-1, 3053-3 | 1 | 1 | 10 | — |
| 1054-2, 1054-4 | 2054-2, 2054-4 | — | 1 | 1 | 12 | — |
| 1054-5, 1054-6 | 2054-5, 2054-6 | — | 5 | 1 | 12 | — |
| 1054-1, 1054-3 | 2054-1, 2054-3 | 3054-1, 3054-3 | 1 | 1 | 12 | — |
| 1055-1(3), 1055-2(4) | 2055-1(3), 2055-2(4) | — | 2 | 1 | — | 8 |
| 1055-5, 1055-6 | 2055-5, 2055-6 | — | 6 | 1 | — | 8 |
| 1056-1(3), 1056-2(4) | 2056-1(3), 2056-2(4) | — | 2 | 1 | 2 | 6 |
| 1056-5, 1056-6 | 2056-5, 2056-6 | — | 6 | 1 | 2 | 6 |
| 1057-1(3), 1057-2(4) | 2057-1(3), 2057-2(4) | — | 2 | 1 | 4 | 2 |
| 1057-5, 1057-6 | 2057-5, 2057-6 | — | 6 | 1 | 4 | 2 |
| 1058-1(3), 1058-2(4) | 2058-1(3), 2058-2(4) | — | 2 | 1 | — | 2 |
| 1058-5, 1058-6 | 2058-5, 2058-6 | — | 6 | 1 | — | 2 |
| 1059-1(3), 1059-2(4) | — | — | 4 | 1 | 2 | 2 |
| 1059-5, 1059-6 | 2059-5, 2059-6 | — | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 1060-1(3), 1060-2(4) | 2060-1(3), 2060-2(4) | — | 2 | 1 | 4 | 2 |
| 1060-5, 1060-6 | 2060-5, 2060-6 | — | 6 | 1 | 4 | 2 |
| 1061-1(3), 1061-2(4) | 2061-1(3), 2061-2(4) | — | 2 | 1 | 6 | — |
| 1061-5, 1061-6 | 2061-5, 2061-6 | — | 6 | 1 | 6 | — |
| 1062-1(3), 1062-2(4) | 2062-1(3), 2062-2(4) | — | 2 | 1 | 8 | — |
| 1062-5, 1062-6 | 2062-5, 2062-6 | — | 6 | 1 | 8 | — |
| 1063-2(4), 1063-6 | — | — | 3 | — | 6 | — |
| 1063-1, 1063-3 | — | 3063-1, 3063-3 | 3 | — | 6 | — |
| 1063-5 | — | 3063-5 | 3 | — | 6 | — |
| 1064-2, 1064-4 | — | — | 3 | — | 8 | — |
| 1064-1, 1064-3 | — | 3064-1, 3064-3 | 3 | — | 8 | — |
| 1064-5 | 2064-5 | 3064-5 | 1 | — | 8 | — |
| 1064-6 | 2064-6 | — | 1 | — | 8 | — |

*Окончание табл. 7.3.2*

| Типоисполнение шкафов | | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| навесное | напольное | утопленное | | вводной | отходящих линий | |
| | | | | | ВА57-31 | ВА57-35 |
| 1065-2 1065-4 | — | — | 3 | — | 10 | — |
| 1065-1, 1065-3 | — | 3065-1, 3065-3 | 3 | — | 10 | — |
| 1065-5 | 2065-5 | 3065-5 | 1 | — | 10 | — |
| 1065-6 | 2065-6 | — | 1 | — | 10 | — |
| 1066-2(4), 1066-6 | 2066-2(4), 2066-6 | — | 1 | — | 12 | — |
| 1066-1, 1066-3 | 2066-1, 2066-3 | 3066-1, 3066-3 | 1 | — | 12 | — |
| 1066-5 | 2066-5 | 3066-5 | 1 | — | 12 | — |
| 1067-1(3), 1067-2(4) | — | — | 4 | — | — | 4 |
| 1067-5, 1067-6 | 2067-5, 2067-6 | — | 2 | — | — | 4 |
| 1068-1(3), 1068-2(4) | — | — | 2 | — | 2 | 4 |
| 1068-5, 1068-6 | 2062-5, 2062-6 | — | 2 | — | 2 | 4 |
| 1069-1(3), 1069-2(4) | — | — | 2 | — | 4 | 4 |
| 1069-5, 1069-6 | 2069-5, 2069-6 | — | 2 | — | 4 | 4 |
| 1070-1(3), 1070-2(4) | — | — | 2 | — | — | 6 |
| 1070-5, 1070-6 | 2070-5, 2070-6 | — | 4 | — | — | 6 |
| 1071 | — | — | 2 | — | 2 | 2 |
| 1072 | — | — | 4 | — | 4 | 2 |
| 1073-1(3), 1073-2(4) | — | — | 4 | — | 6 | 2 |
| 1073-5, 1073-6 | 2073-5, 2073-6 | — | 2 | — | 6 | 2 |
| 1074 | 2074 | — | 2 | — | 8 | 2 |

*Таблица 7.3.3.* **Габаритные размеры и масса шкафов ПР8503 и ПР8703**

| Условное обозначение габаритных размеров | Высота × ширина × глубина, мм | Масса шкафов со встроенными выключателями, кг |
|---|---|---|
| 1 | 1200 × 750 × 200 | От 80 до 100 |
| 2 | 1200 × 850 × 200 | |
| 3 | 1000 × 750 × 200 | От 65 до 80 |
| 4 | 1000 × 850 × 200 | |
| 5 | 1400 × 750 × 200 | От 85 до 105 |
| 6 | 1400 × 850 × 200 | |

*Таблица 7.3.4.* **Технические характеристики шкафов ПР8503, ПР8703 с номинальным током до 500 А с автоматичическими выключателями серий ВА57F35 и ВА61F29-1В**

| Типоисполнение шкафов | | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| навесное | напольное | утопленное | | на вводе | отходящих линий | |
| | | | | | ВА61F29-1В | ВА57-35 |
| 1201-2 | 2201-2 | — | 6 | ВА57-39 (ВА52-39) | 4 | 24 |
| 1202-2 | 2202-2 | — | 6 | ВА57-39 (ВА52-39) | 4 | 18 |
| 1201-1 | 2201-1 | — | 6 | — | — | — |
| 1203-2 | 2203-2 | — | 6 | ВА57-39 (ВА52-39) | 4 | 12 |
| 1203-1 | 2203-1 | — | 6 | — | — | — |
| 1205-2 | 2205-2 | — | 2 | ВА57-39 (ВА52-39) | 2 | 24 |
| 1205-1 | 2205-1 | — | 2 | — | — | — |
| 1206-2 | 2206-2 | — | 2 | ВА57-39 (ВА52-39) | 2 | 18 |
| 1206-1 | 2206-1 | — | 2 | — | — | — |
| 1207-2 | 2207-2 | — | 2 | ВА57-39 (ВА52-39) | 2 | 12 |
| 1207-1 | 2207-1 | — | 2 | — | — | — |
| 1209-2 | 2209-2 | — | 2 | — | 4 | 24 |
| 1209-1 | 2209-1 | — | 2 | — | — | — |
| 1210-2 | 2210-2 | — | 2 | — | 4 | 18 |
| 1210-1 | 2210-1 | — | 2 | — | — | — |
| 1211-2 | 2211-2 | — | 2 | — | 4 | 12 |
| 1211-1 | 2211-1 | — | 2 | — | — | — |
| 1213-2 | 2213-2 | — | 4 | — | 2 | 24 |
| 1213-1 | 2213-1 | — | 4 | — | — | — |
| 1214-2 | 2214-2 | — | 4 | — | 2 | 18 |
| 1214-1 | 2214-1 | — | 4 | — | — | — |
| 1215-2 | 2215-2 | — | 4 | — | 2 | 12 |
| 1215-1 | 2215-1 | — | 4 | — | — | — |
| 1217-2 | 2217-2 | 3217-2 | 1 | ВА57-39 (ВА52-39) | — | 48 |
| 1217-1 | 2217-1 | 3217-1 | 1 | — | — | — |
| 1219-2 | 2219-2 | 3219-2 | 1 | ВА57-39 (ВА52-39) | — | 35 |
| 1219-1 | 2219-1 | 3219-1 | 1 | — | — | — |
| 1225-2 | 2225-2 | 3225-2 | 1 | — | — | 48 |
| 1225-1 | 2225-1 | 3225-1 | 1 | — | — | — |
| 1227-2 | 2227-2 | 3227-2 | 1 | — | — | 36 |

*Окончание табл. 7.3.4*

| Типоисполнение шкафов | | | Габаритные размеры (см. табл. 7.3.3) | Автоматические выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| навесное | напольное | утопленное | | на вводе | отходящих линий | |
| | | | | | ВА61F29-1В | ВА57-35 |
| 1227-1 | 2227-1 | 3227-1 | 1 | — | — | — |
| 1240-2 | 2240-2 | 3240-2 | 1 | ВА57Ф35 | — | 48 |
| 1240-1 | 2240-1 | 3240-1 | 1 | — | — | — |
| 1241-2 | 2241-2 | 3141-2 | 1 | ВА57Ф35 | — | 36 |
| 1241-1 | 2241-1 | 3241-1 | 1 | ВА57-35 | — | 36 |
| 1242-2 | 2242-2 | 3242-2 | 1 | — | — | 48 |
| 1242-1 | 2242-1 | 3242-1 | 1 | — | — | 48 |

*Примечания.* 1. В схемах 201—243 возможна замена трех однополюсных автоматов ВА 61F29-1 на один трехполюсный ВА 61А29-3.

2. В качестве выключателей ввода применяются: ВА57-39 (ВА52-39) с номинальным током — 630, 500, 400, 320 А, при этом номинальный ток шкафа — 500, 400, 320 и 250 соответственно; ВА57Ф35 с номинальным током — 250, 200, 160, 125, 100 А, при этом номинальный ток шкафа — 200, 160, 125, 100, 80 А соответственно.

*Таблица 7.3.5.* **Технические характеристики шкафов распределения и учета ПР8804**

| Номер схемы для исполнения | | Номинальный ток шкафа, А | Счетчик | | ТТ (3шт.) | МЗО на ток, А | Номинальный ток, число выключателей | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Н | У | | однофазный | трехфазный | | | Ввод ВА57-35 | Отходящие линии ВА61F29 | |
| | | | | | | | | трехфазный | однофазный |
| 1101 | — | 200 | + | + | 200/5 | 250 | 250 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | (1) — до 24 или (1+N) — до 12 |
| 1102 | | 160 | + | + | 200/5 | | 200 | | |
| 1103 | | 125 | + | + | 200/5 | | 160 | | |
| 1104 | | 100 | + | + | 200/5 | | 125 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | (1) — до 24 или (1+N) — до 12 |
| 1105 | — | 80 | + | + | 100/5 | 100 | 100 | | |
| 1106 | | 63 | + | + | 100/5 | | 80 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | (1) — до 24 или (1+N) — до 12 |
| 1107 | | 50 | + | + | 75/5 | | 63 | | |
| 1108 | | 40 | + | + | 75/5 | | 50 | | |
| 1109 | — | 200 | + | + | 200/5 | — | 250 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | (1) — до 24 или (1+N)— до 12 |
| 1110 | | 160 | + | + | 200/5 | | 200 | | |
| 1111 | | 125 | + | + | 200/5 | | 160 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | (1) — до 24 или (1+N) — до 12 |
| 1112 | | 100 | + | + | 100/5 | | 125 | | |
| 1113 | | 80 | + | + | 100/5 | | 100 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | (1) — до 24 или (1+N) — до 12 |
| 1114 | | 63 | + | + | 100/5 | | 80 | | |
| 1115 | | 50 | + | + | 100/5 | | 63 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | (1) — до 24 или (1+N) — до 12 |
| 1116 | | 40 | + | + | 100/5 | | 50 | | |

*Окончание табл. 7.3.5*

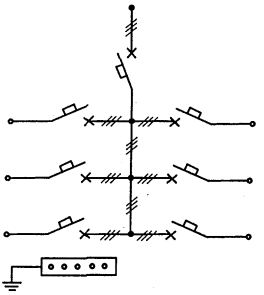
| Номер схемы для исполнения | | Номинальный ток шкафа, А | Счетчик | | ТТ (3шт.) | МЗО на ток, А | Номинальный ток, число выключателей | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Н | У | | однофазный | трехфазный | | | Ввод ВА57-35 | Отходящие линии ВА61F29 | |
| | | | | | | | | трехфазный | однофазный |
| 1117 | 3117 | 200 | – | + | 300/5 | 250 | 250 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1118 | 3118 | 160 | – | + | 200/5 | | 200 | | |
| 1119 | 3119 | 125 | – | + | 200/5 | | 160 | | |
| 1120 | 3120 | 100 | – | + | 200/5 | | 125 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1121 | 3121 | 80 | – | + | 100/5 | 100 | 100 | | |
| 1122 | 3122 | 63 | – | + | 100/5 | | 80 | | |
| 1123 | 3123 | 50 | – | + | 100/5 | | 63 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1124 | 3124 | 40 | – | + | 100/5 | | 50 | | |
| 1125 | 3125 | 50 | – | + | — | | 63 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1126 | 3126 | 40 | – | + | — | | 50 | | |
| 1127 | 3127 | 50 | + | + | — | | 63 | — | (1) — до 24 или (1+N)— до 12 |
| 1128 | 3128 | 40 | + | + | — | | 50 | | |
| 1129 | 3129 | 200 | – | + | 200/5 | — | 250 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1130 | 3130 | 160 | – | + | 200/5 | | 200 | | |
| 1131 | 3131 | 125 | – | + | 200/5 | | 160 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1132 | 3132 | 100 | – | + | 100/5 | | 125 | | |
| 1133 | 3133 | 80 | – | + | 100/5 | | 100 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1134 | 3134 | 63 | – | + | 100/5 | | 80 | | |
| 1135 | 3135 | 50 | – | + | 100/5 | | 63 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1136 | 3136 | 40 | – | + | 100/5 | | 50 | | |
| 1137 | 3137 | 50 | – | – | — | | 63 | (3) — до 8 или (3+N) до 6 | — |
| 1138 | 3138 | 40 | – | – | — | | 50 | | |
| 1139 | 3139 | 50 | + | + | — | | 63 | — | (1) — до 24 или (1+N)— до 12 |
| 1140 | 3140 | 40 | + | + | — | | 50 | | |
| 1141 | — | 50 | + | + | — | 100 | 63 | — | (1) — до 24 или (1+N)— до 12 |
| 1142 | — | 40 | + | + | — | | 50 | | |
| 1143 | — | 50 | + | + | — | — | 63 | | |

*Примечания.* 1. В шапке таблицы использованы сокращения: Н — навесное, У — утопленное, ТТ — трансформаторы тока, МЗО — модуль защитного отключения.

2. По заказу потребителей трех- и четырехполюсные автоматы можно заменить на одно- и двухполюсные (до 24 модулей полюсов).

Схемы расположения выключателей в шкафах ПР8503, ПР8703 приведены на рис. 7.3.1.

Схемы 001, 051 и др.



Схемы 011, 063 и др.

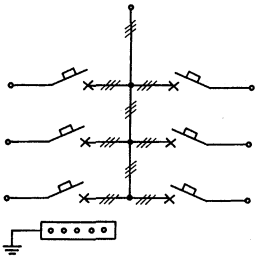


Схема 203

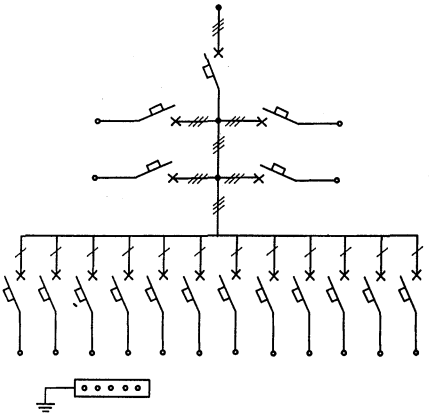
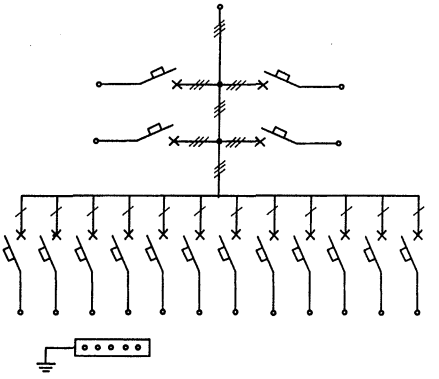
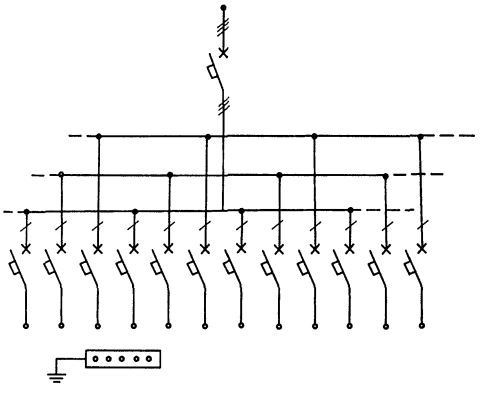


Схема 211



Схемы 217, 219, 240, 241 (число однополюсных автоматов – до 48)



Схемы 225, 227, 242, (число однополюсных автоматов – до 48)

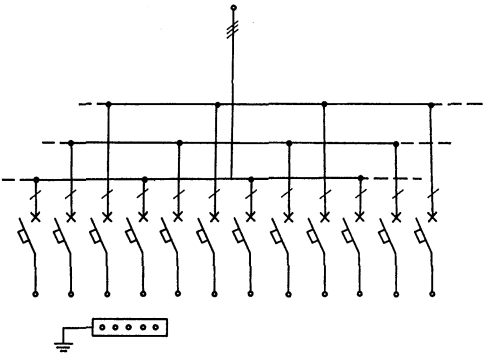


**Рис. 7.3.1.** Схемы расположения автоматических выключателей в распределительных шкафах серий ПР8503, ПР8703

**Шкафы распределительные ПР8501** производства Иркутского завода низковольтных устройств выпускаются в климатическом исполнении У2, У3, Т2, Т3 и УХЛ3. Шкафы комплектуются вводными автоматическими выключателями серии ВА51, ВА57 с токоограничивающими и нетокоограничивающими электромагнитными и тепловыми расцепителями. Управление вводными выключателями на ток свыше 400 А предусматривается только при закрытой двери шкафа, для чего применены выключатели с электромагнитным приводом, а на двери установлены кнопки управления и сигнальная аппаратура, указывающая на положение выключателя. На отходящих линиях предусматриваются автоматические выключатели:

- однополюсные на токи от 10 до 63 А: АЕ2046, ВА21-29, ВА51-59;
- трехполюсные на токи от 10 до 100 А: ВА51-31, ВА51-35, ВА57-35;
- трехполюсные на токи от 160 до 250 А: ВА51-35, ВА57-35, АЕ20.

Допустимые значения тока электродинамической стойкости для шкафов: при номинальном токе до 400 А включительно — 25 кА; при токе 630 А — 50 кА. Технические характеристики шкафов распределительных ПР8501 приведены в табл. 7.3.6.

*Таблица 7.3.6.* **Технические характеристики шкафов распределения ПР8501***

| Номер шкафа | Номинальный ток вводного автоматического выключателя, А | Номинальный ток шкафа | Число автоматических выключателей отходящих линий | | | Исполнение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | однополюсные на 10—63 А | трехполюсные на 10—100 А | трехполюсные на 160—250 А | |
| 001 | — | 144 | 3 | — | — | I-1 |
| 002 | — | 144 | 6 | — | — | I-1 |
| 003 | — | 144 | 3 | 1 | — | I-1 |
| 004 | — | 144 | — | 2 | — | I-1 |
| 005 | — | 144 | 12 | — | — | II-1 |
| 006 | — | 144 | 6 | 2 | — | II-1 |
| 007 | — | 144 | — | 4 | — | II-1 |
| 008 | — | 144 | 18 | — | — | III-1 |
| 009 | — | 144 | 12 | 2 | — | III-1 |
| 010 | — | 144 | 6 | 4 | — | II-1 |
| 011 | — | 225 | — | 6 | — | II-1 |
| 012 | — | 225 | 12 | — | — | II-1 |
| 013 | — | 225 | 6 | 2 | — | II-1 |
| 014 | — | 225 | — | 4 | — | II-1 |
| 015 | — | 225 | 18 | — | — | III-1 |
| 016 | — | 225 | 12 | 2 | — | III-1 |
| 017 | — | 225 | 6 | 4 | — | II-1 |
| 018 | — | 225 | — | 6 | — | II-1 |

*Продолжение табл. 7.3.6*

| Номер шкафа | Номинальный ток вводного автоматического выключателя, А | Номинальный ток шкафа | Число автоматических выключателей отходящих линий | | | Исполнение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | однополюсные на 10—63 А | трехполюсные на 10—100 А | трехполюсные на 160—250 А | |
| 019 | — | 225 | 24 | — | — | IV-1 |
| 020 | — | 225 | 18 | 2 | — | IV-1 |
| 021 | — | 225 | 12 | 4 | — | IV-1 |
| 022 | — | 225 | 6 | 6 | — | III-1 |
| 023 | — | 225 | — | 8 | — | II-1 |
| 024 | — | 225 | 30 | — | — | V-1 |
| 025 | — | 225 | 24 | 2 | — | V-1 |
| 026 | — | 225 | 18 | 4 | — | IV-1 |
| 027 | — | 225 | 12 | 12 | — | III-1 |
| 028 | — | 225 | 6 | 8 | — | III-1 |
| 029 | | 225 | — | 10 | — | III-1 |
| 030 | — | 360 | 18 | — | — | III-1 |
| 031 | — | 360 | 12 | 2 | — | III-1 |
| 032 | — | 360 | 6 | 4 | — | III-1 |
| 033 | — | 360 | — | 6 | — | III-1 |
| 034 | — | 360 | 24 | — | — | IV-1,2 |
| 035 | — | 360 | 18 | 2 | — | IV-1,2 |
| 036 | — | 360 | 12 | — | — | III-1/ IV-1,2 |
| 037 | — | 360 | 360 | 6 | — | III-1/ IV |
| 038 | — | 360 | — | 8 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 039 | — | 360 | 30 | — | — | V-1,2 |
| 040 | — | 360 | 24 | 2 | — | V-1,2 |
| 041 | — | 360 | 18 | 4 | — | IV-1,2 |
| 042 | — | 360 | 12 | 6 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 043 | — | 360 | 6 | 8 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 044 | — | 360 | — | 10 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 045 | 160 | 144 | 3 | — | — | I-1 |
| 046 | 160 | 144 | 6 | — | — | I-1 |
| 047 | 160 | 144 | 3 | 1 | — | I-1 |
| 048 | 160 | 144 | — | 2 | — | I-1 |
| 049 | 160 | 144 | 12 | — | — | III-1 |
| 050 | 160 | 144 | 6 | 2 | — | II-1 |
| 051 | 160 | 144 | — | 4 | — | II-1 |
| 052 | 160 | 144 | 18 | — | — | IV-1 |
| 053 | 160 | 144 | 12 | 2 | — | III-1 |

*Продолжение табл. 7.3.6*

| Номер шкафа | Номинальный ток вводного автоматического выключателя, А | Номинальный ток шкафа | Число автоматических выключателей отходящих линий | | | Исполнение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | однополюсные на 10—63 А | трехполюсные на 10—100 А | трехполюсные на 160—250 А | |
| 054 | 160 | 144 | 6 | 4 | — | III-1 |
| 055 | 160 | 144 | — | 6 | — | II-1 |
| 056 | 250 | 225 | 12 | — | — | III-1 |
| 057 | 250 | 225 | 6 | 2 | — | III-1 |
| 058 | 250 | 225 | — | 4 | — | II-1 |
| 059 | 250 | 225 | 18 | 4 | — | IV-1 |
| 060 | 250 | 225 | 12 | 2 | — | IV-1 |
| 061 | 250 | 225 | 6 | 4 | — | III-1 |
| 062 | 250 | 225 | — | 6 | — | III-1 |
| 063 | 250 | 225 | 24 | — | — | V-1 |
| 064 | 250 | 225 | 18 | 2 | — | V-1 |
| 065 | 250 | 225 | 12 | 4 | — | IV-1 |
| 066 | 250 | 225 | 6 | 6 | — | III-1 |
| 067 | 250 | 225 | — | 8 | — | III-1 |
| 068 | 250 | 225 | 30 | — | — | V-1 |
| 069 | 250 | 225 | 24 | 2 | — | V-1 |
| 070 | 250 | 225 | 18 | 4 | — | V-1 |
| 071 | 250 | 225 | 12 | 6 | — | IV-1 |
| 072 | 250 | 225 | 6 | 8 | — | IV-1 |
| 073 | 250 | 225 | — | 10 | — | III-1 |
| 074 | 400 | 360 | — | 4 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 075 | 400 | 360 | 18 | — | — | IV-1,2 |
| 076 | 400 | 360 | 12 | 2 | — | |
| 077 | 400 | 360 | 6 | 4 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 078 | 400 | 360 | — | 6 | — | |
| 079 | 400 | 360 | 24 | — | — | IV-1/ IV-1,2 |
| 080 | 400 | 360 | 18 | 2 | — | |
| 081 | 400 | 360 | 12 | 4 | — | IV/ V-1,2 |
| 082 | 400 | 360 | 6 | 6 | — | IV/ V-1,2 |
| 083 | 400 | 360 | — | 8 | — | IV/ V-1,2 |
| 084 | 400 | 360 | 30 | — | — | V-1,2 |
| 085 | 400 | 360 | 24 | 2 | — | V-1,2 |
| 086 | 400 | 360 | 18 | 4 | — | V-1,2 |
| 087 | 400 | 360 | 12 | 6 | — | V-1,2 |
| 088 | 400 | 360 | 6 | 8 | — | III-1 |

*Продолжение табл. 7.3.6*

| Номер шкафа | Номинальный ток вводного автоматического выключателя, А | Номинальный ток шкафа | Число автоматических выключателей отходящих линий | | | Исполнение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | однополюсные на 10—63 А | трехполюсные на 10—100 А | трехполюсные на 160—250 А | |
| 089 | 400 | 360 | — | 10 | — | IV-1,2 |
| 090 | 630 | 567 | — | 6 | — | |
| 091 | 630 | 567 | — | 8 | — | IV-1/V-1,2 |
| 092 | 630 | 567 | — | 10 | — | IV-1/V-1,2 |
| 093 | 630 | 567 | — | 12 | — | IV-1/V-1,2 |
| 094 | 630 | 567 | — | — | 4 | IV-1,2 |
| 095 | 630 | 567 | — | 2 | 2 | |
| 096 | 630 | 567 | — | 4 | 2 | IV/V-1,2 |
| 097 | 630 | 567 | — | 6 | 2 | IV/V-1,2 |
| 098 | 630 | 567 | — | 8 | 2 | IV/V-1,2 |
| 099 | 400 | 360 | — | 4 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 100 | 400 | 360 | 18 | — | — | IV/V-1,2 |
| 101 | 400 | 360 | 12 | 2 | — | IV/V-1,2 |
| 102 | 400 | 360 | 6 | 4 | — | IV/V-1,2 |
| 103 | 400 | 360 | — | 6 | — | IV/V-1,2 |
| 104 | 400 | 360 | 24 | — | — | V-1,2 |
| 105 | 400 | 360 | 18 | 2 | — | |
| 106 | 400 | 360 | 12 | 4 | — | IV/V-1,2 |
| 107 | 400 | 360 | 6 | 6 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 108 | 400 | 360 | — | 8 | — | |
| 109 | 400 | 360 | 30 | — | — | V-1,2 |
| 110 | 400 | 360 | 24 | 2 | — | V-1,2 |
| 111 | 400 | 360 | 3 | — | — | V-1,2 |
| 112 | 400 | 360 | 6 | — | — | V-1,2 |
| 113 | 400 | 360 | 3 | 1 | — | IV/ V-1 2 |
| 114 | 400 | 360 | — | 2 | — | IV/ V-1,2 |
| 115 | 630 | 567 | — | 6 | — | IV/ V-1,2 |
| 116 | 630 | 567 | — | 8 | — | IV/ V-1,2 |
| 117 | 630 | 567 | — | 10 | — | IV/ V-1,2 |
| 118 | 630 | 567 | — | 12 | — | IV/ V-1,2 |
| 119 | 630 | 567 | — | — | 4 | III-1/ IV-1,2 |
| 120 | 630 | 567 | — | 2 | 2 | III-1/ IV-1,2 |
| 121 | 630 | 567 | — | 4 | 2 | IV/ V-1,2 |
| 122 | 630 | 567 | — | 6 | 2 | IV/ V-1,2 |
| 123 | 630 | 567 | — | 8 | 2 | IV/ V-1,2 |

*Окончание табл. 7.3.6*

| Номер шкафа | Номинальный ток вводного автоматического выключателя, А | Номинальный ток шкафа | Число автоматических выключателей отходящих линий | | | Исполнение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | однополюсные на 10—63 А | трехполюсные на 10—100 А | трехполюсные на 160—250 А | |
| 124 | 400 | 360 | — | 4 | — | IV/ V-1,2 |
| 125 | 400 | 360 | 18 | — | — | V-1,2 |
| 126 | 400 | 360 | 12 | 2 | — | IV/ V-1,2 |
| 127 | 400 | 360 | 6 | 4 | 4 | IV/ V-1,2 |
| 128 | 400 | 360 | 6 | 6 | — | IV/ V-1,2 |
| 129 | 400 | 360 | 24 | — | — | V-1,2 |
| 130 | 400 | 360 | 18 | 2 | — | V-1,2 |
| 131 | 400 | 360 | 12 | 4 | — | V-1,2 |
| 132 | 400 | 360 | 6 | 6 | — | IV/ V-1,2 |
| 133 | 400 | 360 | — | 8 | — | IV/ V-1,2 |
| 134 | 400 | 360 | 30 | — | — | V-1,2 |
| 135 | 400 | 360 | 24 | 2 | — | V-1,2 |
| 136 | 400 | 360 | 18 | 4 | — | V-1,2 |
| 137 | 400 | 360 | 12 | 6 | — | V-1,2 |
| 138 | 400 | 360 | 6 | 8 | — | IV/ V-1,2 |
| 139 | 400 | 360 | — | 10 | — | IV/ V-1,2 |
| 140 | 400 | 360 | — | 6 | — | IV/ V-1,2 |
| 141 | 630 | 567 | — | 8 | — | IV/ V-1,2 |
| 142 | 630 | 567 | — | 10 | — | IV/ V-1,2 |
| 143 | 630 | 567 | — | 12 | — | IV/ V-1,2 |
| 144 | 630 | 567 | — | — | 4 | III-1/ IV-1,2 |
| 145 | 630 | 567 | — | 2 | 2 | III-1/ IV-1,2 |
| 146 | 630 | 567 | — | 4 | — | III-1/ IV-1,2 |
| 147 | 630 | 567 | — | 6 | 2 | IV/ V-1,2 |
| 148 | 630 | 567 | — | 8 | 2 | IV/ V-1,2 |

**Шкафы распределительные ШР-11 и ШРС1** производства Иркутского завода низковольтных устройств применяются в силовых и осветительных сетях трехфазного переменного тока напряжением до 380 В частотой 50 и 60 Гц с глухозаземленной нейтралью. Шкафы рассчитаны на номинальные токи до 400 А и номинальное напряжение до 380 В. На вводе в шкаф устанавливается: рубильник; рубильник с предохранителем или два рубильника, на отходящих линиях — плавкие предохранители серий ПН-2 и НПН2. Основные технические характеристики шкафов приведены в табл. 7.3.7, принципиальные схемы и внешний вид шкафов показаны на рис. 7.3.2.

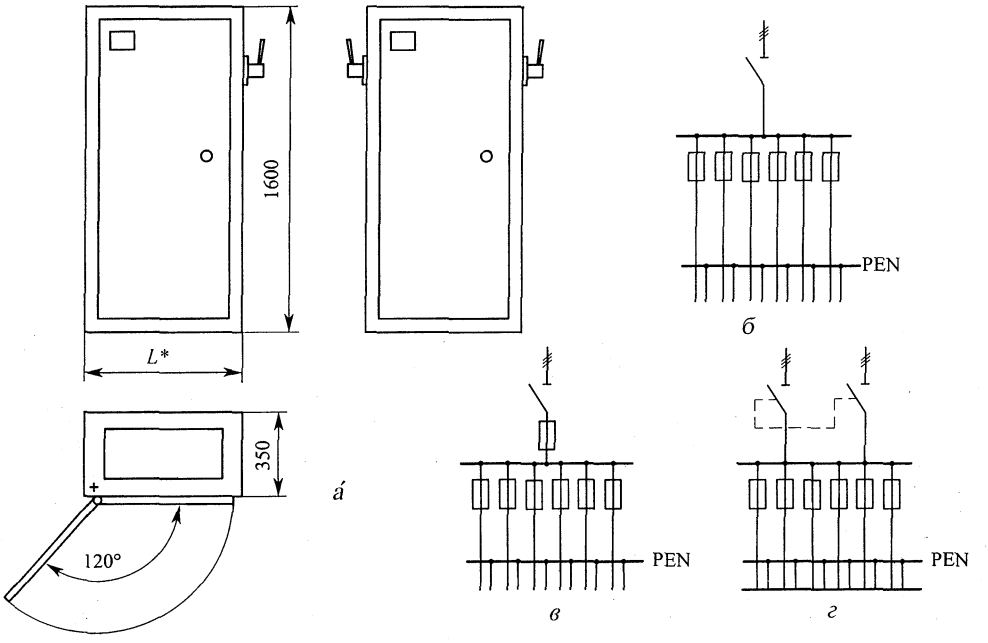



**Рис. 7.3.2.** Габаритные размеры (*а*) и принципиальные схемы распределительных шкафов ШР-11, ШРС-1 (*б—г*)

*Таблица 7.3.7.* **Технические характеристики шкафов ШР11, ШРС1**

| Номер и климатическое исполнение для шкафов ШР11-737-ХХ-ХХ ХХ | Номер и климатическое исполнение для шкафов ШРС1-ХХУ3 | Номинальный ток, А | Число предохранителей отходящих линий | | | Номер рисунка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | тип 1 | тип 2 | тип 3 | |
| 02-22 У3 | 20У3 | 250 | 5 | — | — | 7.3.2, *б* |
| 01-54 У2 | 50У3 | 200 | 5 | — | — | То же |
| 02-22 У3 | 21У3 | 250 | — | 5 | — | » » |
| 02-54 У2 | 51У3 | 200 | — | 5 | — | » » |
| 03-22 У3 | 52У3 | 250 | 2 | 3 | — | » » |
| 03-54 У2 | 20У3 | 200 | 2 | 3 | — | » » |
| 04-22 У3 | 23У3 | 400 | 8 | — | — | » » |
| 04-54 У2 | 53У3 | 320 | 8 | — | — | » » |
| 05-22 У3 | 24У3 | 400 | — | 8 | — | » » |
| 05-54 У2 | 54У3 | 320 | — | 8 | — | » » |
| 06-22 У3 | — | 400 | — | — | 8 | » » |
| 06-54 У2 | — | 320 | — | — | 8 | » » |
| 07-22 У3 | — | 400 | — | 3 | 2 | » » |
| 07-54 У2 | — | 320 | — | 3 | 2 | » » |
| 08-22 У3 | 26У3 | 400 | — | — | 5 | » » |

*Окончание табл. 7.3.7*

| Номер и климатическое исполнение для шкафов ШР11-737-ХХ-ХХ ХХ | Номер и климатическое исполнение для шкафов ШРС1-ХХУ3 | Номинальный ток, А | Число предохранителей отходящих линий | | | Номер рисунка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | тип 1 | тип 2 | тип 3 | |
| 08-54 У2 | 56У3 | 320 | — | — | 5 | 7.3.2, *б* |
| 09-22У3 | 25У3 | 400 | 4 | 4 | — | То же |
| 09-54 У2 | 55У3 | 320 | 4 | 4 | — | » » |
| 010-22 У3 | 28У3 | 400 | 2 | 4 | 2 | » » |
| 010-54 У2 | 58У3 | 320 | 2 | 4 | 2 | » » |
| 011-22 У3 | 27У3 | 400 | — | 6 | 2 | » » |
| 011-54 У2 | 57У3 | 320 | — | 6 | 2 | » » |
| 012-22 У3 | — | 400 | 8 | — | — | 7.3.2, *в* |
| 012-54 У2 | — | 320 | 8 | — | — | То же |
| 013-22 У3 | — | 400 | — | 8 | — | » » |
| 013-54 У2 | — | 320 | — | 8 | — | » » |
| 014-22 У3 | — | 400 | — | — | 8 | » » |
| 014-54У2 | — | 320 | — | — | 8 | » » |
| 015-22 У3 | — | 400 | 4 | 4 | — | » » |
| 015-54 У2 | — | 320 | 4 | 4 | — | » » |
| 016-22 У3 | — | 400 | 2 | 4 | 2 | » » |
| 016-54 У2 | — | 320 | 2 | 4 | 2 | » » |
| 017-22 У3 | — | 400 | — | 6 | 2 | » » |
| 017-54 У2 | — | 320 | — | 6 | 2 | » » |
| 018-22 У3 | — | 400 | 8 | — | — | 7.3.2, *г* |
| 018-54 У2 | — | 320 | 8 | — | — | То же |
| 019-22 У2 | — | 400 | — | 8 | — | » » |
| 019-54 У2 | — | 320 | — | 8 | — | » » |
| 020-22 У3 | — | 400 | — | — | 8 | » » |
| 020-54 У2 | — | 320 | — | — | 8 | » » |
| 021-22 У3 | — | 400 | 4 | 4 | — | » » |
| 021-54 У2 | — | 320 | 4 | 4 | — | » » |
| 022-22 У3 | — | 400 | 2 | 4 | 2 | » » |
| 022-54 У2 | — | 320 | 2 | 4 | 2 | » » |
| 023-22 У3 | — | 400 | — | 6 | 2 | » » |
| 023-54 У2 | — | 320 | — | 6 | 2 | » » |

**Шкафы ввода, учета и распределения электрической энергии серии ПР 8804** производства Дивногорского завода низковольтной аппаратуры разработаны специально для индивидуальных жилых зданий (коттеджей), небольших общественных зданий, малых производственных предприятий и встроенных объектов (офисов, магазинов и т. п.). Шкафы могут использоваться в электрических сетях с системами заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT при различных вариантах расположения нулевого рабочего и нулевого защитного проводников.

