СПРАВОЧНИК

по ремонту крупных электродвигателей

СПРАВОЧНИК
по ремонту крупных электродвигателей

Под редакцией Р. И. Соколова

ТЕХБИБЛИОТЕКА
Центрального РУ
Шифр
Инв. № 28945

Москва
Энергоатомиздат
1985

ББК 31.261.2
С74
УДК 621.313.13—181.2.004.67 (035.5)

Рецензент П. С. Кабанов

Справочник по ремонту крупных электродвига-
С74 телей/Под ред. Р. И. Соколова. — М.: Энергоатом-
издат, 1985. — 272 с., ил.

Обобщены сведения о конструктивных особенностях и технических характеристиках наиболее распространенных серий крупных электродвигателей. Приведены схемы обмоток и расчетно-обмоточные данные. Описана технология ремонта всех основных сборочных единиц электродвигателей с использованием средств механизации и новых электроизоляционных материалов. Рассмотрены вопросы безопасности труда при выполнении разборочно-сборочных ремонтных операций и при изготовлении секций и стержней обмоток электродвигателей.

Для инженерно-технических работников и квалифицированных рабочих, занятых ремонтом и эксплуатацией электродвигателей.

С 2302030000-436
051(01)-85 85-85

ББК 31.261.2
6П2.1

© Энергоатомиздат, 1985

ПРЕДИСЛОВИЕ

Постоянный рост уровня электрификации всех отраслей народного хозяйства повышает требования к надежности электродвигателей, особенно крупных, являющихся, как правило, приводом ответственных агрегатов.

Надежность электродвигателя зависит как от его конструкции и добротности изготовления, так и от обслуживания и качества ремонта.

Система технического обслуживания основывается на внедрении прогрессивных форм организации подготовки и проведения ремонта, организации работ по нормативам планово-предупредительного ремонта, соблюдении требований нормативно-технической и технологической документации. Справочник окажет помощь в решении этих вопросов персоналу, планирующему и выполняющему ремонт электродвигателей.

Повышение производительности труда и качества продукции — основная задача, поставленная перед работниками всех отраслей народного хозяйства нашей страны. Это требует от персонала ремонтных предприятий и от ремонтного персонала предприятий, эксплуатирующих электродвигатели, успешного освоения эффективных методов ремонта крупных электродвигателей и повышения качества ремонтных работ.

В книге приведены конструктивные особенности и технические данные крупных отечественных электродвигателей мощностью 200—8000 кВт. Несколько разделов справочника посвящено собственно технологии ремонта электродвигателей и их сборочных единиц. В них приведены сведения о рациональных методах разборки и сборки электродвигателей, краткие технологические указания по проведению ремонтов, по объемам и методике пооперационных и послеремонтных испытаний и измерений. Значительное место в книге отведено сведениям о приспособлениях, оборудовании, инструментах и электротехнических материалах, используемых при ремонте электродвигателей.

При составлении справочника использован многолетний опыт ремонтных предприятий Минэнерго СССР и заводов — изготовителей крупных электродвигателей Минэлектротехпрома.

Материал между авторами при написании справочника распределяется следующим образом: разд. 1, 2 — Г. С. Васильев, В. А. Чаплюк; разд. 3 — Р. И. Соколов; разд. 4 — В. А. Чаплюк, Р. И. Соколов; разд. 5 — А. С. Лошак; разд. 6 — Е. К. Иноземцев (§ 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5), Р. И. Соколов (§ 6.6); разд. 7, 8 — Р. И. Соколов; разд. 9, 10 — Е. К. Иноземцев; разд. 11 — А. С. Лошак; разд. 12, 13 — Р. И. Соколов; разд. 14 — А. С. Лошак; разд. 15 — Р. И. Соколов.

Авторский коллектив выражает благодарность П. С. Кабанову за советы и рекомендации, высказанные им при рецензировании рукописи справочника.

Авторы просят замечания и пожелания направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Авторы

Раздел первый

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСПОЛНЕНИЙ

Электродвигатели классифицируются по конструктивным исполнениям, климатическим условиям, степеням защиты и способам охлаждения.

Форма конструктивного исполнения определяет отличительные особенности компоновки электродвигателей, например положение оси вала (горизонтальное или вертикальное); количество опор вала; место установки опор вала (в подшипниковых щитах, на корпусе электродвигателя, на фундаментной плите); количество свободных концов вала; вид свободного конца вала (цилиндрический, конический, фланцевый); наличие второго свободного конца вала.

Условные обозначения форм конструктивного исполнения электродвигателей (табл. 1.1) согласно ГОСТ 2479—79 состоят из латинских букв I и M и четырех цифр.

Климатические условия определяют климатические характеристики географических районов и помещений, в которых могут эксплуатироваться электродвигатели. Основными климатическими характеристиками являются температура и относительная влажность окружающей среды. Значения этих характеристик установлены ГОСТ 15150—69.

Степень защиты электродвигателей в соответствии с ГОСТ 17494—72 обозначается латинскими буквами I и P (начальные буквы International Protection) и двумя цифрами. Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением или движущимися частями, расположенными внутри оболочки электродвигателя, а также степень защиты от попадания внутрь электродвигателя твердых посторонних тел. Вторая цифра обозначает степень защиты электродвигателя от проникновения воды.

Основные способы охлаждения электродвигателей соответствуют ГОСТ 20459—75.

Таблица 1.1. **Примеры условных обозначений основных конструктивных исполнений крупных электродвигателей и способы их монтажа**

Конструктивное исполнение (1-я цифра)	Способ монтажа (2-я и 3-я цифры)		Обозначение
С двумя подшипниковыми щитами	На лапах		IM* 1001**
	На приподнятых лапах		IM1101
Со стояковыми подшипниками	С фундаментной плитой	На лапах	IM7211
		На приподнятых лапах	IM7311
	С опорными плитами	На лапах	IM7221
		На приподнятых лапах	IM7321
С вертикальным	С подпятником	Под ротором	IM8221
		Над ротором	IM8421

* Латинские буквы IM в условном обозначении конструктивного исполнения электродвигателя означают, что оно принято по СТ СЭВ 246—76 и Публикации МЭК 34-7. 1972 г., а одна буква M, что по ГОСТ 2479—79.

** Четвертая цифра условного обозначения обозначает исполнение конца вала электродвигателя:
0 — без конца вала;
1 — с одним цилиндрическим концом вала;
2 — с двумя цилиндрическими концами вала;
3 — с одним коническим концом вала;
4 — с двумя коническими концами вала;
5 — с одним фланцевым концом вала;
6 — с двумя фланцевыми концами вала;
7 — с одним фланцевым и одним цилиндрическим концом вала.

1.2. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Электродвигатели серий АТД, АТД2, АТД4. Электродвигатели АТД мощностью 500—2500 кВт имеют замкнутый цикл охлаждения с использованием двух секций водяных воздухоохладителей, размещенных наверху корпуса статора. При необходимости у этих электродвигателей может применяться и охлаждение по разомкнутому циклу. При работе по разомкнутому циклу воздухоохладители в комплект поставки не входят, подшипниковые щиты поворачиваются раструбами вниз, раструбы заглушаются и забор воздуха в электродвигатель происходит через жалюзи на окнах в торцах щитов.

Сердечник статора собран на продольных ребрах станины, имеет аксиальные вентиляционные каналы, а также два радиальных канала. Обмотка статора выполнена с микалентной компаундированной изоляцией класса В. Обмотка имеет шесть выводов с кабельными наконечниками, размещенных по три вывода справа и слева от электродвигателя и закрепленных изоляционными колодками. Коробки выводов электродвигатели не имеют. Сердечник ротора состоит из пакетов электротехнической стали, скрепленных заклепками и насаженных на вал с натягом. Обмотка ротора выполнена из медных стержней коллекторного профиля, впаянных в прямоугольные пазы короткозамкнутых колец. На короткозамыкающие кольца надеты бандажные кольца.

Короткозамыкающие кольца центрируются относительно оси вращения ротора по валу или по заточке, имеющейся на нажимных фланцах сердечника ротора. Подшипники скольжения выполняются щитовой конструкции с неразъемными вкладышами с заливкой баббитом Б-83 (ГОСТ 1320—74). Смазка подшипников осуществляется свободновисящими на валу кольцами.

Электродвигатели серии АТД мощностью 3200—5000 кВт имеют стояковые подшипники скольжения и поставляются собранными на фундаментной плите. Электродвигатели охлаждаются по замкнутому циклу вентиляции, при этом воздухоохладители могут быть размещены под электродвигателем (типа АС) или над электродвигателем (типа АЗС). Система вентиляции электродвигателей проточная, аксиальная.

Распределение электродвигателей серии АТД2 в зависимости от мощности приведено ниже:

Габарит . .	1	2	3	4	5
Мощность электродвигателя, кВт . .	315	630	1000	2000	3200
	400	800	1250	2500	4000
	500	—	1600	—	5000

Электродвигатели первых двух габаритов (рис. 1.1) имеют конструктивное исполнение IM1001 (ГОСТ 2479—79, со щитовыми подшипниками скольжения). Средняя часть корпуса имеет форму цилиндра, внутри которого размещен сердечник статора, а снаружи, в кольцевой камере, у электродвигателей с замкнутым циклом вентиляции размещены две секции воздухоохладителя. Сердечник статора при изготовлении собирается и запрессовывается отдельно от корпуса. Два нажимных кольца сердечника соединены стяжными стальными полосами. По длине сердечник состоит из двух частей, разделенных вентиляционным каналом шириной 40 мм. По краям каждой части сердечника имеются пакеты толщиной 10 мм из склеенных между собой листов сердечника. Обмотка статора имеет изоляцию монолит-2. Запрессовка сердечника в корпус, нагретый до температуры 150 °С, производится после ук-

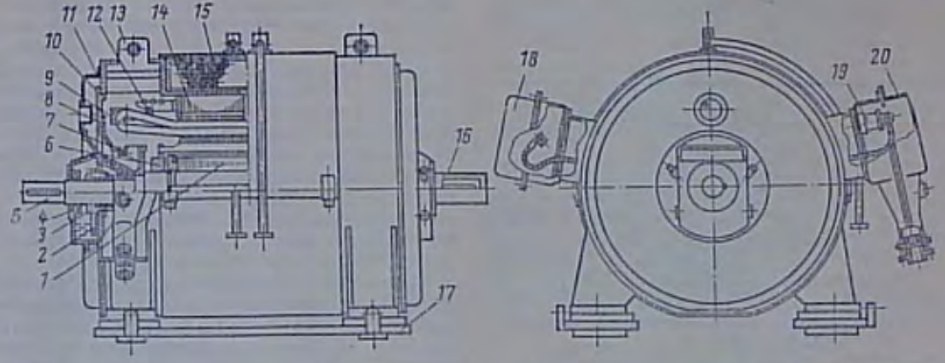


Рис. 1.1. Электродвигатель серии АТД2 1-го и 2-го габаритов с замкнутой системой вентиляции:

1 — сердечник ротора; *2* — кольцо смазочное; *3* — вкладыш; *4* — крышка; *5* — вал; *6* — кольцо короткозамыкающее; *7* — вентилятор; *8* — диффузор; *9* — обмотка статора; *10* — щит подшипниковый; *11* — кожух; *12* — кольцо бандажное; *13* — корпус статора; *14* — сердечник статора; *15* — воздухоохладитель; *16* — кожух защитный; *17* — балка фундаментная; *18* — коробка выводов нулевого соединения; *19* — изолятор; *20* — коробка выводов

ладки в сердечник обмотки статора, пропитки и запечки сердечника с обмоткой.

В местах выхода катушек из пазов установлены изоляционные коробчатые гильзы, повышающие механическую и электрическую прочность изоляции. Лобовые части обмотки статора крепятся к бандажным кольцам, намотанным из стеклобандажной ленты, пропитанной в термореактивном составе. Бандажные кольца закреплены на кронштейнах из прочной пластмассы. Электродвигатели имеют две коробки выводов обмотки статора. В одну из них, выполненную заодно с кабельной муфтой и имеющей фарфоровые изоляторы, выведены начала фаз обмотки статора. В другую коробку выведены концы фаз, замкнутые между собой и закрепленные на изоляционной колодке. При необходимости коробки выводов могут меняться местами. Коробка выводов допускает сухую разделку подводимого кабеля как с медными, так и с алюминиевыми жилами или заливку разделки кабеля компаундной массой. Сечение одной жилы кабеля до 150 мм².

Электродвигатели имеют два одинаковых конца вала, что позволяет использовать их для привода механизмов с любым направлением вращения. На валу размещены сердечник ротора с короткозамкнутой обмоткой и два литых центробежных вентилятора. Обмотка ротора может быть двух вариантов: литая алюминиевая и составная паяная из медных стержней и бронзовых короткозамыкающих колец. Стержни паяной обмотки закреплены в пазах сердечника клиньями, забитыми между основанием стержня и дном паза. Концы стержней для уменьшения в них механических напряжений выполнены с плавным переходом по высоте от пазовой части к месту соединения с короткозамыкающим кольцом.

Контроль теплового состояния электродвигателей осуществляется термометрами сопротивления. Контролируется температура подшипников, холодного и нагретого воздуха. Концы проводов термометров выведены на зажимы. Подшипники скольжения выполнены заодно со щитами, вкладышами подшипников, залиты баббитами марки Б-83 по ГОСТ 1320—74.

Электродвигатели больших габаритов имеют конструктивное исполнение IM7211. Электродвигатели имеют фундаментную плиту, к которой крепятся статор, стояковые подшипники скольжения и наружные щиты. Изоляция обмотки статора монолит-2. Обмотка ротора выполнена паяной из медных стержней коллекторного профиля и медных или бронзовых короткозамыкающих колец. У части электродвигателей на короткозамыкающие кольца надеты бандажные кольца из немагнитной стали. Вводные устройства электродвигателей в исполнении IM7211 состоят из фарфоровых изоляторов, закрепленных на обшивке корпуса статора внутри электродвигателей и кабельных муфт с сальниками, также установленных внутри электродвигателей на фундаментной плите. Для установки кабельных муфт в фундаментной плите имеются окна. Вводные устройства рассчитаны на присоединение двух или трех трехжильных кабелей с медными или алюминиевыми жилами сечением жилы до 150 мм².

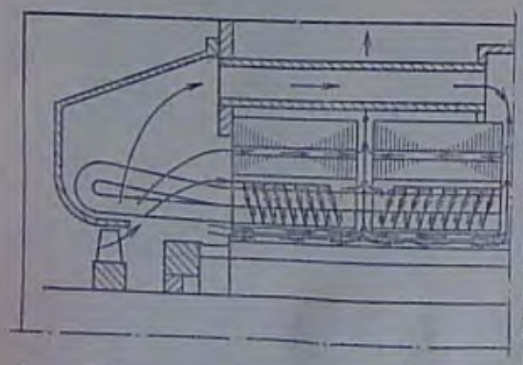


Рис. 1.2. Схема вентиляции электродвигателей серии АТД4

На валу электродвигателей имеются два осевых вентилятора. Для разделения камер входа и выхода вентиляторов служат внутренние щиты, закрывающие лобовые части обмотки статора. Подшипники имеют разъемные самоустанавливающиеся вкладыши с шаровой посадкой в корпус. Нижние вкладыши залиты баббитом Б-83, верхние — Б-16. Смазка подшипников принудительная. На каждой подшипниковой шейке вала имеется по два свободновисящих смазочных кольца. У электродвигателей с двумя концами вала оба подшипника имеют изоляцию от подшипниковых токов. Электродвигатели с одним концом вала имеют один изолированный подшипник.

Электродвигатели серии АТД-4 имеют так называемое бескорпусное исполнение статора. Сердечник статора электродвигателей этой серии при изготовлении шихтуется на оправку по внутреннему диаметру. Без снятия с оправки производится прессовка сердечника, приварка к нему стяжных полос и других конструктивных элементов и обработка посадочных поверхностей нажимных колец. После укладки обмотки, пропитки и запечки ее вместе с сердечником сердечник статора электродвигателей, имеющих щитовые подшипники, крепится к подшипниковым щитам, а сердечник статора электродвигателей со стояковыми подшипниками — к фундаментной плите. Особенностью сердечника статора электродвигателей серии АТД4 является то, что его пазы для укладки обмотки имеют подпазовые вентиляционные каналы, а ширина пазов в листах сердечника больше ширины катушки на размер вентиляционного щелевого канала. Сердечник шихтуется из отдельных пакетов толщиной 5—10 мм с поворотом каждого следующего пакета относительно предыдущего на 180°. Этим достигается чередование расположения вентиляционных каналов слева и справа относительно оси паза.

Система охлаждения электродвигателей серии АТД4 симметричная аксиальная нагнетательная четырехструйная с применением подпазовых каналов и многоструйной продувки зубцовой зоны статора по щелевым радиальным каналам. Схема вентиляции приведена на рис. 1.2.

Электродвигатели серий ДАЗО, ДАЗО-2, ДАЗО-4. Электродвигатели серии ДАЗО выполнены в габаритах 12, 13, 14, 15 и 19, соответствующих наружным диаметрам сердечника статора 850, 990, 1180, 1430 и 2100 мм.