Шкафы обеспечивают:

- ввод трехфазной электрической сети напряжением 380/220 В частотой 50 Гц и/или однофазной сети напряжением 220 В, 50 Гц;
- распределение электроэнергии по трехфазным и/или однофазным цепям;
- защиту всех цепей от перегрузок и токов короткого замыкания;
- защиту от токов утечки на землю с уставкой срабатывания 30, 100 и 300 мА;
- учет электроэнергии в трехфазной и однофазной цепях потребления;
- отключение напряжения на вводе по команде пожарной сигнализации;
- нечастые (до шести раз в сутки) оперативные включения и отключения отходящих электрических цепей.

Встроенное в шкаф дифференциальное реле утечки (ДРУ) обеспечивает защиту людей от поражения электрическим током и защиту электроустройств от токов утечки на землю, что позволяет снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и уменьшить возможность возникновения пожаров. Защищаемая цепь отключается автоматическим выключателем с независимым расцепителем, катушка управления которого коммутируется выходным контактом ДРУ либо выходным контактом пожарной сигнализации.

Условия эксплуатации:

- степень защиты от воздействия окружающей среды: при закрытых дверях — IP54; при открытых дверях и для утопленного исполнения — IP21 (по ГОСТ 14254—96);
- климатическое исполнение и категория размещения — УХЛ3.1 (по ГОСТ 15150—69);
- высота размещения над уровнем моря до 2000 м;
- рабочая температура окружающего воздуха от −10 до +40 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 98 % при температуре 25 °С;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию;

- рабочее положение шкафа в пространстве — установка на вертикальной плоскости с допустимым отклонением от вертикали до 5° в любую сторону;
- группа механического исполнения М1 (по ГОСТ 17516.1—72);
- номинальный режим работы шкафа — продолжительный.

**Особые требования.** Встраиваемые в шкаф выключатели отходящих линий могут быть в любом сочетании по номинальным токам расцепителей, при этом:

- сумма номинальных токов выключателей отходящих линий может превышать номинальный ток шкафа при том условии, что одновременная рабочая нагрузка всех выключателей отходящих линий не должна превышать номинальный ток шкафа;
- суммарная нагрузка однополюсных выключателей, включенных через однополюсный счетчик, не должна превышать 50 А;
- выключатели отходящих линий, встраиваемые в шкаф, не должны длительно нагружаться током, превышающим 80 % от значений номинальных токов их тепловых расцепителей.

Шкаф ввода, учета и распределения электрической энергии состоит из непосредственно металлического шкафа и двух расположенных внутри шкафа панелей, на которых установлены: выключатели отходящих линий (нижняя панель) и выключатель ввода с остальными встроенными аппаратами и приборами (верхняя панель). Управление выключателем ввода производится ручным дистанционным приводом. Рукоятка привода выведена на лицевую сторону шкафа и имеет замок для запирания привода в отключенном состоянии. Токоведущие части и электромонтаж внутри шкафа закрываются металлическим обрамлением, крепящимся к шкафу с помощью четырех зажимов. Под обрамлением над верхней панелью имеется металлическая фальшкрышка, пломбирование которой обеспечивает недоступность к аппаратам учета электроэнергии и их коммутационным цепям. Шкаф закрывается дверью, навешенной на петли. Дверь шкафа имеет зажимы, закрываемые и открываемые специальным ключом.

Шкафы выпускаются в навесном и утопленном исполнениях. Основные технические характеристики шкафов приведены в табл. 7.3.8.

Типы и число встраиваемых в шкафы **электрических аппаратов** приведены в табл. 7.3.10. В качестве выключателей отходящих линий в шкафах серии ПР 8804 используются выпускаемые ОАО «ДЗНВА» модульные автоматические выключатели ВА61-29. По индивидуальным схемам заказчика возможно изготовление ПР 8804 с автоматическими выключателями совместно с дифференциальными выключателями или устройствами защитного отключения (УЗО) с установкой их на DIN-рейку.

**Монтаж шкафов.** Шкафы допускают ввод и вывод проводом в трубах и кабелем с резиновой и/или пластмассовой изоляцией с медными или алюминиевыми жилами как сверху, так и снизу в любой комбина-

*Таблица 7.3.8.* **Технические характеристики шкафов ПР 8804**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, В: | |
| силовой цепи | 380/220; 220 |
| цепей управления | 220 |
| Номинальный ток вводного выключателя, А | См. табл. 7.3.10 |
| Номинальный ток выключателей отходящих линий, А | До 63 |
| Номинальное напряжение изоляции, В | 380 |
| Уставка ДРУ по току срабатывания, vA | 30; 100; 300 |
| Допустимое действующее значение тока КЗ, кА | 10 |

ции. Внутренний электрический монтаж выполняется медным гибким изолированным проводом и алюминиевой шиной, при этом присоединение проводов к автоматическим выключателям — переднее, что обеспечивает замену любого выключателя отходящей линии с лицевой стороны шкафа. Зажимы шкафа и зажимы выключателей, встраиваемых в шкаф, обеспечивают присоединение медных или алюминиевых проводников без пайки кабельных наконечников. Площадь сечения присоединяемых внешних проводников для выключателя ВА57Ф35: наименьшее 2,5 мм$^2$, наибольшее — 95 мм$^2$; для выключателя ВА61Ф29: наименьшее 1 мм$^2$, наибольшее — 16 мм$^2$.

Габаритные и установочные размеры шкафов серии ПР 8804 навесного и утопленного исполнения приведены на рис. 7.3.3, 7.3.4 и в табл. 7.3.9, принципиальные схемы шкафов приведены на рис. 7.3.5—7.3.7.

*Таблица 7.3.9.* **Размеры шкафов ПР 8804 навесного и утопленного исполнения и их масса**

| Номер схемы | Размеры, мм | | | | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|
| | H | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ | |
| **Навесное исполнение** | | | | | |
| 1101-1116; 1141-1144 | 1400 | 865 | 1440 | 1000 | 87 |
| 1117-1124; 1129-1136 | 1200 | 665 | 1240 | 634 | 71 |
| 1125-1128; 1137-1140 | 1000 | 465 | 1040 | 634 | 70 |
| **Утопленное исполнение** | | | | | |
| 3117-3124; 3129-3136 | 1200 | 1300 | 1230 | — | 80 |
| 3125-3128; 3137-3140 | 1000 | 1100 | 1030 | — | 73 |

*Таблица 7.3.10.* **Технические характеристики встраиваемых аппаратов**

| Номер схемы | | $I_н$ шкафа, А | Аппараты | | $K_т$ | ДРУ на ток, А | Выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Исполнение | | | однофазные | трехфазные | | | на вводе | отходящих линий | |
| Н | У | | | | | | $I_{нтеп}$, А | трехфазных | однофазных |
| 1101 | — | 200 | + | + | 200/5 | 250 | 250 | До 8 трехпол. или 6 четырехпол. (3+N) | До 24 однопол. или 12 двухпол. (3+N) |
| 1102 | — | 160 | + | + | | 250 | 200 | | |
| 1103 | — | 125 | + | + | | 250 | 160 | | |
| 1104 | — | 100 | + | + | 100/5 | 250 | 125 | | |
| 1105 | — | 80 | + | + | | 100 | 100 | | |
| 1106 | — | 63 | + | + | | 100 | 80 | | |
| 1107 | — | 50 | + | + | | 100 | 63 | | |
| 1108 | — | 40 | + | + | | 100 | 50 | | |
| 1109 | — | 200 | + | + | 200/5 | — | 250 | До 8 трехпол. или 6 четырехпол. (3+N) | До 24 однопол. или 12 двухпол. (3+N) |
| 1110 | — | 160 | + | + | | — | 200 | | |
| 1111 | — | 125 | + | + | | — | 160 | | |
| 1112 | — | 100 | + | + | 100/5 | — | 125 | | |
| 1113 | — | 80 | + | + | | — | 100 | | |
| 1114 | — | 63 | + | + | | — | 80 | | |
| 1115 | — | 50 | + | + | | — | 63 | | |
| 1116 | — | 40 | + | + | | — | 50 | | |
| 1117 | 3117 | 200 | – | + | 200/5 | 250 | 250 | До 8 трехпол. или 6 четырехпол. (3+N) | — |
| 1118 | 3118 | 160 | – | + | | 250 | 200 | | |
| 1119 | 3119 | 125 | – | + | | 250 | 160 | | |
| 1120 | 3120 | 100 | – | + | 100/5 | 250 | 125 | | |
| 1121 | 3121 | 80 | – | + | | 100 | 100 | | |
| 1122 | 3122 | 63 | – | + | | 100 | 80 | | |
| 1123 | 3123 | 50 | – | + | 100/5 | 100 | 63 | До 8 трехпол. или 6 четырехпол. (3+N) | — |
| 1124 | 3124 | 40 | – | + | | 100 | 50 | | |
| 1125 | 3125 | 50 | – | + | — | 100 | 63 | | |
| 1126 | 3126 | 40 | – | + | — | 100 | 50 | | |
| 1127 | 3127 | 50 | + | – | — | 100 | 63 | — | До 24 однопол. или 12 двухпол. (3+N) |
| 1128 | 3128 | 40 | + | – | — | 100 | 50 | | |
| 1129 | 3129 | 200 | – | + | 200/5 | — | 250 | До 8 трехпол. или 6 четырехпол. (3+N) | — |
| 1130 | 3130 | 160 | – | + | 200/5 | — | 200 | | |
| 1131 | 3131 | 125 | – | + | 200/5 | — | 160 | | |
| 1132 | 3132 | 100 | – | + | 100/5 | — | 125 | | |
| 1133 | 3133 | 80 | – | + | 100/5 | — | 100 | | |

*Окончание табл. 7.3.10*

| Номер схемы | | $I_н$ шкафа, А | Аппараты | | $K_т$ | ДРУ на ток, А | Выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Исполнение | | | однофазные | трехфазные | | | на вводе | отходящих линий | |
| Н | У | | | | | | $I_{нтеп}$, А | трехфазных | однофазных |
| 1134 | 3134 | 63 | – | + | 100/5 | — | 80 | До 8 трехпол. или 6 четырехпол. (3+N) | — |
| 1135 | 3135 | 50 | – | + | 100/5 | — | 63 | | |
| 1136 | 3136 | 40 | – | + | 100/5 | — | 50 | | |
| 1137 | 3137 | 50 | – | + | — | — | 63 | | |
| 1138 | 3138 | 40 | – | + | — | — | 50 | | |
| 1139 | 3139 | 50 | + | – | — | — | 63 | — | До 24 однопол. или 12 двухпол. (3+N) |
| 1140 | 3140 | 40 | + | – | — | — | 50 | | |
| 1141 | — | 50 | + | + | — | — | 63 | До 8 трехпол. или 6 четырехпол. | |
| 1142 | — | 40 | + | + | — | 100 | 50 | | |
| 1143 | — | 50 | + | + | — | 100 | 63 | | |
| 1144 | — | 40 | + | + | — | — | 50 | | |

*Примечание.* В таблице использованы обозначения: $K_т$ — коэффициент трансформации трансформатора тока; ДРУ — дифференциальное реле утечки; $I_{нтеп}$ — номинальный ток теплового расцепителя.

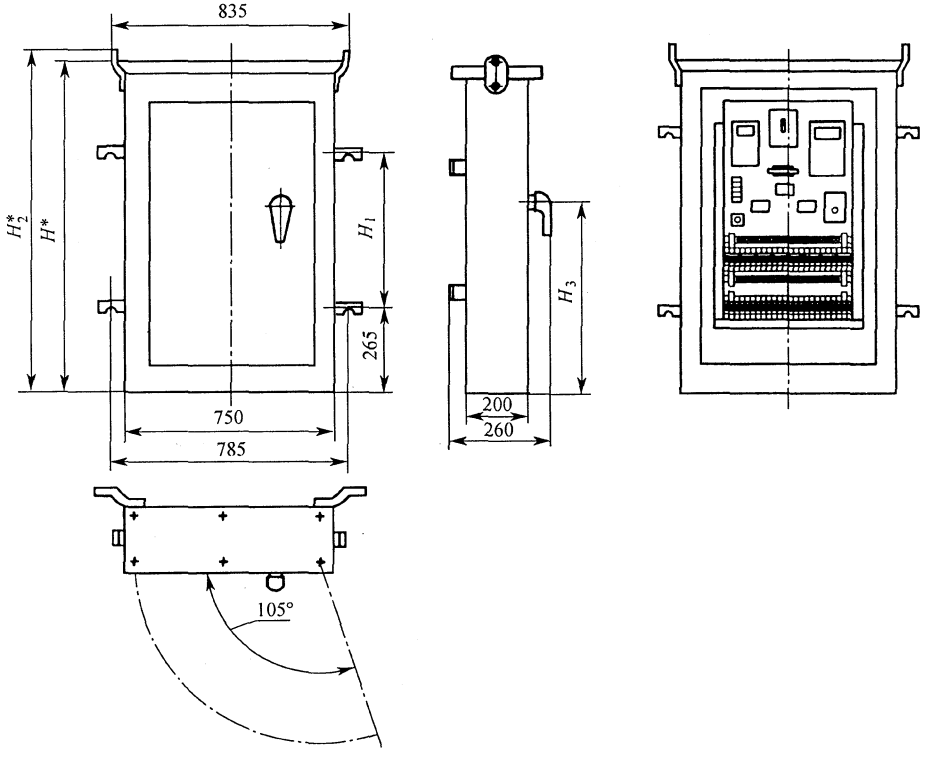



**Рис. 7.3.3.** Шкафы ПР 8804 навесного исполнения без передней двери, обрамления и фальшкрышки

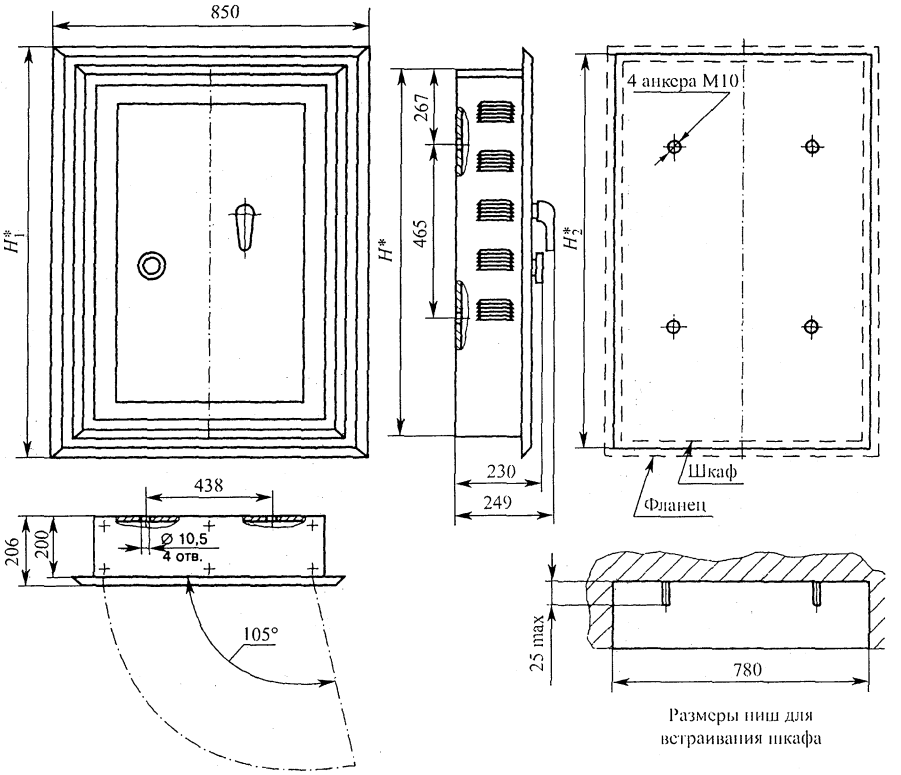



**Рис. 7.3.4.** Шкафы ПР 8804 утопленного исполнения

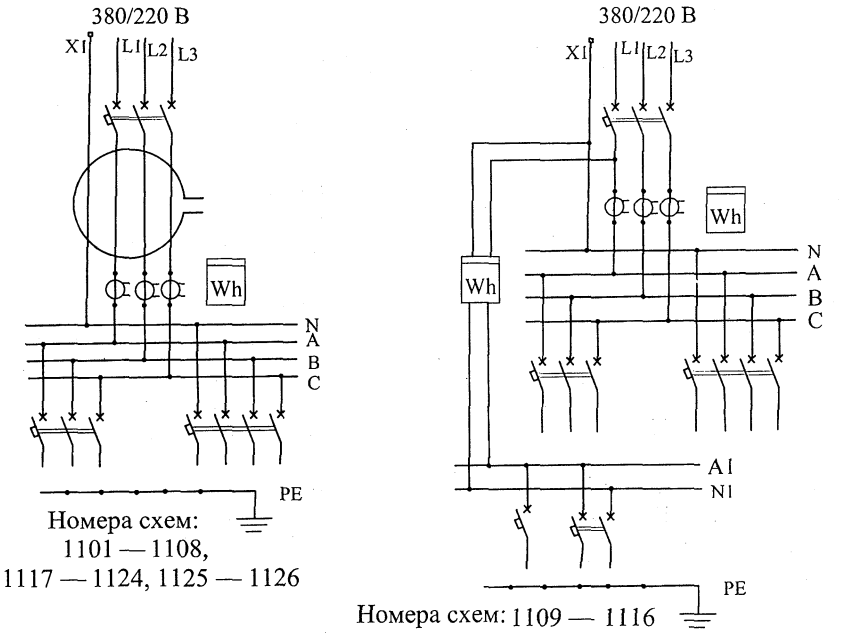
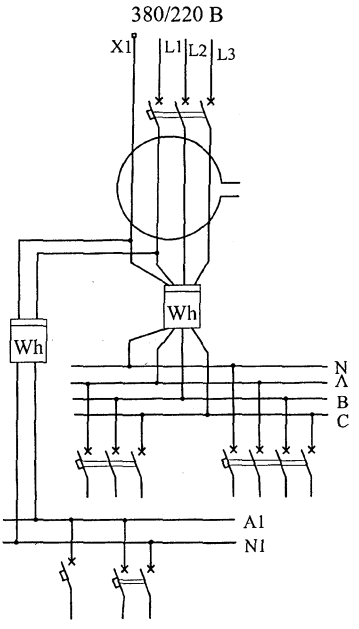
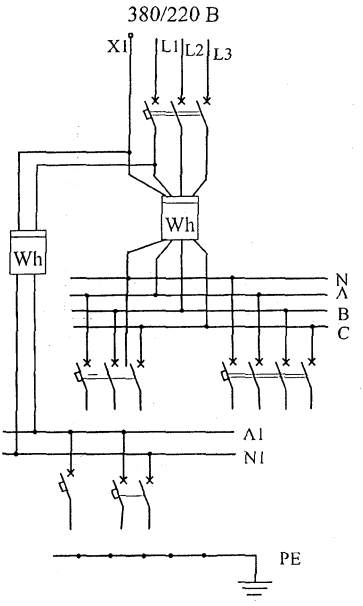


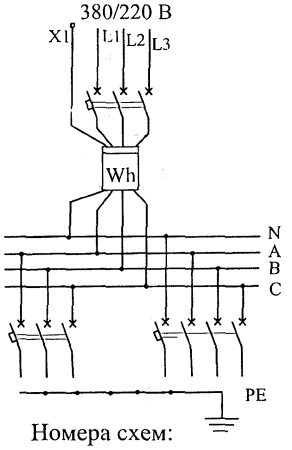

**Рис. 7.3.5.** Принципиальные трехлинейные схемы шкафов ПР 8804



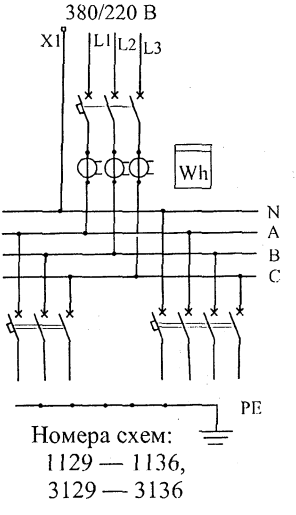

Номера схем:
1141 — 1142




Номера схем: 1143 — 1144




Номера схем:
1137 — 1138,
3137 — 3138




Номера схем:
1129 — 1136,
3129 — 3136

**Рис. 7.3.6.** Принципиальные трехлинейные схемы шкафов ПР 8804

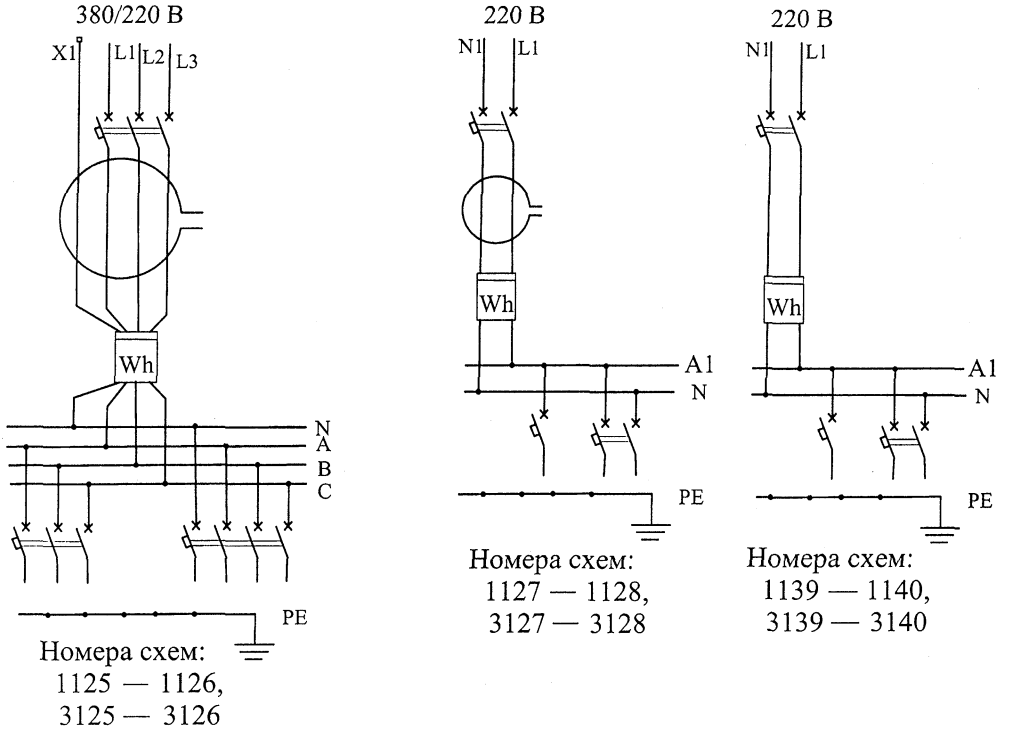



**Рис. 7.3.7.** Принципиальные трехлинейные схемы шкафов ПР 8804

## 7.4. Вводно-распределительные устройства

Вводно-распределительные устройства (ВРУ) предназначены для приема, распределения и учета электрической энергии напряжением 380/220 В трехфазного переменного тока частотой до 60 Гц. ВРУ устанавливаются в жилых и общественных зданиях. Во вновь проектируемых зданиях в соответствии с ПУЭ вводно-распределительные устройства должны иметь N и PE проводники.

Вводно-распределительные устройства делятся на следующие группы:

- вводные, для ввода и учета электрической энергии;
- распределительные, для распределения электрической энергии, применяются совместно с вводными;
- вводно-распределительные, для ввода, учета и распределения электрической энергии.

ВРУ обеспечивают:

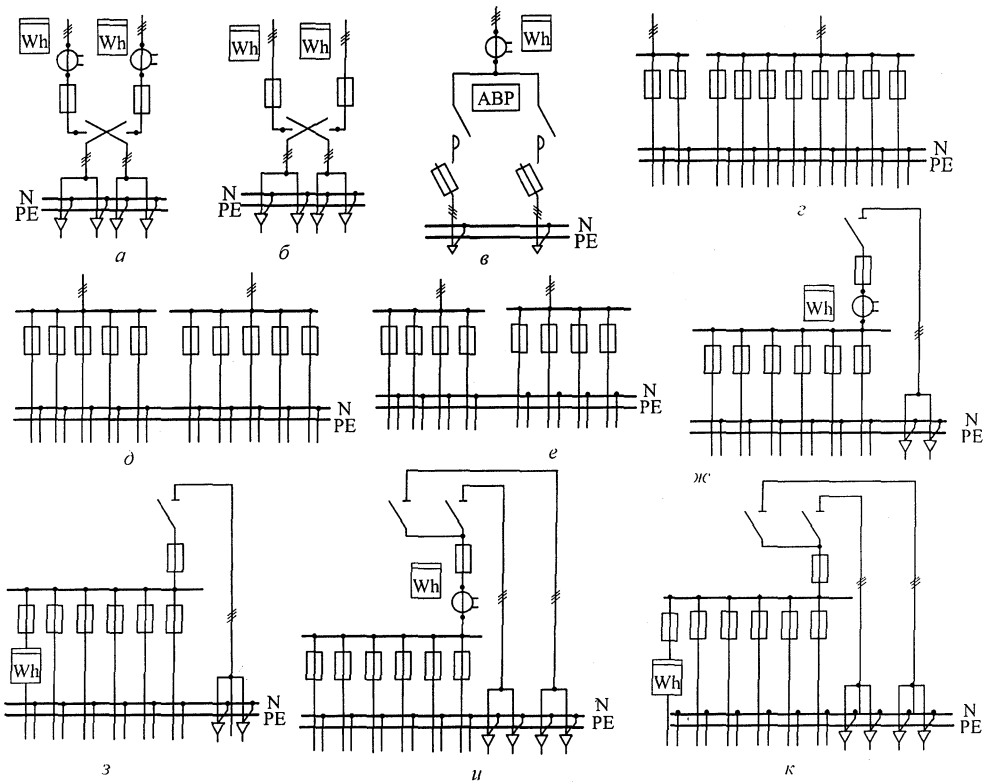
- ввод трехфазной электрической сети напряжением 380/220 В;
- распределение электрической энергии по трехфазным и/или однофазным цепям;

- защиту всех цепей от перегрузок и токов короткого замыкания;
- учет электрической энергии в трехфазной и однофазной цепях потребления;
- нечастые (до шести раз в сутки) оперативные включения и отключения отходящих электрических цепей.

**Вводно-распределительные устройства ВРУ-3** производства ЗАО ПК «ИЗНУ» климатического исполнения УХЛ4 предназначены для установки в четырехпроводных и пятипроводных электрических сетях с системами заземления TN-C, TN-C-S, TN-S. ВРУ-3 обеспечивают защиту отходящих линий от перегрузок и коротких замыканий.

Основные технические характеристики:

- ток электродинамической стойкости не менее 10 кА;
- степень защиты IP30;
- степень защиты со стороны дна IP00;
- габаритные размеры, мм: высота — 1800, ширина — 800, глубина — 270. Технические характеристики ВРУ-3 приведены в табл. 7.4.1, принципиальные схемы устройств даны на рис. 7.4.1.




*Примечание.* Однофазные отходящие линии на схеме не показаны.

**Рис. 7.4.1.** Принципиальные схемы ВРУ-3: *а*, *б*, *в* — вводные; *г*, *д*, *е* — распределительные; *ж*, *з*, *к*, *и* — вводно-распределительные

*Таблица 7.4.1.* **Вводно-распределительные устройства производства ЗАО ПК «ИЗНУ»**

| Вид | Тип | ВРУ | Число и номинальный ток аппаратов | | | Число аппаратов учета | | Номер рисунка |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | на вводе | отходящих линий | | | | |
| | | | | трехфазные | однофазные АУО | О | Д | |
| Вводные панели | ВРУ-3-10 | 500 | 2 × 250 | 2 × 250 | — | 2 | — | 7.4.1, *а* |
| | ВРУ-3-11 | 500 | 2 × 250 | 2 × 250 | — | 1 | 1 | 7.4.1, *б* |
| | ВРУ-3-12 | 800 | 2 × 400 | 2 × 400 | — | 2 | — | 7.4.1, *а* |
| | ВРУ-3-13 | 800 | 2 × 400 | 2 × 400 | — | 1 | 1 | 7.4.1, *б* |
| Вводно-распределительные | ВРУ-3-40 | 250 | 1 × 250 | 5 × 100 | 14 × 16 | — | 1 | 7.4.1, *з* |
| | ВРУ-3-41 | | 1 × 250 | | | 1 | — | 7.4.1, *ж* |
| | ВРУ-3-42 | | 2 × 250 | | | — | 1 | 7.4.1, *к* |
| | ВРУ-3-43 | | 2 × 250 | | | 1 | — | 7.4.1, *и* |
| Распределительные | ВРУ-3-20 | 800 | — | 2 × 100 + 8 × 100 | 30 × 16 | — | — | 7.4.1, *г* |
| | ВРУ-3-21 | | | 2 × 100 + 8 × 100 | 14 × 16 | | | — |
| | ВРУ-3-22 | | | 2 × 100 + 8 × 100 | — | | | — |
| | ВРУ-3-23 | | | 5 × 100 + 5 × 100 | 30 × 16 | | | 7.4.1, *д* |
| | ВРУ-3-24 | | | 5 × 100 + 5 × 100 | 14 × 16 | | | — |
| | ВРУ-3-25 | | | 5 × 100 + 5 × 100 | — | | | — |
| | ВРУ-3-26 | | | 2 × 250 + 8 × 100 | 30 × 16 | | | 7.4.1, *г* |
| | ВРУ-3-27 | 800 | — | 2 × 250 + 8 × 100 | 14 × 16 | | | — |
| | ВРУ-3-28 | | | 2 × 250 + 8 × 100 | — | | | — |
| | ВРУ-3-29 | | | 4 × 250 + 8 × 100 | 30 × 16 | | | 7.4.1, *е* |
| | ВРУ-3-30 | | | 4 × 250 + 4 × 250 | 14 × 16 | | | — |
| | ВРУ-3-31 | | | 4 × 250 + 4 × 250 | — | | | — |
| АВР | ВРУ-3-14 | 160 | 2 × 260 | 1 × 160 | — | 1 | — | 7.4.1, *в* |

*Примечание.* В шапке таблицы использованы сокращения: О — общие, Д — домоуправление.

**Вводно-распределительные устройства ВРУ-1Д**[5] предназначены для приема, распределения и учета электрической энергии напряжением 380/220 В трехфазного переменного тока частоты 50 Гц в четырехпроводных и пятипроводных электрических сетях с системами заземления TN-C, TN-C-S, TN-S и обеспечивают защиту отходящих линий при перегрузках и коротких замыканиях. ВРУ-1Д применяются в жилых, общественных зданиях и сооружениях, в административных и бытовых зданиях.

[5] Источник. ОАО «Дивногорский завод низковольтной аппаратуры». Номенклатурный каталог 2-2003. Низковольтные комплектные устройства.

Условия эксплуатации:

- степень защиты от воздействия окружающей среды IP31, со стороны днища шкафа — IP00;
- климатическое исполнение и категория размещения УХЛ4 (по ГОСТ 15150—69);
- рабочая температура окружающего воздуха от +1 до +35 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха — не более 60 % при температуре 20 °С;
- высота размещения над уровнем моря до 2000 м;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию;
- рабочее положение в пространстве — установка на вертикальной плоскости с допустимым отклонением от вертикали на угол до 5° в любую сторону;
- группа механического исполнения М1 (по ГОСТ 17516.1—72);
- номинальный режим работы шкафа продолжительный;
- класс защиты I (по МЭК 536).

ВРУ-1Д представляет собой металлическую конструкцию, единую для всех схем, комплектующуюся панелями одностороннего переднего обслуживания. Аппараты учета (счетчики, трансформаторы тока) размещаются в отдельном отсеке и закрываются индивидуальной дверью. В замке двери предусмотрено отверстие, позволяющее пломбировать дверь. Аппараты автоматического и неавтоматического управления освещением размещаются в отдельном отсеке (кроме вводно-распределительных устройств, содержащих два счетчика электроэнергии). ВРУ-1Д устанавливаются на полу, крепятся к анкерам через четыре отверстия, имеющихся в нижней раме.

Устройства поставляются комплектно со встроенной аппаратурой и со всеми внутренними присоединениями. Ввод проводов и кабелей предусмотрен снизу, вывод — вниз или через верхнюю съемную крышку. Вводные зажимы ВРУ-1Д обеспечивают присоединение проводов и кабелей площадью сечения:

- на 200 и 250 А — до 120 мм$^2$;
- на 400 А — 2 × 95 мм$^2$.

В нижней части ВРУ-1Д расположены нулевая рабочая и нулевая защитная шины, к которым производится присоединение нулевых жил питающих кабелей или проводов, корпус устройства заземляется.

Нулевая рабочая шина имеет контактные зажимы, допускающие присоединение проводников от 50 до 100 % площади сечения фазных проводников без кабельных наконечников. Контактные зажимы на нулевой рабочей шине обеспечивают присоединение проводников различного сечения с помощью кабельного наконечника. Технические характеристики ВРУ-1Д приведены в табл. 7.4.2. Устройства ВРУ-1Д выпускаются с автоматическими выключателями и плавкими предо-

хранителями в цепях отходящих линий. Принципиальные схемы устройств ВРУ-1Д представлены на рис. 7.4.2.

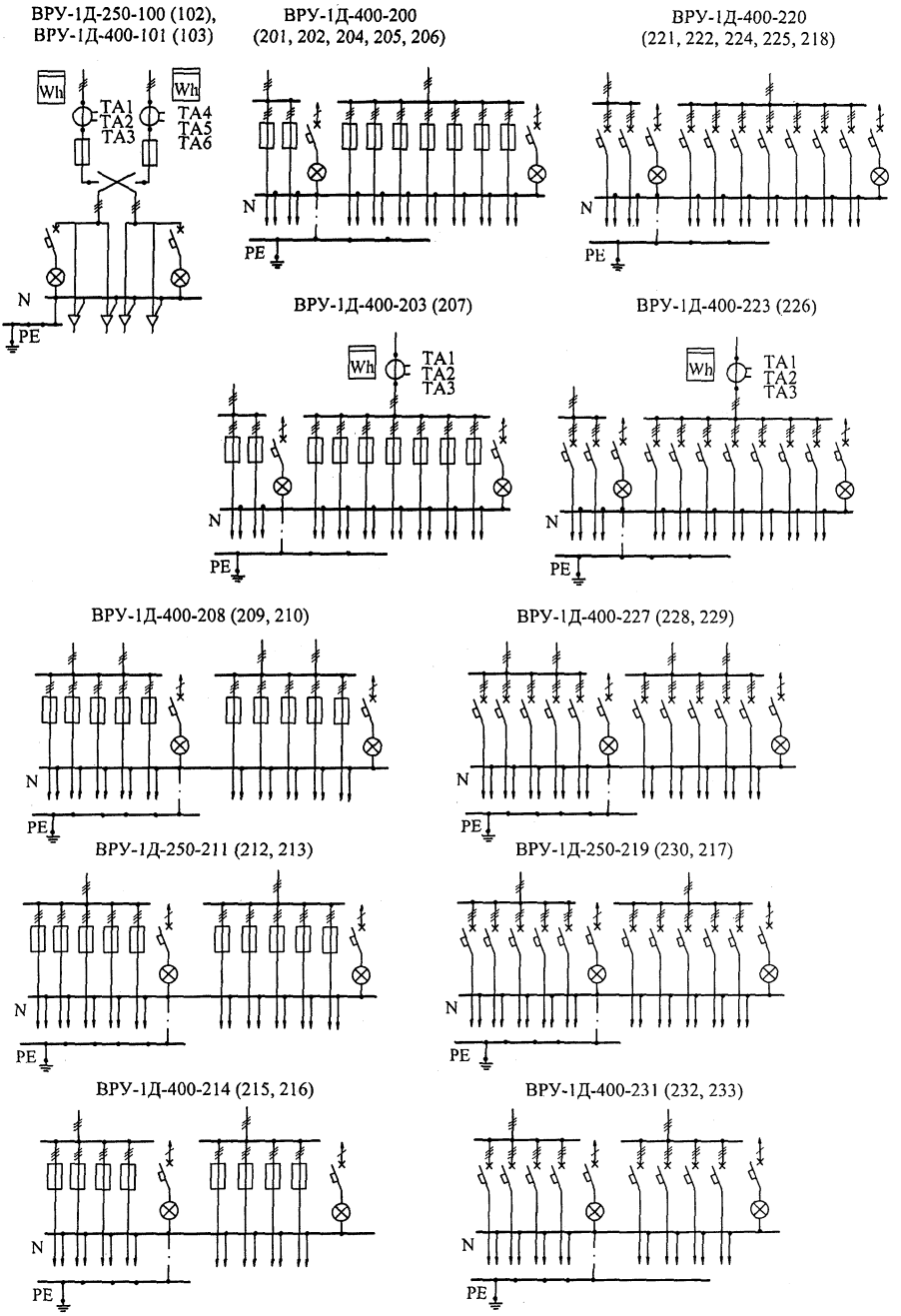



**Рис. 7.4.2.** Принципиальные схемы вводно-распределительных устройств серии ВРУ-1Д производства Дивногорского завода низковольтной аппаратуры (Начало. продолжение см. стр. 371, 372

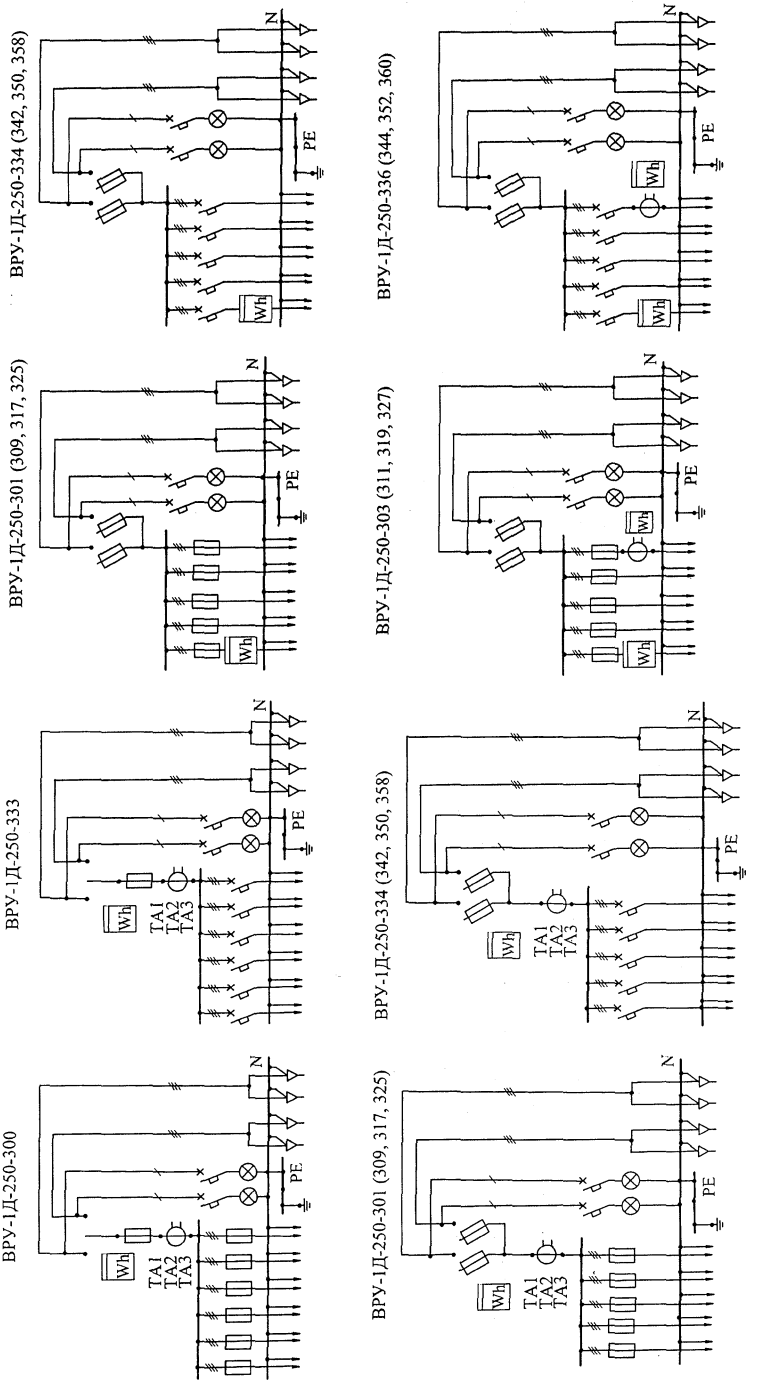



**Рис. 7.4.2** (Продолжение)

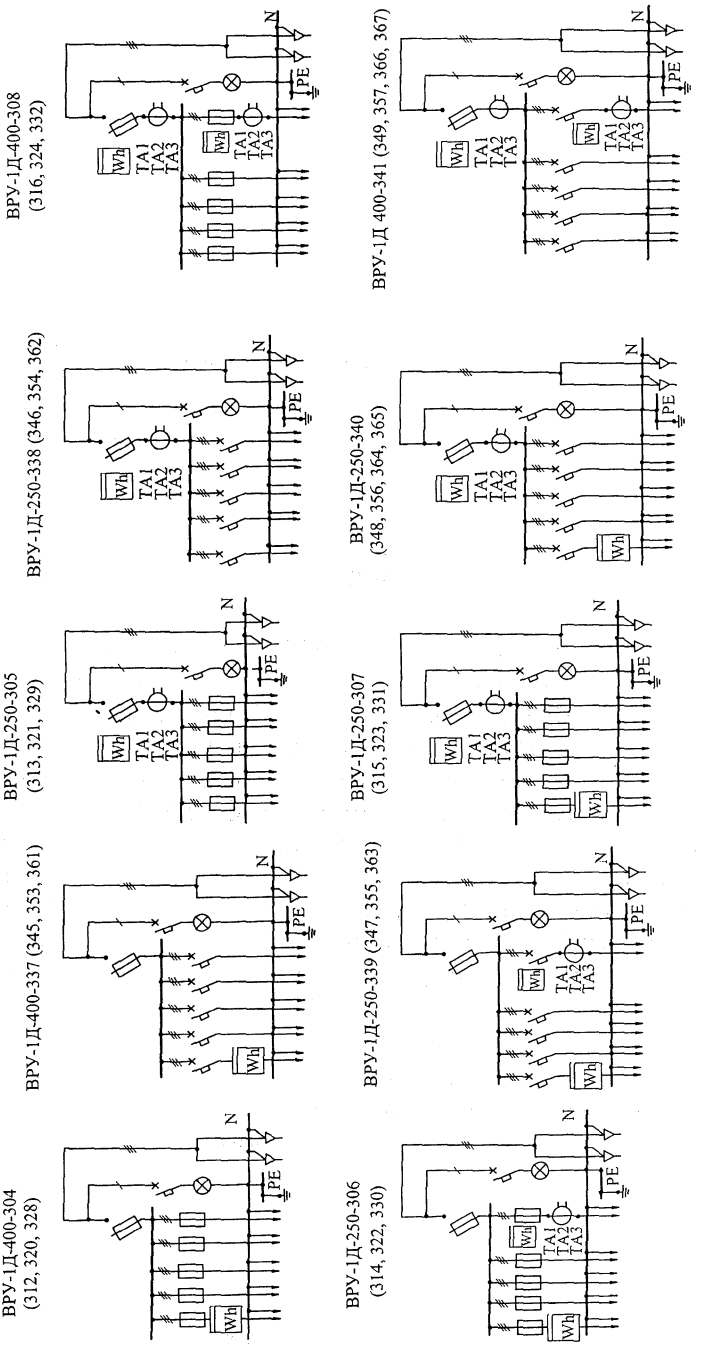



**Рис. 7.4.2** (Окончание)

*Таблица 7.4.2.* **Технические характеристики ВРУ-1Д**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение на вводе в ВРУ, В | 380/220 |
| Номинальные токи вводных аппаратов, А | До 400 |
| Номинальные токи вводных аппаратов ВРУ с АВР, А | 100; 250 |
| Номинальные токи аппаратов распределительных цепей, А | До 250 А |
| Номинальные токи аппаратов групповых цепей, А | 10; 16; 25 |
| Номинальные отключающие дифференциальные токи устройств защитного отключения в цепи распределения, мА | 30; 100 |
| Номинальные отключающие дифференциальные токи устройств защитного отключения в групповой цепи мА | 10; 30 |
| Номинальный кратковременно выдерживаемый ток короткого замыкания для блока ввода и сборных шин, кА | 10 |

## 7.5. Щитки распределительные

**Щитки распределительные ЩРО8505** (ЗАО ПК «ИЗНУ») предназначены для приема и распределения электрической энергии напряжением 380/220 В переменного тока частотой 50, 60 Гц, защиты от токов перегрузок и коротких замыканий, а также для нечастых коммутаций электрических цепей. Щитки могут использоваться во всех типах электрических сетей с системами заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT. Выпускаются в климатическом исполнении УХЛ3.1. Щитки серии ЩРО8505 могут заменить выпускаемые до настоящего времени щитки осветительные типа ЯРН, ЯРУ, ЯОУ, ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, шкафы распределительные ПР11 и частично ПР8305. Щитки выпускаются в навесном и утопленном исполнении. Степень защиты по ГОСТ 14254—96 — IP30.

Технические характеристики щитков приведены в табл. 7.5.1, 7.5.2, габаритные и установочные размеры показаны на рис.7.5.1, принципиальные схемы щитков представлены на рис. 7.5.2.

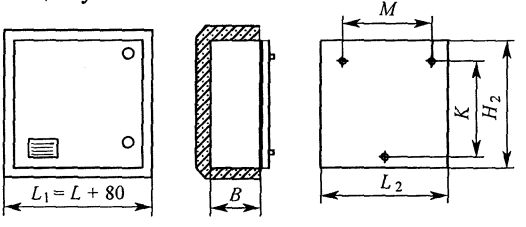
*Таблица 7.5.1.* **Технические характеристики щитков ЩРО 8505**

| Параметр | Значения |
|---|---|
| Номинальное напряжение, В | 380/220 |
| Номинальный ток, А | 400 |
| Номинальный ток автоматического выключателя или зажимов на вводе А | 80; 250; 320; 400 |
| Номинальный ток на отходящих линиях, А | 0,5—63 |

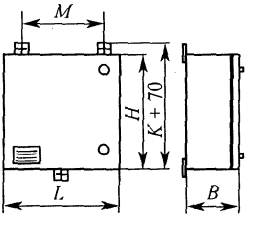
*Таблица 7.5.2.* **Основные параметры щитков распределительных ЩРО 8505**

| Номер схемы | Номинальный ток, А | Номинальное напряжение, В | Автоматические выключатели | | | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | на вводе | отходящих линий | | |
| | | | | Тип | Число выключателей | Число модулей | |
| 18 | До 200 | ~220 | — | ВА61F29-1В12,5 | 18 | 18 | 10,8 |
| 19 | | | | ВА61F29-1В25NA | 9 | | 10,9 |
| 21 | | ~220/380 | | ВА61F29-1В40/ ВА61F29-3В40 | 18/6 | | 14,6 |
| 22 | | | | ВА61F29-1В63NA | 9 | | 15,2 |
| 24 | | | ВА57Ф35 | ВА61F29-1В63/ ВА61F29-3В63 | 9/3 | 9 | 16,7 |
| 25 | | ~220 | ВА57-35-84 | ВА61F29-1В40NA | 5 | 10 | 16,4 |
| 26 | До 200 | ~220/380 | ВА57Ф35 | ВА61F29-1В40/ ВА61F29-3В40 | 18/6 | 18 | 26,4 |
| 27 | До 320 | | | ВА61F29-1В63NA | 9 | | 26,8 |
| 41 | | | — | ВА61F29-1В40/ ВА61F29-3В40 | 36/12 | 36 | 30,7 |
| 42 | До 320 | ~220/380 | — | ВА61F29-IВ63NA | 36/12 | 36 | 30,7 |
| 43 | | | До 400 А — ВА57-39, до 250 А — ВА57Ф35 | ВА61F29-1В63 ВА61F29-3В63 | 18/6 | 18 | 37 |
| 46 | | | | ВА61F29-1В63NA | 9 | | 36 |
| 45 | До 320 | ~220/380 | | ВА61F29-1В40 | 36/12 | 36 | 43,7 |
| | | | | ВА61F29-3В40 | | | |
| 44 | | | | ВА61F29-1В63NA | 18 | | |
| 47 | До 320 | ~220/380 | — | ВА61F29-1В63 | 18/6 | | |
| | | | | ВА61F29-3В63 | | | |
| | | | | ВА61F29-1В12,5 | 18 | | |
| 48 | До 320 | ~220/380 | | ВА61F29-1В63NA | 9 | | |
| | | | | ВА61F29-1В25NA | | | |

Ящик утопленного исполнения




Ящик навесного исполнения




| Тип ящика | Размеры, мм | | | |
|---|---|---|---|---|
| | L×H | B | M×K | $L_2$×$H_2$ |
| Б2 | 250×500 | 160 | 209×457 | 290×540 |
| | 500×250 | | 457×209 | 540×290 |
| Б3 | 500×500 | | 457×457 | 540×540 |
| Б4 | 500×750 | | 457×705 | 540×790 |
| Б2 + Б4 | 500×1000 | | 457×955 | 540×1040 |

**Рис. 7.5.1.** Габаритные размеры ящика ЩРО8505 навесного и утопленного исполнения

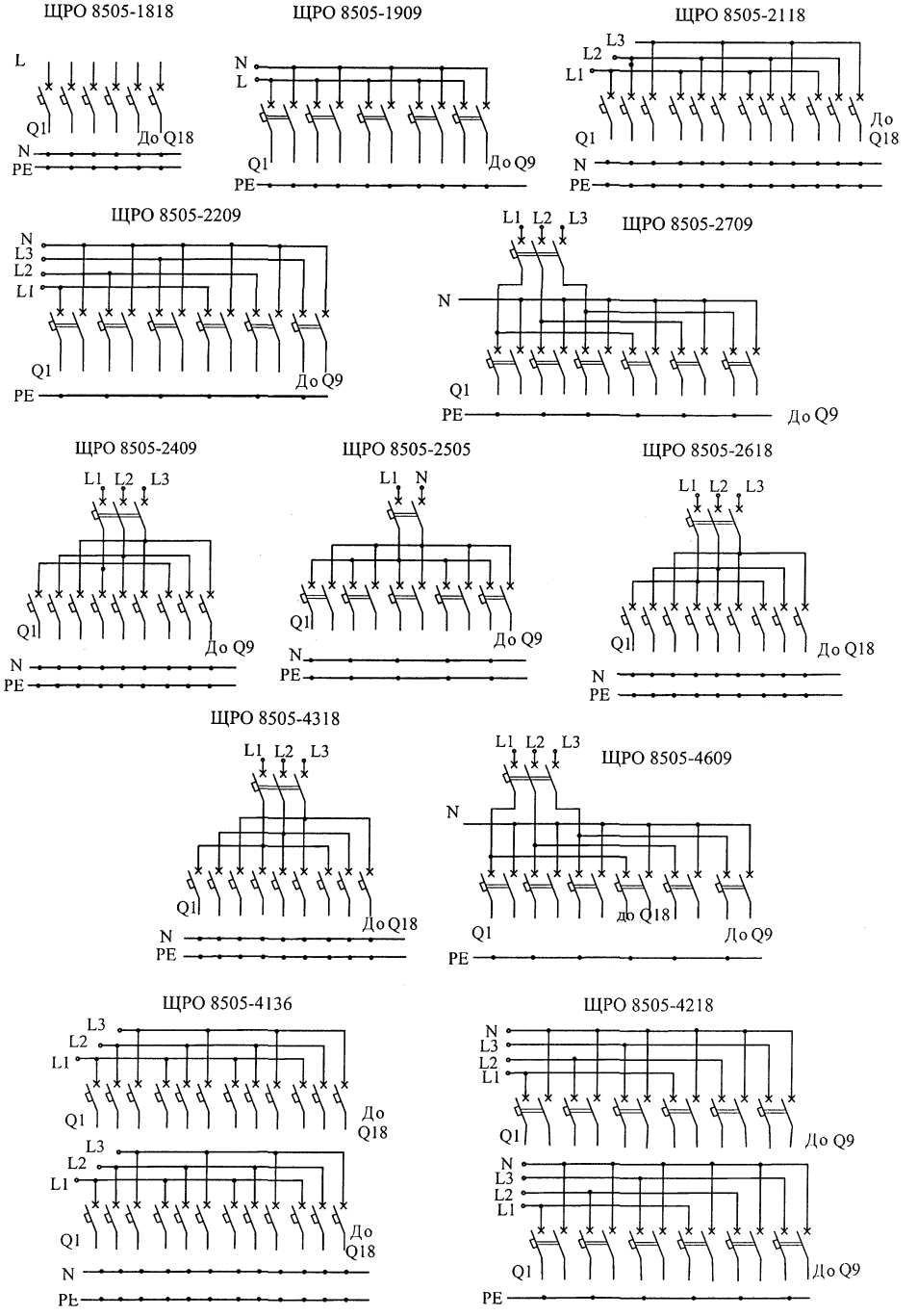



**Рис. 7.5.2.** Принципиальные схемы ящика ЩРО8505 (Начало. Продолжение см. стр. 376)

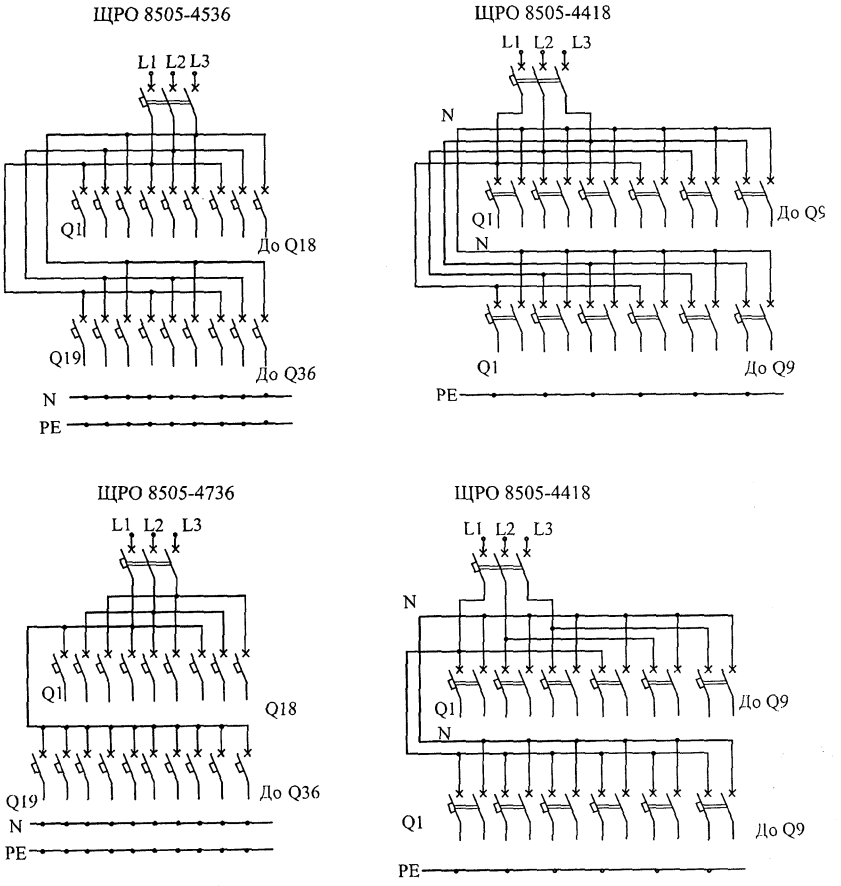



**Рис. 7.5.2** (Окончание)

# 8. ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

## 8.1. Воздушные линии электропередачи

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) служат для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и линейной арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях (мостах, зданиях и т. д.). Основными элементами воздушных линий являются провода, изоляторы, линейная арматура, опоры и фундаменты.

На воздушных линиях переменного тока подвешивают не менее трех проводов, составляющих одну цепь, на воздушных линиях постоянного тока — не менее двух проводов.

По числу цепей воздушные линии делят на одноцепные, двухцепные и многоцепные. Число цепей определяется схемой электроснабжения и необходимой степенью резервирования потребителей электрической энергии. Двухцепные линии могут быть выполнены на одноцепных или двухцепных опорах.

Трасса воздушных линий должна выбираться по возможности кратчайшей. В районах с большими отложениями гололеда, сильными ветрами, лавинами, оползнями, камнепадами, болотами и т. п. необходимо по возможности при проектировании предусматривать обходы особо неблагоприятных мест, что должно быть обосновано сравнительными технико-экономическими расчетами.

**Опоры**. На воздушных линиях могут применяться промежуточные и анкерные опоры.

*Промежуточные опоры* устанавливаются на прямых участках трассы. Эти опоры в нормальных режимах не должны воспринимать усилий, направленных вдоль воздушной линии.

*Анкерные опоры* устанавливаются на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения числа, марок и площади сечения проводов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от натяжения проводов, направленные вдоль линии. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

На базе анкерных опор могут выполняться *концевые* и *транспозиционные* опоры. Концевые опоры устанавливаются в начале и конце воздушной линии, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Концевые опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы линии одностороннее тяжение проводов. На транспозиционных опорах осуществляют транспозицию проводов.

Промежуточные и анкерные опоры могут быть *прямыми, угловыми, ответвительными и перекрестными.* Прямые опоры устанавливаются на прямых участках трассы воздушной линии, угловые — в местах изменения направления трассы. Угловые опоры должны воспринимать слагающую тяжения проводов смежных пролетов. На ответвительных опорах выполняются ответвления от воздушной линии, на перекрестных опорах выполняется пересечение воздушных линий двух направлений.

Для воздушных линий могут применяться деревянные, деревянные с железобетонными приставками, железобетонные и металлические опоры.

Деревянные опоры и опоры с железобетонными приставками широко применяют в сетях напряжением 0,38—110 кВ. Достоинствами деревянных опор являются небольшая масса, высокие электроизоляционные свойства, грозоустойчивость, природный круглый сортамент, обеспечивающий простые конструкции. К недостаткам можно отнести подверженность опор гниению, особенно в месте касания с грунтом, и пожароопасность. Для замедления процесса гниения для опор применяются бревна, пропитанные антисептиками. При прохождении воздушных линий с деревянными опорами по лесам, сухим болотам и другим местам, где возможны низовые пожары, должны осуществляться мероприятия, препятствующие возгоранию опор: устройство канав, уничтожение травы и кустарников, применение железобетонных приставок. Установка деревянных опор напряжением 110 кВ и выше в местах, где возможны торфяные пожары, не рекомендуется.

Металлические опоры применяют на воздушных линиях напряжением 35 кВ и выше. По конструктивному исполнению опоры могут быть двух видов: башенные (одностоечные) и портальные. Достоинством металлических опор является их высокая прочность при относительно малой массе, недостатком — подверженность коррозии. Защита от коррозии осуществляется путем оцинковки или окраски стойким покрытием. В процессе эксплуатации производится повторная окраска поврежденных мест. Основания металлических опор обычно выполняют железобетонными.

Железобетонные опоры по сравнению с металлическими опорами более долговечны и экономичны в эксплуатации, почти не требуют ухода и ремонта. Недостаток опор — их большая масса.

**Провода воздушных линий электропередачи**. На воздушных линиях применяются алюминиевые, стальные, сталеалюминиевые, медные и сталебронзовые провода. В сталеалюминиевых проводах внутренние

проволоки выполняют из стали, а верхние — из алюминия. Сталь предназначена для увеличения механической прочности провода, алюминий является токопроводящей частью.

Основное применение в воздушных линиях нашли сталеалюминиевые провода марки АС. В настоящее время на Кирсинском кабельном заводе ведутся работы по созданию и испытанию новых конструкций сталеалюминиевых проводов со сниженным сопротивлением переменному току, уже освоено производство проводов АСМ 300/43, АСМ 400/51 и Аса 95/16. В трехповивочном модифицированном проводе марки АСМ 400/51 увеличен диаметр алюминиевых проволок второго повива и уменьшен диаметр проволок третьего повива, вследствие чего происходит компенсация магнитного потока в стальном сердечнике и уменьшается сопротивление провода. В проводах марки Аса используется сердечник из немагнитной или маломагнитной азотосодержащей стали. Применение сталеалюминиевых проводов марок АСМ и Аса позволят сократить потери электроэнергии на воздушных линиях на 2—13 % [33].

При сооружении воздушных линий в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение сталеалюминиевых проводов марки АС от коррозии, следует применять сталеалюминиевые провода марок АСКС, АСКП, АСК и алюминиевые провода — марки АКП (на побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, прилежащих к ним районах с окружающей средой типов II и III, а также где такое разрушение ожидается по данным изысканий).

По условиям механической прочности на воздушных линиях должны применяться многопроволочные провода. На воздушных линиях напряжением 10 кВ и ниже, проходящих в ненаселенной местности с расчетной толщиной стенки гололеда до 10 мм, в пролетах без пересечений с инженерными сооружениями допускается применять однопроволочные стальные провода.

Начиная с 70-х годов за рубежом на воздушных линиях среднего класса напряжения вместо оголенных проводов стали использовать **изолированные провода** [34]. Это позволило значительно повысить надежность таких сетей. Воздушные линии с изолированными проводами строятся на традиционных деревянных и железобетонных опорах. Железобетонные опоры используются в качестве концевых и ответвительных. Токоведущая часть изолированного провода выполняется из алюминиевых сплавов, на первом этапе использовались провода площадью сечения 35 и 70 мм$^2$. В 2000 г. была введена воздушная линия с изолированными проводами площадью сечения провода 95 мм$^2$, в настоящее время выпускаются провода сечением 150 мм$^2$. Для крепления и изоляции провода применяются изоляторы штыревого типа специальной конструкции. Междуфазные расстояния принимаются от 400 до 600 мм. В настоящее время воздушные линии с изолированными проводами среднего класса напряжения находят применение и в России.

Предприятия «Севкабель»[1] и «Иркутсккабель»[2] выпускают одножильный провод марки СИП-3 на напряжение до 20 кВ, в котором токопроводящая жила выполнена из уплотненного сплава или из уплотненной сталеалюминиевой конструкции проволок и имеет изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена. Основные технические характеристики проводов СИП-3 производства «Иркутсккабель» приведены в табл. 8.1.1, «Севкабель» — в табл. 8.1.2.

*Таблица 8.1.1.* **Основные технические характеристики проводов с защитной изоляцией типа «Заря» марки СИП-3 предприятия «Иркутсккабель»**

| Характеристика | Сечение, мм$^2$ | Наружный диаметр, мм | Расчетная масса, кг |
|---|---|---|---|
| Провод одножильный с жилой из алюминиевого сплава с защитной изоляцией из сшитого полиэтилена | 50 | 12,6 | 226,6 |
| | 70 | 14,3 | 311,6 |
| | 95 | 16,0 | 398,0 |
| | 120 | 17,4 | 502,4 |
| | 150 | 18,8 | 601,15 |

*Таблица 8.1.2.* **Технические характеристики проводов с защитной изоляцией типа «Заря» марки СИП-3 производства предприятия «Севкабель»**

| Номинальное сечение токопроводящей жилы, мм$^2$ | Наружный диаметр жилы, мм | Номинальный наружный диаметр провода, мм | Расчетная масса на 1 км, кг | Разрывная прочность, кН, не менее | Электрическое сопротивление постоянному току на 1 км, Ом | Допустимый ток нагрузки, А | Односекундный ток короткого замыкания, кА, не более |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 6,9 | 11,5 | 196,3 | 10,3 | 0,986 | 200 | 3,2 |
| 50 | 8,1 | 12,6 | 250,9 | 14,2 | 0,720 | 245 | 4,3 |
| 70 | 9,7 | 14,3 | 336,8 | 20,6 | 0,493 | 310 | 6,4 |
| 95 | 11,3 | 16,0 | 444,4 | 27,9 | 0,363 | 370 | 8,6 |
| 120 | 12,8 | 17,4 | 523,9 | 35,2 | 0,288 | 430 | 11,0 |
| 150 | 14,2 | 18,8 | 616,3 | 43,4 | 0,263 | 485 | 13,5 |

Освоен выпуск проводов с защитной изоляцией для воздушных линий электропередачи на напряжение 35 кВ марки ПЗВ и в варианте грозоустойчивом — марки ПЗВГ.

Провод марки ПЗВ — одинарный провод с уплотненной жилой из проволок алюминиевого сплава или алюминиевых проволок, упрочненных стальными оцинкованными проволоками. Изоляция провода со-

[1] Источник. ОАО «Севкабель». Каталог, 1999.

[2] Источник. Иркутсккабель, Кирсккабель. Номенклатурный каталог, 2003.

стоит из двух слоев сшитого полиэтилена: нижнего слоя из чистого изоляционного и верхнего слоя из стойкого полиэтилена.

Провод марки ПЗВГ имеет такую же жилу, как и провод ПЗВ, но изоляция состоит из трех слоев: первый слой — электропроводящий сшитый полиэтилен, второй слой — чистый изоляционный сшитый полиэтилен и третий слой — трекингостойкий стойкий полиэтилен.

Конструкция проводов предприятия «Севкабель» показана на рис. 8.1.1. Температура окружающей среды при эксплуатации от минус 50 до плюс 50 °С. Провода могут быть проложены без предварительного подогрева при температуре не ниже минус 20 °С.

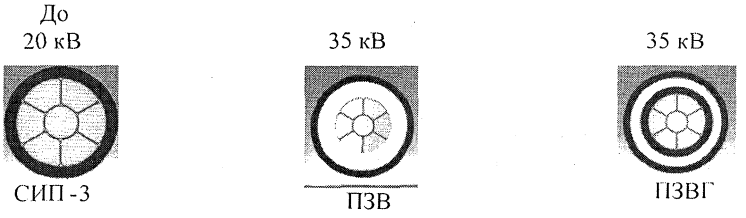



**Рис. 8.1.1.** Изолированные провода предприятия «Севкабель»

**Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами (СИП).** На воздушных линиях напряжением до 1 кВ должны применяться самонесущие изолированные провода.

Самонесущие изолированные провода предназначены для сооружения воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ в силовых и осветительных сетях с подвеской проводов на опорах или фасадах зданий и сооружений. Рекомендуются к использованию во всех климатических районах при сильных ветрах и гололедах при температуре окружающей среды от −45 до +50 °С. Самонесущие изолированные провода могут быть использованы при сооружении воздушных линий с совместной подвеской проводов вещания и телефонных линий. Основные преимущества СИП перед традиционными воздушными линиями следующие:

- возможность сооружения воздушных линий без вырубки просек;
- возможность применения опор действующих проектов, а на новых линиях электропередачи — опор меньшей высоты;
- уменьшенные по сравнению с обычными линиями габаритные размеры до земли и инженерных сооружений;
- сокращение эксплуатационных расходов путем исключения систематической расчистки трасс, замены поврежденных изоляторов;
- сокращение объемов аварийно-восстановительных работ;
- более высокая надежность электроснабжения в зонах интенсивного гололедообразования;
- безопасность работ вблизи воздушных линий с СИП;

- практически исключаются короткие замыкания между проводами фаз или на землю.

Недостатком является более высокая стоимость линий с проводами СИП.

Системы СИП можно разделить на две группы:

- системы с несущим нулевым проводом;
- четырехпроводные системы без несущего провода, в которых все проводники несут механическую нагрузку.

В России самонесущие изолированные провода первой группы выпускаются следующих марок: СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А, СИП-2F, СИП-2AF, аналогичные по своим техническим характеристикам проводам «АМКА», «SAX» («Pirelli», Финляндия), «Торсада» («NEXANC», Франция).

Четырехпроводные СИП без несущего провода (вторая группа) выпускаются в России с середины 2002 г. марок СИП-4, СИПн-4, СИПс-4. Без несущей жилы могут выпускаться провода марки СИП-2AF.

**Конструктивное исполнение самонесущих изолированных проводов.**

*СИП первой группы* независимо от назначения, числа и сечения фазных проводов изготовляются с несущим неизолированным или изолированным нулевым проводом. Вокруг нулевого провода скручены один или три изолированных фазных провода и, при необходимости, изолированные провода наружного освещения и контрольные провода. Все виды механических нагрузок и воздействий на СИП воспринимает несущий нулевой провод. Жилы фазных проводов выполнены из алюминия однопроволочными круглой формы сечением до 16 мм$^2$ включительно и многопроволочными уплотненными круглой формы сечением от 25 до 120 мм$^2$. Жила несущего провода — многопроволочная, уплотненная, круглой формы из алюминиевого сплава.

Выпускаются пятипроводные СИП, которые могут быть использованы на воздушных линиях с системой заземления TN-S и TN-C-S.

*СИП второй группы* представляют собой скрученные в жгут алюминиевые фазный и нулевой провода, покрытые изоляцией из светостабилизированного силаноцельносшитого или термопластичного полиэтилена. В жгут могут быть добавлены один или два дополнительных провода освещения или контрольных цепей. Особенность данной системы заключается в том, что несущая нагрузка на такой провод распределена между всеми проводниками. В конструкции отсутствует достаточно дорогой и сложный в переработке материал — алюминиевый сплав. Уменьшена масса и материалоемкость провода путем применения равных площадей сечения нулевого и фазных проводников. Увеличена механическая разрывная и допустимая расчетная нагрузка путем увеличения суммарно большего сечения провода. СИП второй группы более современны, технологичны, удобны в монтаже, экономичны по сравне-

нию с СИП первой группы. Конструкции СИП первой и второй групп приведены на рис. 8.1.2.