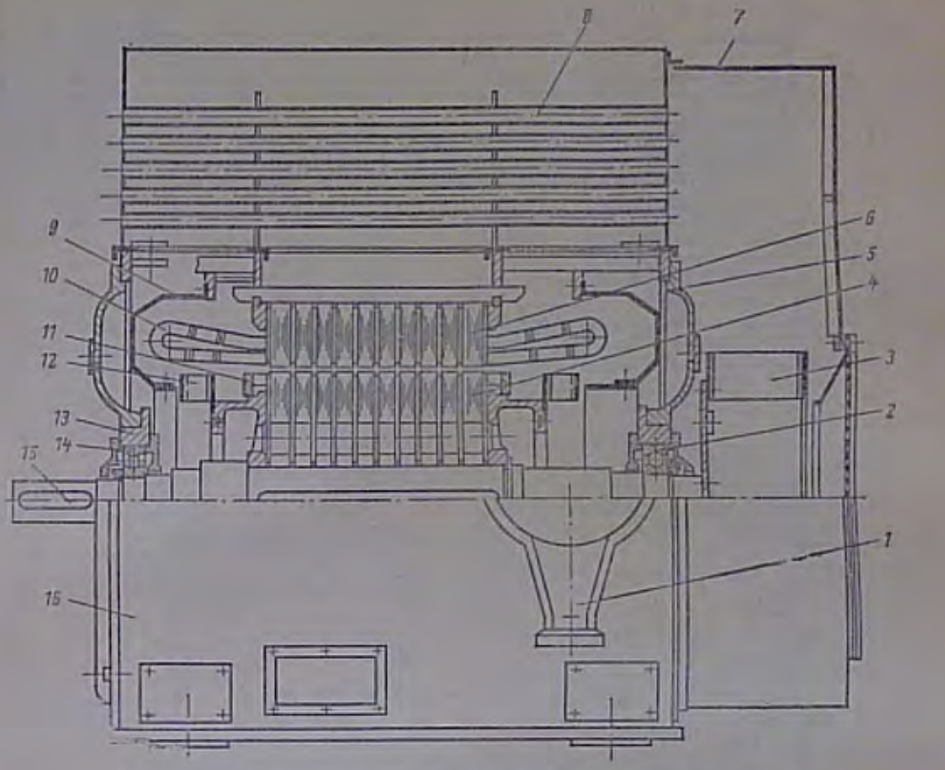


Рис. 1.3. Электродвигатель серии ДАЗО 12-го и 13-го габаритов:

1 — коробка выводов; *2* — подшипник шариковый; *3* — вентилятор; *4* — сердечник ротора; *5* — щит подшипниковый; *6* — сердечник статора; *7* — кожух; *8* — воздухоохладитель; *9* — щит внутренний; *10* — обмотка статора; *11* — короткозамкнутая обмотка; *12* — вентилятор; *13* — обойма подшипника; *14* — подшипник роликовый; *15* — вал; *16* — корпус статора

Электродвигатели серии ДАЗО 12-го и 13-го габаритов (рис. 1.3) имеют сварной корпус прямоугольной формы с лапами. Открытая верхняя часть корпуса использована для установки водоохладителей типа «воздух—воздух». Один конец вала рабочий. На другом конце вала установлен вентилятор наружного охлаждения электродвигателя, закрытый кожухом с центральным отверстием для забора охлаждающего воздуха. Подшипники качения размещены в подшипниковых щитах, отлитых из чугуна. На стороне привода установлен однорядный роликовый подшипник, со стороны вентилятора — шариковый подшипник.

Изоляция обмотки статора термореактивная. Пазовые части катушек обмотки изолированы предварительно пропитанными стеклослюдинитовыми или стеклослюдопластовыми лентами, лобовые части и головки катушек — стеклоэскапоновой лентой.

Выводы обмотки размещены в коробках штампованной конструкции с четырьмя фарфоровыми изоляторами. Двухскоростные электродвигатели низкого напряжения имеют по две литые коробки выводов. Крепятся выводные концы в коробках к изоляционным доскам.

Обмотка ротора состоит из прямоугольных алюминиевых шин, приваренных к алюминиевым короткозамыкающим кольцам. Электродвигатели имеют встроенные электронагреватели.

Вместо электродвигателей ДАЗО 12-го и 13-го габаритов с 1977 г. изготовляются более экономичные электродвигатели серии ДАЗО4, которые имеют термореактивную изоляцию обмотки статора монолит-2. Изоляция монолит-2 обладает хорошей влагостойкостью и морозостойкостью, поэтому электродвигатели встроенных электронагревателей не имеют. Наружный вентилятор имеет прямые лопатки, что обеспечивает возможность как правого, так и левого направления вращения электродвигателя. В остальном конструкция электродвигателей ДАЗО4 аналогична конструкции электродвигателей ДАЗО 12-го и 13-го габаритов.

Электродвигатели ДАЗО 14-го и 15-го габаритов (рис. 1.4) имеют сварную станину. На станине размещен воздухоохладитель. К торцевым стойкам нижней части станины крепятся подшипниковые щиты. На полках щитов установлены корпуса (стояки) подшипников качения. Положение подшипниковых щитов и стояков фиксируется установочными штифтами. Корпус подшипника, установленный на сторо-

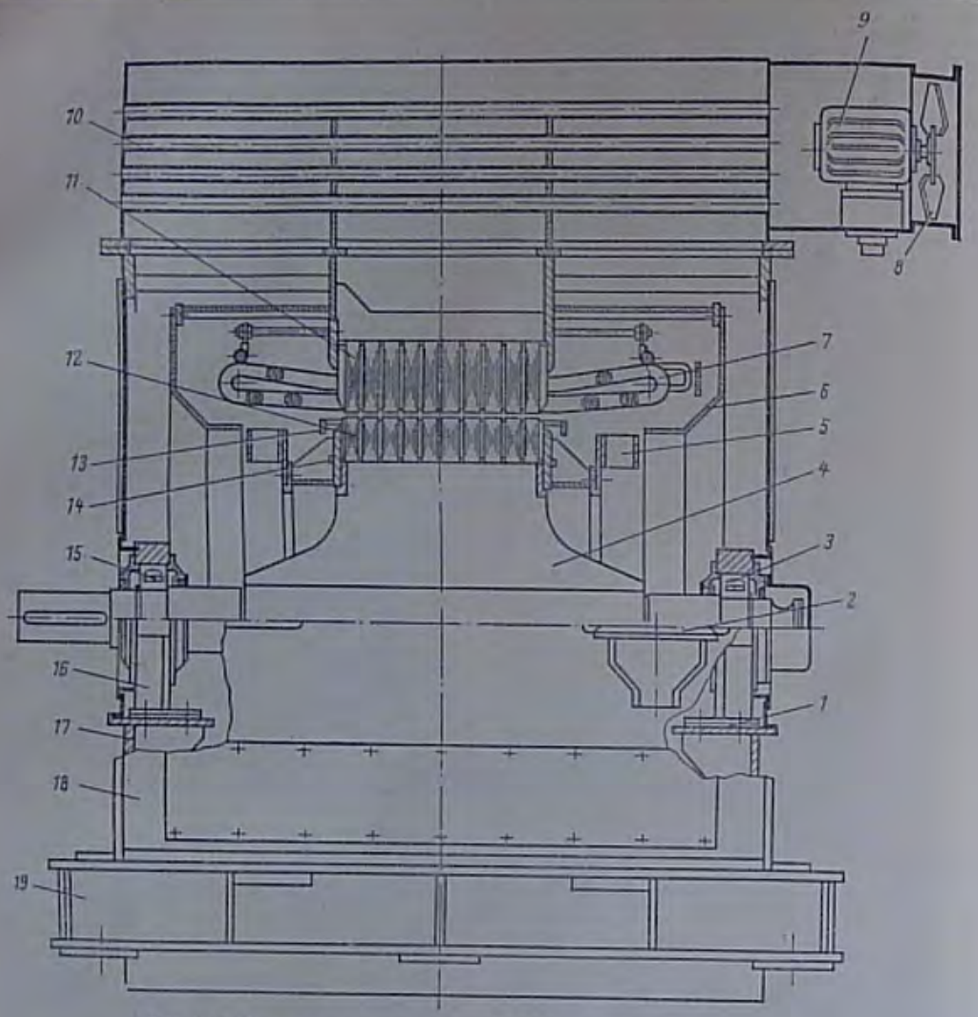


Рис. 1.4. Электродвигатель серии ДАЗО 14-го и 15-го габаритов:
1 — прокладка изоляционная; *2* — коробка выводов; *3, 15* — подшипники; *4* — вал; *5, 8* — вентиляторы; *6* — щит внутренний; *7* — обмотка статора; *9* — электродвигатель вентилятора; *10* — воздухоохладитель; *11* — сердечник статора; *12* — сердечник ротора; *13* — короткозамкнутая обмотка; *14* — клин; *16* — корпус подшипника; *17* — щит подшипниковый опорный; *18* — корпус статора; *19* — балка фундаментная

не, противоположной рабочему механизму, изолирован от подшипникового щита для предотвращения протекания подшипниковых токов. Подшипник качения роликовый сферический двухрядный. Температура подшипников контролируется термометрами сопротивления типа ТСМ-6057. Обмотка статора катушечная двухслойная. У двухскоростных электродвигателей для каждой скорости имеется отдельная обмотка. Катушки обмотки статора выполнены из провода марки ПСД, имеют витковую изоляцию из слюдопластоленты и корпусную микалентную изоляцию. Обмотка статора односкоростных электродвигателей и каждая обмотка статора двухскоростных электродвигателей имеет по шесть выводных концов. Выводные концы размещены в коробках выводов. Односкоростные электродвигатели имеют одну коробку выводов, двухскоростные — две коробки выводов. Внутри коробки имеется разъемная изоляционная колодка для крепления выводных концов. Выводные концы снабжены кабельными наконечниками. Вал сварной, к нему приварены шесть или восемь ребер, соединенных между собой кольцами. Ребра повышают жесткость вала и используются для насадки на них сердечника ротора. Для уменьшения концентрации механических напряжений в сечениях вала по концам ребер имеются кольцевые проточки. Сердечник ротора собран из сегментных листов электротехнической стали. Для крепления сердечника на ребрах вала применены парные встречные клинья с уклоном 1 : 100. Клинья забиты в прямоугольные пазы сегментов между внутренней поверхностью сердечника и ребрами вала. Забивка клиньев производится в два этапа: предварительная при обычной температуре сердечника и окончательная после нагрева сердечника до разности температур между сердечником и ребрами вала 10—20 °С. Концы клиньев сварены между собой. Короткозамкнутая обмотка ротора выполнена из медных стержней «бутылочного» профиля. Стержни туго забиты в пазы сердечника и зачеканены в них. Концы стержней впаяны в медные короткозамыкающие кольца. В электродвигателях с большой окружной скоростью короткозамыкающие кольца закреплены стальными бандажными кольцами.

Электродвигатели ДАЗО 14-го и 15-го габаритов имеют один или несколько вентиляторов-«наездников». Приводом вентиляторов служат асинхронные электродвигатели с номинальными данными: 2,2 кВт, 3000 об/мин, 380 В.

Электродвигатели ДАЗО 19-го габарита выполнены со стояковыми подшипниками скольжения. Подшипники установлены на подставках. К основаниям подставок, а также опорным лапам корпуса статора привинчены полосы толщиной 25—40 мм. Полосы предназначены для сварки с фундаментной рамой электродвигателя после окончания монтажа, выполнения центровки и выверки воздушного зазора электродвигателя.

Корпус подшипника со стороны, противоположной приводимому механизму, изолирован от подставки. Положение корпусов подшипников на подставках зафиксировано установочными шрифтами. Валы электродвигателей ДАЗО 19-го габарита не имеют ребер (сердечник собирается и крепится на остове ротора).

В электродвигателях типов ДАЗО 1910-10У1 и ДАЗО 1916-10У1 использованы вентиляторы-«наездники». У остальных электродвигателей в наружном цикле вентиляции имеются вентиляторы, установленные на валу электродвигателя.

Электродвигатели серии ДАЗО2 16—18-го габаритов по конструктивному исполнению делятся на две группы. Электродвигатели первой группы, к которой относятся машины 16-го и 17-го габаритов, имеют исполнение, соответствующее электродвигателям ДАЗО 14-го и 15-го габаритов, и поставляются в собранном виде. Ко второй группе относятся электродвигатели ДАЗО2 18-го габарита, а также электродвигатель типа ДАЗО2-16-59-4У1. Электродвигатели второй группы по конструктивному исполнению соответствуют электродвигателям 19-го габарита.

Все типы электродвигателей серии ДАЗО2 имеют трубчатый охладитель типа «воздух—воздух», состоящий из нескольких секций, размещенных по окружности статора между обшивкой корпуса статора и статорным сердечником. Охлаждающий воздух нагнетается в трубке охладителя вентилятором, установленным на валу электродвигателя.

Обмотка статора большинства электродвигателей ДАЗО2 имеет микалентную корпусную изоляцию. Часть электродвигателей ДАЗО2 изготовлена с термореактивной изоляцией обмотки статора типа «ремтриз».

Электродвигатели серий ВАН, ВАН(АВ), ВАЗ, ВДА, ДВДА, ДВДА2 имеют вертикальное исполнение подвесного типа. Продольный разрез электродвигателя серии ВАН приведен на рис. 1.5. Корпус статора цилиндрической формы. В обшивке корпуса имеются окна для выхода окружающего воздуха. У электродвигателей серий ВАН, ДВДА и ДВДА2 окна закрыты жалюзи. У электродвигателей серии ВАЗ на окна установлены четыре секции воздухоохладителей. Обмотка статора до 1979 г. выполнялась с микалентной изоляцией, у электродвигателей более позднего выпуска применена изоляция монолит-2. Электродвигатели серии ДВДА имеют две катушечные двухслойные обмотки, соответствующие двум возможным частотам вращения электродвигателей. Электродвигатели серии ДВДА2 имеют одну полюсно переключаемую обмотку статора. Валы электродвигателей имеют фланцы или фланцевые полумуфты для жесткого соединения с валами насосов. Концы валов под посадку полумуфт выполнены коническими. Часть электродвигателей предназначена для привода насосов, снабженных электромеханическими устройствами для поворота лопастей насоса. Провода для подключения поворотного устройства проходят через отверстие, имеющееся в центральной части валов электродвигателей по всей длине вала, и присоединяются к контактным кольцам, закрепленным на верхнем конце вала. Сердечник ротора закреплен на сварном корпусе клиньями. Короткозамкнутая обмотка ротора имеет одно- или двухклеточную конструкцию. Одноклеточная обмотка выполнена из медных стержней колбовидного профиля. У двухклеточных обмоток применены круглые стержни из латуни и меди. Опорами ротора являются подпятник и направляющие подшипники. Большинство электродвигателей имеет направляющие подшипники скольжения. Верхний направляющий подшипник вместе с подпятником размещен в масляной ванне верхней грузонесущей крестовины. Нижний направляющий подшипник размещен в масляной ванне в центральной части нижней крестовины. Масляные ванны подшипников снабжены маслоохладителями. У электродвигателей ВАН118, ВАН143 и ДВДА143 направляющими подшипниками являются подшипники качения с консистентной смазкой. Верхней опорой служит радиальный однорядный шарикоподшипник, нижней — радиальный сферический двухрядный роликовый подшипник.

Электродвигатели мощностью более 1250 кВт имеют встроенные в статор термометры сопротивления для контроля температуры обмотки и сердечника статора. Для контроля температуры холодного и нагретого воздуха электродвигатели снабжены термометрами сопротивления ТСМ-6114. Температура подпятников и подшипников контролируется термосигнализаторами ТКП160СГ.

Электродвигатели серий ВСДН(СДВ), ВДС2. Исполнение электродвигателей вертикальное, с подпятником, расположенным выше корпуса ротора, с двумя направляющими подшипниками в верхней и нижней крестовинах и с фланцевым концом вала.

Электродвигатели отличаются от асинхронных вертикальных электродвигателей серии ВАН в основном конструкцией ротора.

Сердечники полюсов ротора имеют шихтованную конструкцию. В отверстиях полюсных наконечников размещена пусковая обмотка. Пусковая обмотка состоит из медных или латунных стержней круглого сечения, концы которых припаяны к медным сегментам. Кон-

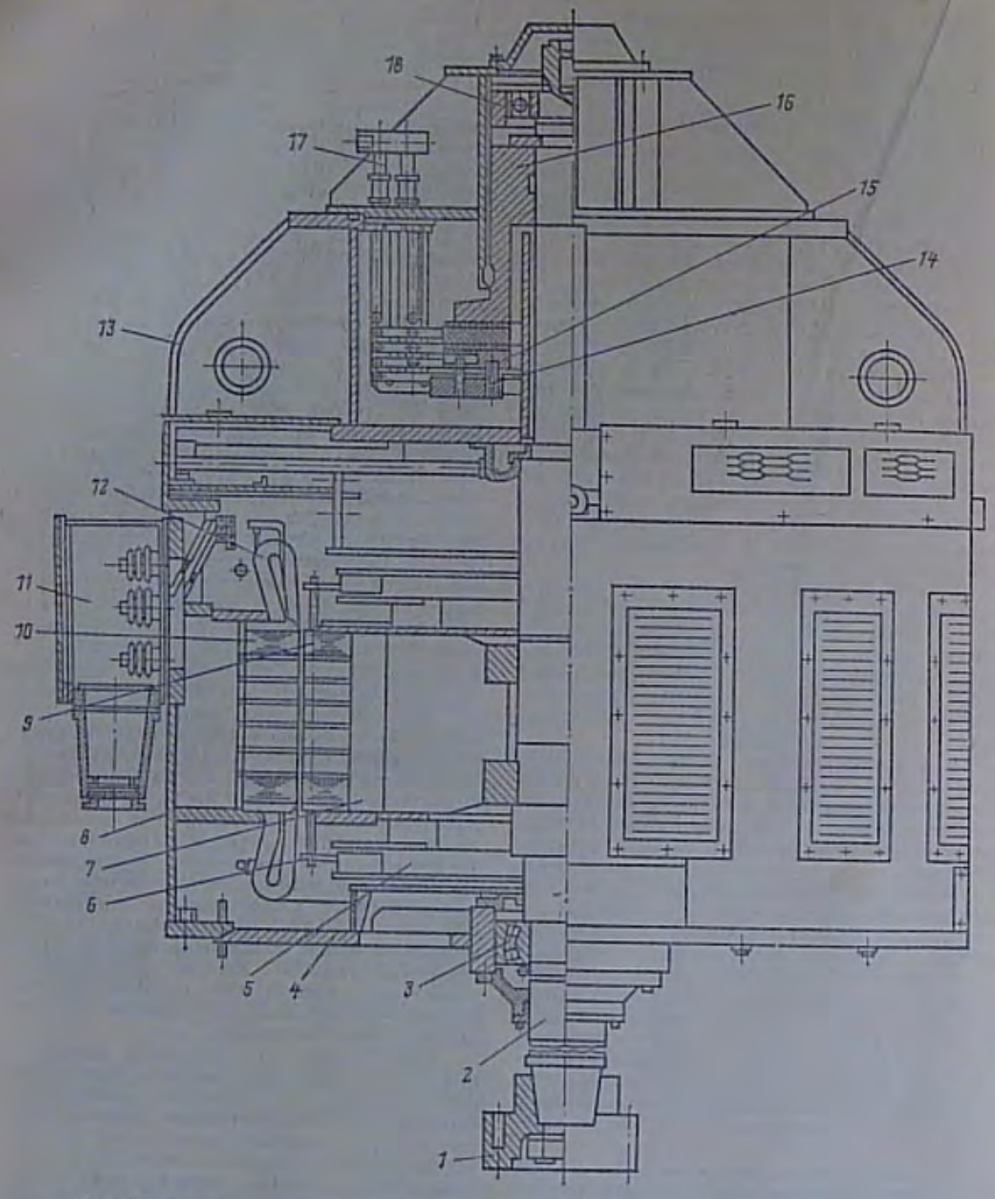


Рис. 1.5. Электродвигатель серии ВАН с направляющими подшипниками качения:
1 — муфта фланцевая; *2* — вал; *3* — подшипник роликовый двухрядный сферический; *4* — щит; *5* — вентилятор; *6* — короткозамкнутая обмотка; *7* — остов ротора; *8* — корпус статора; *9* — сердечник ротора; *10* — сердечник статора; *11* — коробка выводов; *12* — обмотка статора; *13* — крестовина; *14* — винт опорный подпятника; *15* — подпятник; *16* — втулка подпятника; *17* — маслоохладитель; *18* — подшипник шариковый

цы сегментов соединены между собой болтами. Катушки обмотки возбуждения выполнены из медной шины прямоугольного сечения, намотанной на ребро. Между витками катушек возбуждения проложены прокладки из асбестовой бумаги или стеклолакоткани, пропитанные эпоксидным лаком. Для изоляции катушек возбуждения от сердечника и остова ротора применены прокладки из пропитанной в эпоксидном компаунде спрессованной и запеченной стеклолакоткани, а также гетинаксовые или стеклотекстолитовые шайбы. Выводные концы катушек возбуждения набраны из тонкой ленточной меди и приклепаны к крайним виткам катушек.

Остовы роторов имеют несколько вариантов конструкции. Остовы роторов, сваренные из толстых стальных листов, имеют электродвигатели серии ВСДН, полюсы которых закреплены Т-образными хвостовиками и клиньями.

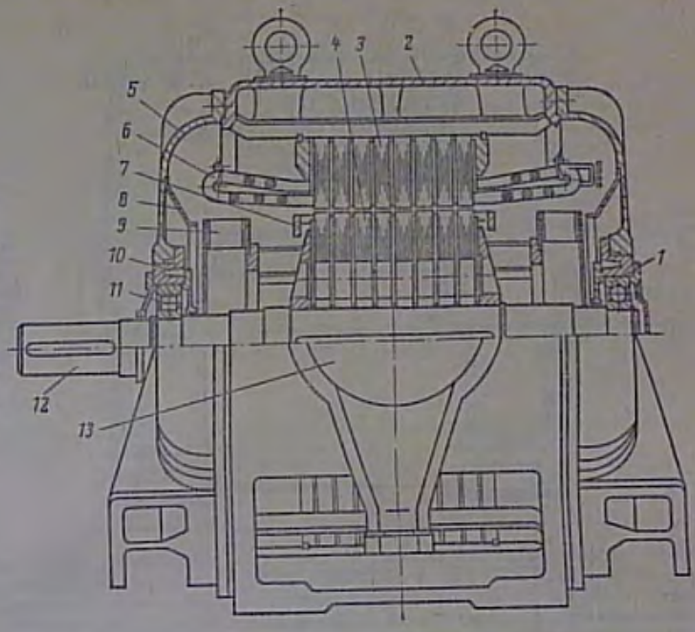


Рис. 1.6. Электродвигатель серии А3 12-го и 13-го габаритов:
1 — подшипник шариковый; *2* — станина; *3* — сердечник статора; *4* — сердечник ротора; *5* — щит подшипниковый; *6* — обмотка статора; *7* — короткозамкнутая обмотка; *8* — диффузор; *9* — вентилятор; *10* — обойма подшипника; *11* — подшипник роликовый; *12* — вал; *13* — коробка выводов

Остов ротора в виде сварного магнитного колеса имеют электродвигатели серии ВСДН с креплением полюсов болтами или шпильками. В окнах между полюсами установлены и привинчены к остову ротора междуполюсные распорки. Контактные кольца стальные, собраны четырьмя стяжными изолированными шпильками и дистанционными втулками на стальном фланце и закреплены на торце вала наверху электродвигателя. Токоподвод от обмотки возбуждения к контактным кольцам выполнен гибким многожильным проводом, который проходит через центральное отверстие вала.

Охлаждение электродвигателей ВСДН осуществляется по радиальной схеме вентиляции с разомкнутым циклом. Остальная часть воздуха омывает лобовые части обмотки статора. Нагретый воздух из каналов сердечника и из лобовых частей обмотки статора выходит через отверстия в обшивке статора в окружающую среду. Электродвигатели ВДС2 имеют радиальную систему вентиляции по замкнутому циклу с водяными воздухоохладителями.

Электродвигатели серий А и А3 12-го и 13-го габаритов и серии А4. Электродвигатели серий А и А3 12-го и 13-го габаритов имеют литую из чугуна станину с продольными ребрами для сборки и крепления сердечника статора (рис. 1.6).

Катушки обмотки статора выполнены из провода марки ППЛБО. Корпусная изоляция обмотки статора стеклоэскапоновая. Нагревостойкость изоляции обмотки статора соответствует классу А. Обмотка ротора выполнена из алюминиевых стержней прямоугольного сечения, сваренных с алюминиевыми короткозамыкающими кольцами.

Электродвигатели серии А3 отличаются от электродвигателей серии А наличием раструбов в подшипниковых щитах для входа охлаждающего воздуха.

Охлаждение электродвигателей происходит в режиме самовентиляции. Если подвод охлаждающего воздуха осуществляется извне машинного помещения по воздуховодам, для обеспечения необходимого расхода охлаждающего воздуха требуется принудительная вентиляция от отдельно стоящего вентиляционного агрегата.

Взамен части электродвигателей серии А с 1980 г. выпускаются электродвигатели серии А4 ТУ 16-510.739—80. Электродвигатели серии А4 отличаются от электродвигателей серии А уменьшенными габаритами, сварной конструкцией станины и подшипниковых щитов, применением для обмотки статора изоляции монолит-2. Вход и выход охлаждающего воздуха у электродвигателей серии А4 происходит через окна в кожухе наверху станины.

Электродвигатели серии АН32 (рис. 1.7) имеют сварную станину с опорными лапами и патрубками для входа и выхода охлаждающего воздуха. В станину запрессован собранный отдельно сердечник статора с обмоткой, имеющей изоляцию монолит-2. Опорами являются подшипники качения, установленные в подшипниковых щитах. Вал ротора имеет приваренные ребра. Обмотка ротора короткозамкнутая двухклеточная. Охлаждающий воздух в электродвигатель подается посторонним вентилятором.

Электродвигатели типа СДСЗ-2000-100 (типа СДМ32-20-49-60 и серии СДМ32 20—22-го габаритов). Электродвигатели имеют разъемную конструкцию статора и ротора. Разъем статора расположен по горизонтальной оси электродвигателя. Нижняя половина статора имеет лапы для установки и крепления

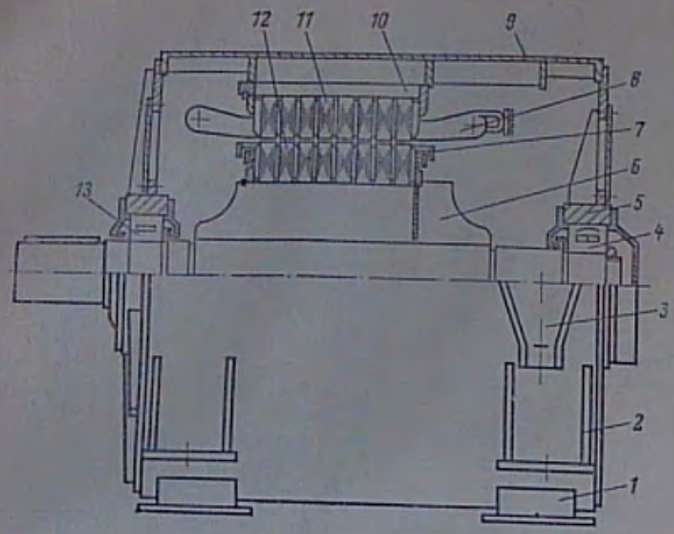


Рис. 1.7. Электродвигатель серии АН32:

1 — патрубок; *2* — корпус статора; *3* — коробка выводов; *4* — подшипник роликовый двухрядный сферический; *5* — щит подшипниковый; *6* — вал; *7* — короткозамкнутая обмотка; *8* — обмотка статора; *9* — корпус статора; *10* — корпус сердечника статора; *11* — сердечник статора; *12* — сердечник ротора; *13* — подшипник роликовый

статора на фундаментных балках. У электродвигателей СДСЗ-2000-100 и СДМЗ-20-49-60 нижняя половина статора поддерживается двумя домкратами, уменьшающими деформацию статора и неравномерность воздушного зазора между ротором и статором. Наверху статора крепится вентиляционная установка. Обмотка статора имеет шесть выводных концов. У электродвигателей СДСЗ-2000-100 и СДМЗ-20-49-60 выводные концы размещены в коробках выводов с правой и левой стороны электродвигателя. У электродвигателей серии СДМЗ2 выводные концы выведены вниз в фундаментную яму. Изоляция обмотки электродвигателей СДСЗ-2000-100 и СДМЗ-20-49-60 микалентная компаундированная, электродвигателей серии СДМЗ2 — термореактивная. У электродвигателей с разъемной конструкцией укладка нескольких катушек обмотки статора в пазы у разъема сердечника (количество катушек с каждой стороны статора соответствует шагу обмотки по пазам), пайка и изолировка соединений этих катушек производится при монтаже электродвигателя. При монтаже выполняется также сборка на валу полюсов магнитного колеса и крепление колеса тангенциальными шпонками. В полюсных наконечниках размещена пусковая обмотка. Короткозамыкающие сегменты соседних полюсов соединены между собой внахлест болтами. Подшипники скольжения с кольцевой и циркуляционной смазкой. Подшипник со стороны, противоположной приводному механизму, имеет изоляцию для предотвращения протекания подшипниковых токов. Вентиляционная установка состоит из водяного воздухоохладителя, одного или двух центробежных вентиляторов, приводимых асинхронными электродвигателями воздуховодов.

Охлаждение электродвигателя осуществляется по замкнутому циклу. Схема вентиляции встречная, радиальная.

Раздел второй

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Таблица 2.1. Основные технические данные асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором серий АТД, АТД2, АТД4, ДАЗО, ДАЗО2, ДАЗО4, АНЗ-2, А, АЗ, А4, ВАО и ВАО2

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
				L	*B*	*H*	*h*	*d*		статора	ротора	электродвигателя
Электродвигатели серии АТД												
АЗ-500/6000	500	57	3000	1985	1554	1575	560	80	21, *а*	2400	625	4150
АХ-630/6000	630	71		2045						2615	670	4410
АЗ-800/6000	800	89		2145						2943	760	4835
АЗ-1000/6000	1000	112,5		2355	1891	1850	630	100		4153	1100	6315
АЗ-1250/6000	1250	139		2455						4545	1200	6925
АЗ-1600/6000	1600	177		2575						5095	1300	7720
АЗ-2000/6000	2000	223		2665	2096	2060	710	140		5550	2100	9840
АЗ-2500/6000	2500	280		2815						6100	2400	10 900
АЗ-3200/6000	3200	357		3655	1970	2030	525	170	21, *б*	9000	3230	16 450
АЗС-3200/6000					2350	2910			21, *в*			

Продолжение табл. 2.1

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
				L	B	H	h	d		статора	ротора	электродвигателя
АС-4000/6000 АЗС-4000/6000	4000	440		3745	1970 2350	2030 2910	525	170	2.1, *б* 2.1, *в*	9800	3440	17 410
АС-5000/6000 АЗС-5000/6000	5000	545		3855	1970 2350	2030 2910			2.1, *б* 2.1, *в*	11 000	3700	20 865
АВ-8000/6000	8000	875		4235	1820	1740	630	180	2.1, *б*	12 900	4527	21 200
Электродвигатели серии АТД2												
2АЗМ1-315/6000У4 2АРМ1-315/6000У4	315	35,6	3000	1677	1480	1020	450	70	2.2, *а*	814	344	2090 2020
2АЗМ1-400/6000У4 2АРМ1-400/6000У4	400	44,5		1742	1480	1020	450	70		925	382	2250 2180
2АЗМ1-500/6000У4 2АРМ1-500/6000У4	500	54,8		1782						1006	405	2320 2300

2АЗМ1-630/6000У4 2АРМ1-630/6000У4	630	70,5		1820	1630	1145	500	80		1245	600	3170 3070
2АЗМ1-800/6000У4 2АРМ1-800/6000У4	800	89,5		1910						1432	670	3470 3370
2АЗМ-1000/6000У4 2АРМ-1000/6000У4	1000	113		2382	1865 1490	1410	400	110	2.2, *б*	1620	1075	4960 4300
2АЗМ-1250/6000У4 2АРМ-1250/6000У4	1250	140,5		2530	1865 1490					2020	1255	5540 4930
2АЗМ-1600/6000У4 2АРМ-1600/6000У4	1600	177		2640	1865 1490					2300	1365	6000 5450
2АЗМ-2000/6000У4 2АРМ-2500/6000У4	2000 2500	219,2 270		2944 3124	2150	1640	450	140		2820 3380	1640 1880	8070 9030
2АЗМ-3200/6000У4 2АЗМ-4000/6000У4 2АЗМ-5000/6000У4	3200 4000 5000	350,5 431 538		2930 3060 3250	2430	1780	500	160		4520 5170 6080	2770 3030 3420	12 150 13 200 14 700
Электродвигатели серии АТД4												
4АЗМ-500/6000УХЛ4 4АРМ-500/6000УХЛ4	500	56,7	3000	1755	1100	1050	355	70	2.2, *а*	820	343	1800
4АЗМ-630/6000УХЛ4 4АРМ-630/6000УХЛ4	630	72		1890	1210	1215	400	80		1120	480	2360