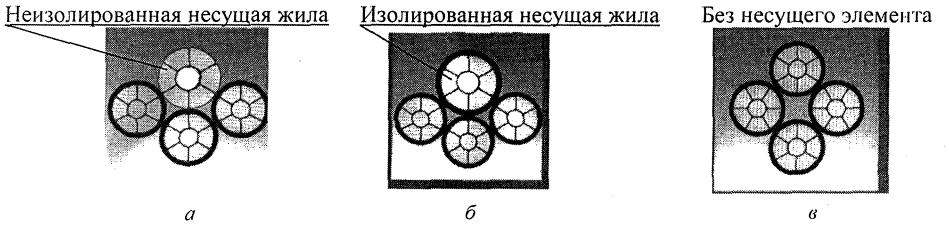



**Рис. 8.1.2.** Самонесущие изолированные провода: *а* — СИП-1 (АМКА), СИП-2 (АХКА); *б* — СИП-1А (АМКА-Т), СИП-2 (АМКА-Т), ТОРСАДА; *в* — СИП-4 (EX, ALUS), СИПс-4, СИПн-4

Самонесущие изолированные провода комплектуются арматурой, которая включает соединительную арматуру для проводов магистральных участков, анкерную и поддерживающую арматуру, зажимы ответвлений и т. д.

Самонесущие изолированные провода марки «АМКА» изготовляются финской фирмой NK ENERGY. СИП АМКА характеризуется:

- стойкостью к ультрафиолетовому излучению и к воздействию озона;
- сопротивляемостью к погодным условиям и сохранением механической прочности и электрических параметров при температурах от −45 до +85 °С;
- влагонепроницаемостью [35—37].

СИП АМКА выпускаются двух видов:

- «АМКА» — с неизолированным несущим проводом;
- «АМКА-Т» — с изолированным несущим нулевым проводом, используется при сооружении линий электропередачи 0,38 кВ в зонах с высоким удельным сопротивлением грунтов (при невозможности обеспечения нормированного сопротивления заземления нулевого провода по трассе воздушной линии).

Конструктивные параметры СИП АМКА-Т аналогичны СИП АМКА.

В табл. 8.1.3 приведены основные марки и элементы конструкции СИП: АМКА, СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А, СИП-2F, СИП-2AF. Конструктивные и электрические параметры СИП АМКА даны в табл. 8.1.4—8.1.8, технические характеристики СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А, СИП-2F, СИП-2AF предприятия «Иркутсккабель» представлены в табл. 8.1.9, технические характеристики СИП-1, СИП-2, СИП-1А, СИП-2А, СИП-4, СИПн-4, СИПс-4 производства «Севкабель» приведены в табл. 8.1.10, 8.1.12. Провода СИП могут быть проложены без предварительного подогрева при температуре не ниже минус 20 °С.

*Таблица 8.1.3.* **Конструкции СИП различных марок**

| Марка провода | Конструкция |
|---|---|
| АМКА | С алюминиевыми фазными жилами, изоляцией из атмосферостойкого полиэтилена с поперечными связями с включением газовой сажи, неизолированной несущей нулевой жилой из термоупрочненного алюминиевого сплава |
| АМКА-Т | С алюминиевыми фазными жилами, изоляцией из атмосферостойкого полиэтилена с поперечными связями с включением газовой сажи, изолированной несущей нулевой жилой из термоупрочненного алюминиевого сплава |
| СИП-1 | С алюминиевыми фазными жилами, изоляцией из светостабилизированного термопластичного полиэтилена, неизолированной несущей нулевой жилой из алюминиевого сплава |
| СИП-1А | С алюминиевыми фазными жилами, с изоляцией из светостабилизированного термопластичного полиэтилена, несущей нулевой жилой из алюминиевого сплава, изолированной светостабилизированным термопластичным полиэтиленом |
| СИП-2 | С алюминиевыми фазными жилами, с изоляцией из светостабилизированного сшитого полиэтилена, неизолированной несущей нулевой жилой из алюминиевого сплава |
| СИП-2А | С алюминиевыми фазными жилами, изоляцией из светостабилизированного сшитого полиэтилена, несущей нулевой жилой, изолированной светостабилизированным сшитым полиэтиленом |
| СИП-2AF | С алюминиевыми фазными жилами, изолированными светостабилизированным силанольносшитым полиэтиленом, несущей нулевой жилой, изолированной светостабилизированным силанольносшитым полиэтиленом, с сепаратором или без него, или без несущей жилы |
| СИП-2F | То же, что и СИП-2AF, но с несущей нулевой неизолированной жилой из алюминиевого сплава |
| СИП-4<br>СИПн-4<br>СИПс-4 | Все токопроводящие жилы (фазные и нулевая) выполнены из алюминия и имеют одинаковую площадь сечения. При необходимости могут изготовляться с одной или двумя жилами уличного освещения.<br>Материал изоляции:<br>СИП-4 — все жилы имеют изоляционный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена;<br>СИПн-4 — все жилы имеют изоляционный покров из светостабилизированной полимерной композиции, не распространяющей горение;<br>СИПс-4 — все жилы имеют изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена |

*Таблица 8.1.4.* **Конструктивные параметры СИП АМКА**

| Число проводов × сечение, мм$^2$ | Несущий нулевой провод | | СИП в целом | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Наружный диаметр, не более, мм | Разрушающая нагрузка при растяжении, кН | Масса 1 м, кг | Минимально допустимый радиус изгиба СИП, мм | Эффективный диаметр жгута для расчета ветровых нагрузок, мм |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 6,1 | 7,4 | 135 | 200 | 11 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 6,1 | 7,4 | 270 | 240 | 20 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 7,1 | 10,3 | 390 | 280 | 23 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 8,35 | 14,2 | 530 | 320 | 27 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 9,95 | 20,6 | 700 | 370 | 31 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 11,7 | 27,9 | 1000 | 400 | 36 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 11,.7 | 27,9 | 1500 | 500 | 42 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 6,1 | 7,4 | 330 | 240 | 22 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 7,1 | 10,3 | 490 | 280 | 25 |

*Таблица 8.1.5.* **Допустимый продолжительный ток СИП АМКА**

| Число проводов × сечение, мм$^2$ | Максимально допустимый продолжительный ток нагрузки, А | Ток плавкой вставки или защиты от перегрузки, А | Время нагрева и охлаждения СИП, мин |
|---|---|---|---|
| 1 × 16 + 1 × 25 | 75 | 63 | 7 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 70 | 50 | 10 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 90 | 63 | 12 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 115 | 80 | 14 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 140 | 100 | 16 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 180 | 125 | 18 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 250 | 200 | 20 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 70 | 50 | Н. д. |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 90 | 63 | Н. д. |

* При температуре окружающего воздуха плюс 25 °С, при температуре СИП — плюс 70 °С, при отсутствии ветра и солнца.

*Таблица 8.1.6.* **Технические характеристики СИП АМКА**

| Число проводов × сечение, мм$^2$ | Жилы токопроводящих (фазных) проводов | | | | Жила несущего нулевого провода | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Сопротивление постоянному току, Ом/км | | Реактивное сопротивление, Ом/км | | Сопротивление постоянному току, Ом/км | | Реактивное сопротивление нулевой последовательности, Ом/км |
| | при температуре +20 °С | при температуре +70 °С | прямой послед-ти | нулевой послед-ти | при температуре +20 °С | при температуре +70 °С | |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 1,91 | 2,30 | 0,09 | — | 1,38 | 1,62 | 0,074 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 1,91 | 2,30 | 0,108 | 0,055 | 1,38 | 1,62 | 0,074 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 1,2 | 1,44 | 0,106 | 0,045 | 0,986 | 1,16 | 0,073 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 0,868 | 1,04 | 0,104 | 0,045 | 0,720 | 0,846 | 0,073 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 0,641 | 0,77 | 0,101 | 0,045 | 0,493 | 0,579 | 0,071 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 0,443 | 0,532 | 0,097 | 0,045 | 0,363 | 0,427 | 0,070 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 0,253 | 0,304 | 0,092 | 0,030 | 0,363 | 0,427 | 0,068 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 1,91 | 2,30 | 0,108 | 0,055 | 0,38 | 1,62 | 0,074 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 1,2 | 1,44 | 0,108 | 0,045 | 0,986 | 1,16 | 0,073 |

*Таблица 8.1.7.* **Ток термической стойкости СИП АМКА**

| Число проводов × сечение, мм$^2$ | Ток термической стойкости (односекундный), кА, при температуре СИП до короткого замыкания, °С | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 1,35 | 1,28 | 1,20 | 1,12 | 1,03 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 1,35 | 1,28 | 1,20 | 1,12 | 1,03 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 2,12 | 2,00 | 1,87 | 1,74 | 1,6 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 2,96 | 2,79 | 2,62 | 2,44 | 2,25 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 4,23 | 3,99 | 3,74 | 3,48 | 3,22 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 5,93 | 5,59 | 5,24 | 4,88 | 4,50 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 7,6 | 7,19 | 6,77 | 6,33 | 5,90 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 1,35 | 1,28 | 1,20 | 1,12 | 1,03 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 2,12 | 2,00 | 1,87 | 1,74 | 1,6 |

*Таблица 8.1.8.* **Технические характеристики СИП АМКА-Т**

| Число проводов × сечение, мм$^2$ | Сопротивление постоянному току, Ом/км | | | | Реактивное сопротивление, Ом/км | | Максимально допустимый продолжительный ток нагрузки, А | Ток термической стойкости (односекционный) кА, при температуре 70 °С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Провод фазы | Нулевой провод | Провод фазы | Нулевой провод | | | | |
| | Температура | | | | | | | |
| | +20 °С | +70 °С | +20 °С | +70 °С | | | | |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 1,91 | 2,3 | 1,38 | 1,62 | 0,09 | 0,074 | 75 | 1,03 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 1,91 | 2,3 | 1,38 | 1,62 | 0,108 | 0,074 | 70 | 1,03 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 1,2 | 1,44 | 0,99 | 1,16 | 0,106 | 0,073 | 90 | 1,6 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 0,87 | 1,04 | 0,72 | 0,85 | 0,104 | 0,073 | 115 | 2,25 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 0,64 | 0,77 | 0,49 | 0,58 | 0,101 | 0,071 | 140 | 3,22 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 0,44 | 0,53 | 0,36 | 0,43 | 0,097 | 0,07 | 180 | 4,5 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 0,25 | 0,3 | 0,36 | 0,43 | 0,092 | 0,078 | 250 | 5,9 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 1,91 | 2,3 | 1,38 | 1,62 | 0,108 | 0,074 | 70 | 1,03 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 1,2 | 1,44 | 0,99 | 1,16 | 0,108 | 0,073 | 90 | 1,6 |

*Таблица 8.1.9.* **Технические характеристики СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А, СИП-2АF, СИП-2F производства «Иркутсккабель»**

| Марка провода | Число жил × сечение, мм$^2$ | Наружный диаметр, мм | Расчетная масса, кг (СИП-1 / СИП-1А) |
|---|---|---|---|
| СИП-1, СИП-1А | 1 × 16 + 1 × 25 | 15 | 140,76 / 174,83 |
| | 3 × 16 + 1 × 25 | 22 | 277,38 / 310,85 |
| | 3 × 25 + 1 × 25 | 26 | 422,21 / 467,44 |
| | 3 × 35 + 1 × 50 | 30 | 584,66 / 636,2 |
| | 3 × 50 + 1 × 70 | 35 | 793,20 / 861,83 |
| | 3 × 70 + 1 × 95 | 41 | 1093,76 / 1171,86 |
| | 3 × 120 + 1 × 95 | 47 | 1575,62 / 1653,72 |
| | 4 × 16 + 1 × 25 | 22 | 345,18 / 379,25 |
| | 4 × 25 + 1 × 35 | 26 | 528,89 / 574,12 |
| | 3 × 25 + 1 × 35 + 1 × 16 | — | 490,21 / 535,44 |
| | 3 × 35 + 1 × 50 + 1 × 16 | — | 652,66 / 704,20 |
| СИП-2, СИП-2А | 1 × 16 + 1 × 25 | 14 | 139,46 / 172,00 |
| | 3 × 16 + 1 × 25 | 21 | 272,88 / 305,43 |
| | 3 × 25 + 1 × 35 | 25 | 417,67 / 454,68 |
| | 3 × 35 + 1 × 50 | 29 | 559,99 / 609,89 |
| | 3 × 50 + 1 × 70 | 34 | 788,27 / 846,41 |
| | 3 × 70 + 1 × 95 | 39 | 1062,28 / 1128,65 |
| | 3 × 120 + 1 × 95 | 46 | 1541,42 / 1607,79 |
| | 4 × 16 + 1 × 25 | 21 | 339,98 / 372,53 |
| СИП-2, СИП-2А | 4 × 25 + 1 × 35 | 25 | 523,00 / 559,80 |
| | 3 × 25 + 1 × 35 + 1 × 16 | — | 484,37 / 521,38 |
| | 3 × 35 + 1 × 50 + 1 × 16 | — | 626,69 / 676,59 |
| СИП-2АF (без несущего нулевого провода) | 2 × 16 | 15 | 143,42 |
| | 2 × 25 | 18 | 211,02 |
| | 2 × 35 | 21 | 286,54 |
| | 2 × 50 | 23 | 385,04 |

*Окончание табл. 8.1.9*

| Марка провода | Число жил × сечение, мм$^2$ | Наружный диаметр, мм | Расчетная масса, кг (СИП-1 / СИП-1А) |
|---|---|---|---|
| СИП-2AF (без несущего нулевого провода) | 2 × 70 | 27 | 522,94 |
| | 2 × 95 | 30 | 705,41 |
| | 4 × 16 | 18 | 286,84 |
| | 4 × 25 | 22 | 422,05 |
| | 4 × 35 | 25,5 | 573,07 |
| | 4 × 50 | 28 | 770,08 |
| | 4 × 70 | 33 | 1045,87 |
| | 4 × 95 | 36 | 1410,81 |
| СИП-2AF (с несущим нулевым проводом) | 3 × 25 + 1 × 50 | 30 | 504,97 |
| | 3 × 25 + 1 × 54,6 | 32 | 526,93 |
| | 3 × 35 + 1 × 54,6 | 33 | 640,18 |
| | 3 × 50 + 1 × 50 | 35 | 765,99 |
| | 3 × 50 + 1 × 54,6 | 36 | 787,95 |
| | 3 × 70 + 1 × 54,6 | 38 | 994,79 |
| | 3 × 70 + 1 × 70 | 37 | 1033,27 |
| | 3 × 95 + 1 × 54,6 | 44 | 1268,49 |
| | 3 × 95 + 1 × 70 | 41 | 1306,97 |
| | 3 × 120 + 1 × 70 | 47 | 1504,85 |
| | 3 × 120 + 1 × 95 | 49,3 | 1608,38 |
| | 3 × 150 + 1 × 70 | 49 | 1777,32 |
| | 3 × 150 + 1 × 95 | 52 | 1880,85 |
| | 4 × 70 + 1 × 35 | 37 | 1189,17 |
| | 4 × 70 + 2 × 35 | 40 | 1332,47 |
| СИП-2F | 3 × 25 + 1 × 50 | 30 | 454,3 |
| | 3 × 50 + 1 × 50 | 35 | 715,32 |
| | 3 × 70 + 1 × 70 | 37 | 975,13 |
| | 3 × 95 + 1 × 70 | 41 | 1248,83 |
| | 3 × 120 + 1 × 70 | 47 | 1446,71 |
| | 3 × 120 + 1 × 95 | 49,3 | 1524,41 |
| | 3 × 150 + 1 × 70 | 49 | 1719,18 |
| | 3 × 150 + 1 × 70 | 52 | 1796,88 |

*Таблица 8.1.10.* **Основные технические и эксплуатационные характеристики СИП производства «Севкабель»**

| *Параметр* | *Значения* |
|---|---|
| Рабочее напряжение переменного тока, кВ | До 0,6 |
| Температура окружающей среды при эксплуатации, °С | От минус 50 до плюс 50 |
| Допустимая температура нагрева токопроводящих жил проводов, °С: | |
| нормальный режим: | |
| СИП-1, СИП-1А, СИП-4, СИПн-4 | 70 |
| СИП-2, СИП-2А, СИПс-4 | 90 |
| режим перегрузки (до 8 ч в сутки): | |
| СИП-1, СИП-1А, СИП-4, СИПн-4 | 80 |
| СИП-2, СИП-2А, СИПс-4 | 130 |
| короткое замыкание с протеканием тока КЗ до 5 с: | |
| СИП-1, СИП-1А, СИП-4, СИПн-4 | 135 |
| СИП-2, СИП-2А, СИПс-4 | 250 |

*Таблица 8.1.11.* **Технические характеристики СИП-1, СИП-1А, СИП-2, СИП-2А производства «Севкабель»**

| Число проволок × номинальное сечение, мм$^2$ | Диаметр, мм | Расчетная масса на 1 км/кг | Разрывная прочность несущей нулевой жилы, кН, не менее | Допустимый ток, А | Ток термической стойкости (односекундный), кА | Электрическое сопротивление постоянному току, Ом/км, не более | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | фазной жилы | нулевой жилы |
| **СИП-1** | | | | | | | |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 15 | 151 | 7,4 | 75 | 1,0 | 1,91 | 1,38 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 21 | 283 | 7,4 | 70 | 1,0 | 1,91 | 1,38 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 26 | 440 | 10,3 | 95 | 1,6 | 1,2 | 0,986 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 30 | 597 | 14,2 | 115 | 2,3 | 0,868 | 0,72 |
| 3 × 50 + 1 × 50 | 32 | 725 | 14,2 | 140 | 3,2 | 0,641 | 0,72 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 35 | 798 | 20,6 | 140 | 3,2 | 0,641 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 70 | 38 | 1022 | 20,6 | 180 | 4,5 | 0,443 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 41 | 1117 | 27,9 | 180 | 4,5 | 0,443 | 0,363 |
| 3 × 95 + 1 × 70 | 43 | 1285 | 20,6 | 220 | 5,2 | 0,320 | 0,493 |
| 3 × 95 + 1 × 95 | 44 | 1380 | 27,9 | 220 | 5,2 | 0,320 | 0,363 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 47 | 1688 | 27,9 | 250 | 5,9 | 0,353 | 0,363 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 22 | 350 | 7,4 | 70 | 1,0 | 1,91 | 1,38 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 26 | 544 | 10,3 | 95 | 1,6 | 1,2 | 0,986 |
| **СИП-1А** | | | | | | | |
| 2 × 16 | 15 | 132 | — | 75 | 1,0 | 1,91 | — |
| 3 × 16 | 17 | 198 | — | 70 | 1,0 | 1,91 | — |
| 4 × 16 | 18 | 264 | — | 70 | 1,0 | 1,91 | — |
| 2 × 25 | 18 | 201 | — | 100 | 1,6 | 1,2 | — |
| 3 × 25 | 20 | 313 | — | 95 | 1,6 | 1,2 | — |
| 4 × 25 | 22 | 418 | — | 95 | 1,6 | 1,2 | — |
| 5 × 16 | 20 | 330 | — | 70 | 1,0 | 1,91 | — |
| 5 × 25 | 24 | 522 | — | 95 | 1,6 | 1,2 | — |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 16 | 185 | 7,4 | 75 | 1,0 | 1,91 | 1,38 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 21 | 317 | 7,4 | 70 | 1,0 | 1,91 | 1,38 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 26 | 485 | 10,3 | 95 | 1,6 | 1,2 | 0,986 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 30 | 648 | 14,2 | 115 | 2,3 | 0,868 | 0,720 |
| 3 × 50 + 1 × 50 | 33 | 776 | 14,2 | 140 | 3,2 | 0,641 | 0,720 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 35 | 867 | 20,6 | 140 | 3,2 | 0,641 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 70 | 38 | 1091 | 20,6 | 180 | 4,5 | 0,443 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 41 | 1201 | 27,9 | 180 | 4,5 | 0,443 | 0,363 |
| 3 × 95 + 1 × 70 | 43 | 1353 | 20,6 | 220 | 5,2 | 0,320 | 0,493 |
| 3 × 95 + 1 × 95 | 44 | 1463 | 27,9 | 220 | 5,2 | 0,320 | 0,363 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 47 | 1712 | 27,9 | 250 | 5,9 | 0,253 | 0,363 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 22 | 383 | 7,4 | 70 | 1,0 | 1,91 | 1,38 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 26 | 589 | 10,3 | 95 | 1,6 | 1,2 | 0,986 |

*Окончание табл. 8.1.11*

| Число проволок × номинальное сечение, мм$^2$ | Диаметр, мм | Расчетная масса на 1 км/кг | Разрывная прочность несущей нулевой жилы, кН, не менее | Допустимый ток, А | Ток термической стойкости (односекундный), кА | Электрическое сопротивление постоянному току, Ом/км, не более | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | фазной жилы | нулевой жилы |
| **СИП-2** | | | | | | | |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 15 | 149 | 7,4 | 105 | 1,5 | 19,1 | 1,38 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 21 | 277 | 7,4 | 100 | 1,5 | 19,1 | 1,38 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 26 | 431 | 10,3 | 130 | 2,3 | 1,2 | 0,986 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 30 | 567 | 14,2 | 160 | 3,2 | 0,868 | 0,720 |
| 3 × 50 + 1 × 50 | 33 | 713 | 14,2 | 195 | 4,6 | 0,641 | 0,720 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 35 | 787 | 20,6 | 195 | 4,6 | 0,641 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 70 | 38 | 983 | 20,6 | 240 | 6,5 | 0,443 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 41 | 1078 | 27,9 | 240 | 6,5 | 0,443 | 0,363 |
| 3 × 95 + 1 × 70 | 43 | 1255 | 20,6 | 300 | 6,9 | 0,320 | 0,493 |
| 3 × 95 + 1 × 95 | 44 | 1350 | 27,9 | 300 | 6,9 | 0,320 | 0,363 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 47 | 1578 | 27,9 | 340 | 7,2 | 0,253 | 0,363 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 22 | 341 | 7,4 | 100 | 1,5 | 1,91 | 1,38 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 26 | 533 | 10,3 | 130 | 2,3 | 1,2 | 0,986 |
| **СИП-2А** | | | | | | | |
| 2 × 16 | 15 | 128 | — | 105 | 1,5 | 1,91 | — |
| 3 × 16 | 18 | 203 | — | 135 | 2,3 | 1,91 | — |
| 4 × 16 | 17 | 192 | — | 100 | 1,5 | 1,91 | — |
| 2 × 25 | 20 | 305 | — | 130 | 2,3 | 1,2 | — |
| 3 × 25 | 18 | 256 | — | 100 | 1,5 | 1,2 | — |
| 4 × 25 | 22 | 406 | — | 130 | 2,3 | 1,2 | — |
| 5 × 16 | 20 | 320 | — | 100 | 1,5 | 1,91 | — |
| 5 × 25 | 24 | 508 | — | 130 | 2,3 | 1,2 | — |
| 1 × 16 + 1 × 25 | 16 | 180 | 7,4 | 105 | 1,5 | 1,91 | 1,38 |
| 3 × 16 + 1 × 25 | 21 | 308 | 7,4 | 100 | 1,5 | 1,91 | 1,38 |
| 3 × 25 + 1 × 35 | 26 | 466 | 10,3 | 130 | 2,3 | 1,2 | 0,986 |
| 3 × 35 + 1 × 50 | 30 | 614 | 14,2 | 160 | 3,2 | 0,868 | 0,720 |
| 3 × 50 + 1 × 70 | 35 | 842 | 20,6 | 195 | 4,6 | 0,641 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 70 | 38 | 1039 | 20,6 | 240 | 6,5 | 0,443 | 0,493 |
| 3 × 70 + 1 × 95 | 41 | 1151 | 27,9 | 240 | 6,5 | 0,443 | 0,363 |
| 3 × 95 + 1 × 70 | 43 | 1310 | 20,6 | 300 | 6,9 | 0,320 | 0,493 |
| 3 × 95 + 1 × 95 | 44 | 1423 | 27,9 | 300 | 6,9 | 0,320 | 0,363 |
| 3 × 120 + 1 × 95 | 47 | 1652 | 27,9 | 340 | 7,2 | 0,253 | 0,363 |
| 4 × 16 + 1 × 25 | 22 | 372 | 7,4 | 100 | 1,5 | 1,91 | 1,38 |
| 4 × 25 + 1 × 35 | 26 | 568 | 10,3 | 130 | 2,3 | 1,2 | 0,986 |

*Таблица 8.1.12.* **Технические характеристики СИП-4, СИПн-4, СИПс-4 производства ОАО «Севкабель»**

| Число проволок × номинальное сечение, мм$^2$ | Диаметр, мм | Расчетная масса на 1 км/кг | Разрывная прочность токопроводящей жилы, кН, не менее | Допустимый ток, А | Ток термической стойкости (односекундный), кА | Электрическое сопротивление фазной и нулевой жилы постоянному току, Ом/км, не более |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **СИП-4, СИПн-4** | | | | | | |
| 2 × 25 | 19 | 202 | 4,1 | 95 | 1,6 | 1,2 |
| 2 × 35 | 20 | 264 | 5,6 | 115 | 2,3 | 0,868 |
| 2 × 50 | 23 | 363 | 7,3 | 140 | 3,2 | 0,641 |
| 2 × 70 | 27 | 490 | 10,8 | 180 | 4,5 | 0,443 |
| 2 × 95 | 31 | 637 | 13,7 | 220 | 6,0 | 0,320 |
| 2 × 12 | 34 | 813 | 16,8 | 250 | 7,6 | 0,253 |
| 3 × 25 | 20 | 303 | 4,1 | 95 | 1,6 | 1,2 |
| 3 × 35 | 22 | 396 | 5,6 | 115 | 2,3 | 0,868 |
| 3 × 50 | 25 | 540 | 7,3 | 140 | 3,2 | 0,641 |
| 3 × 70 | 29 | 735 | 10,8 | 180 | 4,5 | 0,443 |
| 3 × 95 | 33 | 1031 | 13,7 | 220 | 6,0 | 0,320 |
| 3 × 120 | 36 | 1219 | 16,8 | 250 | 7,6 | 0,253 |
| 4 × 25 | 23 | 404 | 4,1 | 95 | 1,6 | 1,2 |
| 4 × 35 | 24 | 528 | 5,6 | 115 | 2,3 | 0,868 |
| 4 × 50 | 29 | 718 | 7,3 | 140 | 3,2 | 0,641 |
| 4 × 70 | 32 | 980 | 10,8 | 180 | 4,5 | 0,443 |
| 4 × 95 | 39 | 1375 | 13,7 | 220 | 6,0 | 0,320 |
| 4 × 120 | 41 | 1625 | 16,8 | 250 | 7,6 | 0,253 |
| **СИПс-4** | | | | | | |
| 2 × 25 | 19 | 202 | 4,1 | 130 | 2,3 | 1,2 |
| 2 × 35 | 20 | 264 | 5,6 | 160 | 3,2 | 0,868 |
| 2 × 50 | 23 | 363 | 7,3 | 195 | 4,6 | 0,641 |
| 2 × 70 | 27 | 490 | 10,8 | 240 | 6,5 | 0,443 |
| 2 × 95 | 31 | 637 | 13,7 | 290 | 7,0 | 0,320 |
| 2 × 120 | 34 | 813 | 16,8 | 340 | 7,6 | 0,253 |
| 3 × 25 | 20 | 303 | 4,1 | 130 | 2,3 | 1,2 |
| 3 × 35 | 22 | 396 | 5,6 | 160 | 3,2 | 0,868 |
| 3 × 50 | 25 | 540 | 7,3 | 195 | 4,6 | 0,641 |
| 3 × 70 | 29 | 735 | 10,8 | 240 | 6,5 | 0,443 |
| 3 × 95 | 33 | 1031 | 13,7 | 290 | 7,0 | 0,320 |
| 3 × 120 | 36 | 1219 | 16,8 | 340 | 7,6 | 0,253 |
| 4 × 25 | 23 | 404 | 4,1 | 130 | 2,3 | 1,2 |
| 4 × 35 | 24 | 528 | 5,6 | 160 | 3,2 | 0,868 |
| 4 × 50 | 29 | 718 | 7,3 | 195 | 4,6 | 0,641 |
| 4 × 70 | 32 | 980 | 10,8 | 240 | 6,5 | 0,443 |
| 4 × 95 | 39 | 1375 | 13,7 | 290 | 7,0 | 0,320 |
| 4 × 120 | 41 | 1625 | 16,8 | 340 | 7,6 | 0,253 |

## 8.2. Кабельные линии электропередачи

### 8.2.1. Назначение и конструкция кабелей

Силовые кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии в электрических сетях напряжением до 500 кВ включительно. Кабельная линия может состоять из одного или нескольких параллельных кабелей, соединительных, стопорных и концевых муфт и крепежных деталей, а для маслонаполненных линий — подпитывающих баков и системы сигнализации давления масла.

Основными элементами всех типов кабелей являются токопроводящие жилы, изоляция, экраны, оболочка и защитные покровы (в зависимости от назначения и условий эксплуатации кабелей экран и защитные покровы могут отсутствовать).

Токопроводящие жилы кабелей состоят из алюминиевых и медных проволок и могут быть однопроволочными и многопроволочными, иметь круглую, секторную или сегментную формы. В зависимости от назначения кабель может иметь одну или несколько токопроводящих жил Жилы кабелей нормируются по площади сечения и изготовляются в соответствии с ГОСТ 22483—77. В силовых кабелях различают основные жилы, жилы заземления и вспомогательные.

*Основные жилы* предназначены для передачи по ним электрической энергии. К основным жилам относятся также нулевые жилы, предназначенные для прохождения по ним результирующего тока (в трехфазной четырех- или пятипроводной системах — при неодинаковой нагрузке фаз).

*Жилы заземления* служат для заземления электротехнического устройства, к которому подключен кабель.

*Вспомогательная жила* выполняет функции, отличные от функций основных жил, например контрольная жила кабеля.

Фазная и поясная изоляция выполняется:

- из сшитого полиэтилена;
- бумажной, пропитанной специальной кабельной массой;
- резиновой;
- полиэтиленовой;
- полипропиленовой;
- поливинилхлоридной и т. д.

Оболочка предназначена для исключения попадания влаги из воздуха в изоляцию кабеля и выполняется алюминиевой, свинцовой, пластмассовой, из полихлорвинилхлоридного пластикада, резиновой и т. д. Оболочка накладывается поверх поясной изоляции. Алюминиевые оболочки подвержены коррозии при прокладке в агрессивных условиях, при высоких грунтовых водах, в этих случаях рекомендуется применение кабелей в свинцовой оболочке.

Для защиты от механических повреждений и коррозии служат защитные покровы, которые состоят из подушки, брони и защитного покрова. В зависимости от конструкции кабеля защитные покровы (все или некоторые) могут отсутствовать.

*Подушка* — часть защитного покрова, наложенная на экран, оболочку для предохранения от коррозии или повреждений.

*Броня* — часть защитного покрова кабеля, состоящая из стальной ленты или стальной проволоки, предназначенная для защиты от внешних повреждений. Кабели, покрытые броней, называются бронированными. Броня из стальной проволоки применяется в случаях, когда требуется усиленная защита от механических повреждений (например, при прокладке в почвах, подверженных смещению).

*Наружный покров кабеля* — часть защитного покрова, накладываемая поверх брони и предназначенная для защиты брони от коррозии и механических воздействий. Если бронированный кабель не имеет покрова, кабель называется *оголенным*. Защитные покровы выполняют из кабельной пряжи, пропитанной антикоррозийными составами; в виде сплошного влагостойкого пластмассового шланга (особо усиленный защитный покров типов Б, Бп).

**Кабели с бумажной пропитанной изоляцией** применяются в подавляющем большинстве в сетях напряжением 6—35 кВ. Бумажная изоляция пропитывается специальной кабельной массой. Выпускаются кабели с вязкой пропиткой, с нестекающей пропиточной массой или с обедненной пропиткой. Кабели с вязкой пропиткой могут прокладываться при разности уровней прокладки не более 15 м. Если разность уровней превышает допустимую, применяют кабели с нестекающей пропиточной массой или с обедненно-пропитанной бумажной изоляцией.

Кабели на напряжение 20—35 кВ изготовляются с вязкой пропиткой с круглыми отдельно освинцованными жилам. На круглые жилы накладывают последовательно экран из полупроводящей бумаги, изоляцию, поверх изоляции — экран из полупроводящей бумаги и оболочку из свинца. Изготовленные таким образом освинцованные жилы скручивают, а промежутки между ними заполняют пропитанной кабельной пряжей. После этого накладывается защитный покров, состоящий из подушки, брони и защитного покрова. К недостаткам кабелей с бумажной пропитанной изоляцией относят высокую повреждаемость, ограничения по нагрузочной способности и разности уровней трассы, низкую технологичность монтажа муфт.

**Маслонаполненные кабели** выпускаются на высокие и сверхвысокие напряжения. В настоящее время европейскими производителями разработаны, испытаны и созданы маслонаполненные кабели напряжением до 1000 кВ с площадью сечения кабеля до 2500 мм$^2$, имеющие пропускную способность до 3 млн кВт. Маслонаполненные кабели доста-

точно широко применяются в России и за рубежом на территории крупнейших городов.

В маслонаполненных кабелях применяется бумажная масляная изоляция под давлением. Такая изоляция обладает значительно большей электрической прочностью и надежностью, чем бумажная изоляция с вязкой пропиткой. Маслонаполненные однофазные кабели представляют собой медную жилу площадью сечения 150 мм$^2$ и выше, внутри которой находится масло под давлением: низким — до 10 кПа, средним — до 30 кПа, высоким — свыше 30 кПа.

В кабелях низкого и среднего давления жила покрывается бумажной изоляцией, свинцовой или алюминиевой оболочкой, поверх оболочки выполняется асфальтированное покрытие для подземной прокладки. На каждую жилу в кабелях высокого давления накладывается экран из полупроводящей бумаги, бумажная изоляция, экран из полупроводящей и металлизированной бумаги, а также спирали из мягких полукруглых проволок. Жилы затягивают в стальную трубу, которую заполняют маслом под избыточным давлением. Стальные трубы прокладывают в земле или в тоннелях.

Особенностью маслонаполненных кабелей является необходимость эксплуатации маслосистем, а в отдельных случаях и систем охлаждения. Кроме того, необходима установка специальных баков питания и давления по концам и по трассе кабеля для поддержания давления в масле.

### 8.2.2. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена

Первые кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена (с СПЭ-изоляцией) появились в 70-е годы. В 80-е годы были освоены кабельные линии с СПЭ-изоляцией на номинальные напряжения 225 и 275 кВ. В 90-е годы в работу были введены первые кабельные линии напряжением 500 кВ. С 1996 г. международный концерн АББ (Asea Brown Boveri) освоил производство кабелей с СПЭ-изоляцией в России на предприятии «АББ Москабель», где в настоящее время выпускаются кабели напряжением до 220 кВ включительно. Предприятие «Иркутскабель» освоило выпуск кабелей с СПЭ-изоляцией напряжением до 35 кВ включительно.

Сшитый полиэтилен идеально подходит для изоляции высоковольтных кабелей. По современной технологии процесс вулканизации (сшивки) полиэтиленовой изоляции производится химическим способом в среде нейтрального газа при давлении 800—900 кПа и температуре 285—400 °С. В результате химической реакции изменяется молекулярная структура полиэтилена и образуются новые межмолекулярные

связи, что приводит к изменению электрических и механических свойств вещества. Необходимо подчеркнуть, что изоляция и электропроводящие экраны накладываются в процессе тройной экструзии, после чего происходит одновременная сшивка всех трех слоев. При высокой температуре сшивка происходит равномерно по всей толщине изоляции, что невозможно обеспечить при использовании альтернативной силановой сшивки, которая не предполагает применения высоких температуры и давления.

Преимущества усовершенствованной конструкции и современной технологии производства кабелей с СПЭ-изоляцией обусловили его повсеместное применение в развитых странах и заметное сокращение использования других типов кабеля. Например, среди кабелей среднего напряжения кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена занимают 80—85 % рынка в США и Канаде, 95 % — в Германии и Дании, 100 % — в Японии, Финляндии, Швеции и Франции.