Продолжение табл. 2.1

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
				L	B	H	h	d		статора	ротора	электродвигателя
4АЗМ-800/6000УХЛ4 4АРМ-800/6000УХЛ4	800	90	3000	1965	1210	1215	400	80	2.2, *а*	1240	525	2590
4АЗМ-1000/6000УХЛ4 4АРМ-1000/6000УХЛ4	1000	112,5		2065						1385	587	2790
4АЗМ-2000/6000УХЛ4	2000	226		2560	1900	1600	560	120		2500	1180	5560
4АЗМ-2500/6000УХЛ4	2500	279		2690						2910	1320	6160
4АЗМ-3150/6000УХЛ4	3150	346		2920						3540	1540	7010
Электродвигатели серии ДАЗО												
ДАЗО 12-36-4МУ1	320	39	1500	1930	1300	1580	560	110	2.3	1680	755	3000
ДАЗО 12-41-4МУ1	400	49								1701	815	3150
ДАЗО 12-55-4МУ1	500	60,5		2000	1300	1580	560	110		2072	970	3700
ДАЗО 13-50-4МУ1	630	73			1440	1720	630	120		2635	1300	4900
ДАЗО 13-62-4МУ1	800	91,5		2100						2870	1520	5500
ДАЗО 12-55-6МУ1	320	38,5	1000	1930	1300	1580	560	110		1885	1165	3600
ДАЗО 13-42-6МУ1	400	49		2100	1440	1720	630	120		2027	1220	3800
ДАЗО 13-55-6МУ1	500	59								2317	1390	4300
ДАЗО 13-67-6МУ1	630	74								2593	1640	4900
ДАЗО 12-55-8МУ1	250	32	750	1930	1300	1580	560	110		1788	1165	3600
ДАЗО 13-42-8МУ1	320	40		1800	1440	1720	630	120		1906	1270	3900
ДАЗО 13-55-8МУ1	400	50		1900						2284	1540	4600
ДАЗО 13-70-8МУ1	500	61		2000						2626	1840	5300
ДАЗО 13-42-10МУ1	250	33	600	1900						1717	1390	3700
ДАЗО 13-55-10МУ1	320	41,5		2000						2057	1650	4400

ДАЗО 13-70-10МУ1	400	51,5	600	2610	1900	1950	630	130	2.4	2352	1925	5000
ДАЗО 13-55-12МУ1	200	28	500	2420	1900	1950	630	130		2000	1630	4400
ДАЗО 13-70-12МУ1	250	35	500	2420	2190	2085	630	130		2270	1925	5000
ДАЗО 14-69-6У1	800	95	1000	2610	1900	1950	630	130		5550	2280	9000
ДАЗО 14-59-8У1	630	76	750	2420	2190	2085	630	130		4800	2000	7800
ДАЗО 15-49-8У1	800	94	750	2520	2190	2085	630	130		5750	2435	9300
ДАЗО 15-59-8У1	700	82	750	2620	2190	2085	630	130		6200	2735	10 000
ДАЗО 15-49-10У1	500	62,5	600	2420	2190	2085	630	130		5750	2435	9300
ДАЗО 15-59-10У1	630	80	600	2520	2190	2085	630	130		6200	2735	10 000
ДАЗО 15-69-10У1	800	102	600	2620	2190	2085	630	130		6650	2945	10 700
ДАЗО 1910-10У1	1600	200	600	3265	3180	3320	970	200	2.5	11 000	6900	19 700
ДАЗО 1916-10У1	2500	296		3445	3735	3300				14 000	8400	24 000
ДАЗО 1910-12У1	1700	216	500	3265	3180	2680	900			12 000	7200	20 500
ДАЗО 1912-12У1	2100	260		3365						12 400	7450	21 260
ДАЗО 14-49-6/8У1	400	49,5	1000	2420	1900	1950	630	130	2.4	4580	1820	7400
	170	26	750									
ДАЗО 14-49-8/10У1	250	34	750							4580	1820	7400
	125	24	600									
ДАЗО 14-59-8/10У1	320	42	750							4800	2000	7750
	160	24,5	600									
ДАЗО 14-69-8/10У1	400	50,5	750	2520						5250	2250	8500
	200	28,5	600									
ДАЗО 15-41-8/10У1	500	62	750	2420	2190	2085	630	130		5200	2185	8400
	250	34,5	600									
ДАЗО 15-49-8/10У1	630	76,5	750	2420	2190	2085	630	130		5750	2435	9300
	320	42,5	600									
ДАЗО 15-59-8/10У1	700	84	750	2520						6700	2735	10 000
	400	52,4	600									
ДАЗО 15-69-8/10У1	800	94	750	2620						6650	2945	10 700
	400	52	600									
ДАЗО 15-69-8/10АУ1	700	84	750	2620							2945	10 700
	400	51,5	600									

2—187

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ Центрального РУ Шифр Инв. №

Продолжение табл. 2.1

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
				L	*B*	*H*	*h*	*d*		статора	ротора	электродвигателя
ДАЗО 15-69-8/10МУ1	900 500	107 64,5	750 600	2620	2190	2085	630	130	2.4	6650	2945	10 800
ДАЗО 1916-8/10У1	1100 625	160 92	750 600	3745	3180	2680	900	200	2.5	14 500	9000	25 500
ДАЗО 14-59-10/12У1	250 145	36 30,5	600 500	2420	1900	1950	630	130	2.4	4800	2000	7750
ДАЗО 14-69-10/12У1	320 190	44,5 31,5	600 500	2520						5250	2250	8500
ДАЗО 15-41-10/12У1	400 230	53 37	600 500	2320	2190	2085				5200	2185	8400
ДАЗО 15-49-10/12У1	500 290	65 41	600 500	2420						5750	2435	9300
ДАЗО 15-59-10/12У1	630 370	79 52	600 500	2520						6200	2735	10 000
ДАЗО 15-69-10/12У1	630 370	78 48,5	600 500	2250						6690	2945	10 700
ДАЗО 1914-10/12У1	620 360	99 64	600 500	3565	3180	2680	900	220	2.5	14 100	8500	24 300
ДАЗО 1914-10/12АУ1	1500 850	201 118	600 500	3565						14 100	8500	24 300
ДАЗО 1910-12/16У1	900 400	126 61,5	500 375	3255						12 000	7200	20 600
ДАЗО 1914-12/16У1	1400 600	180 90	500 375	3445						13 400	8000	23 000

Электродвигатели серии ДАЗО2

ДАЗО2-16-59-4У1 ДАЗО2-16-64-6У1	1250 800	148,5 92	1500 1000	3410 2505	2160	2000	630	140 130	2.7 2.6	6250 4800	3000 2165	10 250 7600
ДАЗО2-17-79-6У1 ДАЗО2-16-54-8У1	1250 630	140 75,5	1000 750	2880 2305	2470 2160	2255 2000	630	160 130	2.7 2.6	7600 4400	3270 1935	11 200 6900
ДАЗО2-17-44-8У1 ДАЗО2-17-54-10У1	800 630	96 93	750	2330 2380	2470	2255	630	130		4905 5275	2250 2550	7700 8650
ДАЗО2-17-64-10У1	800	113	600	2530	2470	2255	630	130		5850	2800	9300
ДАЗО2-18-59-10У1	1250	151		3410				160	2.7	8900	5100	15 200
ДАЗО2-16-44-6/8У1	400 170	50 26,5	1000 750	2260	2160	2000	630	130	2.6	4100	1730	6450
ДАЗО2-17-54-6/8У1	800 400	94,5 51,5	1000 750	2580	2470	2255	630	130	2.2	5420	2850	8900
ДАЗО2-18-59-6/8У1	1600 685	194,5 92	1000 750	3410	2470	2255	630	160	2.7 2.6	10 000	6130	17 150
ДАЗО2-16-44-8/10У1	250 125	34,5 26	750 600	2260	2160	2000	630	130	2.6	4100	1730	6450
ДАЗО2-16-54-8/10У1	320 160	41,5 25	750 600	2305	2160	2000	630	130		4450	1935	7000
ДАЗО2-16-64-8/10У1	400 200	50,5 29	750 600	2410	2160	2000	630	130		4900	2145	7700
ДАЗО2-17-39-8/10У1	500 250	61,5 35	750 600	2280	2470	2255	630	130		4700	2100	7350
ДАЗО2-17-44-8/10У1	630 320	76,5 44	750 600	2330	2470	2255	630	130		4900	2250	7800
ДАЗО2-17-64-8/10У1	800 400	96 53	750 600	2530	2470	2255	630	130		6050	2800	9550
ДАЗО2-17-69-8/10У1	1000 500	118,5 64	750 600	2580	2470	2255	630	130		6400	2950	9950

Продолжение табл. 2.1

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
				L	B	H	h	d		статора	ротора	электродвигателя
ДАЗО2-18-76-8/10У1	1250 725	147 92	750 600	3975	2955	2590	800	200	2.7	10 000	6000	17 250
ДАЗО2-16-64-10/12У1	320 190	43,5 32,5	600 500	2410	2160	2000	630	130	2.6	5700	2145	8150
ДАЗО2-17-54-10/12У1	630 370	79,5 50,5	600 500	2380	2640	2255	630	130	2.7	5550	2550	9100
ДАЗО2-17-64-10/12У1	630 370	79,5 51,5	600 500	2530	2640	2255	630	130		6300	2800	10 000
ДАЗО2-18-59-10/12У1	1000 580	125,5 77	600 500	3805	2955	2590	800	200		8900	5100	15 200
ДАЗО2-18-76-12/16У1	1000 420	130 63,5	500 375	3975	2955	2590	800	200		10 000	6000	17 250
Электродвигатели серии ДАЗО4												
ДАЗО4-400ХК-4У1 ДАЗО4-400Х-4У1	315 400	38 47	1500	1775	1320	1270	400	100	2.3	1150 1250	515 560	2190 2330
ДАЗО4-400У-4У1	500	58,5	1500	1875	1320	1335	400	100		1390	640	2630
ДАЗО4-400ХК-6У1 ДАЗО4-400Х-6У1	250 315	31 38	1000	1775	1320	1270	400	100		1070 1160	630 690	2220 2380
ДАЗО4-400У-6У1	400	48	1000	1875	1320	1335	400	100		1275	775	2650
ДАЗО4-450Х-4У1 ДАЗО4-450У-4У1	630 800	74 92	1500	1855 1955	1420	1415 1480	450	205		1535 1730	730 845	2900 3300
ДАЗО4-450У-6У1 ДАЗО4-450Х-6У1	500 630	60 75	1000	1855 1955	1420	1415 1480	450	205		1425 1595	885 1020	2950 3350

ДАЗО4-400Х-8У1 ДАЗО4-400У-8У1	200 250	27 32,5	750	1775 1875	1320	1270 1335	400	100	2.3	1110 1220	705 790	2340 2610
ДАЗО4-450Х-8У1 ДАЗО4-450УК-8У1	315 400	40,5 50,5	750	1855 1955	1420	1415 1480	450	205 105		1295 1500	935 1030	2870 3200
ДАЗО4-450У-8У1	500	62	750	1955	1420	1480	450	205		1565	1175	3470
ДАЗО4-400У-10У1	200	28	600	1875	1320	1335	400	100		1195	790	2590
ДАЗО4-450Х-10У1 ДАЗО4-450У-10У1	250 315	33 41	600	1855 1955	1420	1415 1480	450	205		1285 1405	850 960	2770 3100
ДАЗО4-450Х-12У1 ДАЗО4-450У-12У1	200 250	28 35	500	1855 1955	1420	1415 1480	450	205		1335 1455	920 1015	2890 3200
ДАЗО4-13-44-8У1 ДАЗО4-13-52-8У1	200 250	27 32,5	750	1635 1700	1285	1345	550	210		1210 1295	705 790	2460 2625
ДАЗО4-14-42-8У1	315	40,5	750	1770	1420	1480	450	210		1430	935	3100
ДАЗО4-14-49-8У1 ДАЗО4-14-59-8У1	400 500	50,5 62	750	1770 1860	1465	1545	500	250		1550 1125	1030 1175	3350 3700
Электродвигатели серии АНЗ-2												
АНЗ-2-15-57-6У3 АНЗ-2-15-69-6У3	1000 1250	118 145	1000	1965 2085	1500	1350	700	160	2.8	2870 3320	1650 1850	5000 5600
АНЗ-2-16-57-6У3 АНЗ-2-16-69-6У3	1600 2000	185 230	1000	2035 2155	1700	1550	800	200		3900 4400	2400 2800	7600 8500
АНЗ-2-15-57-8У3 АНЗ-2-15-69-8У3	800 1000	97 121	750	1965 2085	1500	1350	700	160		2570 3020	1750 1950	4900 5500
АНЗ-2-16-57-8У3 АНЗ-2-16-69-8У3	1250 1600	147 184	750	2035 2155	1700	1550	800	200		3750 4300	2300 2700	7400 8300
АНЗ-2-16-83-8У3	2000	234	750	2295	1700	1550	800	200		4850	3150	9300
АНЗ-2-15-57-10У3 АНЗ-2-15-69-10У3	630 800	80 100	600	1965 2085	1500	1350	700	160		2470 2820	1850 2050	4800 5400

Продолжение табл. 2.1

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
				L	B	H	h	d		статора	ротора	электродвигателя
АНЗ-2-16-57-10УЗ АНЗ-2-16-69-10УЗ	1000 1250	124 152	600	2035 2155	1700	1550	800	200	2.8	3150 3700	2350 2750	6800 7800
АНЗ-2-17-57-10УЗ АНЗ-2-17-69-10УЗ	1600 2000	188 232	600	2035 2155	2000	1850	950	200		5100 5750	3600 4050	9700 10 800
АНЗ-2-16-39-12УЗ АНЗ-2-16-48-12УЗ	500 630	64 80	500	1855 1945	1700	1550	800	200		2600 2900	1700 2050	5600 6200
АНЗ-2-16-57-12УЗ	800	101	500	2035	1700	1550	800	200		3150	2350	6800
АНЗ-2-17-48-12УЗ АНЗ-2-17-57-12УЗ	1000 1250	125 156	500	1945 2035	2000	1850	950	200		4650 5100	3200 3600	8900 9700
АНЗ-2-17-31-16УЗ АНЗ-2-17-39-16УЗ	500 630	68 85	375	1775 1855	2000	1850	950	200		3450 3700	2200 2550	6100 6700
Электродвигатели серии А и АЗ												
А 12-32-4УХЛ4 АЗ 12-32-4УХЛ4*	400	46,5	1500	1315, 1365	1320	1170	560	110	2.9	1395	675	2390
А 12-41-4УХЛ4	500	57,5	1500	1415, 1465						1630	785	2730
А 12-52-4УХЛ4	630	7,5	1500	1515, 1565						1835	915	3120
А 12-39-6УХЛ4	320	37,5	1000	1415, 1465						1355	885	2550

А 12-49-6УХЛ4	400	46,5	1000	1515, 1565						1565	1025	2900
А 12-42-8УХЛ4	250	31	750	1415, 1465						1385	940	2630
А 12-52-8УХЛ4	320	39	750	1515, 1565						1500	1090	2890
А 12-42-10УХЛ4	200	27	600	1315, 1365						1190	1005	2510
А 12-52-10УХЛ4	250	32	600	1415, 1465						1385	1165	2860
А 13-46-4УХЛ4	800	90	1500	1517, 1585						2300	1115	3780
А 13-59-4УХЛ4	1000	112	1500	1667, 1735						2600	1305	4280
А 13-37-6УХЛ4	500	58,5	1000	1417, 1485						1760	1080	3200
А 13-46-6УХЛ4	630	72,5	1000	1517, 1585	1470	1320	630	120	2.9	2035	1260	3630
А 13-59-6УХЛ4	800	91	1000	1667, 1735						2365	1495	4200
А 13-42-8УХЛ4	400	48	750	1417, 1485						1730	1230	3290
А 13-52-8УХЛ4	500	59,5	750	1517, 1585						2045	1425	3820
А 13-62-8УХЛ4	630	74,5	750	1667, 1735						2285	1635	4350
А 13-42-10УХЛ4	320	40	600	1417, 1485						1660	1340	3350
А 13-52-10УХЛ4	400	49	600	1417, 1485						1825	1535	3690
А 13-62-10УХЛ4	500	61	600	1517, 1585						2115	1750	4210
А 13-42-12УХЛ4	200	27	500	1417, 1485						1580	1340	3280
А 13-52-12УХЛ4	250	33	500	1417, 1485						1795	1535	3660
А 13-62-12УХЛ4	320	41,5	500	1517, 1585						2070	1750	4170

Продолжение табл. 2.1

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
				L	B	H	h	d		статора	ротора	электродвигателя
Электродвигатели серии А4												
А4-400ХК-4У3 А4-400Х-4У3 А4-400У-4У3	400 500 630	47 58 72,5	1500	1550 1550 1650	1320	1305	400	100	2.3	1160 1260 1410	540 590 665	1930 2070 2290
А4-450Х-4У3 А4-450У-4У3	800 1000	92 113	1500	1595 1695	1420	1410	450	110		1530 1720	690 805	2580 2890
А4-400ХК-6У3 А4-400Х-6У3 А4-400У-6У3	315 400 500	38 47,5 59,5	1000	1550 1550 1650	1320	1305	400	100		1070 1170 1290	645 710 795	1960 2110 2320
Электродвигатели серии ВАО и ВАО2												
ВАО 560М-4 ВАО 560L-4	500 630	57 71	1500	2055 2125	1424	1120	560	100	2.11	2235 2480	855 955	3750 4100
ВАО 630М-4 ВАО 630L-4	800 1000	90 112	1500	2235 2220	1510 1655	1232 1310	600	100 120		3130 3820	1075 1465	4780 6790
ВАО 710М-4 ВАО 710L-4	1250 1600	140 177	1500	2370 2530	1655 1715	1390 1420	710	140		4770 5610	1745 2015	7630 8330
ВАО 450L-6	200	24,5	1000	2020	1435	940	450	100		1300	607	2800
ВАО 560М-6 ВАО 560L-6	400 500	47 60	1000	2055 2125	1424	1120	560	100		2615 2850	1065 1195	4290 4650

ВАО 630М-6 ВАО 630L-6	630 800	73,5 93	1000	2240 2230	1545 1655	1250 1310	630	110 120	2.11	3350 4190	1358 1885	5680 7150
ВАО 560М-8 ВАО 560L-8	315 400	39,6 50,5	750	2068 2130	1545	1180	560	100		2780 3085	1176 1291	4930 5380
ВАО 630М-8 ВАО 630L-8	500 630	61,5 75,5	750	2240 2230	1545 1645	1250 1310	630	110 120		3350 3950	1500 2075	5880 7130
ВАО 2-450S-4 ВАО 2-450М-4	200 250	23,3 29	1500	1500 1560	1181 1243	1000	450	100		1175 1286	395 428	1850 2000
ВАО 2-450LA-4 ВАО 2-450LB-4	315 400	36 45,5	1500	1680 1810	1243	1030	450	100		1524 1858	500 600	2400 2750
ВАО 2-560S-4	500	56,5	1500	1660	1425	1240	560	110		2235	693	3000
ВАО 2-560М-4 ВАО 2-560LA-4	630 800	71 90	1500	1730	1425	1240	560	110		2608 2988	796 888	3350 4000
ВАО 2-560LB-4	1000	112	1500	2020	1589	1320	560	110		4053	1071	4900
ВАО 2-450М-6 ВАО 2-450LA-6 ВАО 2-450LB-6 ВАО 2-450LA-8 ВАО 2-450LB-8	200 250 315 200 250	24,3 29,4 37 26 32,5	1000 1000 750 750	1580 1700 1830 1680 1810	1237	1030	450	100		1157 1485 1679 1540 1818	486 595 690 580 685	2050 2500 2750 2600 2800

* Электродвигатели А3 имеют такие же цифровые обозначения, как и электродвигатели А, и соответственно такие же габариты.

Таблица 2.2. Основные технические данные вертикальных асинхронных электродвигателей серии ВАН

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения (синхронная), об/мин	Размеры, мм							Номер рисунка	Масса, кг		
				H	H_1	H_2	H_3	D	C	C_1		статора	ротора	электродвигателя
Электродвигатели серии ВАН														
ВАН/АВ/16-31-10УХЛ4	1000	122	600	1830	1030	500	800	2220	1260	350	2, 10	4080	3360	10 740
ВАН/АВ/16-36-10УХЛ4	1250	151	600	1930								4530	3650	11 530
ВАН/АВ/16-49-10УХЛ4	1600	186	600	2030								5550	4320	13 170
ВАН/АВ/16-31-12УХЛ4	800	104	500	1830								3620	3220	10 100
ВАН/АВ/16-41-12УХЛ4	1000	122	500	1830								4150	3740	11 200
ВАН/АВ/17-31-12УХЛ4	1600	187	500	1950								5700	3800	14 250
ВАН/АВ/16-36-16УХЛ4	630	85	375	1830								3925	3445	10 600
ВАН/АВ/16-41-16УХЛ4	800	110	375	1830	1030	580	800	2720	1450			4150	3740	11 200
ВАН/АВ/17-31-16УХЛ4	1000	127	375	1950								5750	3785	14 200
ВАН/АВ/17-39-16УХЛ4	1250	160	375	2050	1140							5895	5150	15 200
ВАН/АВ/17-49-16УХЛ4	1600	204	375	2040								6840	5810	16 850
ВАН/АВ/17-69-16УХЛ4	2500	320	375	2320								6970	7570	21 300
ВАН 118/23-8УЗ	400	49,5	750	1600	970	400	600	1750	1075	300		2050	1245	5050
ВАН 118/41-8УЗ	800	98	750	1680	1050							2600	1630	6200
ВАН 118/51-8УЗ	1000	119	750	1780	1150							3950	1815	6700
ВАН 118/23-10УЗ	315	43	600	1600	970							1900	1345	5000
ВАН 118/41-10УЗ	630	82	600	1680	1050							2400	1800	6150
ВАН 118-51-10УЗ	800	99	600	1780	1150							2700	2000	6650
ВАН 143/41-10УЗ	1000	121	600	2110	1120	550	800	1750	1075	300		3296	2580	8270
ВАН 143/51-10УЗ	1250	154	600	2210								3656	2900	8950
ВАН 173/39-10УЗ	1600	189	600	2030	1140	550	800	2220	1260	350		4585	2318	11 600
ВАН 118/28-12УЗ	315	45,5	500	1600	970	400	600	1750	1075	300		2000	1455	5250
ВАН 118/51-12УЗ	630	87		1780	1150							2700	2000	6650
ВАН 143/41-12УЗ	800	102	500	2280	1120	550	800	1750	1075	300		3230	2580	8200
ВАН 143/51-12УЗ	1000	125		2210	1220							3614	2900	8900

ВАН 173/39-12УЗ	1250	154	500	2030	1140	550	800	2220	1260	350		4550	2318	11 565
БАН 173/46-12УЗ	1600	194										4980	3611	12 285
ВАН 173/56-12УЗ	2000	242	500	2130	1240	550	800	2220	1260	350		5795	4041	13 530
ВАН 143/36-16УЗ	500	74,5	375	1910	920	550	800	1750	1075	350		2650	2290	7280
ВАН 143/46-16УЗ	630	90		2110	1120							3640	2600	8590
ВАН 173/36-16УЗ	800	108	375	1870	980	550	800	2220	1250	350		3935	3077	10 700
ВАН 173/46-16УЗ	1000	133	375	2030	1140	550	800	2220	1260	350		4560	3499	11 750
ВАН 173/56-16УЗ	1250	166		2130	1240							5285	2925	12 905
ВАЗ 215/39-12УЗ	2000	232	500	3020	1300	580	800	2720	1450	350		6060	5140	16 700
ВАЗ 215/51-12МУЗ	2500	288										7200	6040	18 115
ВАЗ 215/109-6АМО5	8000	880	1000	4212	3670	—	—	3650	—	—		22 750	15 600	44 700
ВДА 173/99-6АУХЛ4	5600	620	1000	—	—	—	—	—	—	—	2, 12	12 330	8690	33 400
ДВДА 173/29-10/12УХЛ4	500	66	600	2740	1100	500	800	2220	1260	350	2, 10	4000	2980	10 000
	315	46	500											
ДВДА 173/49-12-16УХЛ4	800	99	500	2900	1300							5120	3860	12 300
	400	60	375											
ДВДА 215/64-16-20УХЛ4	1400	188	375	3310	1400	580	800	2720	1450			9180	5800	19 200
	710	100	300											
ДВДА 260/99-16-20УЗ	5000	665	375	5245	1870							17 500	17 000	48 500
	2500	363	300											
ДВДА 260/79-20-24УЗ	3150	458	300	5115	1670	750	2000	3350	1575	600		15 500	16 100	48 800
	1600	258	250											
ДВДА 260/99-20-24УЗ	4000	580	300	5245	1870	750	2000	3350	1575	600		17 700	18 500	43 000
	2500	387	250											
ДВДА2 173/59-10-12УХЛ3	1600	195	600	2945	1230	500	800	2220	1260	350		5600	4300	13 420
	1000	130	500											
ДВДА2 143/56-12-16УХЛ3	800	106	500	3010	1220	500	800	1750	1450	300		3690	2900	9700
	400	60,5	375											
ДВДА2 173/46-12-16УХЛ3	1000	125	500	2740	1340	500	800	2220	1450	350		4900	3800	12 450
	500	73	375											

Таблица 2.3. Основные технические данные синхронных электродвигателей серий ВДС, ВДС2, ВДСН

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения, об/мин	Напряжение на кольцах ротора, В	Ток ротора, В	Размеры, мм (рис. 2.10)								Масса, кг		
						C	C_1	D	d	H_1	H_2	H_3	H	статора	ротора	электродвигателя
Электродвигатели серий ВДС, ВДС2, ВДСН																
ВДС-375/125-28УХЛ4	12 500	821	214,3	190	560	2450	400	4600	1000	2200	1050	2010	6160	34 500	53 400	127 000
ВДС-375/89-32УХЛ4	8000	528	187,5	190	600					1840	725		5760	28 460	39 100	104 500
ВДС2-325/44-16УХЛ4	5000	564	375	132	320				600	1180			5720	13 500	16 700	46 700
ВДС2-325/49-16УХЛ4	5000	340	375	125	360	1860	400	4000	600	1350			5938	13 620	17 650	47 200
ВДС2-325/69-16УХЛ4	8000	540	375	120	400				725	1550	800		6213	17 500	22 700	58 300
ВДС2-325/44-18УХЛ4	5000	566	333	125	350				600	1180	725	2260	5720	13 250	18 400	47 780
ВДС2-325/49-18УХЛ4	5000	340	333	130	340				600	1350	725		5890	15 300	22 100	52 760
ВДС2-325/44-20УХЛ4	4000	450	300	100	380				600	1180	725		5720	13 600	17 900	48 330
ВДС2-325/59-24УХЛ4	5000	560	250	140	360				600	1330	725		5918	15 100	20 500	51 400
ВСДН(СДВ)16/31-8УХЛ4	1250	141	750	62	300	1260	350	2220	460	1130	500	800	2950	3750	4500	11 250
ВСДН(СДВ)16/36-8УХЛ4	1600	180	750	61	310					1130			2950	4570	4950	12 100
ВСДН(СДВ)16/31-10УХЛ4	1000	112	600	44	260					1030			2850	4100	4400	11 060
ВСДН(СДВ)16/44-10УХЛ4	1600	180	600	61	290					1130			2950	4960	5500	12 800
ВСДН(СДВ)17/49-10УХЛ4	3200	352	600	95	300	1450	350	2720	550	1130	600		3425	8480	11 550	24 080

ВСДН(СДВ)16/36-12УХЛ4	1000	112	500	66	200	1260	350	2220	460	1030	500	2550	3850	4025	10 500
ВСДН(СДВ)16/41-12УХЛ4	1250	140	500	65	270					1030		2550	4100	4380	11 000
ВСДН(СДВ)16/51-12УХЛ4	1600	178	500	71	270					1140		2950	4585	5030	12 200
ВСДН(СДВ)17/39-12УХЛ4	2000	224	500	82	290	1450	350	2720	550	1140	600	3060	5900	8500	17 900
ВСДН(СДВ)17/49-12УХЛ4	2500	276	500	80	300					1300		3425	7050	11 900	24 200
ВСДН(СДВ)17/59-12УХЛ4	3200	357	500	95	290					1300		3425	7800	14 400	27 200
ВСДН(СДВ)17/39-16УХЛ4	1600	180	375	95	300					1140		3060	5700	5700	15 000
ВСДН(СДВ)17/59-16УХЛ4	2500	281	375	80	270					1300		3425	75 550	8750	20 310

Таблица 2.4. Основные технические данные горизонтальных синхронных электродвигателей серии СДМЗ

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Ток статора, А	Частота вращения, об/мин	Напряжение на кольцах ротора, В	Ток ротора, А	Размеры, мм					Номер рисунка	Масса, кг		
						L	B	H	h	d		статора	ротора	электродвигателя
СДСЗ-2000-100 СДМЗ-20-49-60	2000	230	100	184	276	3995	5740	6710	630	400	2, 13	19 400	19 000	49 000
СДМЗ-2-22-34-60	1600	185	100	147	290	3870	6040	6710	630	360		16 350	16 300	43 100
СДМЗ-2-22-41-60	2000	229	100	134	285	4010						17 000	17 000	45 500

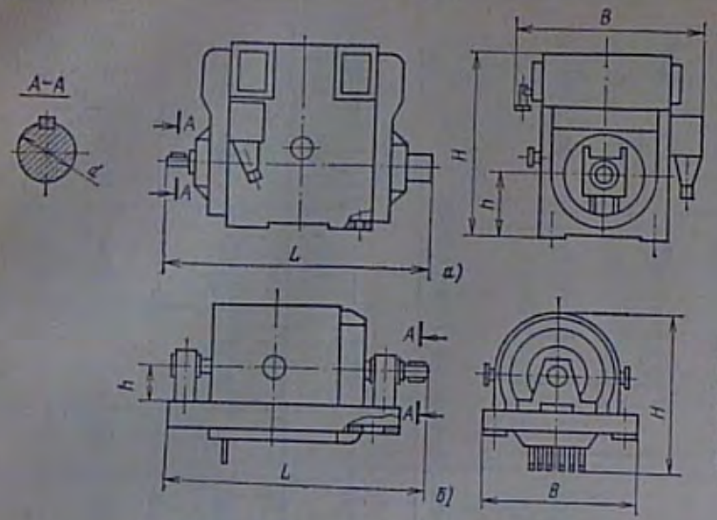


Рис. 2.1. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии АТД:

а — электродвигатели серии АЗ; *б* — электродвигатели серии АС; *в* — электродвигатели серии АЗС

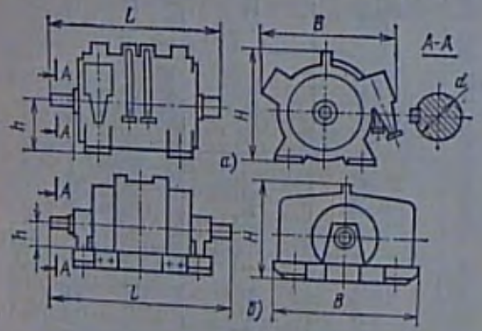


Рис. 2.2. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии АТД2

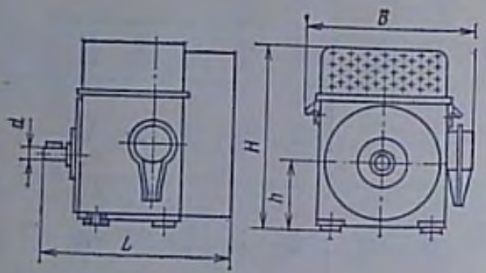


Рис. 2.3. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии ДАЗО 12-го и 13-го габаритов

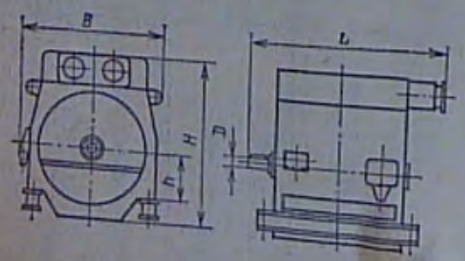


Рис. 2.4. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии ДАЗО 14-го и 15-го габаритов

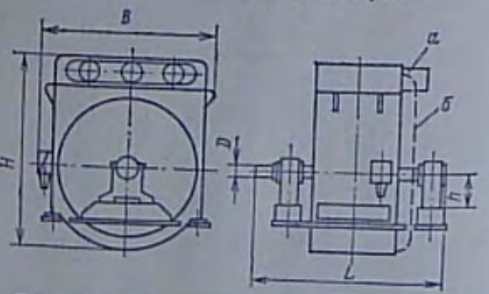


Рис. 2.5. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии ДАЗО 19-го габарита:

а — с вентилятором-наездником; *б* — с вентилятором на валу

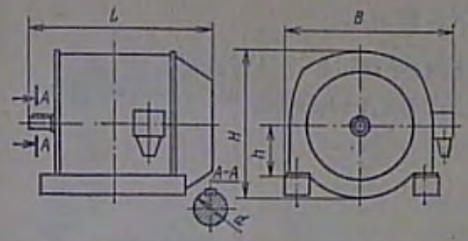


Рис. 2.6. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии ДАЗО2 16-го и 17-го габаритов

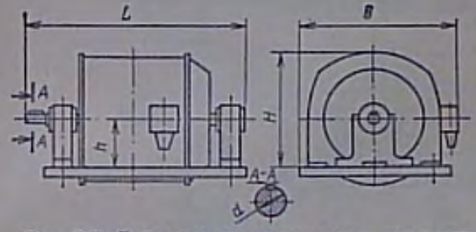


Рис. 2.7. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии ДАЗО2 18-го габарита и ДАЗО 2-16-59-4У1

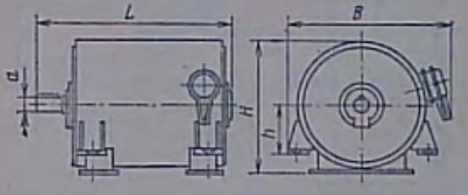


Рис. 2.8 Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серии АН32

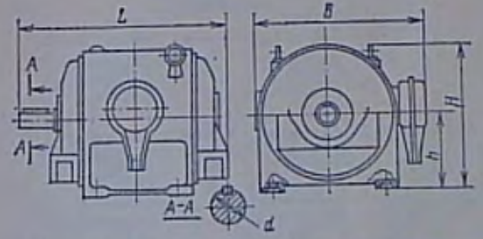


Рис. 2.9. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серий А и АЗ

→

Рис. 2.13. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей типов СДСЗ-2000-100 и СДМЗ-20-49-60