**Достоинства кабелей с СПЭ-изоляцией:**

- больший, чем у других кабелей, диапазон рабочих температур, допустимая температура кабелей в нормальном режиме составляет 90 °С, в кратковременном режиме (протекание токов короткого замыкания) — 250 °С. Пропускная способность (допустимые токи нагрузки) увеличивается на 20—30 % путем увеличения допустимой температуры на жиле по сравнению с кабелями с бумажной изоляцией. При размещении одножильного кабеля в плоскости его нагрузочная способность возрастает еще на 5—10 %;
- прокладка и монтаж кабелей могут осуществляться при температуре до минус 15—20 °С без предварительного подогрева с радиусом изгиба до 15 наружных диаметров, при однократном изгибе — до 7,5 наружного диаметра;
- экологическая безопасность. Отсутствие жидких включений обеспечивает сохранение чистоты окружающей среды, что позволяет прокладывать кабель на любых объектах и эксплуатировать кабельные линии практически без технического обслуживания;
- высокий ток термической стойкости при коротких замыканиях, что особенно важно в случае, когда сечение кабеля выбрано только на основании номинального тока;
- небольшая масса, меньший диаметр и, соответственно, радиус изгиба, легкость прокладки как в кабельных сооружениях, так и в земле на сложных трассах;
- низкая повреждаемость кабеля с СПЭ-изоляцией (по зарубежным данным, процент электрических пробоев кабелей с СПЭ-изоляцией на два-три порядка ниже, чем кабелей с бумажной изоляцией);
- возможность прокладки на местности с большими наклонами, возвышенностями и на пересеченной местности, т. е. на трассах с

большой разницей уровней, в вертикальных и наклонных коллекторах;

- отсутствие каких-либо жидких компонентов (масел) для усиления диэлектрических свойств изоляции и, как следствие, упрощение монтажного оборудования, что, таким образом, уменьшает время и снижает стоимость прокладки и монтажа;
- большая строительная длина (до 2000—4000 м) при использовании однофазного кабеля.

Кабели из сшитого полиэтилена выполняются одно- и трехфазными. Однофазные кабели имеют более высокую надежность вследствие:

- большего удаления фазных проводников один от другого, что практически исключает развитие замыкания на землю в междуфазное короткое замыкание;
- исключения трехфазных концевых и соединительных муфт, не отличающихся высокой надежностью и технологичностью;
- большой строительной длины кабелей, что позволяет уменьшить число соединительных муфт;
- более высокой стойкости линии из трех однофазных кабелей к огневым и механическим воздействиям.

К недостаткам следует отнести:

- громоздкое кабельное сооружение (три кабельных места вместо одного);
- невысокую термическую стойкость экрана при междуфазном коротком замыкании;
- необходимость фиксации кабелей по всей трассе.

В определенной степени преодолеть указанные недостатки позволяет прокладка кабелей **в сотовых конструкциях**. Такая прокладка исключает распространение огня по трассе, не допускает повреждений оболочек смежных фаз при пробое одной из них на экран, облегчает визуальное обнаружение места повреждения кабеля и его ремонт.

Маркировка кабелей с СПЭ-изоляцией дана в табл. 8.2.1.

**Пример обозначения кабеля**

*Таблица 8.2.1.* **Условные обозначения кабелей с СПЭ-изоляцией**

| Элемент кабеля | Обозначение | Характеристика | Пример обозначения |
|---|---|---|---|
| Материал жилы | — | Медная жила | ПвП 1 × 95/16-10 |
| | А | Алюминиевая жила | АПвП 1 × 95/16-10 |
| | гж | Герметизация жилы | АПвП 1 × 120(гж)/35-10 |
| Материал изоляции | Пв | Изоляция из сшитого (вулканизированного) полиэтилена | ПвВ 1 × 95/1610 |
| Оболочка | П | Оболочка из полиэтилена | АПвП 1 × 150/25-10 |
| | Пу | Для 10 кВ усиленная оболочка увеличенной толщины из полиэтилена.<br>Для 110 кВ усиленная оболочка из полиэтилена с ребрами жесткости | АПвПу 1 × 240/35-110 |
| | В | Оболочка из ПВХ пластиката | АПвВ 1 × 185/35-10 |
| | Внг | Оболочка из ПВХ пластиката пониженной горючести с индексом:<br>А — нераспространение горения по категории А;<br>В — нераспространение горения по категории В | АПвВнг 1 × 185/35-10 |
| | г (после обозначения оболочки) | Продольная герметизация экрана водоблокирующими лентами | АПвПг 1 × 185/35-10 |
| | 2г | Двойная герметизация — алюмополимерная лента, сваренная с оболочкой, для защиты от проникновения влаги в сочетании с продольной герметизацией водоблокирующими лентами | АПвП2г 1 × 300/50-110 |

**Кабели с СПЭ-изоляцией напряжением 10, 20 и 35 кВ** состоят из следующих элементов (рис. 8.2.1):

- круглой медной или алюминиевой многопроволочной жилы;
- полупроводящего слоя по жиле, изоляции из сшитого полиэтилена;
- электропроводящего слоя по изоляции;
- электропроводящей ленты;
- экрана из медных проволок;
- медной ленты;
- разделительного слоя;
- полиэтиленовой оболочки из полиэтилена повышенной твердости или оболочки из ПВХ пластиката пониженной горючести.

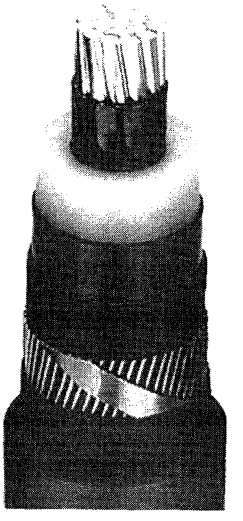


Рис. 8.2.1.

Для обеспечения продольной герметизации экрана вместо электропроводящей ленты может использоваться водоблокирующая электропроводящая лента, а вместо разделительного слоя — слой из водоблокирующей ленты.

**Область применения.** Кабели ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу используются для прокладки в земле (ПвПу и АПвПу — на сложных участках трасс), а также на воздухе при условии обеспечения мер противопо-

жарной защиты. Кабели с продольной герметизацией — для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в сырых, частично затапливаемых помещениях. Кабели ПвВ, АПвВ, ПвВнг, АПвВнг применяются для прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях, а также для прокладки в сухих грунтах (ПвВнг и АПвВнг применяются при групповой прокладке). Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией производства «Иркутсккабель»[1] приведены в табл. 8.2.2, 8.2.3, производства «АББ Москабель»[2] — в табл. 8.2.4—8.2.6.

*Таблица 8.2.2.* **Технические характеристики одножильных кабелей с СПЭ-изоляцией на напряжения 10—35 кВ производства «Иркутсккабель»**

| Марка | Кабель | Сечение, мм$^2$ | Диаметр, мм | Масса кабеля в 1 км/кг |
|---|---|---|---|---|
| ПвПКШ | С медными жилами, изоляцией из вулканизированного полиэтилена, броней из круглых проволок в защитном панцире из полиэтилена | 95<br>120 | 52,08<br>54,47 | 5948<br>6427 |
| ПвП | С медными жилами, изоляцией из вулканизированного полиэтилена | 95<br>120 | 37,8<br>41,4 | 1980<br>2375 |
| ПвВ | С медными жилами, изоляцией из вулканизированного полиэтилена, оболочкой из поливинилхлоридного пластиката | 120<br>150<br>185<br>240 | 41,4<br>43<br>44,8<br>47,8 | 2500<br>2850<br>3830<br>3890 |
| АПвВ | С алюминиевыми жилами, изоляцией из вулканизированного полиэтилена, оболочкой из поливинилхлоридного пластиката | 120<br>150<br>185 | 39,2<br>40,7<br>42,2 | 1630<br>1780<br>1950 |
| АПвВ | С алюминиевыми жилами изоляцией из вулканизированного полиэтилена, оболочкой из поливинилхлоридного пластиката | 240<br>300<br>400<br>500 | 44,3<br>47,4<br>51,1<br>54 | 2205<br>2573<br>3030<br>3451 |
| АПвП | С алюминиевыми жилами, изоляцией из вулканизированного полиэтилена | 185<br>240 | 42,2<br>44,3 | 1860<br>2105 |

**Нагрузочная способность** кабелей среднего класса напряжения рассчитывается при следующих условиях:

При прокладке в земле:

- фактор нагрузки 1,0;
- глубина прокладки 0,7 м;
- термическое сопротивление грунта 1,2 (К·м)/Вт;
- температура окружающей среды 15 °С;
- температура жилы 90 °С.

При прокладке на воздухе:

- фактор нагрузки 1,0;
- температура окружающей среды 25 °С;
- температура жилы 90 °С.

---

[1] Источник. Иркутсккабель, Кирсккабель. Номенклатурный каталог, 2002

[2] Источник. 1. АББ Москабель. Современные решения в области силовых кабелей. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена среднего и высокого напряжений, 2002. 2. АВВ Москабель. Новейшие технологии в мире кабелей, 2000.

*Таблица 8.2.3.* **Технические характеристики силовых одножильных кабелей с СПЭ-изоляцией на напряжение 10 кВ производства «Иркутсккабель»**

| Марка | Кабель | Сечение, мм$^2$ | Диаметр жилы, мм | | Масса кабеля в 1 км, кг/км | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | класса I | класса II | класса I | класса II |
| АПвВ | С алюминиевыми жилами, изоляцией из сшитого полиэтилена, оболочкой из поливинилхлоридного пластиката | 50 | 27,9 | 28,0 | 797 | 800 |
| | | 70 | 29,3 | 29,7 | 895 | 905 |
| | | 95 | 30,9 | 31,4 | 1010 | 1012 |
| | | 120 | 32,3 | 32,9 | 1115 | 1130 |
| | | 150 | 33,6 | 34,2 | 1310 | 1325 |
| | | 185 | 35,2 | 35,9 | 1445 | 1470 |
| | | 240 | 37,3 | 38,1 | 1660 | 1680 |
| | | 300 | 39,4 | 40,4 | 1880 | 1910 |
| | | 400 | — | 43,7 | — | 2315 |
| | | 500 | — | 46,7 | — | 2700 |
| | | 630 | — | 50,1 | — | 3160 |
| | | 800 | — | 54,3 | — | 3760 |
| ПвП | С медными жилами, изоляцией из сшитого полиэтилена, оболочкой из поливинилхлоридного пластиката | 50 | 27,9 | 28,0 | 1095 | 1100 |
| | | 70 | — | 29,7 | — | 1340 |
| | | 95 | — | 31,4 | — | 1625 |
| | | 120 | — | 32,9 | — | 1895 |
| | | 150 | — | 34,2 | — | 2270 |
| | | 185 | — | 35,9 | — | 2630 |
| | | 240 | — | 38,1 | — | 3205 |
| ПвП | То же | 300 | — | 40,4 | — | 3800 |
| | | 400 | — | 43,7 | — | 4775 |
| | | 500 | — | 46,7 | — | 5835 |
| | | 630 | — | 50,1 | — | 7220 |
| | | 800 | — | 54,3 | — | 8870 |
| АПвП | С алюминиевыми жилами, изоляцией из сшитого полиэтилена, оболочкой из полиэтилена | 50 | 27,9/28,7 | 28,0/28,8 | 720 | 725 |
| | | 70 | 29,7/30,5 | 29,7/30,5 | 815 | 825 |
| ПвП | С медными жилами, изоляцией из сшитого полиэтилена, оболочкой из полиэтилена | 50 | 27,9/28,7 | 28,0/28,8 | 1020 | 1020 |
| | | 70 | — | 29,7/30,5 | — | 1280 |
| | | 95 | — | 31,4/32,2 | — | 1540 |
| | | 120 | — | 32,9/33,7 | — | 1800 |
| | | 150 | — | 34,2/35,0 | — | 2175 |
| ПвП | С медными жилами, изоляцией из сшитого полиэтилена, оболочкой из полиэтилена | 185 | — | 35,9/37,1 | — | 2530 |
| | | 240 | — | 38,1/39,3 | — | 3100 |
| | | 300 | — | 40,4/41,6 | — | 3700 |
| | | 400 | — | 43,7/44,9 | — | 4655 |
| | | 500 | — | 46,7/48,3 | — | 5705 |
| | | 630 | — | 50,1/51,7 | — | 7080 |
| | | 800 | — | 54,3/55,9 | — | 8710 |

При других расчетных условиях необходимо применять поправочные коэффициенты (табл. 8.2.7, 8.2.8). При расположении одножильных кабелей треугольником кабели прокладываются вплотную, при расположении в горизонтальной плоскости расстояние между кабелями «в свету» равно диаметру кабеля. Поправочные коэффициенты на проложенные рядом кабели на напряжение 10—35 кВ приведены в табл. 8.2.9, 8.2.10.

*Таблица 8.2.4.* **Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией напряжением 10 кВ производства «АББ Москабель»**

| Параметр | Значения параметра для сечения жилы, мм$^2$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| Сечение экрана*, мм$^2$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 25 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Толщина изоляции, мм | 4,0 | 16 | 16 | 16 | 16 | 25 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| Толщина оболочки, мм | 2,5 | | | | | | | | | | 2,7 | |
| Диаметр внешний**, мм | 28 | 29,7 | 31 | 33 | 34 | 36 | 38 | 40 | 44 | 47 | 50 | 54 |
| Масса 1 км, приблизительно**, кг: | | | | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 725 | 825 | 935 | 1040 | 1230 | 1370 | 1575 | 1795 | 2195 | 2570 | 3015 | 3605 |
| медная жила | 1020 | 1260 | 1540 | 1800 | 2175 | 2530 | 3100 | 3730 | 4655 | 5705 | 7080 | 8710 |
| Минимальный радиус изгиба, см | 42 | 45 | 47 | 50 | 51 | 54 | 57 | 60 | 66 | 71 | 75 | 81 |
| Дополнительные усилия тяжения, кН: | | | | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 1,5 | 2,1 | 2,85 | 3,6 | 4,5 | 5,55 | 7,2 | 9.0 | 12,0 | 15,0 | 18,9 | 24,0 |
| медная жила | 2,5 | 3,5 | 4,75 | 6,0 | 7,5 | 9,25 | 12,0 | 15,0 | 20.0 | 25,0 | 31,5 | 40,0 |
| Строительная длина поставки, м | 2500 | 2500 | 2000 | 1800 | 1800 | 1600 | 1400 | 1200 | 1000 | 800 | 800 | 700 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 220 | 270 | 320 | 360 | 410 | 460 | 530 | 600 | 680 | 750 | 830 | 920 |
| алюминиевая жила | 170 | 210 | 250 | 280 | 320 | 360 | 415 | 475 | 540 | 610 | 680 | 735 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 230 | 280 | 335 | 380 | 430 | 485 | 560 | 640 | 730 | 830 | 940 | 1030 |
| алюминиевая жила | 175 | 215 | 260 | 295 | 330 | 375 | 440 | 495 | 570 | 650 | 750 | 820 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 245 | 300 | 370 | 425 | 475 | 545 | 645 | 740 | 845 | 955 | 1115 | 1270 |
| алюминиевая жила | 185 | 235 | 285 | 330 | 370 | 425 | 505 | 580 | 675 | 780 | 910 | 1050 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 290 | 360 | 435 | 500 | 560 | 635 | 745 | 845 | 940 | 1050 | 1160 | 1340 |
| алюминиевая жила | 225 | 280 | 340 | 390 | 440 | 505 | 595 | 680 | 770 | 865 | 1045 | 1195 |

* Приведено минимальное сечение экрана. Сечение экрана выбирается по условиям протекания токов короткого замыкания.

** Масса и внешний диаметр кабеля даны для марок ПвП и АпвП с основным сечением экрана.

*Таблица 8.2.5.* **Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией напряжением 20 кВ предприятия «АББ Москабель»**

| Параметр | Значения параметра для сечения жилы, мм$^2$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| Сечение экрана*, мм$^2$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 25 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Толщина изоляции, мм | 6,0 | | | | | | | | | | | |
| Толщина оболочки, мм | 2,5 | | | | | | | | | 2,7 | 2,9 | |
| Диаметр внешний**, мм | 33 | 34 | 36 | 38 | 39 | 41 | 43 | 45 | 49 | 52 | 56 | 60 |
| Масса 1 км**, кг, приблизительно: | | | | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 904 | 1011 | 1133 | 1248 | 1467 | 1615 | 1833 | 2068 | 2539 | 2907 | 3401 | 3999 |
| медная жила | 1213 | 1542 | 1721 | 1990 | 2395 | 2760 | 3318 | 3925 | 5014 | 6000 | 7299 | 8948 |
| Минимальный радиус изгиба, см | 50 | 51 | 54 | 57 | 59 | 62 | 65 | 68 | 74 | 78 | 84 | 90 |
| Дополнительные усилия тяжения, кН: | | | | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 1,5 | 2,1 | 2,85 | 3,6 | 4,5 | 5,55 | 7,2 | 9,0 | 12,0 | 15,0 | 18,9 | 24 |
| медная жила | 2,5 | 3,5 | 4,75 | 6,0 | 7,5 | 9,25 | 12,0 | 15,0 | 20,0 | 25 | 31,5 | 40 |
| Строительная длина поставки, м | 2350 | 2350 | 1850 | 1650 | 1650 | 1450 | 1250 | 1050 | 850 | 850 | 650 | 550 |

*Окончание табл. 8.2.5*

| Параметр | Значения параметра для сечения жилы, мм$^2$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 225 | 270 | 325 | 365 | 415 | 465 | 540 | 615 | 700 | 780 | 860 | 970 |
| алюминиевая жила | 175 | 215 | 255 | 290 | 330 | 370 | 425 | 480 | 550 | 620 | 690 | 760 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 230 | 290 | 345 | 390 | 435 | 490 | 570 | 650 | 750 | 855 | 950 | 1050 |
| алюминиевая жила | 185 | 225 | 270 | 305 | 350 | 390 | 450 | 510 | 600 | 685 | 770 | 850 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 250 | 310 | 375 | 430 | 490 | 560 | 650 | 745 | 880 | 980 | 1130 | 1285 |
| алюминиевая жила | 190 | 240 | 295 | 340 | 395 | 450 | 515 | 595 | 700 | 795 | 900 | 1025 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 290 | 365 | 440 | 505 | 575 | 660 | 750 | 845 | 955 | 1060 | 1185 | 1340 |
| алюминиевая жила | 225 | 280 | 345 | 395 | 450 | 515 | 595 | 680 | 785 | 875 | 970 | 1100 |

* Приведено минимальное сечение экрана. Сечение экрана выбирается по условиям протекания токов короткого замыкания.

** Масса и внешний диаметр кабеля даны для марок ПвП и АпвП с основным сечением экрана.

*Таблица 8.2.6.* **Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией напряжением 35 кВ предприятия «АББ Москабель»**

| Параметр | Значения параметра для сечения жилы, мм$^2$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| Сечение экрана*, мм$^2$ | 16 | 16 | 16 | 16 | 25 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Толщина изоляции, мм | 9,0 | | | | | | | | | | | |
| Толщина оболочки, мм | 2,5 | | | | | | | 2,7 | | 2,9 | | |
| *Диаметр внешний***, мм | 39 | 40 | 42 | 44 | 45 | 47 | 49 | 52 | 55 | 58 | 62 | 66 |
| Масса 1 км**, кг, приблизительно: | | | | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 1187 | 1310 | 1446 | 1574 | 1805 | 1968 | 2235 | 2492 | 2995 | 3390 | 3883 | 4517 |
| медная жила | 1496 | 1743 | 2034 | 2317 | 2733 | 3113 | 3720 | 4348 | 5469 | 6483 | 7780 | 9467 |
| Минимальный радиус изгиба, см | 59 | 60 | 63 | 66 | 68 | 71 | 74 | 78 | 83 | 87 | 93 | 99 |
| Дополнительные усилия тяжения, кН: | | | | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 1,5 | 2,1 | 2,85 | 3,6 | 4,5 | 5,55 | 7,2 | 9,0 | 12,0 | 15,0 | 18,9 | 24,0 |
| медная жила | 2,5 | 3,5 | 4,75 | 6,0 | 7,5 | 9,25 | 12,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 31,5 | 40,0 |
| Строительная длина поставки, м | 1200 | 1200 | 1200 | 1000 | 1000 | 1000 | 800 | 800 | 600 | 600 | 600 | 500 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 225 | 270 | 325 | 365 | 415 | 465 | 540 | 615 | 700 | 780 | 860 | 970 |
| алюминиевая жила | 175 | 215 | 255 | 290 | 330 | 370 | 425 | 480 | 550 | 620 | 690 | 760 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 230 | 290 | 345 | 390 | 435 | 490 | 570 | 650 | 750 | 855 | 950 | 1050 |
| алюминиевая жила | 185 | 225 | 270 | 305 | 350 | 390 | 450 | 510 | 600 | 685 | 770 | 850 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 250 | 310 | 375 | 430 | 490 | 560 | 650 | 745 | 880 | 980 | 1130 | 1285 |
| алюминиевая жила | 190 | 240 | 295 | 340 | 395 | 450 | 515 | 595 | 700 | 795 | 900 | 1025 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | | | | |
| медная жила | 290 | 365 | 440 | 505 | 575 | 660 | 750 | 845 | 955 | 1060 | 1185 | 1340 |
| алюминиевая жила | 225 | 280 | 345 | 395 | 450 | 515 | 595 | 680 | 785 | 875 | 970 | 1100 |

* Приведено минимальное сечение экрана. Сечение экрана выбирается по условиям протекания токов короткого замыкания.

** Масса и внешний диаметр кабеля даны для марок ПвП и АпвП с основным сечением экрана.

*Таблица 8.2.7.* **Поправочные коэффициенты на температуру для расчета нагрузочной способности кабеля**

| Прокладка кабеля | Температура окружающей среды, °С | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | –5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| В земле | 1,13 | 1,1 | 1,06 | 1,03 | 1,00 | 0,97 |
| В воздухе | 1,21 | 1,18 | 1,14 | 1,11 | 1,07 | 1,04 |
| Прокладка кабеля | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| В земле | 0,93 | 0,89 | 0,86 | 0,82 | 0,77 | 0,73 |
| В воздухе | 1,0 | 0,96 | 0,92 | 0.88 | 0,83 | 0,78 |

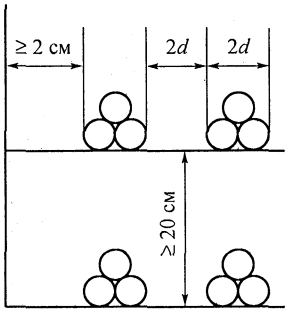
*Таблица 8.2.8.* **Поправочные коэффициенты на удельное сопротивление грунта для расчета нагрузочной способности кабеля**

| Удельное сопротивление грунта, К м/Вт | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Поправочный коэффициент | 1,13 | 1,05 | 1,00 | 0,93 | 0,85 | 0,8 |

*Таблица 8.2.9.* **Поправочные коэффициенты на количество работающих кабелей, расположенных в одной плоскости рядом в земле в трубах и без труб для расчета нагрузочной способности кабеля**

| Расстояние между кабелями «в свету», мм | Число кабельных линий | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 100 | 0,90 | 0,85 | 0,8 | 0,78 | 0,75 |
| 200 | 0,92 | 0,87 | 0,84 | 0,82 | 0,81 |
| 300 | 0,93 | 0,9 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |

*Таблица 8.2.10.* **Поправочные коэффициенты при прокладке кабелей в воздухе**




| Число полок | Число кабелей (систем на полке) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| На полках из решетчатого материала | | | |
| 1 | 1 | 0,98 | 0,96 |
| 2 | 1 | 0,95 | 0,93 |
| 3 | 1 | 0,94 | 0,92 |
| 4—6 | 1 | 0,93 | 0,9 |
| На полках из листового материала | | | |
| 1 | 0,95 | 0,9 | 0,88 |
| 2 | 0,9 | 0,85 | 0,83 |
| 3 | 0,88 | 0,83 | 0,81 |
| 4—6 | 0,86 | 0,81 | 0,79 |

*Примечание.* $d$ — диаметр кабеля.

Для всех видов кабелей и сечений допустимые значения температуры при протекании токов короткого замыкания составляют:

- для жилы:
  до короткого замыкания 90 °С;
  после короткого замыкания 250 °С;
- для экрана:
  до короткого замыкания 70 °С;
  после короткого замыкания 350 °С.

Допустимые значения токов короткого замыкания (односекундные) не должны превышать значений, указанных в табл. 8.2.11, 8.2.12. Для продолжительности короткого замыкания, отличающейся от 1 с, указанные в табл. 8.2.11, 8.2.12 значения следует умножать на поправочный коэффициент:

$$K = 1/\sqrt{t},$$

где $t$ — продолжительность короткого замыкания.

Электрические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией приведены в табл. 8.2.13—8.2.15. Сравнительная характеристика кабелей с СПЭ-изоляцией и кабелей с бумажной изоляцией приведена в табл. 8.2.16.

*Таблица 8.2.11.* **Допустимые значения односекундных токов короткого замыкания для жил кабеля с СПЭ-изоляцией, кА**

| Жила | Сечение жилы, мм$^2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **50** | **70** | **95** | **120** | **150** | **185** |
| Медная | 7,15 | 10,0 | 13,6 | 17,2 | 21,5 | 26,5 |
| Алюминиевая | 4,7 | 6,6 | 8,9 | 11,3 | 14,2 | 17,5 |
| Жила | Сечение жилы, мм$^2$ | | | | | |
| | **240** | **300** | **400** | **500** | **630** | **800** |
| Медная | 34,3 | 42,9 | 57,2 | 71,5 | 90,1 | 114,4 |
| Алюминиевая | 22,7 | 28,2 | 37,6 | 47,0 | 59,2 | 75,2 |

*Таблица 8.2.12.* **Допустимые значения односекундных токов короткого замыкания для экрана кабеля с СПЭ-изоляцией**

| Сечение экрана, мм$^2$ | 16 | 25 | 35 | 50 | 75 |
|---|---|---|---|---|---|
| Допустимый ток, кА | 3,3 | 5,1 | 7,1 | 10,2 | 14,2 |

*Таблица 8.2.13.* **Сопротивление жилы постоянному току при температуре 20 °С, не менее, Ом/км**

| Жила | Сечение, мм$^2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **50** | **70** | **95** | **120** | **150** | **185** |
| Медная | 0,387 | 0,268 | 0,193 | 0,153 | 0,124 | 0,0991 |
| Алюминиевая | 0,641 | 0,443 | 0,320 | 0,253 | 0,206 | 0,164 |
| Жила | Сечение жилы, мм$^2$ | | | | | |
| | **240** | **300** | **400** | **500** | **630** | **800** |
| Медная | 0,0754 | 0,0601 | 0,0470 | 0,0366 | 0,0280 | 0,0221 |
| Алюминиевая | 0,125 | 0,100 | 0,0778 | 0,0605 | 0,0464 | 0,0367 |

*Примечание.* Сопротивление жилы при температуре, отличной от 20 °С, вычисляется по формуле:

для медной жилы:

$$R_t = R_{20}(234{,}5 + \tau)/254{,}5;$$

для алюминиевой жилы:

$$R_t = R_{20}(228 + \tau)/254{,}5,$$

где $\tau$ — температура жилы;

$R_{20}$ — сопротивление жилы при температуре 20 °С;

$R_t$ — сопротивление жилы при температуре $\tau$ °С.

*Таблица 8.2.14.* **Емкость кабеля с СПЭ-изоляцией, мкФ/км**

| Напряжение, кВ | Сечение жилы, мм$^2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **50** | **70** | **95** | **120** | **150** | **185** |
| 10 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,37 |
| 20 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,27 |
| 35 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,22 |
| Напряжение, кВ | Сечение жилы, мм$^2$ | | | | | |
| | **240** | **300** | **400** | **500** | **630** | **800** |
| 10 | 0,41 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,61 | 0,68 |
| 20 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,39 | 0,43 | 0,49 |
| 35 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,40 |

*Таблица 8.2.15.* **Индуктивное сопротивление жилы в 1 км при частоте 50 Гц с учетом заземления экрана с двух сторон, Ом**

| Сечение жилы, мм$^2$ | Напряжение, кВ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | | 20 | | 35 | |
| | в плоскости* | треугольника | в плоскости* | треугольника | в плоскости* | треугольника |
| 50 | 0,184 | 0,126 | 0,217 | 0,141 | 0,228 | 0,152 |
| 70 | 0,177 | 0,119 | 0,210 | 0,133 | 0,220 | 0,144 |
| 95 | 0,170 | 0,112 | 0,202 | 0,125 | 0,211 | 0,135 |
| 120 | 0,166 | 0,108 | 0,199 | 0,123 | 0,208 | 0,132 |
| 150 | 0,164 | 0,106 | 0,193 | 0,116 | 0,202 | 0,125 |
| 185 | 0,161 | 0,103 | 0,188 | 0,111 | 0,196 | 0,120 |
| 240 | 0,157 | 0,099 | 0,183 | 0,106 | 0,192 | 0,115 |
| 300 | 0,154 | 0,096 | 0,179 | 0,103 | 0,187 | 0,111 |
| 400 | 0,151 | 0,093 | 0,173 | 0,097 | 0,0181 | 0,105 |
| 500 | 0,148 | 0,090 | 0,169 | 0,093 | 0,176 | 0,100 |
| 630 | 0,145 | 0,087 | 0,165 | 0,089 | 0,172 | 0,096 |
| 800 | 0,142 | 0,083 | 0,160 | 0,085 | 0,167 | 0,091 |

* Расстояние между кабелями «в свету» равно диаметру кабеля.

*Таблица 8.2.16.* **Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией и кабелей с бумажной изоляцией**

| Параметр | Напряжение, кВ | | |
|---|---|---|---|
| | СПЭ-изоляция | Бумажная изоляция | |
| | 10—35 | 10 | 20—35 |
| Длительно допустимая температура нагрева, °С | 90 | 70 | 65 |
| Допустимый нагрев в послеаварийном режиме, °С | 130 | 90 | 65 |
| Допустимая температура при протекании тока короткого замыкания, °С | 250 | 200 | 130 |
| Температура прокладки без подогрева, не ниже, °С | –20 | 0 | 0 |
| Диэлектрическая проницаемость при температуре 20 °С | 2,4 | 4,0 | 4,0 |
| Коэффициент диэлектрических потерь tg δ при температуре 20 °С | 0,001 | 0,008 | 0,008 |
| Разница уровней на трассе при прокладке, м | Не ограничена | 15 | 15 |

**Кабели с СПЭ-изоляцией на напряжение 110, 220 кВ.** Кабель состоит из круглой многопроволочной медной или алюминиевой жилы, полупроводящего слоя по жиле, изоляции из сшитого полиэтилена, полупроводящего слоя по изоляции, полупроводящей ленты, экрана из медных проволок и медной ленты, полупроводящей ленты, оболочки из полиэтилена или ПВХ пластиката (рис. 8.2.2). На жилу накладывается экструдированный экран из материала, изоляция и полупроводящий экран по изоляции, связанные между собой. Толщина изоляции зависит от диаметра проводника. Металлический экран состоит из медных проволок и спирально наложенной поверх них медной ленты. Площадь сечения экрана выбирается по условию протекания токов короткого замыкания. Для обеспечения продольной герметизации в кабелях с индексом «г» используется слой водонабухающего материала. При контакте с водой этот слой разбухает и формирует продольный барьер, предотвращая, таким образом, распространение влаги при повреждении наружной оболочки. Кабели имеют оболочку из черного полиэтилена. Кабели с индексом «у» имеют усиленную полиэтиленовую оболочку с продольными ребрами жесткости, предназначенными для предотвращения повреждений оболочки при прокладке на сложных участках кабельных трасс. Кабели с индексом «2г» помимо продольной герметизации экрана, имеют оболочку из алюмополимерной ленты, сваренной с полиэтиленовой оболочкой.

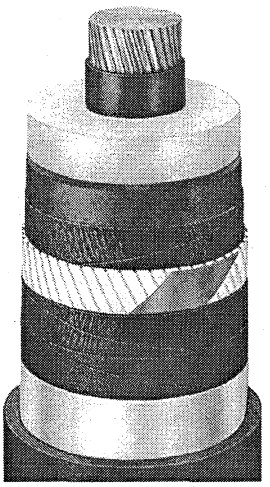


**Рис. 8.2.2.** Кабель с СПЭ-изоляцией на напряжение 110, 220 кВ

Данная конструкция создает эффективный диффузионный барьер, препятствующий проникновению паров воды, а наружная оболочка из черного полиэтилена служит как механическая защита.

**Нагрузочная способность кабелей** рассчитывается при условиях, указанных в табл. 8.2.17. При расположении одножильных кабелей треугольником кабели прокладываются вплотную, при расположении в плоскости рекомендуемое расстояние «в свету» между осями кабелей 16 см для напряжения 110 кВ и 30 см для напряжения 220 кВ.

*Таблица 8.2.17.* **Условия для расчета нагрузочной способности кабелей с СПЭ-изоляцией напряжением 110 и 220 кВ**

| Параметр | Кабели 110 кВ | Кабели 220 кВ |
|---|---|---|
| **При прокладке в земле** | | |
| Фактор нагрузки | 0,8 | 0,7 |
| Глубина прокладки, м | 1,5 | 1,2 |
| Термическое сопротивление грунта, (К м)/Вт | 1,2 | 1,0 |
| Температура окружающей среды, °С | 15 | 15 |
| Температура жилы, °С | 90 | 90 |
| **При прокладке на воздухе** | | |
| Фактор нагрузки | 1,0 | 1,0 |
| Температура окружающей среды, °С | 25 | 25 |
| Температура жилы, °С | 90 | 90 |

Допустимые температуры нагрева кабелей с СПЭ-изоляцией токами короткого замыкания:

для жилы кабеля:

до короткого замыкания 90 °С;

после короткого замыкания 250 °С;

для экрана:

до короткого замыкания 70 °С;

после короткого замыкания 350 °С.

Допустимые односекундные токи короткого замыкания не должны превышать значений, указанных в табл. 8.2.18, 8.2.19. Технические характеристики кабелей предприятия «АББ Москабель» приведены в табл. 8.2.20, 8.2.21. Сравнительная характеристика кабелей с СПЭ-изоляцией и маслонаполненных кабелей дана в табл. 8.2.22.

*Таблица 8.2.18.* **Допустимые значения токов короткого замыкания для жил кабеля с СПЭ-изоляцией напряжением 110 кВ, кА**

| Жила | Сечение жилы, мм$^2$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 185 | 240 | 300 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| Медная | 26,5 | 34,3 | 42,9 | 50,1 | 71,5 | 90,1 | 114,4 |
| Алюминиевая | 17,5 | 22,7 | 28,2 | 33 1 | 47,0 | 59,2 | 75,2 |

*Таблица 8.2.19.* **Допустимые значения токов короткого замыкания для экрана кабеля с СПЭ-изоляцией напряжением 110 кВ**

| Сечение экрана, мм$^2$ | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 210 | 240 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Допустимый односекундный ток короткого замыкания, кА | 7,1 | 10,15 | 14,24 | 19,29 | 24,36 | 30,45 | 37,56 | 42,63 | 48,72 |

*Таблица 8.2.20.* **Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией напряжением 110 кВ предприятия «АББ Москабель»**

| Параметр | Значения параметра для сечения жилы, мм$^2$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 185 | 240 | 300 | 350 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 |
| Сечение экрана, мм$^2$ | 35 | | | | | | | | |
| Толщина изоляции, мм | 16 | | | | 15 | | | | |
| Толщина оболочки, мм | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,2 | 3,4 | 3,4 | 3,6 | 3,6 | 3,8 |
| Диаметр внешний, мм | 64 | 66 | 69 | 70 | 70 | 74 | 77 | 81 | 86 |
| Масса 1 км, кг, приблизительно: | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 3400 | 3700 | 4000 | 4200 | 4300 | 4800 | 5400 | 6100 | 7000 |
| медная жила | 4600 | 5200 | 5900 | 6400 | 6800 | 7900 | 9300 | 11 100 | 13 200 |
| Минимальный радиус изгиба, см | 95 | 100 | 105 | 105 | 105 | 110 | 115 | 120 | 130 |
| Дополнительные усилия тяжения, кН: | | | | | | | | | |
| алюминиевая жила | 5,55 | 7,2 | 9,0 | 10,5 | 12,0 | 15,0 | 18,9 | 24,0 | 30,0 |
| медная жила | 9,25 | 12,0 | 15,0 | 17,5 | 20,0 | 25,0 | 31,5 | 40,0 | 50,0 |
| Сопротивление постоянному току, Ом/км: | | | | | | | | | |
| медная жила | 0,0991 | 0,0754 | 0,060 | 0,054 | 0,047 | 0,0366 | 0,283 | 0,0221 | 0,0167 |
| алюминиевая жила | 0,1640 | 0,1250 | 0,100 | 0,089 | 0,077 | 0,0605 | 0,0469 | 0,0367 | 0,0291 |
| Индуктивность, мГн/км | 0,5 | 0,48 | 0,46 | 0,45 | 0,44 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,38 |
| Емкость, мкФ/км | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,22 | 0,24 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | |
| медная жила | 462 | 533 | 600 | 640 | 682 | 769 | 856 | 966 | 1052 |
| алюминиевая жила | 361 | 418 | 471 | 505 | 539 | 615 | 698 | 793 | 881 |
| Длительный ток в земле, А: | | | | | | | | | |
| медная жила | 482 | 545 | 602 | 633 | 667 | 735 | 805 | 880 | 944 |
| алюминиевая жила | 387 | 441 | 490 | 522 | 551 | 615 | 684 | 759 | 829 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | |
| медная жила | 578 | 680 | 773 | 835 | 893 | 1028 | 1180 | 1346 | 1494 |
| алюминиевая жила | 451 | 530 | 604 | 657 | 703 | 816 | 948 | 1097 | 1244 |
| Длительный ток в воздухе, А: | | | | | | | | | |
| медная жила | 614 | 716 | 810 | 870 | 926 | 1053 | 1196 | 1357 | 1503 |
| алюминиевая жила | 485 | 569 | 646 | 695 | 746 | 859 | 988 | 1137 | 1283 |

*Таблица 8.2.21.* **Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией напряжением 220 кВ производства «АББ Москабель»**

| Параметр | | Сечение жилы, мм$^2$ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 630 | 800 | 1000 |
| Сечение экрана,* мм$^2$ | | 150 | | |
| Толщина изоляции, мм | | 26,0 | 25,0 | 25,0 |
| Толщина оболочки, мм | | 4,0 | | |
| Внешний диаметр жилы, мм | | 107 | 111 | 115 |
| Масса жилы в 1 км,** кг:<br>алюминиевой<br>медной | | <br>10<br>14 | <br>11<br>16 | <br>12<br>19 |
| Минимальный радиус изгиба, см | | 270 | 280 | 290 |
| Дополнительное усилие натяжения жил, кН<br>алюминиевой<br>медной | | <br>18,9<br>31,5 | <br>24,0<br>40 | <br>30,0<br>50 |
| Сопротивление постоянному току, Ом/км:<br>медной жилы<br>алюминиевой жилы | | <br>0,0283<br>0,0469 | <br>0,0221<br>0,0367 | <br>0,0176<br>0,0291 |
| Индуктивность*** (исполнение жилы А)*, мГн/км | | 0,46 | 0,44 | 0,42 |
| Емкость, мкФ/км | | 0,13 | 0,15 | 0,16 |
| | Пропускная способность, МВ·А (ток в земле, А):<br>медная жила<br>алюминиевая жила | <br>384,5 (1009)<br>309,5 (812) | <br>429,0 (1126)<br>351,1 (921) | <br>466,6 (1225)<br>390,3 (1024) |
| | Пропускная способность, МВ·А (ток в земле, А):<br>медная жила<br>алюминиевая жила | <br>437,3 (1148)<br>346,4 (909) | <br>493,6 (1299)<br>395,0 (1040) | <br>549,6 (1442)<br>446,8 (1173) |
| | Пропускная способность, МВ·А (ток в воздухе, А):<br>медная жила<br>алюминиевая жила | <br>422,7 (1162)<br>354,6 (931) | <br>503,2 (1325)<br>409,3 (1076) | <br>555,9 (1465)<br>461,7 (1215) |
| | Пропускная способность, МВ·А (ток в воздухе, А):<br>медная жила<br>алюминиевая жила | <br>503,6 (1316)<br>398,3 (1041) | <br>576,7 (1514)<br>460,7 (1209) | <br>650,3 (1706)<br>527,5 (1384) |

* Площадь сечения экрана выбирается исходя из условий протекания токов короткого замыкания и может быть увеличена.

** Масса дана для кабелей с полиэтиленовой оболочкой и основным сечением экрана.

*** При прокладке кабелей треугольником экран заземлен с двух сторон.

*Таблица 8.2.22.* **Технические характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией и маслонаполненных кабелей**

| Параметр | СПЭ-изоляция | Маслонаполненный высокого давления |
|---|---|---|
| Длительно допустимая температура, °С | 90 | 85 |
| Допустимый нагрев в послеаварийном режиме, °С | 130 | 90 |
| Плотность односекундного тока короткого замыкания, А/мм$^2$:<br>медная жила<br>алюминиевая жила | <br>144<br>93 | <br>101<br>67 |
| Допустимая температура при протекании тока короткого замыкания, °С | 250 | 200 |
| Диэлектрическая проницаемость при температуре 20 °С | 2,4 | 3,3 |
| Коэффициент диэлектрических потерь tg $\delta$ при температуре 20 °С | 0,0004 | 0,004 |

**Условия прокладки и испытания после прокладки кабелей с СПЭ-изоляцией.** При прокладке кабеля радиус изгиба не должен быть менее 15 × D, где D — наружный диаметр кабеля. При монтаже с использованием специального шаблона допускается минимальный радиус изгиба кабеля 7,5 × D — для кабелей на напряжение 10—35 кВ; 10 × D при предварительном нагреве — для кабелей на напряжение 110—220 кВ.

При прокладке кабеля чулком или за жилу усилия тяжения не должны превышать следующие значения:

- $F = S \times 50$ Н/мм$^2$ — для медной жилы;
- $F = S \times 30$ Н/мм$^2$ — для алюминиевой жилы,

где: $S$ — общая площадь сечения жил.

Допустимая температура кабеля при прокладке указана в табл. 8.2.23. При более низкой температуре кабель должен быть подогрет перед прокладкой. Это достигается при хранении кабеля в теплом помещении (около 20 °С) в течение 48 ч или с помощью специального оборудования.

*Таблица 8.2.23.* **Допустимая температура нагрева кабелей с СПЭ-изоляцией, °С**

| Оболочка | Напряжение, кВ | |
|---|---|---|
| | 10—35 | 110—220 |
| Из ПВХ пластиката<br>Из полиэтилена | Не ниже 15<br>Не ниже 20 | Не ниже 5* |

* Для кабелей на напряжения 110—220 кВ при условии предварительного подогрева кабеля допускается прокладка при температуре: не ниже 15 °С — для кабелей с оболочкой из ПВХ пластиката; не ниже 20 °С — для кабелей с оболочкой из полиэтилена.

После монтажа кабельной линии каждая фаза и смонтированная на ней арматура должны пройти испытание. Испытательные напряжения для кабелей на напряжение 10—35 кВ приведены в табл. 8.2.24, для кабелей 110—220 кВ испытания проводятся постоянным напряжением 286 кВ в течение 15 мин.

Оболочка кабеля должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ, приложенным между металлическим экраном и заземлителем в течение 10 мин. Профилактических испытаний завод-изготовитель не требует.

*Таблица 8.2.24.* **Испытательные напряжения жил кабеля с СПЭ-изоляцией напряжением 10—35 кВ**

| Вид испытательного напряжения время испытаний | Напряжение кВ | | |
|---|---|---|---|
| | 10 | 20 | 35 |
| Переменное частотой 0,1 Гц, в течение 15 мин | 30 | 60 | 105 |
| Переменное частотой 50 Гц, в течение 24 ч | 10 | 20 | 35 |
| Постоянное, в течение 15 мин | 60 | 80 | 120 |

**Примеры использования кабельных линий высокого и сверхвысокого напряжений.** В настоящее время во всем мире наблюдается существенный рост использования кабельных линий напряжением 110 кВ и выше. В основном они применяются при организации глубоких вводов в центральные районы крупнейших городов. В табл. 8.2.25 приведены данные о крупнейших кабельных объектах последних лет с СПЭ-кабелями [42]. Конструкция кабелей на высокие и сверхвысокие напряжения отличается в основном толщиной изоляции и защитной оболочки. Кабельная жила изготовляется уплотненной и герметизированной, а при сечении более 1000 мм$^2$ — сегментированной для уменьшения поверхностного эффекта. Максимальная площадь сечения жилы может составлять 2500 мм$^2$.

*Таблица 8.2.25.* **Крупнейшие кабельные объекты**

| Страна, наименование проекта | Число линий, напряжение, прокладка, число жил × сечение | Протяженность, км (в однофазовом исчислении) | Годы осуществления проекта |
|---|---|---|---|
| Китай, гидроэлектростанция Дачаошан, пров. Юнань | 2, 525 кВ, частично вертикально в шахте глубиной 145 м | 2,5 | * |
| Дания, Afrhus-Aaiborg | 2, 400 кВ, в грунте, 1 × 2000 мм$^2$ | 84 | 2003—2004 |
| США, Сан Хосе | 2, 230 кВ, в грунте, 1 × 1267 мм$^2$ | 57 | 2003 |
| Великобритания, Nunthorpo | 1, 420 кВ, в трубах, 1 × 2000 мм$^2$ | 65 | 2003 |
| Великобритания, Лондон | 2, 420 кВ, в туннеле, 1 × 2500 мм$^2$ | 60 | 2002—2005 |
| Испания, Мадрид | 2, 400 кВ, в туннеле, 1 × 2500 мм$^2$ | 72 | 2001—2003 |
| Сингапур | 1, 400 кВ, в земле, 1 × 2000 мм$^2$ | 50,6 | 2000—2003 |
| Германия, Берлин | 2, 400 кВ, в глубоком туннеле | 41<br>32 | 1997—1998<br>2000 |
| Дания, Копенгаген, Метрополитен | 1, 420 кВ, 1 × 1600 мм$^2$ | 66<br>37 | 1996—1997<br>1998—1990 |
| Катар | 2, 400 кВ, 1 × 1600 мм$^2$ | 141 | 1998 |

**Открытая прокладка однофазных кабелей с СПЭ-изоляцией в сотовых конструкциях (кассетах) [41].** Новый способ прокладки кабелей с СПЭ-изоляцией в сотовых конструкциях имеет следующие преимущества:

- исключается распространение огня по трассе кабеля, что существенно повышает пожарную безопасность кабелей;
- исключаются повреждения оболочек смежных фаз при пробое одной из них на экран;
- почти вдвое сокращаются размеры поперечного сечения трассы при расположении фаз в вершинах треугольника и расстояния между ними в свету более одного наружного диаметра кабеля (наилучшее охлаждение);
- исключается возможность истирания внешних оболочек кабеля о конструкции при температурных изменениях его длины.

Пример прокладки кабелей с СПЭ-изоляцией в сотовых конструкциях (кассетах) приведен на рис. 8.2.3.

На предприятии «АББ Москабель» были проведены следующие испытания на категорию «В» по нераспространению горения [39]:

- однофазных кабелей АпвВнг, проложенных на полках плотным треугольником, расстояние между треугольниками превышает один диаметр;
- однофазных кабелей АпвВнг, проложенных в сотовых конструкциях;
- кабеля ААШвУ, проложенного на полках, расстояние между кабелями составляет один диаметр.

Испытания проводились согласно ГОСТ 12176—89. «Кабели, провода, шнуры. Методы проверки на нераспространение горения» (ч. 3. «Испытания кабелей и проводов, проложенных в пучках»). Загрузка горючей массы кабелей (на категорию «В») и условия поджога во всех случаях были одинаковы. Испытания показали самую высокую пожарную безопасность кабелей, проложенных в сотовых конструкциях, и самую низкую (кабель выгорел полностью) кабеля ААШвУ.

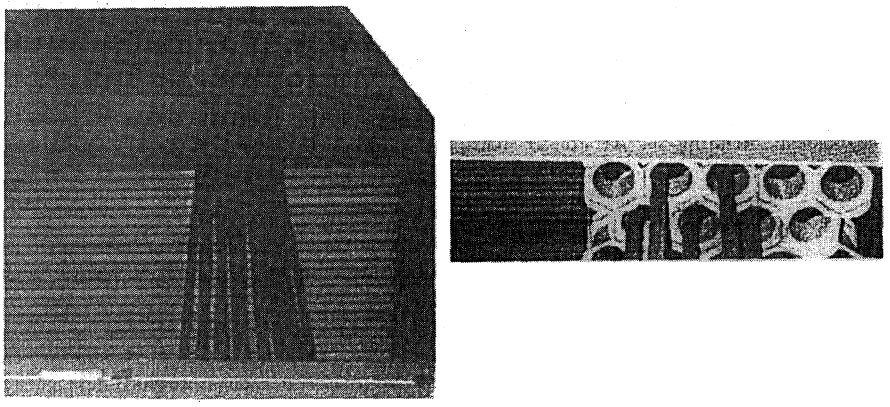


**Рис. 8.2.3.** Прокладка кабелей с СПЭ-изоляцией в сотовых конструкциях (кассетах)

## Общие положения правил выполнения схем по стандартам ЕСКД

**Схема** — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных обозначений составные части изделия (установки) и связи между ними.

**Элемент схемы** — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, трансформатор, конденсатор и т. д.).

**Устройство** — совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, распределительное устройство).

**Линия взаимосвязи** — отрезок линии на схеме, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

**Линия электрической связи** — линия на схеме, указывающая путь прохождения тока, сигнала и т. д.

**Установка** — условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема.

**Линия групповой связи** — линия, условно изображающая группу линий электрической связи (проводов, кабелей, шин), следующих на схеме в одном направлении.

**Графическое слияние линий электрической связи** (проводов, кабелей, шин) — упрощенное изображение нескольких электрически не соединенных линий связи (проводов, кабелей, шин), использующее линию групповой связи.

**Классификация схем.** В соответствии с ГОСТ 2.701—84* схемы в зависимости от элементов и связей между ними делятся на следующие виды, обозначаемые буквами:

- электрические — Э;
- гидравлические — Г;
- пневматические — П;
- газовые (кроме пневматических) — Х;
- кинематические — К;
- энергетические — Р;
- комбинированные — С и др.

По основному назначению схемы делятся на следующие типы, обозначаемые цифрами: структурные — 1; функциональные — 2; принци-

пиальные — 3; соединения (монтажная) — 4; подключения — 5; общие — 6; расположения — 7.

Наименование схемы определяется ее видом и типом, например, схема электрическая принципиальная, схема электрическая подключения и т. д.

Код схемы состоит из буквы, определяющей ее вид, и цифры, обозначающей тип схемы, например, Э1 — схема электрическая структурная.

**Структурная схема** определяет основные функциональные части изделия (установки), их назначение и взаимосвязи.

Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий (установок) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов. Схемами пользуются для общего ознакомления с изделием (установкой).

**Функциональная схема** служит для разъяснения процессов, протекающих в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или в изделии (установке) в целом.

Функциональными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при наладке, контроле, ремонте в процессе эксплуатации.

**Принципиальная (полная) схема** определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия (установки).

Принципиальными схемами пользуются для изучения принципов работы изделия (установки), а также при их наладке, контроле, ремонте и т. п. Схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и т. д.

**Схема соединений (монтажная)** показывает соединения составных частей изделия (установки) и определяет провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, зажимы, платы и т. д.).

Схемами соединений пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей, а также для осуществления присоединений. Данные схемы используют также при контроле, эксплуатации и ремонте изделий (установок).

**Схема подключения** показывает внешние подключения изделия. Ими пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений элементов схемы, изделия (установки).

**Общая схема** определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Они используются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

**Схема расположения** определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости — также жгутов, проводов, кабелей и т. п. Они используются при разработке

других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий (установок).

**Объединенная схема** — конструкторский документ, в котором выполнены схемы двух или нескольких типов на одно изделие (установку).

**Комплект схем.** Состав комплекта схем определяется особенностями изделия (установки). Число схем должно быть минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, монтажа, эксплуатации, ремонта изделия.

Между схемами одного комплекта документации должна быть однозначная связь, которая обеспечивает возможность отыскания одних и тех же элементов, устройств, связей или соединений на всех схемах данного комплекта. Например, надписи, относящиеся к элементам (позиционные обозначения, шифры), номера цепей, проводов, трубопроводов и т. п., присвоенные на одной схеме, при необходимости указания их на другой схеме данного комплекта должны быть в точности повторены.

**Форматы** листов схем регламентирует ГОСТ 2.301—68*. Основные форматы являются предпочтительными. Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования схемой.

**Построение и вычерчивание схем.** Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия (установки) не учитывается или учитывается приблизительно. Графическое обозначение элементов (устройств) и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечивалось наилучшее представление о структуре изделия (установки) и взаимодействии его составных частей.

Расстояние между двумя соседними линиями графического изображения должно быть не менее 1 мм. Расстояние между соседними параллельными линиями должно быть не менее 3 мм. Расстояние между отдельными условными графическими обозначениями должно быть не менее 2 мм.

**Условные графические обозначения элементов** устанавливаются ЕСКД. Кроме того, могут использоваться изображения в виде упрощенных внешних очертаний составляющих элементов устройства (изделия) или прямоугольники.

При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения и упрощенные внешние очертания. При этом на схеме приводят принятые условные обозначения и дают соответствующие пояснения.

**Размеры некоторых условных графических обозначений** устанавливаются стандартами.

Размеры условных графических обозначений, а также толщина их линий должны быть одинаковыми на всех схемах данного изделия (ус-

тановки). Размеры графических обозначений допускается изменять пропорционально.

**Линии связи** выполняют толщиной от 0,2 до 1 мм в зависимости от выбранного формата листов и размеров графических обозначений. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее число изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные линии связи. Линии связи должны вычерчиваться полностью.

**Перечень элементов.** Данные об элементах и устройствах, изображенных на схеме, записывают в перечень элементов. Связь между условными графическими обозначениями и перечнем элементов осуществляется через позиционные обозначения.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. При оформлении перечня элементов в виде самостоятельного документа ему присваивают код, который должен состоять из буквы «П» и кода схемы, например, ПЭ3 — код перечня документа к схеме электрической принципиальной.

Перечень элементов оформляют в виде таблицы и заполняют сверху вниз. В перечне указывают следующие данные:

- в графе «Позиционное обозначение» — позиционное обозначение элемента, устройства или функциональной группы;
- в графе «Наименование» — наименование элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого он применен;
- в графе «Количество» — число одинаковых элементов;
- в графе «Примечание» — технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

При необходимости допускается вводить дополнительные графы, если они не нарушают запись и не дублируют сведений остальных граф.

Элементы записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенно-позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. При выполнении на схеме цифровых обозначений в перечень их записывают в порядке возрастания.

**Текстовая информация**. На схемах допускается помещать различные технические данные, которые указывают либо около графических обозначений (по возможности справа или сверху), либо на свободном поле схемы. Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями. Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях на схемах не должны использоваться сокращения, за исключением общепринятых или установленных стандартами.

Текстовые данные в зависимости от содержания и назначения могут быть расположены:

- рядом с графическими обозначениями;
- внутри графических обозначений;
- над линиями связи;
- в разрыве линий связи;
- рядом с концами линий связи;
- на свободном поле схемы.

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно горизонтальным участкам соответствующих линий. При большой плотности схемы допускается вертикальное расположение.

На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания, например, требования о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов, кабелей и т. д.

**Правила выполнения структурных схем.** Структурные схемы позволяют представить установку в общем виде, определить все функциональные части установки и взаимосвязи между ними.

Основные правила выполнения схем:

- функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или условных графических обозначений;
- графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей установки;
- на схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части установки, если для ее обозначения использован прямоугольник. Наименования, обозначения и типы элементов и устройств рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников.

**Правила выполнения принципиальных схем.** На принципиальной схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии (установке) заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Схемы вычерчивают для изделий (установок), находящихся в отключенном положении. В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы вычерчивать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого вычерчены эти элементы.

Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений, начертание и размеры которых устанавливает ЕСКД.

Элементы, используемые в изделии (установке) частично, допускается изображать на схеме неполностью, ограничиваясь изображением только используемых частей.

Размеры условных графических обозначений приведены в соответствующих стандартах, а также в ГОСТ 2.747—68*.

Если схема насыщена условными графическими обозначениями, допускается все размеры обозначений пропорционально уменьшать. Если требуется подчеркнуть особое назначение элементов, допускается размеры обозначений отдельных элементов увеличивать.

Схемы могут быть однолинейными или многолинейными. В многолинейных схемах каждую цепь выполняют отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, — отдельными условными графическими обозначениями (рис. 1.1, *а*). В однолинейных схемах цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей — одним условным обозначением (рис. 1.1, *б*). Однолинейное изображение рекомендуется для упрощения начертания схем с большим числом элементов и линий связи.

При однолинейном изображении около условного графического обозначения нескольких одинаковых элементов указывают позиционные обозначения всех элементов, например, S1...S3. Если одинаковые элементы находятся не во всех цепях, то справа от позиционного обозначения или под ним в квадратных скобках указывают цепи, содержащие эти элементы.

Размещение элементов схемы может быть **совмещенным** или **разнесенным.**

В первом случае составные части одного устройства располагают на схеме в непосредственной близости друг к другу.

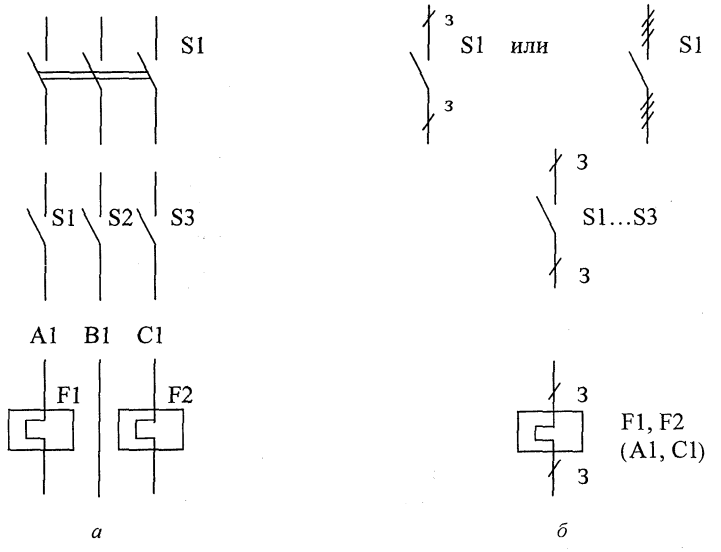



**Рис. 1.1.** Примеры выполнения некоторых элементов в многолинейных (*а*) и однолинейных (*б*) схемах

Во втором случае составные части устройства располагают на схеме в разных местах таким образом, чтобы цепи одного устройства были нагляднее.

При выполнении схем рекомендуется использовать строчной способ изображения, при котором элементы или их составные части, входящие в одну электрическую цепь, располагают последовательно друг за другом в одну линию, таким образом, разные цепи располагаются параллельно друг другу, образуя строки.

Для упрощения допускается несколько не связанных между собой электрических линий объединять в одну, но у соответствующего элемента вычерчивается отдельная линия связи для каждого контакта. В месте объединения линий связи каждую линию помечают цифрами, буквами или их сочетанием.

Каждый элемент и (или) устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, должен иметь **позиционное буквенно-цифровое обозначение** в соответствии с ГОСТ 2.710—81*.

В общем случае обозначение состоит из трех частей, определяющих вид элемента, его номер и выполняемую им функцию. Первые две являются обязательными составляющими обозначения.

В первой части позиционного обозначения записывают одну или несколько букв (буквенный код) для указания вида элемента, во второй части записывают одну или несколько цифр для указания номера элемента данного вида, в третьей части записывают буквенный код для указания на выполняемую им функцию. При составлении перечня электрических элементов допускается указывать только первую и вторую части обозначения. Буквенные коды, определяющие вид электрических элементов, приведены в табл. 1.1.

Порядковые номера элементам (вторая часть позиционного обозначения) следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например, Q1, Q2, Q3, в соответствии с последовательностью их расположения на схеме сверху вниз и слева направо. Позиционные обозначения проставляют рядом с условными графическими обозначениями элементов и (или) устройств с правой стороны или над ними.

При изображении на схеме элемента или устройства разнесенным способом позиционное обозначение элемента или устройства проставляют около каждой составной части. При изображении отдельных элементов устройств в разных местах в состав позиционных обозначений этих элементов должно быть включено позиционное обозначение устройства, в которое они входят, например, B1—Q5 (выключатель Q5, входящий в устройство B1). При однолинейном изображении около одного условного графического обозначения, заменяющего несколько условных графических обозначений одинаковых элементов, указывают позиционные обозначения всех элементов (см. рис. 1.1, *б*).

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав изделия (установки) и изображенные на схеме. При выполнении принципиальной схемы на нескольких листах должны соблюдаться следующие требования:

- нумерация позиционных обозначений элементов должна быть сквозной в пределах изделия (установки);
- перечень элементов должен быть общим;
- при повторном изображении отдельных элементов на других листах схемы следует сохранять позиционные обозначения, присвоенные им на одном из листов схемы.

*Таблица 1.1.* **Буквенные коды, определяющие вид электрических элементов в соответствии с ГОСТ 2.710—81***

| Первая буква кода | Группа видов элементов | Примеры электрических элементов | Двухбуквенный код |
|---|---|---|---|
| A | Устройства (общее обозначение) | Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры | |
| B | Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения | Громкоговоритель<br>Магнитострикционный элемент<br>Детектор ионизирующих излучений<br>Сельсин-приемник<br>Телефон (капсюль)<br>Сельсин-датчик<br>Тепловой датчик | BA<br>BB<br>BD<br>BE<br>BF<br>BC<br>BK |
| B | Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения | Фотоэлемент<br>Микрофон<br>Датчик давления<br>Пьезоэлемент<br>Датчик частоты вращения (тахогенератор)<br>Звукосниматель<br>Датчик скорости | BL<br>BM<br>BP<br>BQ<br>BR<br>BS<br>BV |
| C | Конденсаторы | | |
| D | Схемы интегральные, микросборки | Схема интегральная аналоговая<br>Схема интегральная цифровая, логический элемент<br>Устройство хранения информации<br>Устройство задержки | DA<br>DD<br>DS<br>DT |
| E | Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы) | Нагревательный элемент<br>Лампы осветительные<br>Пиропатрон | EK<br>EL<br>T |
| F | Разрядники, предохранители, устройства защитные | Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия<br>Дискретный элемент защиты по току инерционного действия<br>Предохранитель плавкий<br>Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник | FA<br>FP<br>FU<br>FV |
| G | Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы | Батарея | GB |

*Продолжение табл. 1.1*

| Первая буква кода | Группа видов элементов | Примеры электрических элементов | Двухбуквенный код |
|---|---|---|---|
| H | Устройства индикационные и сигнальные | Прибор звуковой сигнализации<br>Индикатор символьный<br>Прибор световой сигнализации | HA<br>HG<br>HL |
| K | Реле, контакторы, пускатели | Реле токовое<br>Реле указательное<br>Реле электротепловое<br>Контактор, магнитный пускатель<br>Реле времени<br>Реле напряжения | KA<br>KH<br>KK<br>KM<br>KT<br>KV |
| L | Катушка индуктивности, дроссели | Дроссели люминесцентного освещения | LL |
| M | Двигатели постоянного и переменного тока | | |
| P | Приборы, измерительное оборудование (сочетание PE применять не допускается) | Амперметр<br>Счетчик импульсов<br>Частотометр<br>Счетчик активной энергии | PA<br>PC<br>PF<br>PI |
| P | Приборы, измерительное оборудование (сочетание PE применять не допускается) | Счетчик реактивной энергии<br>Омметр<br>Регистрирующий прибор<br>Часы, измеритель времени действия<br>Вольтметр<br>Ваттметр | PK<br>PR<br>PS<br>PT<br>PV<br>PW |
| Q | Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т д ) | Выключатель автоматический<br>Короткозамыкатель<br>Разъединитель | QF<br>QK<br>QS |
| R | Резисторы | Терморезистор<br>Потенциометр<br>Шунт измерительный<br>Варистор | RK<br>RP<br>RS<br>RU |
| S | Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительные<br><br>(Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей) | Выключатель или переключатель<br>Выключатель кнопочный<br>Выключатель автоматический<br>Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:<br>уровня;<br>давления;<br>положения (путевой);<br>*частоты вращения*<br>температуры | SA<br>SB<br>SF<br><br><br>SL<br>SP<br>SQ<br>SR<br>SK |
| T | Трансформаторы, автотрансформаторы | Трансформатор тока<br>Электромагнитный стабилизатор<br>Трансформатор напряжения | TA<br>TS<br>TV |
| U | Устройства связи<br>Преобразователи электрических величин в электрические | Модулятор<br>Демодулятор<br>Преобразователь частотный, генератор частоты, выпрямитель | UB<br>UR<br><br>UI |

*Окончание табл. 1.1*

| Первая буква кода | Группа видов элементов | Примеры электрических элементов | Двухбуквенный код |
|---|---|---|---|
| V | Приборы электровакуумные и полупроводниковые | Диод, стабилитрон<br>Прибор электровакуумный<br>Транзистор<br>Тиристор | VD<br>VL<br>VT<br>VS |
| W | Линии и элементы СВЧ | Ответвитель<br>Короткозамыкатель<br>Вентиль | WE<br>WK<br>WS |
| | Антенны | Трансформатор, неоднородность, фазовращатель<br>Аттенюатор<br>Антенна | WT<br>WU<br>WA |
| X | Соединения контактные | Токосъемник, контакт скользящий<br>Штырь | XA<br>XP |
| X | Соединения контактные | Гнездо<br>Соединение разборное<br>Соединитель высокочастотный | XS<br>XT<br>XW |
| Y | Устройства механические с электромагнитным приводом | Электромагнит<br>Тормоз с электромагнитным приводом<br>Муфта с электромагнитным приводом<br>Электромагнитный патрон или плита | YA<br>YB<br>YC<br>YH |
| Z | Устройства конечные, фильтры, ограничители | Ограничитель<br>Фильтр кварцевый | ZL<br>ZQ |

## Правила оформления рабочих чертежей при проектировании системы электроснабжения по стандартам СПДС

**Назначение и область применения стандартов СПДС.** Стандарты Системы проектной документации для строительства (СПДС) устанавливают единые правила выполнения проектной и рабочей документации для строительства. Основные требования к рабочей документации устанавливает ГОСТ 21.101—97.

В состав рабочей документации входят:

- рабочие чертежи, предназначенные для производства строительных и монтажных работ;
- рабочая документация на строительные изделия;
- спецификации оборудования по ГОСТ 21.110—95;
- другая документация, предусмотренная СПДС.

Рабочие чертежи объединяют в комплекты по маркам (табл. 1.2). В состав основных комплектов рабочих чертежей включают общие данные по чертежам, чертежи и схемы, предусмотренные соответствующими стандартами. Каждому комплекту рабочих чертежей присваивают

*Таблица 1.2.* **Перечень основного комплекта рабочих чертежей**

| Наименование | Марка |
|---|---|
| Генеральный план | ГП |
| Электроснабжение, подстанции | ЭС |
| Линии электропередачи воздушные | ЭВ |
| Линии электропередачи кабельные | ЭК |
| Электрооборудование силовое | ЭМ |
| Электроосвещение внутреннее | ЭО |
| Электроосвещение наружное | ЭН |
| Молниезащита и заземление | ЭГ |

обозначение, в состав которого входит базовое обозначение и через дефис марка основного комплекта рабочих чертежей.

Правила оформления различных рабочих чертежей устанавливают соответствующие стандарты. При выполнении рабочих чертежей необходимо кроме требований СПДС учитывать также требования ЕСКД, которые дополняют и не противоречат СПДС.

В состав основного комплекта рабочих чертежей входят схемы электрические принципиальные, схемы подключения, планы расположения электрооборудования и электрических сетей и др.

**Правила оформления принципиальных электрических схем.** В настоящее время введены в действие стандарты СПДС 21.613—88 «Силовое электрооборудование», 21.607—82 «Электрическое освещение территории промышленных предприятий», 21.608—84 «Внутреннее электрическое освещение».

Принципиальные электрические схемы выполняют однолинейными.

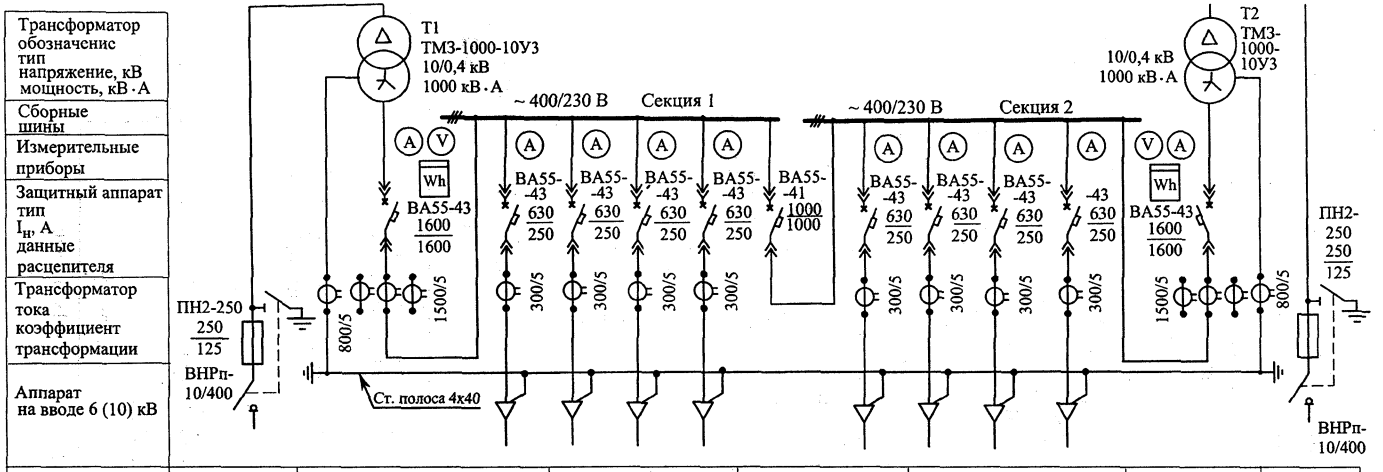
На принципиальных схемах указывают:

- силовые трансформаторы и автотрансформаторы, сборные шины, коммутационные аппараты, измерительные трансформаторы тока и напряжения, измерительные приборы, аппараты защиты и управления, линии электропередачи;
- буквенно-цифровые обозначения элементов схем и устройств (при необходимости);
- технические данные, типы элементов схем и устройств.

Принципиальные схемы комплектных трансформаторных подстанций с первичным напряжением 10 (6) кВ выполняют в соответствии с ГОСТ 2.702—75*, ГОСТ 2.710—81*, ГОСТ 21.613—88. Основные технические данные оформляют в виде таблицы. Пример выполнения принципиальной схемы КТП в соответствии с ГОСТ 21.613—88 показан на рис. 1.2.

Для двухтрансформаторных КТП с устройством автоматического включения резерва, указывают нагрузку в аварийном режиме при выходе из строя одного из трансформаторов.