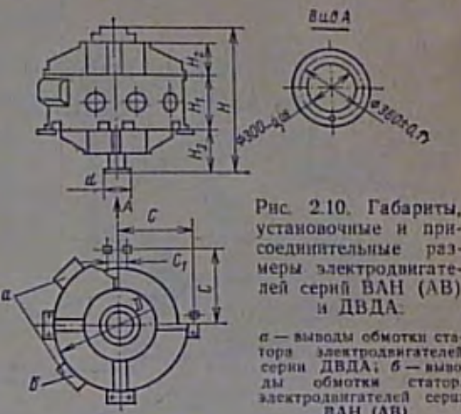


Рис. 2.10. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серий ВАН (АВ) и ДВДА:

а — выводы обмотки статора электродвигателей серии ДВДА; *б* — выводы обмотки статора электродвигателей серии ВАН (АВ)

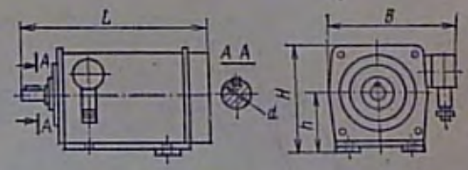


Рис. 2.11. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателей серий ВАО и ВАО2

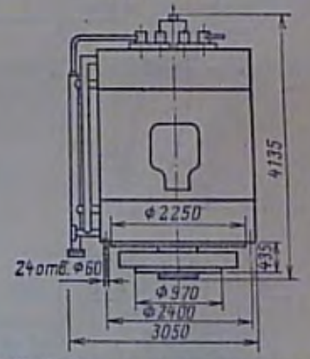
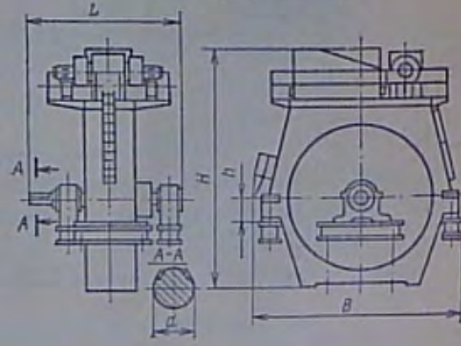


Рис. 2.12. Габариты, установочные и присоединительные размеры электродвигателя типа ВДА 173/99-6/АУХЛ/4



Раздел третий

ОБМОТОЧНО-РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

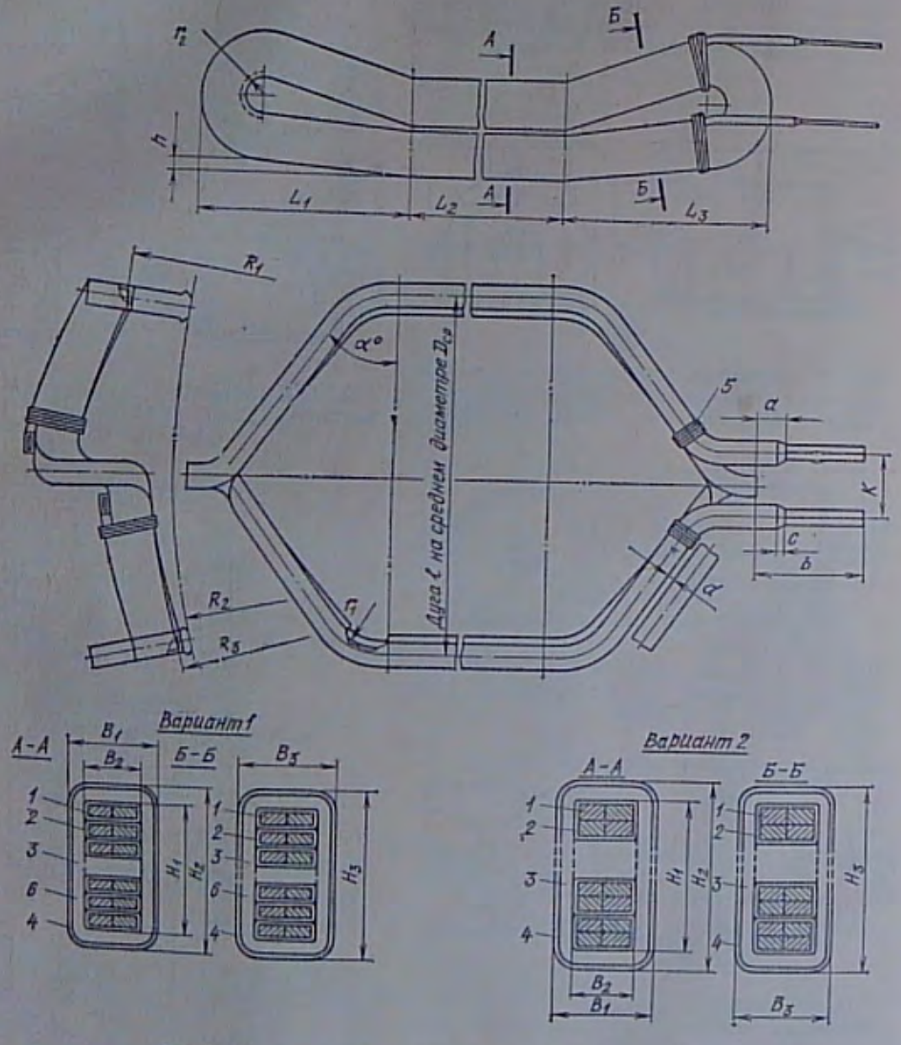


Рис. 3.1. Катушка статора электродвигателей серии АВ

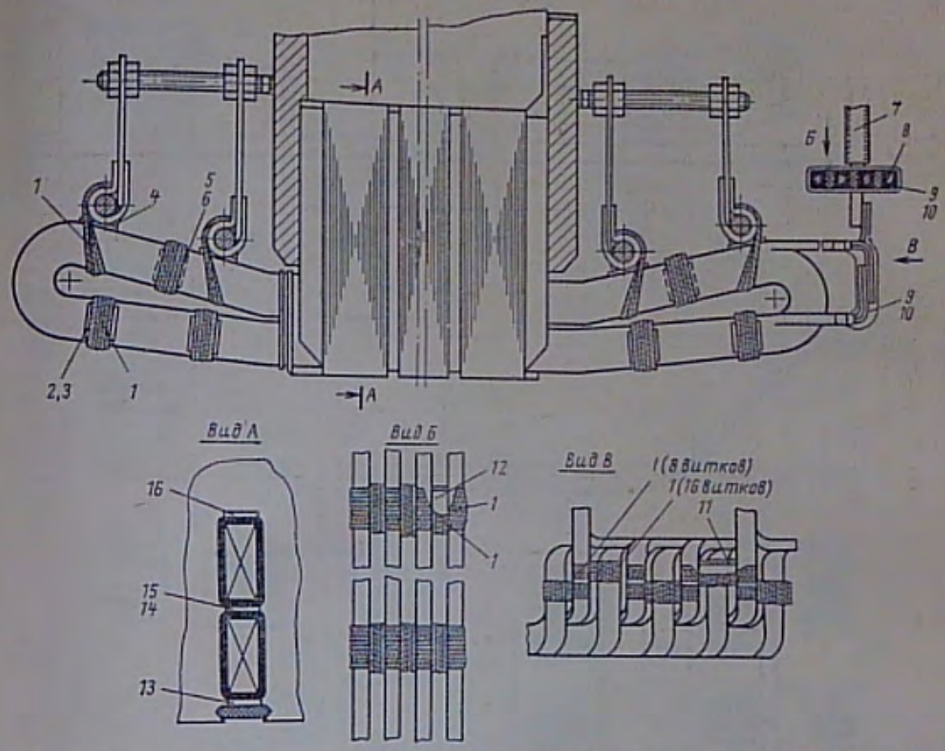


Рис. 3.2. Схема крепления лобовых и пазовых частей обмотки статора электродвигателей типа АВ-16-36-10 (АВ-16-49-10)

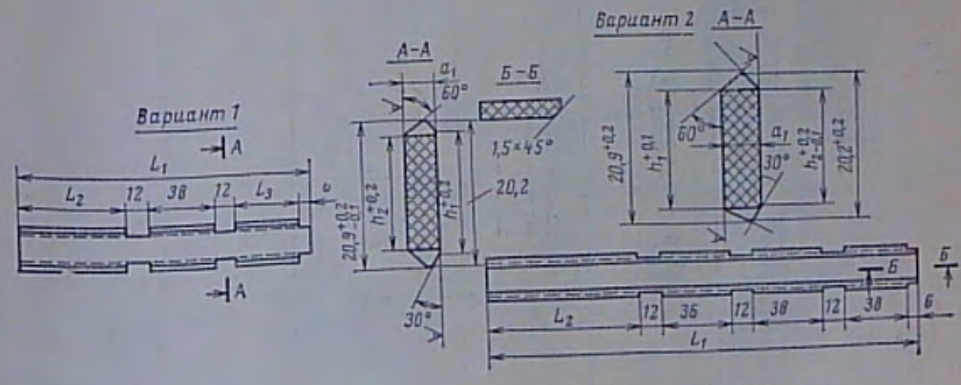


Рис. 3.3. Пазовые клинья электродвигателей серии АВ (табл. 3.4)

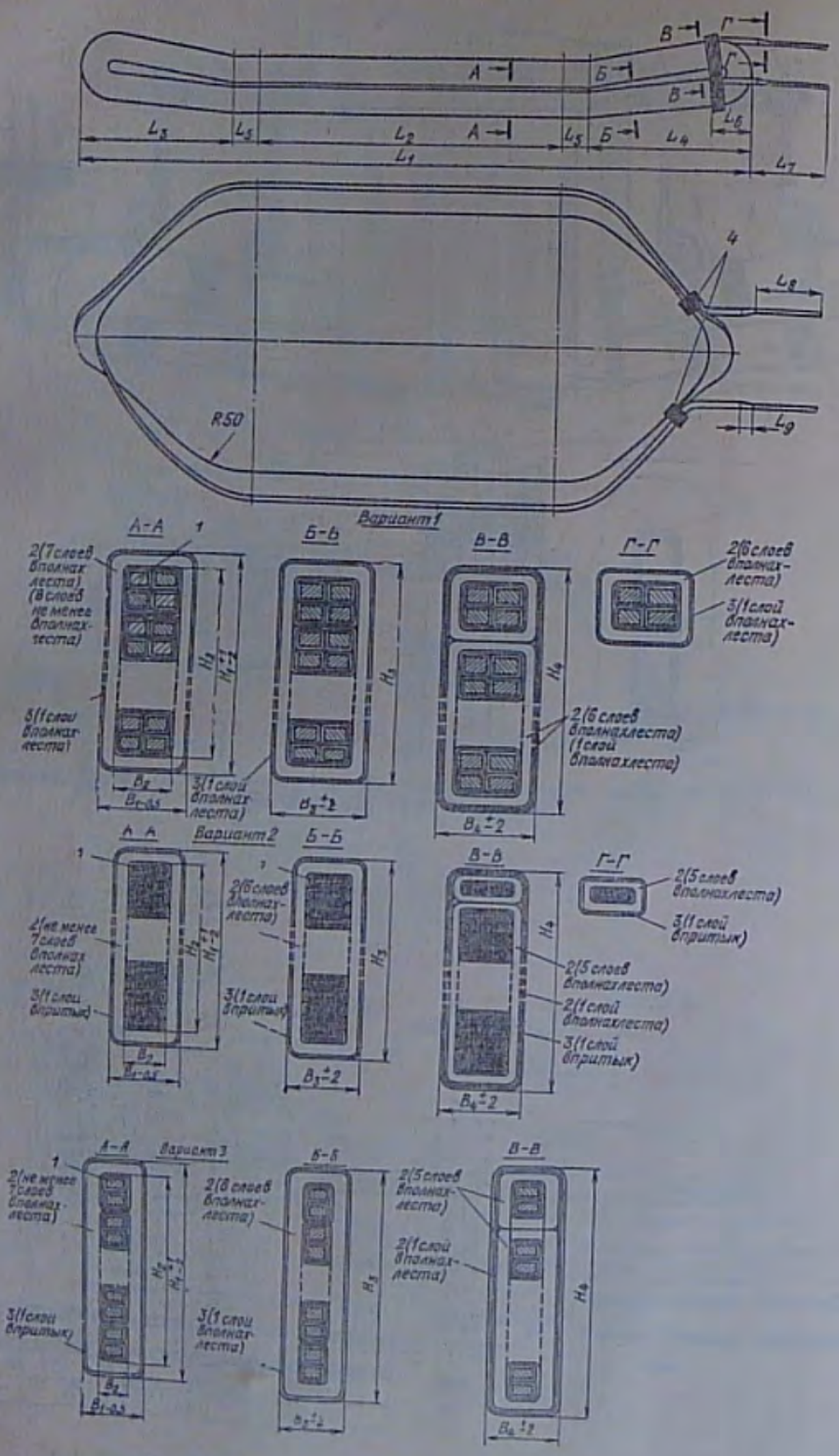


Рис. 3.4. Катушка статора электродвигателей серии АТД

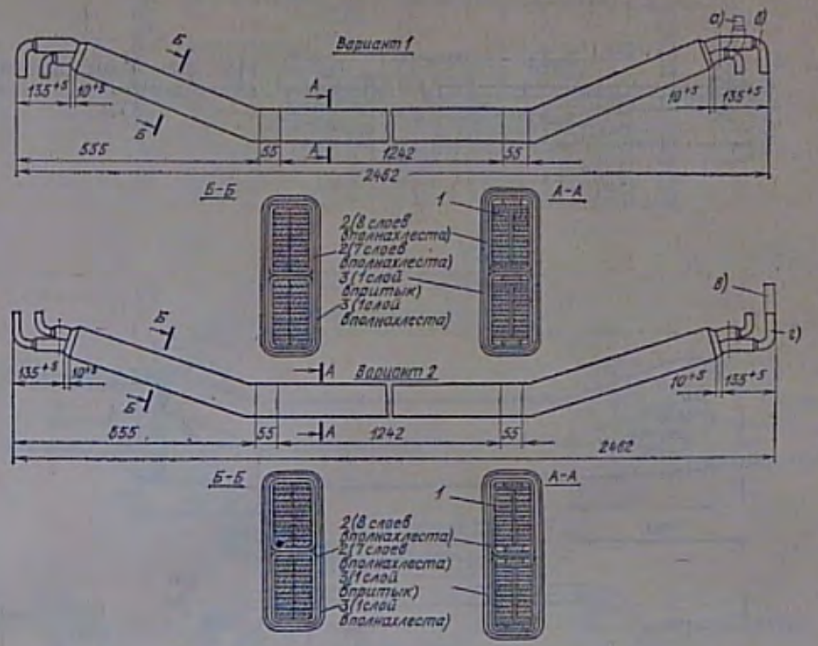


Рис. 3.5. Стержни статора (изолированные) электродвигателя типа АТД-8000:
а — стержень верхний выводной; *б* — стержень верхний; *в* — стержень нижний выводной; *г* — стержень нижний

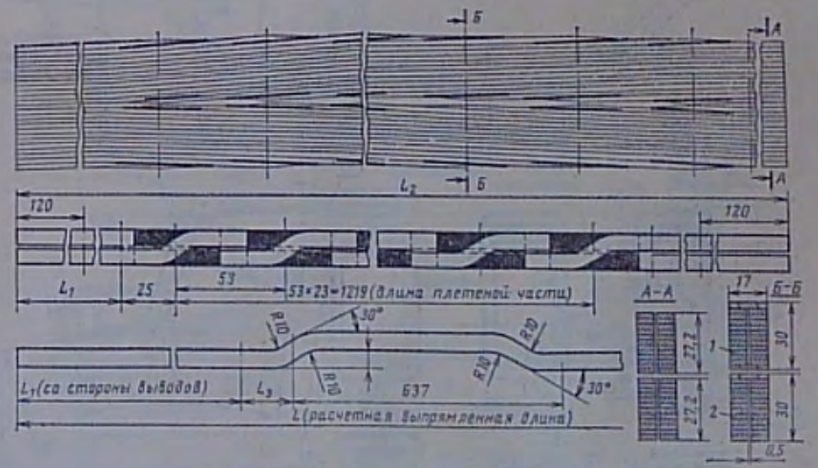


Рис. 3.6. Укладка проводников в стержень электродвигателя АТД-8000

Стержень	Позиция	Размер, мм L_1	Размер, мм L	Размер, мм L_3	Масса, кг	Стержень	Позиция	Размер, мм L_1	Размер, мм L	Размер, мм L_3	Масса, кг
Нижний	1	865	2975	2955	20,7	Верхний	1	865	3075	2955	20,9
	2	890	3100	3080			2	990	3200	3180	
Нижний выводной	1	920	3205	3185	21,6	Верхний выводной	1	920	3205	3185	21,6
	2	990	3175	3155			2	960	3155	3135	

№ проводников . .	1; 13	2; 14	3; 15	4; 16	5; 17	6; 18	7; 19	8; 20	9; 21	10; 22	11; 23	12; 24
L_1, мм	26	79	132	185	238	291	344	397	450	503	556	609