Принципиальные схемы питающей сети внутреннего электрического освещения выполняют в соответствии с ГОСТ 21.608—84. Основные технические данные оформляют в виде таблицы. Пример выполнения принципиальной схемы питающей сети многоэтажного здания по ГОСТ 21.608—84 показан на рис. 1.3.




| Номер шкафа | | 1 | | 2 | | | 3 | | 4 | | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тип шкафа | ШВВ-3Л | ШНВ-3Л | | ШНЛ-11 | | | ШНС-12У3Л | | ШНЛ-11 | | | ШНВ-3П | ШВВ-3П |
| Номер линии | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| Расчетный ток линии, А | | | | 162 | 369 | 327 | | 375 | 254 | 327 | | | |
| Марка и площадь сечения проводника или тип и номинальный ток шинопровода | АББп-10 1×3×50 | | | АВВГ-1 1(3×120)+ +1×50 | АВВГ-1 (3×185)+ +1×70 | АВВГ-1 (3×185)+ +1×70 | | АВВГ-1 1(3×185)+ +1×70 | АВВГ-1 1(3×185)+ +1×70 | АВВГ-1 1(3×185)+ +1×70 | | | АББп-10 1×3×50 |
| Назначение линии | Ввод 10 кВ | Ввод от трансформатора Т1 | Резерв | 1ПР | Насосная 1 ввод | 2ПР | Секционный аппарат | Насосная 2 ввод | 3ПР | 4ПР | Резерв | Ввод от трансформатора Т2 | Ввод 10 кВ |

**Рис. 1.2.** Пример выполнения принципиальной схемы КТП в соответствии с ГОСТ 21.613—88

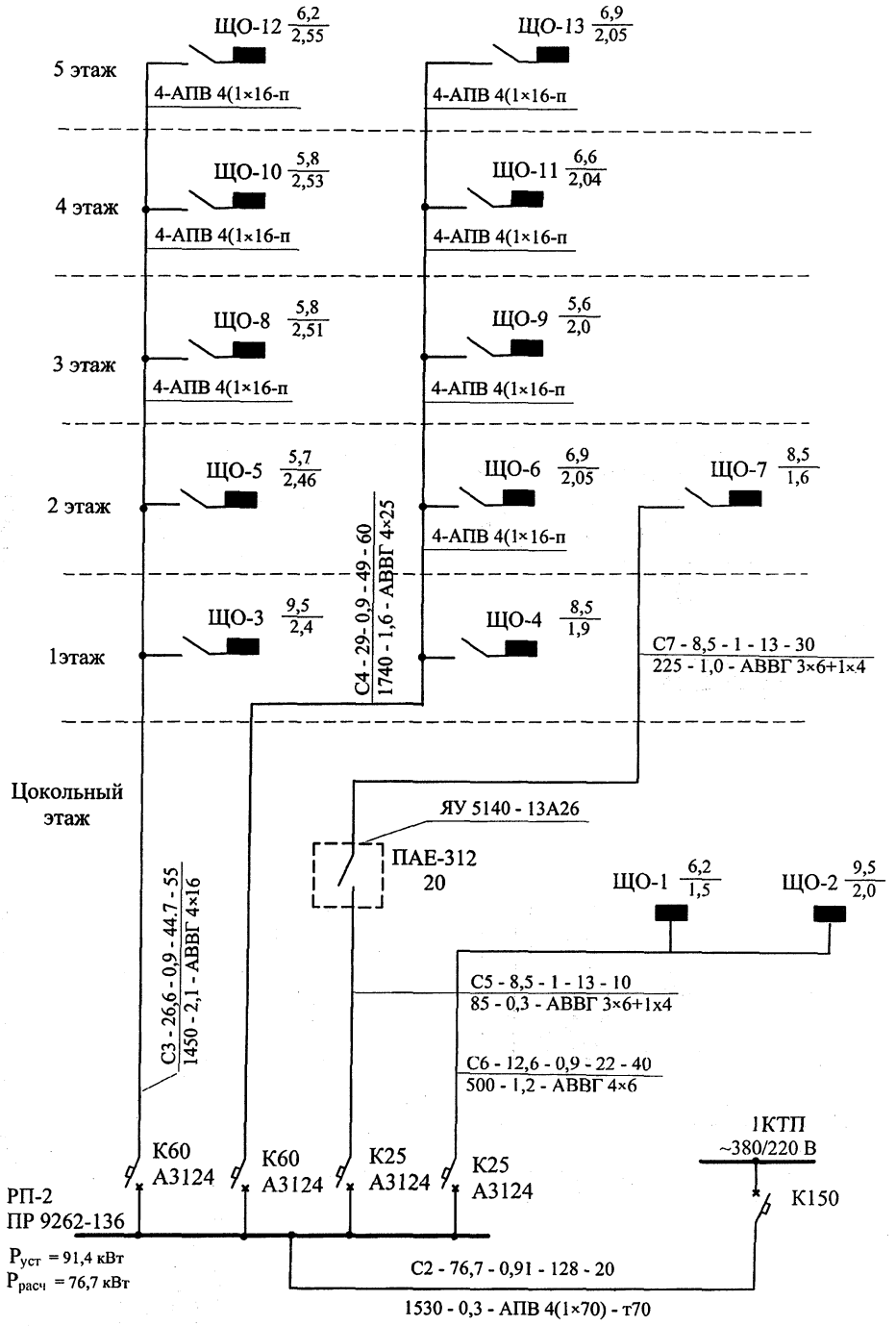



**Рис. 1.3.** Пример оформления принципиальной схемы питающей сети многоэтажного здания по ГОСТ 21.608—84

Принципиальные схемы питающей сети допускается выполнять с учетом расположения электрического оборудования по частям и этажам здания.

Принципиальные схемы питающей сети жилых домов допускается разбивать на отдельные схемы, например, схему вводно-распределительного устройства, схему линий питающей сети. При этом на схеме линий питающей сети допускается изображать щитки и другие аппараты не для всех этажей, а только для одного типового этажа, а также не изображать коммутационные аппараты на этажных и квартирных щитках, вместо условных графических обозначений коммутационных аппаратов допускается указывать расчетные данные в табличной форме.

## Правила выполнения планов расположения электрооборудования и прокладки электрических сетей

Планы расположения электрооборудования и прокладки электрических сетей (далее — планы расположения) выполняют при проектировании подстанций, распределительных пунктов, электрических сетей высокого и низкого напряжений, сетей освещения и т. д. В качестве основы расположения используют следующие рабочие чертежи:

- генеральные планы производственного назначения;
- генеральные планы жилищно-гражданских объектов;
- планы зданий, сооружений, помещений.

Масштаб планов расположения выбирают с учетом их сложности и насыщенности. Он должен обеспечивать четкое графическое изображение электрических сетей и оборудования. Масштабы на чертежах не показывают, за исключением случаев, предусмотренных стандартами.

На планах расположения в дополнение к требованиям ГОСТ 21.101—97 показывают (см. Приложение 4):

- строительные и технологические конструкции, трубопроводы и другие коммуникации, определяющие трассы прокладки электрических сетей или используемые для их крепления и прокладки в виде контурных очертаний — сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303—68*; границы и классы взрыво- и пожароопасных зон, категории и группы взрывоопасных смесей по классификации правил устройства электроустановок;
- наименования отделений, участков цехов, помещений и т. п., если это определяет характер прокладки электрических сетей;
- наименования или обозначения электромашинных помещений, помещений щитов управления, кабельных тоннелей и других электротехнических сооружений;
- электрооборудование и электрические сети в виде условных графических изображений с указанием буквенно-цифровых обозна-

чений по принципиальным схемам, кабельным или кабельно-трубным журналам.

Электрооборудование и электрические сети на планах расположения приводят в следующем составе:

- электроприемники, трансформаторные подстанции, комплектные электротехнические устройства, аппараты и т. п.;
- токопроводы, шинопроводы (магистральные, распределительные, троллейные);
- опоры для прокладки воздушных линий электропередачи, позиции опор, привязочные размеры для опор;
- троллейные линии и участки электрической сети, выполненные шинами на изоляторах;
- трассы открытой прокладки кабелей и проводов на конструкциях, в коробах, на лотках, в трубах, каналах, тоннелях;
- трассы скрытой прокладки проводов и кабелей в земле, в полах, в фундаментах;
- магистрали заземления и зануления.

Планы расположения электрооборудования, как правило, совмещают с планами прокладки электрических сетей и устройствами заземления и молниезащиты. При необходимости приводят разрезы, нетиповые узлы установки электрооборудования и прокладки электрических сетей, схемы расположения шинопроводов, а также схемы транспортировки крупногабаритного электрооборудования.

Электрооборудование (за исключением электроприемников, комплектных устройств, аппаратов и приборов, установленных непосредственно на технологическом оборудовании) и трассы электрических сетей должны иметь привязки и отметки на плане.

Условные графические изображения электрооборудования и электрических сетей на планах расположения приводятся в Приложении 3.

Спецификацию электрооборудования, конструкций и деталей к плану расположения выполняют в соответствии с ГОСТ 21.110—95.

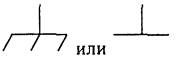
*Таблица 2.1.* **Выдержка из ГОСТ 2.721—74* Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| **Обозначение рода тока, напряжения и частоты** | |
| Постоянный ток, основное обозначение | — |
| Полярность постоянного тока положительная (*а*), отрицательная (*б*) | + —<br>*а*) *б*) |
| m-проводная линия постоянного тока напряжением U | m ——— U |
| Например:<br>двухпроводная линия постоянного тока напряжением 110 В | 2 ——— 110 В |
| трехпроводная линия постоянного тока, включая средний провод, напряжением 110 В между каждым внешним проводником и средним проводом; 220 В — между внешними проводниками | 2M ——— 110/220 В |
| Переменный ток (основное обозначение) | ~ |
| *Примечание.* Допускается справа от обозначения указывать значение частоты; например, переменного тока с частотой 10 кГц. | ~ 10 кГц |
| Переменный ток с числом фаз m, частотой f, напряжением U | m ~ fU |
| Например:<br>переменный ток, трехфазный, частотой 50 Гц, напряжением 220 В | 3 ~ 50 Гц 220 В |
| переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода, нейтраль), частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В | 3N ~ 50 Гц 220/380 В |
| переменный ток, трехфазный, пятипроводная линия (три провода фаз, нейтраль, один провод защитный с заземлением), частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В | 3NPE ~ 50 Гц 220/380В |
| переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия, (три провода фаз, один защитный провод с заземлением, выполняющий функции нейтрали), частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В | 3PEN ~ 50 Гц 220/380 В |
| Частоты переменного тока (основные обозначения):<br>промышленные (*а*);<br>звуковые (*б*);<br>ультразвуковые и радиочастоты (*в*);<br>сверхвысокие (*г*) | ~ ≂ ≂ ≂<br>≂ ≂ ≂<br>≂<br>*а*) *б*) *в*) *г*) |

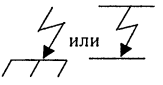
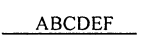
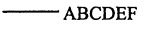
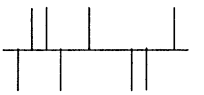
*Продолжение табл. 2.1*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Постоянный и переменный ток |  |
| Пульсирующий ток |  |
| **Обозначение обмоток в изделиях** | |
| *Однофазная обмотка*: | |
| с двумя выводами |  |
| с выводом от средней точки | |
| Две однофазные обмотки, каждая из которых с двумя выводами |  |
| Три однофазные обмотки, каждая из которых с двумя выводами |  |
| *Двухфазная обмотка*: | |
| с раздельными фазами | |
| трехпроводная | |
| четырехпроводная |  |
| *Двух-трехфазная обмотка* Т-образного соединения (обмотка Скотта) | |
| *Трехфазная обмотка*: | |
| с раздельными фазами | |
| V-образного соединения двух фаз в открытый треугольник | |
| соединенная в звезду | |
| соединенная в звезду с выведенной нейтралью | |
| соединенная в звезду с выведенной заземленной нейтралью | |
| соединенная в треугольник | |
| соединенная в разомкнутый треугольник | |

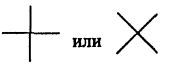
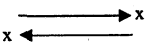
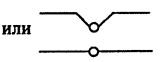
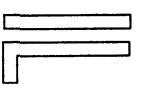
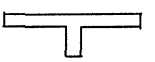
*Продолжение табл. 2.1*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| соединенная в зигзаг | |
| соединенная в зигзаг с выведенной нейтралью | |
| Четырехфазная обмотка | |
| Четырехфазная обмотка с выводом от средней точки | |
| *Шестифазная обмотка*: | |
| соединенная в звезду | |
| соединенная в звезду с выводом от средней точки | |
| соединенная в двойную звезду | |
| соединенная в две обратные звезды | |
| соединенная в две обратные звезды, с раздельными выводами от средних точек | |
| соединенная в два треугольника | |
| соединенная в шестиугольник | |
| соединенная в двойной зигзаг | |
| соединенная в двойной зигзаг с выводом от средней точки | |
| **Обозначение заземлений и возможных повреждений изоляции** | |
| *Заземление*: | |
| общее обозначение | |
| защитное | |
| электрическое соединение с корпусом |   |
| *Примечание.* При отсутствии наклонных линий допускается горизонтальную линию изображать толстой | |

*Продолжение табл. 2.1*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Возможные повреждения изоляции: | |
| общее обозначение | |
| между проводами | |
| между проводом и корпусом (пробой на корпус) |   |
| между проводом и землей (пробой на землю) | |
| *Примечание.* Допускается применять точки для обозначений повреждений изоляции между проводами. | |
| **Обозначение электрических связей, проводов, кабелей и шин** | |
| Линия электрической связи, провода, кабеля, шины, линия групповой связи |  |
| *Примечания:* | |
| 1. Допускается защитный проводник (PE) изображать тонкой штрихпунктирной линией |  |
| 2. При необходимости для линий групповой связи применяются утолщенные линии | |
| 3. При наличии текста к линии электрической связи, кабелю, шине или к линии групповой связи текст помещают: | |
| над линией |   |
| в разрыве линии | |
| в начале или конце линии |   |
| Графическое разветвление (слияние) линий электрической связи в линию групповой связи, разводка жил кабеля или проводов жгута |  |
| Графическое разветвление (слияние) линий групповой связи | |

*Продолжение табл. 2.1*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Пересечение линий электрической связи, линий групповой связи, электрически не соединенных проводов, кабелей, шин, электрически не связанных Линии должны пересекаться под углом 90° |   |
| Линия электрической связи с ответвлениями: | |
| с одним | |
| с двумя | |
| Линию электрической связи с одним ответвлением допускается изображать без точки | |
| Обрыв электрической связи<br>*Примечание.* На месте знака X указывают необходимые данные о продолжении линии на схеме. |   |
| Группа проводов, подключенных к одной точке электрического соединения: | |
| два провода |   |
| четыре провода | |
| более четырех проводов | |
| В однолинейном изображении группу линий электрической связи, состоящую из двух—четырех линий, допускается изображать | |
| группу из двух линий | |
| группу из трех линий | |
| группу из четырех линий | |
| Шина |  |
| Ответвление от шины |  |

*Окончание табл. 2.1*

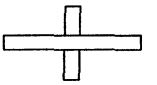
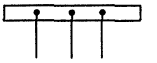
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Шины, графически пересекающиеся и электрически не соединенные |  |
| Отводы от шин |  |
| **Обозначение прочих квалифицирующих символов** | |
| Сопротивление: | |
| активное | |
| *реактивное* | |
| полное | |
| индуктивное реактивное | |
| емкостное реактивное | |
| **Идеальный источник:** | |
| тока | |
| напряжения | |

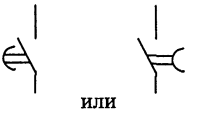
*Таблица 2.2.* **Выдержка из ГОСТ 2.755—87. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| **Квалифицирующие символы, поясняющие принципы работы коммутационных устройств** | |
| 1. Функция: | |
| контактора | |
| выключателя | |
| разъединителя |  |

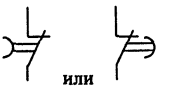
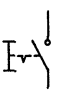
*Продолжение табл. 2.2*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| выключателя-разъединителя |  |
| 2. Автоматическое срабатывание | |
| 3. Функция путевого или концевого выключателя | |
| 4. Самовозврат | |
| 5. Отсутствие самовозврата | |
| 6. Дугогашение | |
| *Примечание.* Обозначения, приведенные в п.п. 1, 4—6 таблицы, помещают на неподвижных контакт-деталях, а обозначения — п.п. 2, 3 — на подвижных контакт-деталях | |
| Контакты коммутационного устройства | |
| замыкающий | |
| размыкающий | |
| переключающий | |
| переключающий с нейтральным центральным положением | |
| **Примеры построения обозначений контактных соединений** | |
| Контакт контактора | |
| замыкающий | |
| размыкающий | |

*Продолжение табл. 2.2*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| замыкающий дугогасительный | |
| размыкающий дугогасительный | |
| замыкающий с автоматическим срабатыванием | |
| Контакт: | |
| выключателя | |
| разъединителя | |
| выключателя-разъединителя | |
| Контакт концевого выключателя: | |
| замыкающий | |
| размыкающий | |
| Контакт замыкающий с замедлением, действующим: | |
| при срабатывании |   |

*Продолжение табл. 2.2*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| при возврате | |
| при срабатывании и возврате | |
| Контакт размыкающий с замедлением, действующим: | |
| при срабатывании | |
| при возврате |  |
| при срабатывании и возврате | |
| Контакт замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата, с размыканием и возвратом элемента управления: | |
| автоматически | |
| посредством вторичного нажатия кнопки | |
| посредством вытягивания кнопки |  |
| **Примеры построения обозначений контактов двухпозиционных коммутационных устройств** | |
| 1. Контакт замыкающий выключателя: | |
| однополюсного | |

*Окончание табл. 2.2*

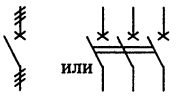
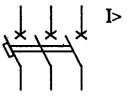
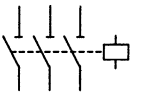
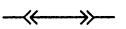
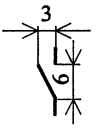
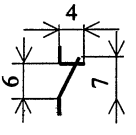
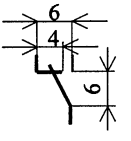
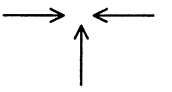
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| трехполюсного |   |
| трехполюсного с автоматическим срабатыванием максимального тока |   |
| 2. Разъединитель трехполюсный | |
| 3. Выключатель-разъединитель | |
| 4. Выключатель электромагнитный (реле) |  |
| 5. Перемычка коммутационная на размыкание |  |
| Размеры | |
| Контакт коммутационного устройства: | |
| замыкающий |   |
| размыкающий |   |
| переключающий |   |

*Таблица 2.3.* **Выдержка из ГОСТ 2.727—68. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Искровой промежуток | |
| двухэлектродный (общее обозначение) | |
| трехэлектродный |  |
| Разрядник (общее обозначение) | |
| *Примечание.* Если необходимо уточнить тип разрядника, то применяют следующие обозначения: | |
| разрядник вентильный и магнитовентильный | |
| разрядник шаровой |  |
| Предохранитель пробивной | |
| Предохранитель плавкий (общее обозначение) | |
| *Примечание.* Допускается в обозначении предохранителя указывать утолщенной линией сторону, которая остается под напряжением. | |
| Выключатель-предохранитель | |
| Разъединитель-предохранитель | |

*Окончание табл. 2.3*

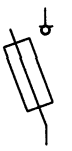
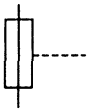
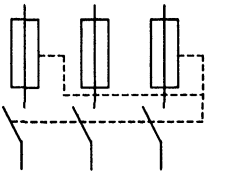
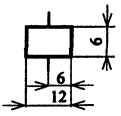
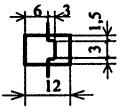
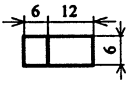
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Выключатель-разъединитель (с плавким предохранителем) |  |
| *Предохранитель плавкий ударного действия* |  |
| Выключатель трехфазный с автоматическим отключением любым из плавких предохранителей ударного действия |  |

*Таблица 2.4.* **Выдержка из (ГОСТ 2.756—76, ГОСТ 2.767—89). Обозначения условные графические в электрических схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств. Реле защиты**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| **Воспринимающая часть электромеханических устройств** | |
| Катушка электромеханического устройства: | |
| общее обозначение | |
| *Примечание.* Выводы катушки допускается изображать с одной стороны. | |
| с одной обмоткой | |
| трехфазного тока | |
| Катушка электромеханического устройства с дополнительным графическим полем | |
| Катушка электромеханического устройства с указанием вида обмотки: | |
| обмотка тока | |

*Продолжение табл. 2.4*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| обмотка напряжения | |
| обмотка максимального тока | |
| обмотка минимального напряжения | |
| Катушка поляризованного реле | |
| Воспринимающая часть электротеплового реле | |
| Размеры | |
| Катушка электромеханического реле |   |
| Воспринимающая часть электротеплового реле |   |
| Катушка электромеханического устройства с дополнительным полем |   |
| **Реле защиты, комплект реле** | |
| Общее обозначение | |

*Примечания:*

*1. Звездочку заменяют одним или более квалифицирующим символом, характеризующим вид реле (комплекта реле), помещенным в следующей последовательности: техническая характеристика измерительного реле и вид ее изменения, направление энергии, диапазон уставок, срабатывание с выдержкой времени. Допускается помещать диапазоны уставок и (или) другие данные вне прямоугольника.*

*2. Общее обозначение можно дополнить цифрой, определяющей число измерительных элементов.*

*3. Высота обозначения зависит от объема информации, определяющей вид реле или комплект реле.*

*4. Поле прямоугольника допускается разделять горизонтальными линиями на поля, содержащие информацию, касающуюся отдельных реле (элементов), комплекта реле.*

*5. Квалифицирующие символы приведены в ГОСТ 2.767—89*

*Окончание табл. 2.4*

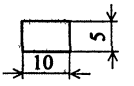
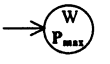
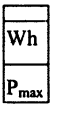
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Примеры условных графических обозначений: | |
| реле максимального тока | I> |
| реле максимального тока с выдержкой времени | I> или I> |
| реле максимального тока с зависимой от тока выдержкой времени | I> |
| реле токовой отсечки | I » |
| реле, срабатывающее в определенном диапазоне тока | <I< |
| реле максимального напряжения | U> |
| реле минимального напряжения | U< |
| реле нулевое (срабатывающее при потере напряжения) | U=0 |
| реле симметричных составляющих | $I_1$ $I_2$ $I_3$ |
| реле тока, срабатывающее при замыкании на землю | $I_{\overline{=}}$ |
| реле активной мощности | P |
| реле сопротивления | Z |
| комплект реле: реле максимального тока, реле минимального напряжения, реле времени с независимой от тока выдержкой времени | I> U< |
| Размеры |   |

*Таблица 2.5.* **Выдержка из ГОСТ 2.729—68 Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Прибор электроизмерительный | |
| показывающий | |
| регистрирующий | |
| интегрирующий (например, счетчик электрической энергии) | |
| *Примечания:*<br>1. При необходимости изображения нестандартизованных электроизмерительных приборов следует использовать сочетания соответствующих основных обозначений, например, комбинированный прибор (показывающий и регистрирующий).<br>2. Для указания назначения электроизмерительного прибора в его обозначение вписывают условные графические обозначения, установленные ЕСКД, а также буквенные обозначения единиц измерения или измеряемых единиц, которые помещают внутри графического обозначения электроизмерительного прибора | |
| Обозначения приборов | |
| Амперметр | A |
| Вольтметр | V |
| Вольтметр дифференциальный | ΔV |
| Вольтамперметр | VA |
| Ваттметр | W |
| Ваттметр суммирующий | ΣW |
| Варметр | var |
| Микроамперметр | μA |
| Миллиамперметр | mA |
| Милливольтметр | mV |
| Омметр | Ω |
| Мегометр | MΩ |
| Частотометр | Hz |

*Продолжение табл. 2.5*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Волнометр | V |
| Фазометр: | |
| измеряющий сдвиг фаз | $\varphi$ |
| измеряющий коэффициент мощности | $\cos\varphi$ |
| счетчик ампер-часов | Ah |
| счетчик ватт-часов | Wh |
| счетчик вольт-ампер-часов реактивный | varh |
| термометр, пирометр | $t°$ |
| индикатор полярности | $\pm$ |
| *Примечание.* В обозначения электроизмерительных приборов допускается вписывать необходимые данные согласно действующим стандартам на электроизмерительные приборы. | |
| Самопишущий комбинированный ваттметр и варметр | |
| Индикатор максимальной активной мощности, имеющий обратную связь с ваттметром |   |
| Счетчик времени | |
| Счетчик ватт-часов, измеряющий энергию, передаваемую в одном направлении | |
| Счетчик ватт-часов с регистрацией максимальной активной мощности |   |
| *Примечание.* При изображении обмоток измерительных приборов разнесенным способом используют следующие обозначения: | |
| токовая | |
| напряжения | |

*Окончание табл. 2.5*

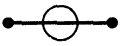
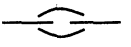
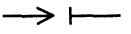
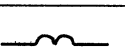
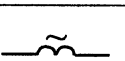
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| **Обмотки в схемах измерительных приборов, отражающих их взаимное расположение в измерительном механизме:** | |
| *обмотка токовая* |  |
| обмотка напряжения |  |
| Примеры | |
| Механизм измерительный: | |
| амперметр однообмоточный |  |
| вольтметр однообмоточный | |
| ваттметр однофазный | |
| ваттметр трехфазный одноэлементный с двумя токовыми обмотками | |
| *Примечание.* Выводные контакты обмоток допускается не изображать, если это не приводит к недоразумению. | |

*Таблица 2.6.* **Выдержка из ГОСТ 2.745—68*. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| **Способы нагрева.** | |
| дуговой |  |
| плазменный |  |
| электронный | |
| сопротивлением | |
| смешанный (дуговой и сопротивлением) | |

*Продолжение табл. 2.6*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| индукционный |  |
| *Примечание.* Если необходимо указать род тока, используют обозначение по ГОСТ 2.721—74, например, индукционный, током повышенной частоты. |  |
| **Установка электротермическая** (общее обозначение) | |
| **Устройство электротермическое с камерой нагрева.** Промышленная печь | |
| **Устройство электротермическое без камеры нагрева** Электронагреватель | |
| Электронагреватель: | |
| прямого нагрева | |
| косвенного нагрева | |
| Электропечь промышленная. | |
| прямого нагрева | |
| косвенного нагрева | |
| **Примеры обозначений промышленных печей и электронагревателей** | |
| Электропечь сопротивления (общее обозначение) | |
| Электронагреватель сопротивления (общее обозначение) | |
| Электропечь электродная (общее обозначение) | |
| Электропечь дуговая (общее обозначение) | |

*Окончание табл. 2.6*

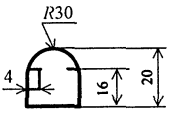
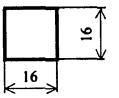
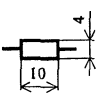
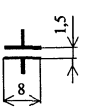
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Размеры | |
| Установка электротермическая |   |
| Электронагреватель |   |

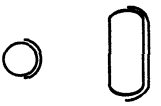
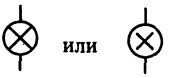
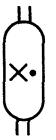
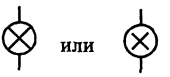
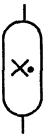
*Таблица 2.7.* **Выдержка из ГОСТ 2.728—74*, 2.726—68, 2.732—68*. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы, токосъемники. Источники электрохимические**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| **Резисторы, конденсаторы** | |
| Резистор постоянный | |
| Резистор переменный<br><br>*Примечания:*<br>1. Стрелкой обозначается подвижный контакт<br>2. Неиспользованный вывод допускается не изображать | |
| Конденсатор постоянной мощности | |
| *Примечание.* Для указания поляризованного конденсатора используют обозначение | |
| Размеры | |
| Резистор |   |
| Конденсатор |   |
| ***Токосъемники*** | |
| Токосъемник троллейный | |

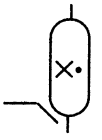
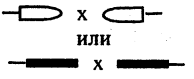
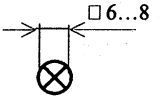
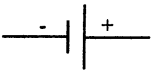
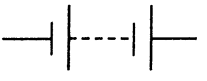
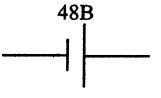
*Продолжение табл. 2.7*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Токосъемник кольцевой | |
| *Примечание* Допускается использовать следующее обозначение | |
| **Источники света** | |
| Обозначение элементов источников света | |
| **Излучение:** | |
| видимое | X |
| ультрафиолетовое | $X^{UV}$ |
| инфракрасное | $X^{IR}$ |
| Давление: | |
| низкое | |
| высокое | |
| сверхвысокое | |
| Излучение импульсное | |
| Газовое наполнение: | |
| неон | Ne |
| ксенон | Xe |
| натрий | Na |
| ртуть | Hg |
| йод | I |
| Баллон: | |
| с внутренним отражающим слоем | или |

*Продолжение табл. 2.7*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| с внешним отражающим слоем |  |
| Дуговой электрод | |
| **Примеры построения источников света** | |
| Лампа накаливания осветительная и сигнальная |  |
| *Примечание.* Если необходимо указывать цвет лампы, допустимо использовать следующие обозначения: С2 — красный; С4 — желтый; С5 — зеленый; С6 — синий; С9 — белый. | |
| Лампы газоразрядная осветительная и сигнальная (общее обозначение): | |
| с двумя выводами | |
| с четырьмя выводами |  |
| Лампа накаливания осветительная и сигнальная |  |
| *Примечание.* Если необходимо указывать цвет лампы, допустимо использовать следующие обозначения: С2 — красный; С4 — желтый; С5 — зеленый; С6 — синий; С9 — белый. | |
| Лампы газоразрядная осветительная и сигнальная (общее обозначение): | |
| с двумя выводами |  |

*Окончание табл. 2.7*

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| с четырьмя выводами | |
| Лампа газоразрядная низкого давления безэлектродная |  |
| Лампа дуговая, электроды соосны |  |
| Размеры условного графического обозначения лампы накаливания |  |
| **Источники тока электрохимические** | |
| Элемент гальванический или аккумуляторный<br><br>*Примечание.* Допускается знаки полярности не указывать. |  |
| Батарея из гальванических элементов<br><br>*Примечание.* Батарею из гальванических элементов допускается обозначать так же, как гальванический элемент. При этом над обозначением проставляют значения напряжения батареи, например напряжение 48 В. |  <br>  |

## Условные графические обозначения электрических машин, катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов и автотрансформаторов

В стандартах ЕСКД устанавливаются три способа построения условных графических обозначений для электрических машин, трансформаторов и автотрансформаторов:

- упрощенный однолинейный;
- упрощенный многолинейный (форма 1);
- развернутый (форма 2).

В упрощенных однолинейных обозначениях **электрических машин** обмотки статора и ротора обозначаются в виде окружностей. Выводы обмоток статора и ротора показывают одной линией с указанием на ней числа выводов в соответствии с ГОСТ 2.721—74.

В упрощенных многолинейных обозначениях обмотки статора и ротора изображают аналогично упрощенным однолинейным обозначениям, показывая выводы обмотки статора и ротора.

В развернутых обозначениях обмотки статора и ротора изображают в виде цепочек полуокружностей, а обмотки ротора — в виде окружностей (и наоборот).

Взаимное расположение обмоток изображают:

- в машинах переменного тока — с учетом или без учета сдвига фаз;
- в машинах постоянного тока — с учетом или без учета направления магнитного поля, создаваемого обмоткой.

В упрощенных однолинейных обозначениях **трансформаторов и автотрансформаторов** обмотки изображают в виде окружностей (рис. 3.1, *а*). Выводы обмотки показывают одной линией с указанием на ней числа выводов в соответствии с ГОСТ 2.721—74*.

В автотрансформаторах сторону высшего напряжения изображают в виде разомкнутой дуги (рис. 3.1, *б*).

В упрощенных многолинейных обозначениях обмотки трансформаторов и автотрансформаторов изображают аналогично упрощенным однолинейным обозначениям, показывая выводы обмоток.

В развернутых обозначениях обмотки трансформаторов и автотрансформаторов изображают в виде цепочек полуокружностей.

Обозначения элементов **электрических машин**, примеры построения обозначений по формам 1 и 2, размеры основных элементов приведены в табл. 3.1.

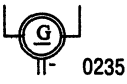
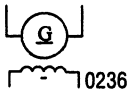
Обозначения катушек индуктивности, дросселей, элементов трансформаторов, автотрансформаторов, примеры построения обозначений по формам 1 и 2 в соответствии с ГОСТ 2.723—68* приведены в табл. 3.2.