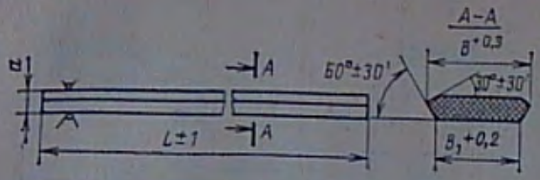


Рис. 3.7. Клин пазовый электродвигателей серии АТД

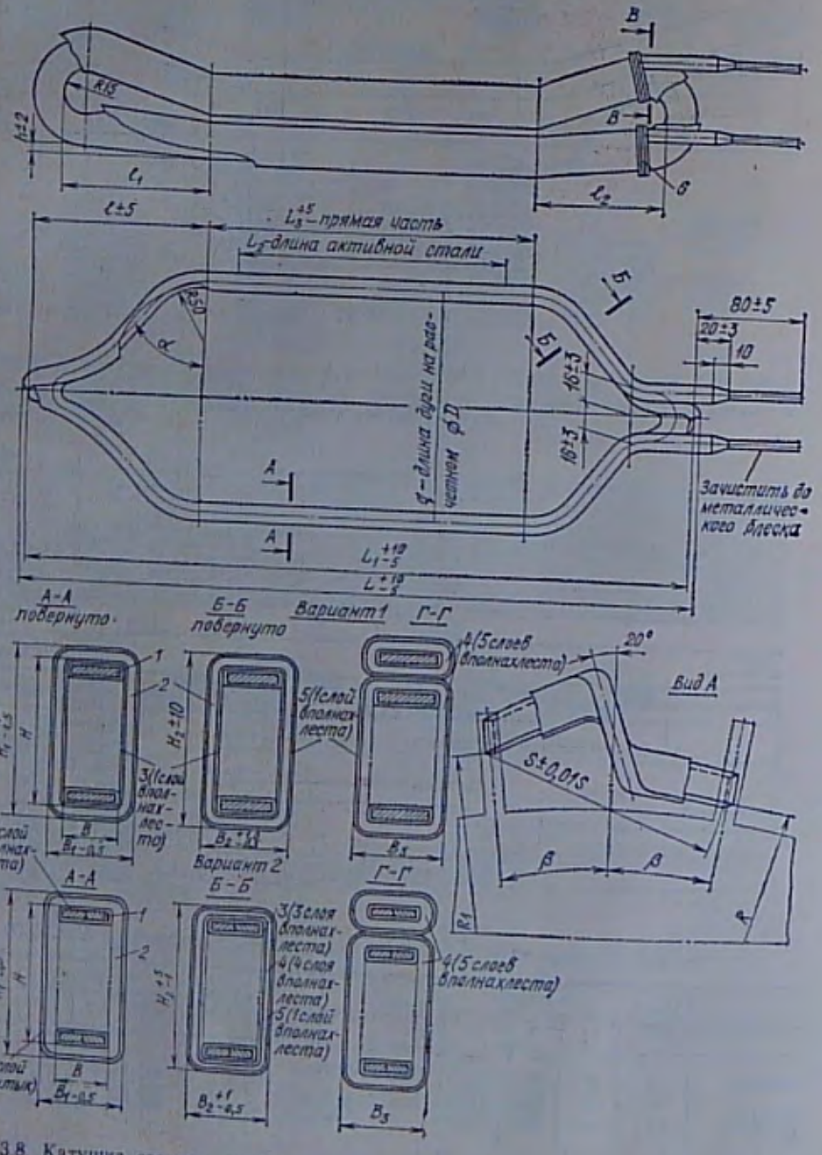


Рис. 3.8. Катушка статора электродвигателей серии ДАЗО 12-го и 13-го габаритов

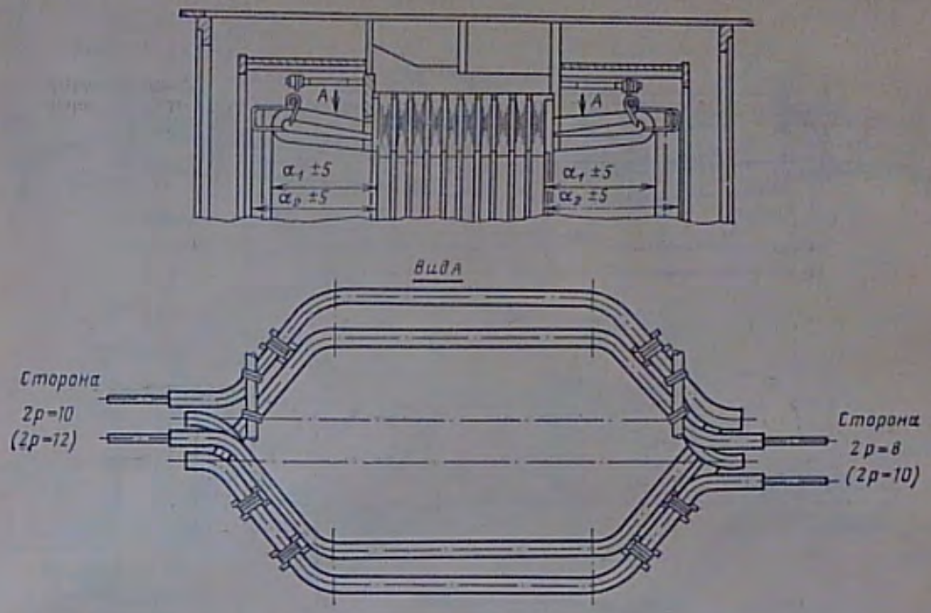


Рис. 3.9. Схема крепления лобовых и пазовых частей обмоток статора электродвигателей серии ДАЗО

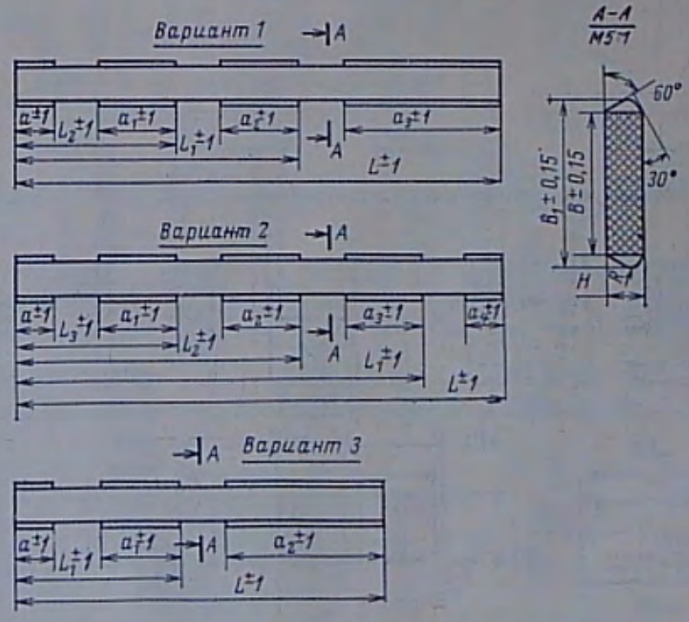


Рис. 3.10. Клин пазовый электродвигателей серии ДАЗО 12-го и 13-го габаритов

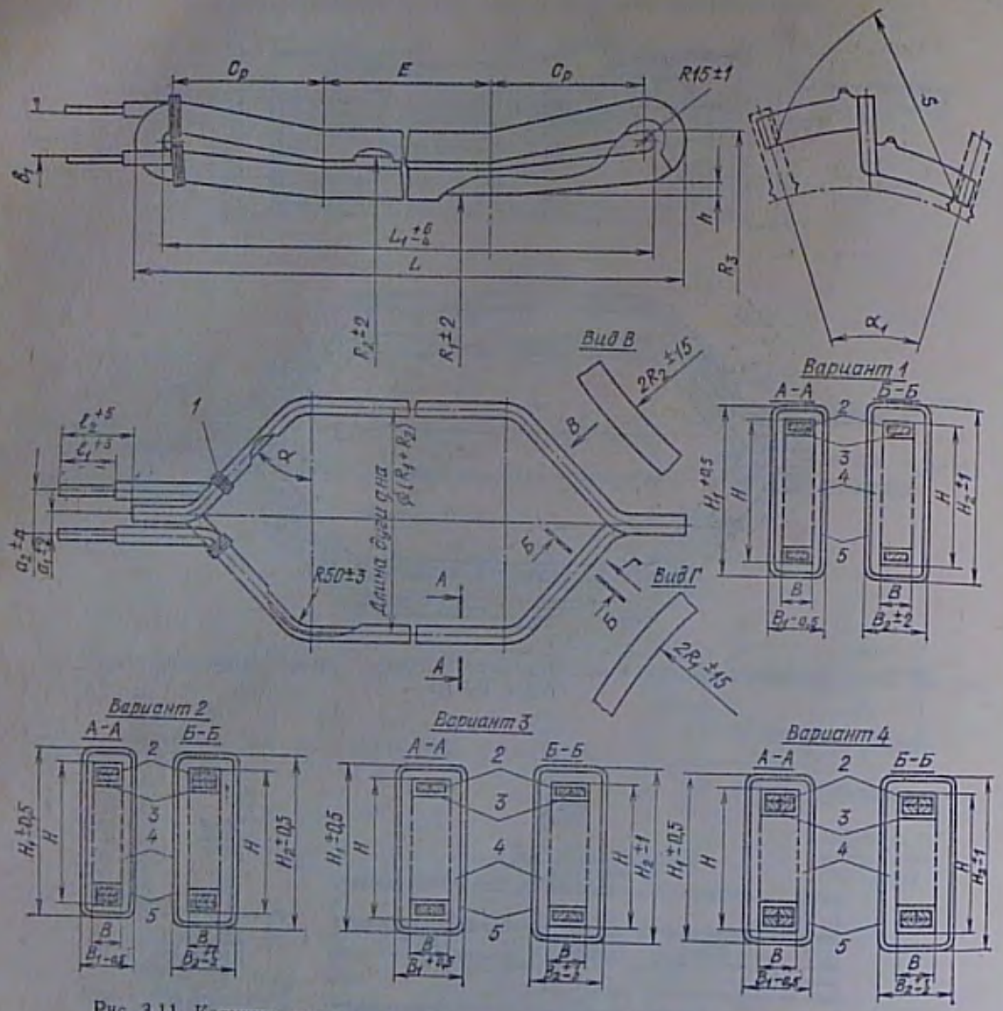


Рис. 3.11. Катушка статора электродвигателей серии ДАЗО 14—19-го габаритов

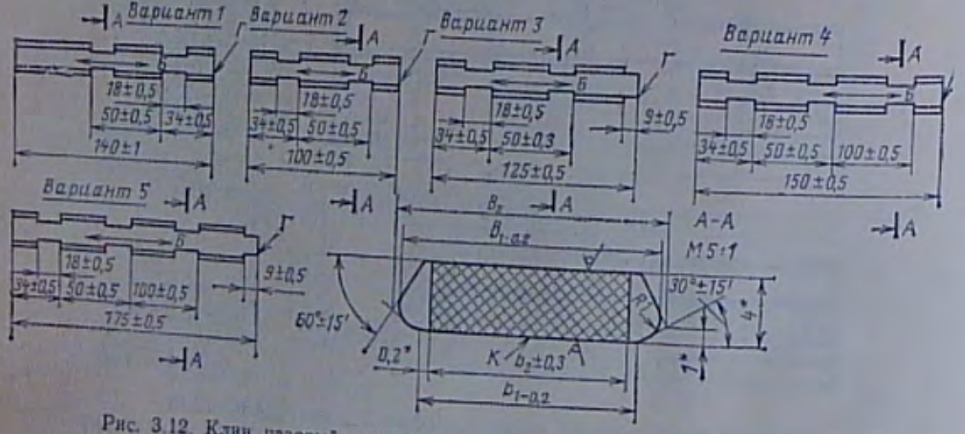


Рис. 3.12. Клин пазовый электродвигателей серии ДАЗО 14—19-го габаритов

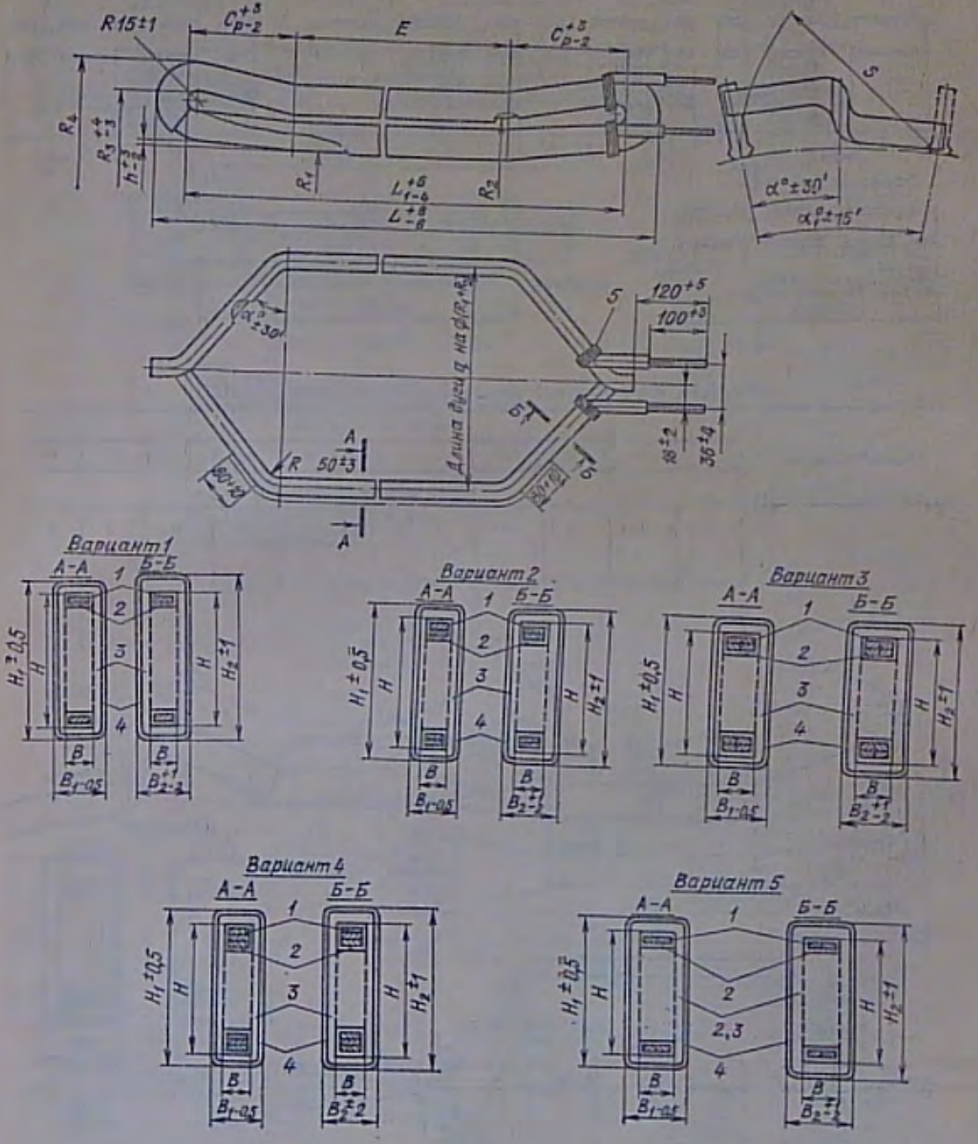


Рис. 3.13. Катушка статора электродвигателей серии ДАЗО2

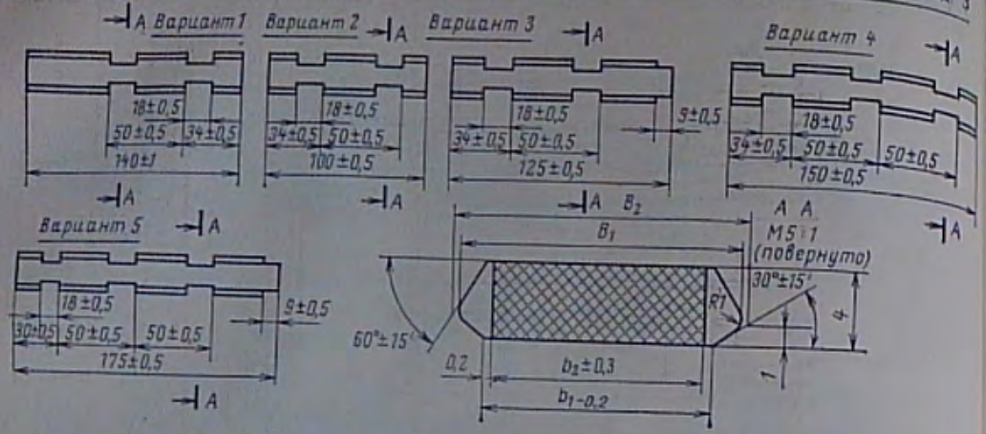


Рис. 3.14. Клин пазовый электродвигателей серии ДАЗО2

Вариант клиньев	Число пакетов статора										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Число клиньев на один паз										
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2		2				4					
3			2					4	2		
4				2							
5					2						