*Таблица 3.1.* **Выдержка из ГОСТ 2.722—68*. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Обмотка компенсационная | |
| Обмотка статора (каждой фазы) машины переменного тока, обмотка последовательного возбуждения машины постоянного тока | |
| Обмотка параллельного возбуждения машины постоянного тока, обмотка независимого возбуждения | |
| Статор, обмотка статора (общее обозначение) | |
| Ротор (общее обозначение) | |
| Машина электрическая (общее обозначение)<br><br>*Примечание.* Внутри окружности допускается указывать следующие данные: род машин (генератор — G, двигатель — M, генератор синхронный — GS, двигатель синхронный — MS, сельсин — ZZ, преобразователь — C); род тока, число фаз или вид соединения обмоток в соответствии с требованиями ГОСТ 2.721—74*.<br><br>Например: | |
| генератор трехфазный | |
| двигатель трехфазный с соединением обмоток статора в звезду | |
| машина, которая может работать как генератор и как двигатель | |
| Машины, связанные механически | |

*Продолжение табл. 3.1*

**Примеры построения обозначений электрических машин**

| Наименование | Обозначение | |
|---|---|---|
| | Форма 1 | Форма 2 |
| Машина постоянного тока с независимым возбуждением |   |   |
| Машина постоянного тока с последовательным возбуждением | | |
| Машина постоянного тока с параллельным возбуждением | | |
| Машина постоянного тока со смешанным возбуждением | | |
| Двигатель асинхронный с фазным ротором (общее обозначение) | | — |
| Двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором (общее обозначение) | | — |
| Двигатель асинхронный трехфазный, соединенный в треугольник, с короткозамкнутым ротором | | — |
| Двигатель асинхронный однофазный с короткозамкнутым ротором (общее обозначение) | | — |
| Генератор (GS) или двигатель (MS) синхронный, однофазный | | |
| Генератор (GS) или двигатель (MS) синхронный трехфазный с обмотками, соединенными в звезду, с выведенной нейтральной (средней) точкой | | |

*Окончание табл. 3.1*

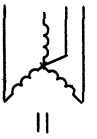
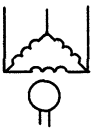
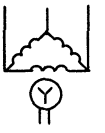
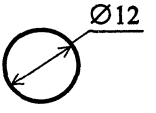
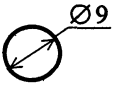
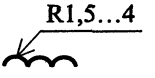
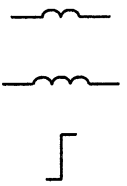
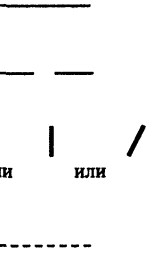
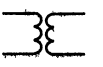
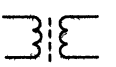
| Наименование | Обозначение | |
|---|---|---|
| | Форма 1 | Форма 2 |
| Машина синхронная трехфазная явнополюсная с обмоткой возбуждения на роторе, обмотка статора соединена в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой | |  |
| Машина синхронная трехфазная неявнополюсная с обмоткой возбуждения на роторе, обмотка статора соединена в треугольник | |  |
| Машина асинхронная трехфазная с фазным ротором, обмотка которого соединена в звезду, обмотка статора соединена в треугольник | |  |
| Размеры | | |
| Статор |  | |
| Ротор |  | |
| Обмотка |  | |

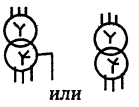
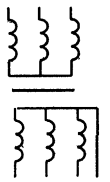
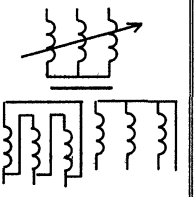
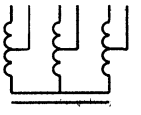
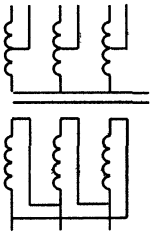
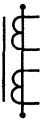
*Таблица 3.2.* **Выдержки из ГОСТ 2.723—68*. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы, магнитные усилители**

| Наименование | Обозначение | |
|---|---|---|
| | Форма 1 | Форма 2 |
| Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дросселя, магнитного усилителя | | |

*Продолжение табл. 3.2*

| Наименование | Обозначение | |
|---|---|---|
| | Форма 1 | Форма 2 |
| *Примечания:*<br>1. Число полуокружностей в изображении обмотки и направление выводов не устанавливаются.<br>2. При изображении магнитных усилителей, трансдукторов разнесенным способом используются следующие обозначения<br>рабочая обмотка<br>управляющая обмотка<br>магнитопровод | |  |
| 3. Для указания начала обмотки используется точка | | |
| Магнитопровод:<br>ферромагнитный<br>ферромагнитный с воздушным зазором<br>ферритовый (изображают толстой линией)<br>магнитодиэлектрический | |  |
| *Примечание* Число штрихов в обозначении магнитопровода не устанавливается | | |
| Катушка индуктивности | | |
| Реактор. Обозначение устанавливается для схем энергоснабжения | | |
| Дроссель с ферромагнитным магнитопроводом | | |
| Трансформатор без магнитопровода | |  |
| Трансформатор с магнитодиэлектрическим магнитопроводом | |  |

*Продолжение табл. 3.2*

| Наименование | Обозначение | |
|---|---|---|
| | Форма 1 | Форма 2 |
| Трансформатор трехфазный с ферромагнитным магнитопроводом с соединением обмоток звезда—звезда с выведенной нейтральной (средней) точкой |   |  |
| Трансформатор трехфазный трехобмоточный с ферромагнитным магнитопроводом с соединением обмоток звезда с регулированием под нагрузкой — треугольник — звезда с выведенной нейтралью | |  |
| Автотрансформатор однофазный с регулированием напряжения | | |
| Автотрансформатор трехфазный с ферромагнитным магнитопроводом с соединением обмоток в звезду | |  |
| Автотрансформатор трехфазный с ферромагнитным магнитопроводом с соединением обмоток в звезду с выведенной нейтралью и третичной обмоткой, соединенной в треугольник | |  |
| Трансформатор тока: | | |
| с одной вторичной обмоткой | | |
| с одним магнитопроводом и двумя вторичными обмотками | |  |

*Окончание табл. 3.2*

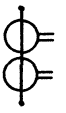
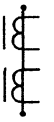
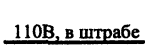
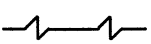
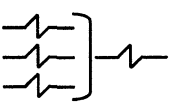
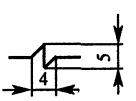
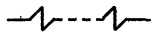
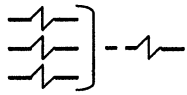
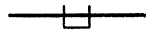
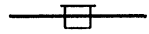
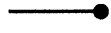
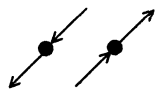
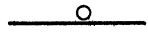
| Наименование | Обозначение | |
|---|---|---|
| | Форма 1 | Форма 2 |
| с двумя магнитопроводами и двумя вторичными обмотками |  |  |
| Трансформатор напряжения измерительный | | |
| Трансформатор напряжения измерительный с двумя вторичными обмотками | | |

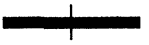
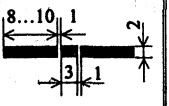
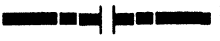
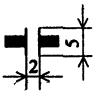
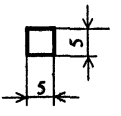
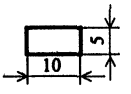
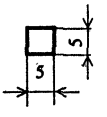
*Таблица 4.1.* **Выдержка из ГОСТ 21.614—88. Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах**

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| **Линии проводок и токопроводов** | | |
| *Линия проводки (общее изображение)*<br><br>Допускается:<br>указывать над изображением линии данные проводки (род тока, напряжение, материал, способ прокладки, отметка проводки и т. п.;<br>количество проводников в линии указывать засечками |  | Толщина 1,0 |
| Примеры<br><br>цепь постоянного тока напряжением 110 В<br><br>линия, состоящая из трех проводников |  <br> | То же |
| Линия цепей управления |  | |
| Линия сети аварийного эвакуационного и охранного освещения |  | |
| Линия напряжением 35 В и ниже |  | |
| Линия заземления и зануления |  | |
| Заземлители |  | |
| Металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления |  | |
| ***Прокладка проводов и кабелей*** | | |
| Открытая прокладка одного проводника |  | Толщина 1,0 |
| Открытая прокладка нескольких проводников |  |  |

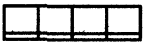
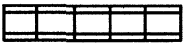
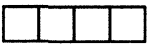
*Продолжение табл. 4.1*

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| Открытая прокладка одного проводника под перекрытием |  | |
| Открытая прокладка нескольких проводников под перекрытием |  | |
| Прокладка на тросе и его концевое крепление | | |
| Прокладка в лотке |  | |
| Проводка в коробе |  | |
| Конец проводки кабеля |  | Диаметр 2,5 |
| **Вертикальная проводка** | | |
| Проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметки | | |
| Проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки | | |
| Проводка пересекает отметку, изображенную на плане, сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана |  | |
| Проводка в трубах (общее изображение) |  | |
| Проводка в патрубке через стену | | |
| То же, сквозь перекрытие |  | |
| Прокладка шин и шинопроводов (общее изображение) | | Толщина 2,0 |
| Шина, проложенная на изоляторах | | Диаметр 5,0 |

*Продолжение табл. 4.1*

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| Шины или шинопровод на стойках | | Диаметр 4,0 |
| То же на подвесах | | |
| То же на кронштейнах |  | |
| Троллейная линия | |   |
| Секционирование троллейной линии |  |   |
| Компенсатор шинный | | Радиус 2,5 |
| **Коробки, щитки, ящики с аппаратурой, шкафы, щиты, пульты** | | |
| Коробка ответвительная | | Диаметр 5,0 |
| Коробка вводная | |   |
| Щиток магистральный рабочего освещения | | |
| Щиток групповой рабочего освещения | |   |
| Щиток групповой аварийного освещения | | |
| Ящик с аппаратурой | |   |
| Шкаф, панель, пульт, щиток одностороннего обслуживания, пост местного управления | | |

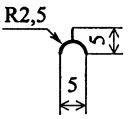
*Продолжение табл. 4.1*

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| Шкаф, панель двухстороннего обслуживания | | |
| Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей одностороннего обслуживания. Пример: щит из четырех шкафов |  | |
| Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей двухстороннего обслуживания. Пример щит из пяти шкафов |  | |
| Щит открытый. Пример, щит из четырех панелей управления |  | |
| **Выключатели, переключатели и штепсельные розетки** | | |
| Выключатель (общее обозначение) | | Диаметр 2,0 |
| Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23: | | |
| однополюсный | | То же |
| однополюсный сдвоенный | | » » |
| однополюсный строенный | | » » |
| двухполюсный | | » » |
| трехполюсный | | » » |
| Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23: | | |
| однополюсный | | Диаметр 2,0 |
| однополюсный сдвоенный | | То же |
| однополюсный строенный | | » » |

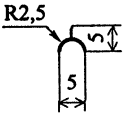
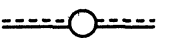
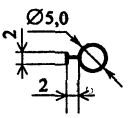
*Продолжение табл. 4.1*

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| двухполюсный | | » » |
| Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP44 до IP55: | | |
| однополюсный | | Диаметр 2,0 |
| двухполюсный | | То же |
| трехполюсный | | » » |
| Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP20 до IP23: | | |
| однополюсный | | » » |
| двухполюсный | | » » |
| трехполюсный | | » » |
| Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP44 до IP55: | | |
| однополюсный | | » » |
| двухполюсный | | » » |
| трехполюсный | | » » |

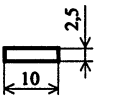
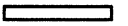
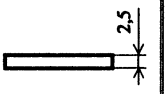
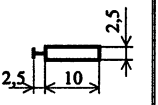
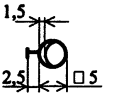
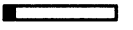
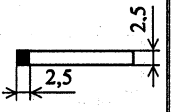
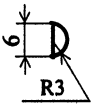
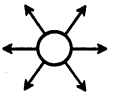
*Продолжение табл. 4.1*

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| Штепсельная розетка (общее изображение) | |   |
| Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23: | | |
| двухполюсная | | То же |
| двухполюсная сдвоенная | | » » |
| двухполюсная с защитным контактом | | » » |
| трехполюсная с защитным контактом | | » » |
| Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23: | | |
| двухполюсная | | » » |
| двухполюсная сдвоенная | | » » |
| двухполюсная с защитным контактом | | » » |
| трехполюсная с защитным контактом | | » » |
| Штепсельная розетка со степенью защиты от IP44 до IP55 | | |
| двухполюсная | | » » |
| двухполюсная с защитным контактом | | » » |
| трехполюсная с защитным контактом | | » » |
| Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23 | | |
| один выключатель и штепсельная розетка | | » » |
| два выключателя и штепсельная розетка | | » » |

*Продолжение табл. 4.1*

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| три выключателя и штепсельная розетка | |   |
| Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23: | | |
| один выключатель и штепсельная розетка | | То же |
| два выключателя и штепсельная розетка | | » » |
| три выключателя и штепсельная розетка | | » » |
| **Светильники и прожектора при раздельном изображении на плане оборудования и электрических сетей** | | |
| Светильник с лампой накаливания. Общее обозначение | | |
| Светильник с люминесцентной лампой (общее обозначение) | | |
| Светильник с разрядной лампой высокого давления | | |
| Прожектор, например, с лампой накаливания (общее изображение) | | |
| Светильник с лампой накаливания для аварийного освещения | | |
| Светильник с люминесцентной лампой для аварийного освещения | | |
| Светильник с лампой накаливания для специального освещения (световой указатель), например, для запасного выхода | | |
| **Светильники и прожектора при совмещенном изображении на плане оборудования и электрических сетей** | | |
| Светильник с лампой накаливания (общее изображение) | | Диаметр 5,0 |
| Светильник с лампой накаливания на тросе |  | То же |
| То же на кронштейне, на стене здания, сооружения для наружного освещения |  |   |

*Продолжение табл. 4.1*

| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| Светильник с люминесцентными лампами.<br>*Примечание.* Допускается светильник с люминесцентными лампами изображать в масштабе чертежа. | |  |
| Светильник с люминесцентными лампами, установленными в линию |  |  |
| Светильник с люминесцентной лампой на кронштейне для наружного освещения | |  |
| Светильник с разрядной лампой высокого давления на кронштейне для наружного освещения | |  |
| Светильник с разрядной лампой высокого давления на опоре для наружного освещения | | То же |
| Люстра | | » » |
| Светильник-световод щелевой |  |  |
| Прожектор | | |
| Группа прожекторов с направлением оптической оси в одну сторону | |  |
| Группа прожекторов с направлением оптической оси во все стороны |  | Диаметр 6,0 |
| **Аппараты контроля и управления** | | |
| Устройство пусковое для электродвигателей (общее изображение) | | |
| Магнитный пускатель | | |

*Окончание табл. 4.1*

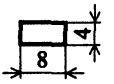
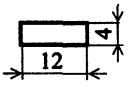
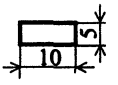
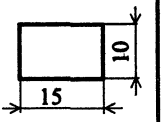
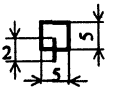
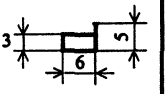
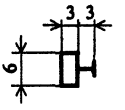
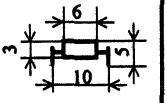
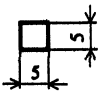
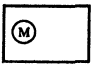
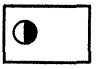
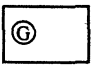
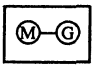
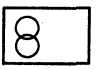
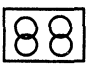
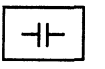
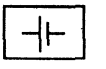
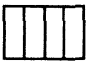
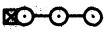
| Наименование | Изображение | Размер, мм |
|---|---|---|
| Автоматический выключатель | | |
| Пост кнопочный: | | |
| на одну кнопку | | |
| на две кнопки | |   |
| на три кнопки | |   |
| с двумя светящимися кнопками | |   |
| на две кнопки с двумя сигнальными лампами | |   |
| Переключатель управления | |   |
| Выключатель путевой | |   |
| *Командоаппарат, командоконтроллер*: | | |
| с ручным приводом | |   |
| с ножным приводом | |   |
| Тормоз | |   |

*Таблица 4.2.* **Выдержки из ГОСТ 21.614—88. Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах**

| Наименование | Изображение |
|---|---|
| **Электротехнические устройства и электроприемники** | |
| Устройство электротехническое (общее обозначение) | |
| Устройство электрическое, например, с электродвигателем |  |
| Устройство с многодвигательным электроприводом |  |
| Устройство с генератором |  |
| Двигатель-генератор |  |
| Комплектное трансформаторное устройство с одним трансформатором<br>*Примечание.* Допускается трансформатор малой мощности изображать без прямоугольного контура. |  |
| То же с несколькими трансформаторами |  |
| Установка комплектная конденсаторная |  |
| Установка комплектная преобразовательная | |
| Аккумуляторная батарея |  |
| Устройство электронагревательное (общее обозначение) |  |
| **Электрооборудование открытых распределительных устройств** | |
| Силовой трансформатор: | |
| масляный с расширительным баком | |
| масляный без расширительного бака | |

*Окончание табл. 4.2*

| Наименование | Изображение |
|---|---|
| Масляный выключатель, напряжением: | |
| 6—10 кВ | |
| 35 кВ | |
| 110—220 кВ |  |
| Разъединитель, отделитель напряжением 35; 110; 220 кВ | |
| Короткозамыкатель, заземлитель напряжением 35; 110; 220 кВ | |
| Автоматический быстродействующий выключатель | |
| Бетонный реактор | |

## Некоторые положения правил оформления генеральных планов производственного назначения, генеральных планов жилищно-гражданских объектов, планов зданий, сооружений, помещений

Генеральные планы, планы зданий, сооружений, помещений выполняют в соответствии с ГОСТ 21.101—97; ГОСТ 21.204—93; ГОСТ 21.501—93; ГОСТ 21.508—93 и др.

На генеральном плане указывают и наносят:

- строительную геодезическую сетку;
- условную границу территории или ограждения с воротами и калитками;
- здания и сооружения, в том числе коммуникационные эстакады;
- площадки производственные и складские;
- автомобильные дороги и площадки с дорожным покрытием;
- железнодорожные пути;
- элементы благоустройства (тротуары, площадки спортивные и т. д.);
- элементы и сооружения планировочного рельефа;
- водоотводные сооружения;
- указатель направления на север стрелкой с буквой «С» у острия в левом верхнем углу листа.

Здания и сооружения на плане наносят в масштабе чертежа с указанием проемов ворот и дверей, крайних осей, координат осей ворот. Внутри контура здания (сооружения) указывают номер здания (сооружения) в нижнем правом углу.

Контуры проектируемых зданий и сооружений наносят на план по архитектурно-строительным рабочим чертежам, принимая координационные оси зданий и сооружений совмещенными с внутренними гранями стен.

Планы рабочих чертежей выполняют в масштабах 1:500 или 1:1000, фрагменты планов — 1:200. Размеры, координаты и высотные отметки указывают в метрах с точностью до двух знаков после запятой.

Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта выполняют по ГОСТ 21.204—93.

На генеральных планах производственного назначения приводят *экспликацию зданий и сооружений* (табл. 5.1); для генеральных планов жилищно-гражданских объектов приводят *ведомость жилых и общественных зданий и сооружений* (табл. 5.2).

В ведомости жилых и общественных зданий и сооружений указывают:

- в графе «Номер на плане» — номер здания, сооружения;
- в графе «Наименование» — наименование здания, сооружения с указанием обозначения индивидуального или типового проекта;
- в остальных графах — данные в соответствии с их наименованием.

*Таблица 5.1.* **Пример оформления экспликации зданий и сооружений**

| Номер на плане | Наименование | Координаты квадрата сетки |
|---|---|---|
| 1 | Вспомогательный корпус | 5А;1Б |
| 2 | Производственный корпус | 2А; 3Б |
| 3 | Резервуар для воды | 16А; 7Б |
| 4 | Столовая | 12А; 4Б |

*Таблица 5.2.* **Форма ведомости жилых и общественных зданий и сооружений**

| Номер на плане | Наименование и обозначение | Этажность | Число | | | Площадь, м | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Зданий | Квартир | | Застройки | | Общая нормируемая | |
| | | | | Зданий | Всего | Здания | Всего | Здания | Всего |

Пример оформления ведомости жилых и общественных зданий и сооружений приведен в табл. 5.3.

*Таблица 5.3.* **Пример оформления ведомости жилых и общественных зданий**

| Номер на плане | Наименование и обозначение | Этажность | Число | | | Площадь, м | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Здания | Квартир | | Застройки | | Общая нормируемая | |
| | | | | Здания | Всего | Здания | Всего | Здания | Всего |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

На плане здания, сооружения, помещения указывают и наносят:

- координационные оси здания (сооружения);
- размеры, определяющие расстояние между координационными осями;
- линии разрезов (линии разрезов проводят, как правило, с таким расчетом, чтобы в разрез попадали проемы окон, наружных ворот и дверей);
- позиции (марки) элементов здания (сооружения);

- обозначения узлов и фрагментов планов;
- наименования помещений (технологических участков), их площади, категории по взрыво- и пожарной опасности (кроме жилых зданий);
- границы зон передвижения технологических кранов.

Каждому зданию или сооружению присваивают самостоятельную систему координационных осей.

Координационные оси наносят штрихпунктирными линиями с длинными штрихами, обозначают арабскими цифрами и прописными буквами русского алфавита (за исключением букв: Е, З, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ, Ы, Ь) в кружках диаметром 6—12 мм. Пропуски в цифровых и буквенных обозначениях, кроме указанных, не допускаются.

Цифрами обозначают координационные оси по стороне здания и сооружения с большим числом осей. Если для обозначения координационных осей не хватает букв алфавита, последующие оси обозначают двумя буквами.

Последовательность цифровых и буквенных обозначений координационных осей принимают по плану слева направо и сверху вниз.

Обозначения координационных осей, как правило, наносят по левой и нижней сторонам плана здания и сооружения.

Для отдельных элементов, расположенных между координационными осями основных несущих конструкций, наносят дополнительные оси и обозначают их в виде дроби, в числителе которой указывают обозначение предшествующей координационной оси, а в знаменателе — дополнительный порядковый номер в пределах участка между смежными координационными осями в соответствии с рис. 5.1.

**Отметки уровней** (высоты, глубины) элементов конструкций, оборудования и другое от уровня отсчета (условной «нулевой» отметки) ука-

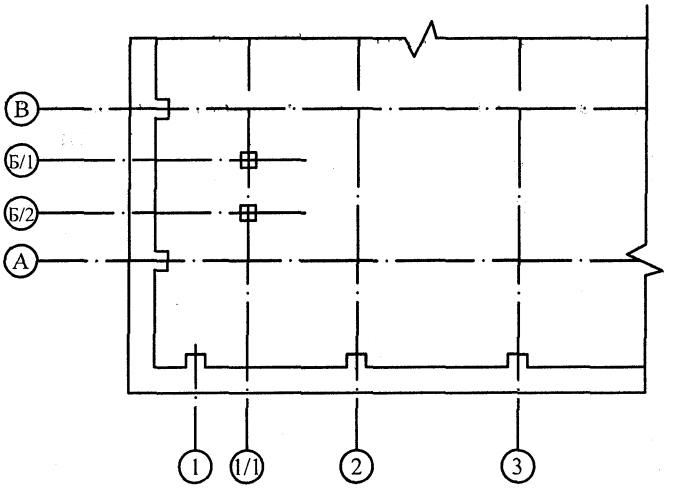



**Рис. 5.1**

зывают в метрах с тремя десятичными знаками (для генеральных планов — с двумя), отделенными от целого числа запятой.

«Нулевую» отметку, принимаемую, как правило, для поверхности какого-либо элемента конструкций здания или сооружения, расположенного вблизи планировочной поверхности, указывают без знака; отметки выше нулевой — со знаком «+», ниже нулевой — со знаком «–».

На планах отметки наносят в прямоугольнике в соответствии с рис. 5.2, за исключением случаев, оговоренных в соответствующих стандартах.

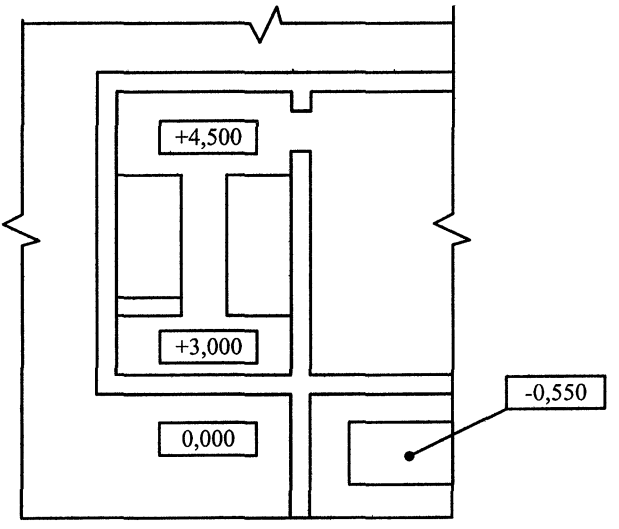



**Рис. 5.2**

Если планы этажей многоэтажного здания имеют небольшие отличия друг от друга, то полностью выполняют план одного из этажей, для других этажей выполняют только те части плана, которые необходимы для показа отличия от плана, изображенного полностью. В названиях планов этажей здания и сооружения указывают отметку чистого пола этажа, номер этажа или обозначение секущей плоскости, например:

- план на отм. 0,000;
- план 2—9 этажей;
- план 3—3.

## Перечень стандартов ЕСКД и СПДС

ГОСТ 2.004—88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.104—68*. ЕСКД. Основные надписи.

ГОСТ 2.105—95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.109—73*. ЕСКД. Основные требования к чертежам.

ГОСТ 2.301—68*. ЕСКД. Форматы.

ГОСТ 2.303—68*. ЕСКД. Линии.

ГОСТ 2.304—81*. ЕСКД. Шрифты чертежные.

ГОСТ 2.316—68*. ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

ГОСТ 2.414—75*. ЕСКД. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов.

ГОСТ 2.415—68*. ЕСКД. Правила выполнения чертежей изделий с электрическими обмотками.

ГОСТ 2.416—68*. ЕСКД. Условные изображения сердечников магнитопроводов.

ГОСТ 2.701—84*. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ 2.702—75*. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

ГОСТ 2.705—70. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками.

ГОСТ 2.709—89. ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.

ГОСТ 2.710—81*. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

ГОСТ 2.721—74*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

ГОСТ 2.722—68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.

ГОСТ 2.723—68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.

ГОСТ 2.726—68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Токосъемники.

ГОСТ 2.727—68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители.

ГОСТ 2.728—74*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

ГОСТ 2.729—68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные.

ГОСТ 2.730—73*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.

ГОСТ 2.731—81*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные.

ГОСТ 2.732—68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.

ГОСТ 2.745—68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические.

ГОСТ 2.747—68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.

ГОСТ 2.755—87. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.

ГОСТ 2.756—76*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.

ГОСТ 2.767—89*. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты.

ГОСТ 2.768—90. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические.

ГОСТ 21.101—97. СПДС. Основные требования к рабочей документации.

ГОСТ 21.110—95. СПДС. Правила выполнения спецификации оборудования, изделий, материалов.

ГОСТ 21.112—87. СПДС. Подъемно-транспортное оборудование. Условные изображения.

ГОСТ 21.204—93. СПДС. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта.

ГОСТ 21.205—93. СПДС. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем.

ГОСТ 21.206—93. СПДС. Условные обозначения трубопроводов.

ГОСТ 21.403—80. СПДС. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое.

ГОСТ 21.404—85. СПДС. Автоматизация технологических процессов.

ГОСТ 21.501—93. СПДС. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей.

ГОСТ 21.508—93. СПДС. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов.

ГОСТ 21.601—79*. СПДС. Водопровод и канализация. Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.602—79*. СПДС. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.605—82*. СПДС. Сети тепловые (теплотехническая часть). Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.607—82. СПДС. Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.608—84. СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.609—93. СПДС. Газоснабжение. Внутренние устройства. Рабочие чертежи

ГОСТ 21.611—85. СПДС. Централизованное управление энергоснабжением. Условные графические и буквенные обозначения вида и содержания информации.

ГОСТ 21.613—88. СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи.

ГОСТ 21.614—88. СПДС. Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

# Литература


1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. 6-е изд., перераб. и доп. Красноярск, 1998. 658 с.

2. Правила устройства электроустановок. Раздел 6. Электрическое освещение.

Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Глава 7.1. Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий. Глава 7.2. Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений. 7-е изд. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999. 80 с.

3. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. СПб.: ДЕАН, 2002. 176 с.

4. *Фишман В. С.* О преодолении негативных тенденций в системах электроснабжения. Промышленная энергетика. 2000. № 10.

5. Нормы технологического проектирования по проектированию промышленных предприятий. Электроснабжение. М.: Тяжпромэлектропроект, 1994. 67 с.

6. *Федоров А. А., Каменева В. В.* Основы электроснабжения промышленных предприятий. Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1979. 408 с.

7. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. (Электроустановки промышленных предприятий / Под общей ред. Ю. Н. Тищенко и др.) М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с.

8. *Мукосеев Ю. Л.* Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. М.: Энергия, 1973 г. 584 с.

9. *Кудрин Б. И.* Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995.

10. Справочник по проектированию подстанций 35—500 кВ / Под ред. Рокотяна С. С. и Самойлова Я. С. М.: Энергоатомиздат, 1982.

11. *Файбисович Д. Л.* Некоторые вопросы использования воздушных и кабельных линий за рубежом. Электрические станции. 1999. № 12.

12. *Карякин Р. Н.* Заземляющие устройства электроустановок. Справочник. М.: ЗАО Энергосервис, 2000. 376 с.

13. ГОСТ 21.613—88, СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи. Издательство стандартов. 1991.

14. Электромонтажные устройства и изделия: Справочник/АООТ ЦПБК «Электромонтаж» 4-е изд., перераб. и доп. М.: ИНПА, 2000 316 с.

15. *Казак Н. А., Князевский Б. А., Лазарев С. С., Лившиц Д. С.* Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергия, 1966. 536 с.

16. ГОСТ 21.608—84. СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи. Издательство стандартов, 1984.

17. ГОСТ 21.607—82. СПДС. Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи. Издательство стандартов, 1983.

18. *Епанешников М. М.* Электрическое освещение. Учебник для студентов высш. учеб. заведений. Изд. 4-е, перераб. М.: Энергия, 1973. 351 с.

19. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. РД.34.20.185—94. М.: Энергоатомиздат, 1995. 48 с.

20. *Шабад М. А.* Стратегия автоматизации распределительных сетей в России и США и ее экономическое обоснование. Энергетик. 2002. № 3.

21. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. СП 31-110-2003.

22. *Харечко В. Н.* Рекомендации по электроснабжению индивидуальных жилых домов, коттеджей, дачных (садовых) домов и других частных сооружений. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: ЗАО Энергосервис, 1999. 103 с.

23. *Козлов В. А., Билик Н. И., Файбисович Д. Л.* Справочник по проектированию электроснабжения городов. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1986. 256 с.

24. *Тульчин И. К., Нудлер Г. И.* Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 1990.

25. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35...750 кВ. 4-е изд., перераб. и доп. НТО Минэнерго СССР. М., 1991. 86 с.

26. Типовые схемы принципиальные РУ 6—750 кВ подстанций и указания по их применению. М.: Энергосетьпроект, 1993.

27. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов / *А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова, М. Н. Околович* / Под ред. А. А. Васильева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990.

28. *Рожкова Л. Д., Козулин В. С.* Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1987. 648 с.

29. ГОСТ 14695—80. Подстанции трансформаторные комплектные мощностью от 25 до 2500 кВА на напряжение до 10 кВ. Издательство стандартов, 1986.

30. *Дорошев К. И.* Комплектные распределительные устройства 6—35 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1982.

31. *Дорошев К. И.* Эксплуатация комплектных распределительных устройств 6—220 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1987.

32. ГОСТ 28668—90. Низковольтные комплектные устройства распределения и управления. Изд. стандартов, 1990.

33. *Кошиц И. И., Клямкин С. С., Красноштанов А. С., Колесов В. А., Романенко С. А.* Новые грозозащитные тросы и провода. Энергетик. 2001. № 12.

34. *Файбисович Д. Л.* Использование изолированных проводов на ВЛ распределительной сети. Электрические станции. 2002. № 12.

35. Правила устройства опытно-промышленных воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами АМКА ПУ ВАИ до 1 кВ. М.: РОСЭП, 1995.

36. Техническая информация об изолированных проводах, скрученных в жгут, для воздушных линий 0,38 кВ АМКА, выпускаемых фирмой ТК ENERGY.

37. Методические указания по эксплуатации опытно-промышленных ВЛ 0,38 кВ со скрученными в жгут изолированными фазными проводами и неизолированным нулевым проводом АМКА фирмы NK ENERGY.

38. Современные решения в области силовых кабелей. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена среднего и высокого напряжения. ABB, Москабель, 2000.

39. Новейшие технологии в мире кабелей. ABB, Москабель, 2000.

40. *Федоров Л. Е.* Технико-экономические аспекты применения однофазных кабелей с пластмассовой изоляцией. Промышленная энергетика. 2000. № 3.

41. *Федоров Л. Е.* Первый опыт прокладки однофазных кабелей в сотовых конструкциях (кассетах). Промышленная энергетика. 1999. № 10.

42. *Файбисович Д. Л.* Кабельные линии сверхвысокого напряжения. Новости электротехники, 1(12), 2004.

# Оглавление

**Предисловие** . . . . . 3

**1. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ** . . . . . 5

1.1. Основные термины и определения . . . . . 5
1.2. Общие требования к системам электроснабжения . . . . . 8
1.3. Источники питания и пункты приема электрической энергии . . . . . 11
1.4. Основные сведения о схемах электроснабжения . . . . . 14
1.5. Выбор напряжения питающих и распределительных сетей . . 21
1.6. Схемы внешнего электроснабжения . . . . . 25
1.7. Глубокие вводы 35—220 кВ . . . . . 30
1.8. Схемы распределения электроэнергии в сетях 10(6) кВ . . . 32
1.9. Схемы распределения электроэнергии в сетях напряжением до 1 кВ . . . . . 39
1.9.1. Системы заземления электроустановок напряжением до 1 кВ . . . . . 39
1.9.2. Схемы силовых и осветительных сетей . . . . . 44

**2. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ** 58

2.1. Основные принципы построения системы электроснабжения города . . . . . 58
2.2. Структурная схема электроснабжения города . . . . . 59
2.3. Электроснабжающая сеть города . . . . . 60
2.4. Схемы питающих и распределительных электрических сетей 10(6) кВ . . . . . 62
2.5. Схемы электрических сетей на 0,38 кВ . . . . . 66

**3. ПОДСТАНЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ** . . . . . 71

3.1. Классификация подстанций . . . . . 71
3.2. Структурные схемы трансформаторных подстанций . . . . . 72
3.3. Общие вопросы проектирования подстанций . . . . . 73
3.4. Распределительные устройства напряжением 6—220 кВ . . . 75
3.4.1. Основные элементы распределительных устройств . . 75
3.4.2. Схемы распределительных устройств напряжением 6—220 кВ со сборными шинами . . . . 77

3.4.3. Схемы распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше без сборных шин . . . . . 87
3.4.4. Распределительные подстанции и распределительные устройства напряжением 10(6) кВ . . . . . 94
3.5. Трансформаторные подстанции напряжением 10(6) кВ . . . 95

**4. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ** . . . . . 101

4.1. Комплектные трансформаторные блочные подстанции напряжением 35—220 кВ . . . . . 101
4.2. Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением 35/10(6) и 10(6)/0,4 кВ . . . . . 113
4.3. Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 10(6) кВ . . . . . 125
4.3.1. Общие сведения . . . . . 125
4.3.2. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ промышленного типа . . . . . 126
4.3.3. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ городского типа . . . . . 146
4.3.4. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ в бетонной оболочке . . . . . 157
4.3.5. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ наружного типа . . . . . 159
4.3.6. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ типа «киоск», универсальные, мачтовые, шкафные . . . . . 162

**5. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 кВ И ВЫШЕ** . . . . . 173

**6. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ 6—35 кВ** . . . . . 184

6.1. Общие сведения . . . . . 184
6.2. Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения внутренней установки напряжением 10(6) кВ . . . . . 187
6.2.1. Камеры сборные КСО серии 300 . . . . . 188
6.2.2. Камеры сборные КСО серии 200 . . . . . 192
6.2.3. Комплектные распределительные устройства серии КСО-6(10)-Э1 «Аврора» . . . . . 202
6.2.4. Комплектные распределительные устройства серии КРУ/TEL . . . . . 208
6.3. Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения внутренней установки напряжением 10(6) кВ . . 215
6.3.1. Общие сведения . . . . . 215

6.3.2. Комплектные распределительные устройства предприятия ОАО «Самарский завод «Электрощит» . . . 219
6.3.3. Комплектные распределительные устройства прпроизводства ОАО «Московский завод «Электрощит» . . . 232
6.3.4. Комплектные распределительные устройства «Классика» серии D-12P . . . 248
6.3.5. Комплектное распределительное устройство «NEXIMA» производства компании ОАО «ПО Элтехника» . . . 254
6.4. Моноблок «Ладога» компании ОАО «ПО Элтехника» . . . 257
6.5. Комплектные распределительные устройства наружной установки напряжением 10(6) кВ . . . 259
6.5.1. КРУН для комплектования распределительных устройств . . . 259
6.5.2. Отдельно стоящая ячейка ЯКНО . . . 270
6.5.3. Комплектные распределительные устройства наружной установки для секционирования и автоматического резервирования воздушных линий электропередачи . . . 272
6.5.4. Реклоузер серии PBA/TEL предприятия «Таврида Электрик» . . . 276
6.6. Распределительные устройства 6—20 кВ компании Schneider Elektric . . . 282
6.6.1. Распределительные ячейки напряжением 6—24 кВ серии SM6 . . . 282
6.6.2. Распределительное устройство напряжением 6, 10, 20 кВ серии RM6 . . . 298
6.7. Комплектные распределительные устройства напряжением 35 кВ . . . 310
6.8. Выбор комплектного распределительного устройства . . . 313

**7. НИЗКОВОЛЬТНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ УСТРОЙСТВА . . . 328**

7.1. Классификация . . . 328
7.2. Панели распределительные . . . 329
7.3. Шкафы (пункты) распределительные . . . 341
7.4. Вводно-распределительные устройства . . . 366
7.5. Щитки распределительные . . . 373

**8. ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ . . . 377**

8.1. Воздушные линии электропередачи . . . 377
8.2. Кабельные линии электропередачи . . . 391
8.2.1. Назначение и конструкция кабелей . . . 391
8.2.2. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена 393

**Приложение 1.** Общие положения правил выполнения схем по стандартам ЕСКД . . . . . 411

**Приложение 2** . . . . . 426

**Приложение 3.** Условные графические обозначения электрических машин, катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов и автотрансформаторов . . . . . 448

**Приложение 4** . . . . . 455

**Приложение 5.** Некоторые положения правил оформления генеральных планов производственного назначения, генеральных планов жилищно-гражданских объектов, планов зданий, сооружений, помещений . . . . . 466

**Приложение 6.** Перечень стандартов ЕСКД и СПДС . . . . . 470

**Литература** . . . . . 473

**Ополева Галина Николаевна**

# Схемы и подстанции электроснабжения

## Справочник

Учебное пособие

Редактор *Н. В. Скугаревская*
Корректор *В. Г. Овсянникова*
Компьютерная верстка *И. В. Кондратьевой*
Оформление серии *Р. Остроумова*

Сдано в набор 25.03.2005. Подписано в печать 20.10.2005. Формат 70x100/16
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 38,7. Уч.-изд. л. 38
Печать офсетная. Бумага типографская № 2. Тираж 5 000 экз.
Заказ № 6130

ЛР № 071629 от 20.04.98
Издательский Дом «ФОРУМ»
101831, Москва — Центр, Колпачный пер., д. 9а
Тел./факс: (095) 925-32-07, 925-39-27
E-mail: forum-books@mail.ru

ЛР № 070824 от 21.01.93
Издательский Дом «ИНФРА-М»
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в
Тел.: (095) 380-05-40
Факс: (095) 363-92-12
E-mail: books@infra-m.ru
Http://www.infra-m.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов во ФГУП ИПК «Ульяновский Дом печати»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14