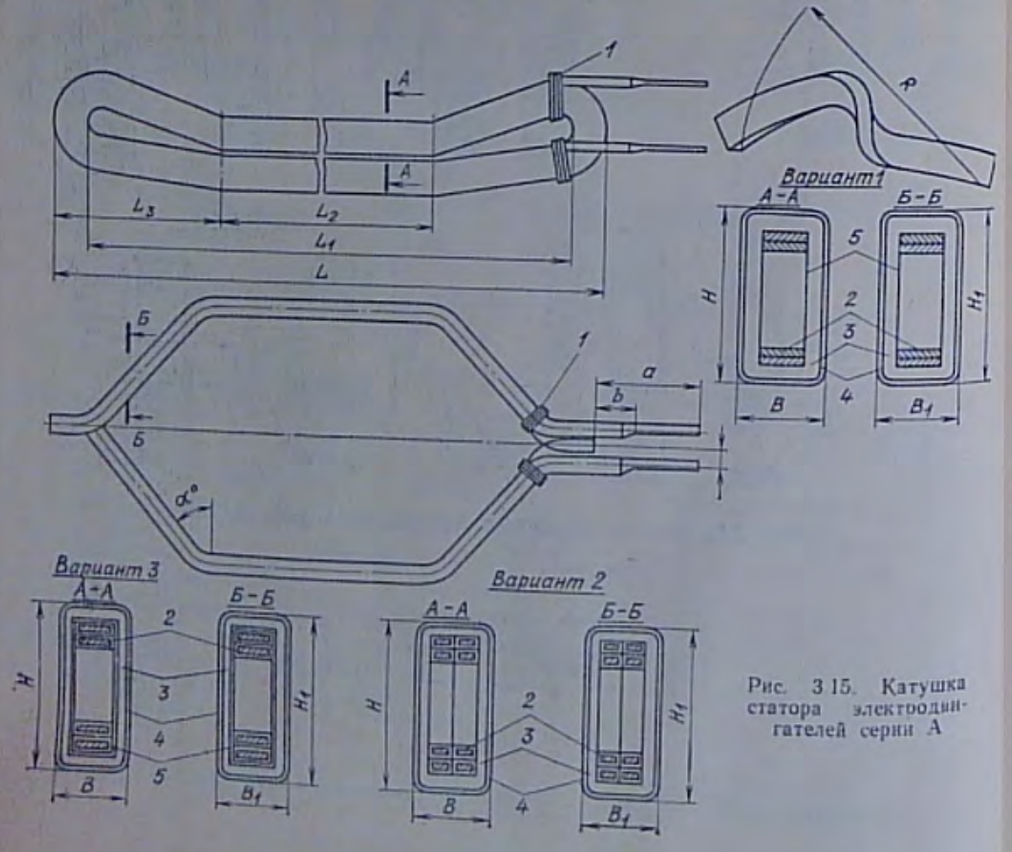


Рис. 3.15. Катушка статора электродвигателей серии А

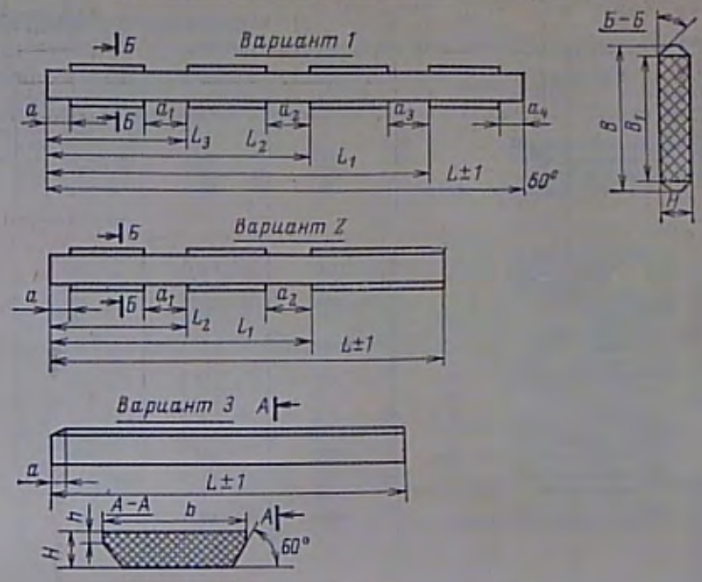


Рис. 3.16. Клин пазовый электродвигателей серии А

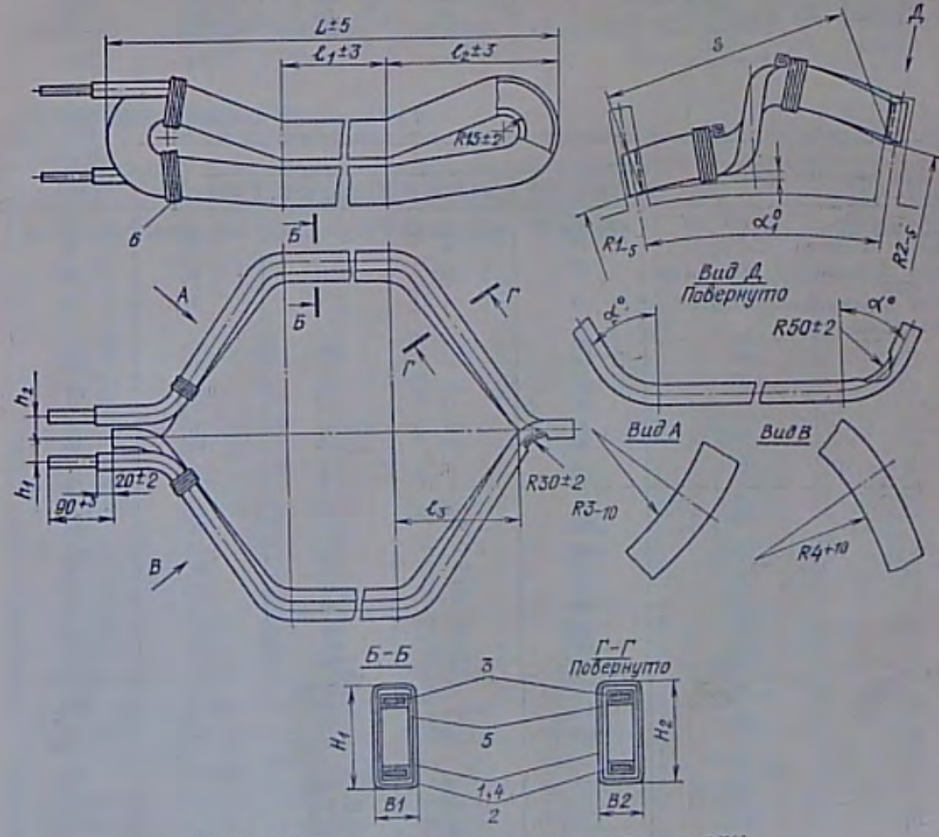
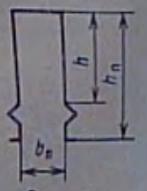
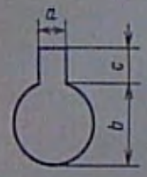


Рис. 3.17. Катушка статора электродвигателей серии СДН

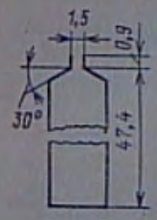
Таблица 3.1. Обмоточные данные



Эскиз 1



Эскиз 2



Эскиз 3

Технические данные	Тип электро			
	АВ-16-31-10	АВ-16-36-10	АВ-16-16-49-10	АВ-16-31-12
Напряжение, кВ	6	6	6	6
Мощность, кВт	1000	1250	1600	800
Ток статора, А	122	149	186	103
Частота вращения, об/мин	600	600	600	500
Диаметр, мм:				
внешний	1730	1730	1730	1730
внутренний	1320	1320	1320	1400
Число пазов	108	108	108	108
Ширина активной стали с каналами, мм	310	360	420	310
Размеры паза ($b_п \times h/h_п$), мм (см. эскиз 1)	17,5×70,2/75,2	17,5×71,2/76,2	17,5×71,2/76,2	17,5×71,2/76,2
Число проводников в пазу	14	12	10	16
Число пазов на полюс и фазу	3 3/9	3 3/9	3 3/9	3
Число катушечных групп	30	30	30	36
Шаг обмотки	1—10	1—10	1—10	1—8
Средняя длина витка, мм	1920	2060	2320	1730
Соединение фаз	Y	Y	Y	Y
Сопротивление фазы при 20 °С, Ом	0,33	0,251	0,195	0,394
Масса меди с изоляцией, кг	342	382	432	301
Диаметр, мм:				
внешний	1316	1316	1316	1306
внутренний	935	935	935	1096
Число пазов	120	120	120	132
Размеры паза, мм, (см. эскиз 2)	5,5×15/15,2	5,5×15/15,2	5,5×15/15,2	5,5×15/15,2
Масса меди, кг	206	219	245	223,5

Таблица 3.2. Катушка статора (рис. 3.1)

Технические данные	Тип электро				
	АВ-16-31-10	АВ-16-36-10	АВ-16-49-10	АВ-16-31-12	АВ-16-41-12
Заводской номер чертежа	5БП. 524. 111	5БП. 524. 305	5БП. 524. 251	5БП. 524. 199	5БП. 524. 304
Вариант на рис. 3.1	1	1	2	1	1
Число эффективных проводников в пазу	14	12	10	16	14
Число параллельных проводников	2	4	4	2	2
Размеры, мм:					
L_1	190	192	190	163	160
L_2	410	460	519	410	510
L_3	185	187	185	159	157
h	15	15	15	15	15
a	15	21	15	20	15
b	80	80	85	70	60
c	—	6	5	5	5
a_1	6	6	6	6,5	6
l	43	43	43	45	45
$D_{ср}$	360	360	360	296	295
r_1	1373	1373	1376	1454	1452
r_2	50	50	50	50	50
$\alpha°$	15	15	15	15	15
R_1	36	36	36	35	34
R_2	704	705	704	745	744
R_3	660	660	660	700	700
B_1	669	669	669	709	708
B_2	$16{,}7_{-0{,}3}$	$16{,}6_{-0{,}3}$	$16{,}7_{-0{,}3}$	$16{,}7_{-0{,}5}$	$16{,}8\pm0{,}2$
B_3	$10{,}8_{-0{,}3}$	$10{,}7_{-0{,}3}$	$10{,}8^{+0{,}2}$	$10{,}8_{-0{,}3}$	10,9
H_1	$17{,}3\pm0{,}5$	$17{,}2\pm0{,}5$	$17{,}5\pm0{,}5$	$17{,}3^{+0{,}5}_{-0{,}3}$	$17{,}5\pm1$
H_2	$27_{-0{,}5}$	$28{,}2_{-0{,}5}$	$26{,}7_{-0{,}5}$	$27{,}8^{+0{,}6}$	26,8
H_3	33^{+1}	$34{,}1^{+1}$	$32{,}5^{+1}$	$33{,}6^{+1}$	$32{,}7\pm1$
H_4	$33{,}5\pm1$	$35{,}2\pm1$	$33{,}7\pm1$	$34{,}2\pm1$	$33{,}3\pm1$

асинхронных электродвигателей серии АВ

двигателя						
АВ-16-41-12	АВ-17-31-12	АВ-16-36-16	АВ-16-41-16	АВ-17-31-16	АВ-17-39-16	АВ-17-49-16
6	6	6	6	6	6	6
1000	1600	630	720	1000	1250	1500
120	187	65	99	125	159	204
500	500	375	375	375	375	375
Статор						
1730	2150	1730	1730	2150	2150	2150
1400	1770	1400	1400	1770	1770	1770
108	144	108	108	144	144	144
410	310	360	410	310	360	420
17,5×71,2/76,2	17,5×71,2/76,2	17,5×71,2/76,2	17,5×71,2/76,2	17,5×71,2/76,2	17,5×71,2/76,2	17,5×70,2/75,2
14	10	20	16	14	10	8
3	4	2 1/4	2 1/4	3	3	3
36	36	48	48	—	—	—
1—8	1—11	1—7	1—7	1—9	1—9	1—9
1975	2070	1780	1885	1800	2015	2160
Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
0,342	0,235	0,626	0,382	0,42	0,238	0,152
345	515	320	360	430	480	545
Ротор						
1396	1766	1396	1396	1766	1766	1765
1056	1400	1056	1096	1400	1400	1400
132	168	132	144	168	168	168
5,5×15/15,2	5,5×15/15,2	5,5×15/15,2	(См. эскиз 3)	5,5×15/15,2	5,5×12/15,2	5,5×15/15,2
222	285	240	290	285	320	345

электродвигателей серии АВ

двигателя					
АВ-17-31-12	АВ-16-36-16	АВ-16-41-16	АВ-17-31-16	АВ-17-39-16	АВ-17-49-16
5БП. 524. 371	5БП. 524. 378	5БП. 524. 177	5БП. 524. 318	5БР. 524. 262	5БП. 524. 257
2	2	1	1	2	2
10	20	16	14	10	8
4	2	2	2	4	4
208	153	153	178	178	178
410	460	590	410	490	590
203	151	150	174	172	172
17	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
75	75	55	75	75	75
5	5	—	—	5	5
50	6	6	6	5	6
42	45	45,5	42	42	42
308	254	254	319	319	319
1824	1454	1454	1824	1824	1824
50	50	50	50	50	50
15	15	15	15	15	15
37	35	35	37	37	37
930	745	745	930	930	930
885	700	700	885	885	886
894	709	709	894	894	896
$16{,}7_{-0{,}3}$	$16{,}3_{-0{,}3}$	$16{,}5\pm0{,}3$	$16{,}8_{-0{,}3}$	$16{,}6_{-0{,}3}$	$16{,}8_{-0{,}3}$
$10{,}8_{-0{,}3}$	$10{,}7_{-0{,}3}$	10,5	$10{,}9_{-0{,}3}$	$10{,}7_{-0{,}2}$	$10{,}9_{-0{,}2}$
$17{,}5^{+0{,}5}_{-0{,}1}$	$16{,}8^{+0{,}5}_{-1}$	$17{,}5\pm1$	$17{,}5\pm0{,}5$	$17{,}2^{+0{,}5}_{-1}$	$17{,}5^{+0{,}5}_{-1}$
$26{,}1^{+1}$	$27{,}6^{+1{,}5}$	27,5	$26{,}8^{+0{,}3}$	$26{,}2_{-0{,}5}$	$25{,}9_{-0{,}5}$
$31{,}7^{+1}$	$33{,}2^{+1{,}5}$	34 ± 1	$32{,}7^{+0{,}5}$	32 ± 1	$31{,}8^{+1}$
36 ± 1	$34{,}1\pm1$	35 ± 1	$33{,}3^{+1}$	33 ± 1	$32{,}6\pm1$

Таблица 3.3. Катушка статора (основные материалы на 1 катушку) электродвигателей серии АВ

Позиция на рис. 3.1	Технические данные	АВ-16-31-10	АВ-16-36-10	АВ-16-49-10	АВ-16-31-12	АВ-16-41-12	АВ-16-35-16	АВ-16-41-16	АВ-17-31-16	АВ-17-39-16	АВ-17-49-16
—	Заводской номер чертежа	5БП. 524. 111	5БП. 524. 305	5БП. 524. 251	5БП. 524. 199	5БП. 524. 304	5БП. 524. 371	5БП. 524. 378	5БП. 524. 177	5БП. 524. 318	5БП. 524. 262	5БП. 524. 257
—	Вариант на рис. 3.1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2
1	Провод: марка размеры, мм ГОСТ масса, кг	ПБД 2,83×4,7 16513—79 3,24	ПБД 1,68×4,7 16513—79 3,57	ПСД 2×4,75 7019—80 3,65	ПБД 2,44×4,7 16513—79 2,64	ПСД 2,8×4,75 7019—80 3,2	ПСД 2,0×4,75 7019—80 3,57	ПСД 1,95×4,7 7019—80 3,02	ПБД 2,63×4,7 16513—79 3,34	ПСД 2,8×4,75 7019—80 3,29	ПБД 1,95×4,7 16513—79 3,35	ПСД 2,5×4,75 7019—80 4
2	Лента слюдопластовая (ГОСТ 19758—74): размеры, мм масса, кг	0,13×20 0,119	0,13×24 0,168	0,13×20 0,62	0,13×20 0,177	0,13×24 0,165	0,13×20 0,502	0,13×20 0,517	0,13×20 0,593	0,13×24 0,506	0,13×20 0,522	0,13×20 0,132
3	Микалента ЛМЧ 6610 (ГОСТ 4268—75): размеры, мм масса, кг	0,13×20 0,33	0,13×20 0,84	0,13×20 0,34	0,13×20 0,29	0,13×20 0,29	0,13×20 0,3	0,13×20 0,3	0,13×20 0,315	0,13×20 0,221	0,13×20 0,293	0,13×20 0,82
4	Лента стеклянная ЛЭС (ГОСТ 5937—81): размеры, мм масса, кг	0,2×25 0,075	0,2×25 0,0783	0,2×25 0,083	0,2×25 0,064	0,2×25 0,0695	0,2×25 0,096	0,2×25 0,064	0,2×25 0,0695	0,2×25 0,072	0,2×25 0,071	0,2×25 0,08
5	Шнур льнопеньковый (ГОСТ 5107—70): размеры, мм масса, кг	1,5 0,0023	1 0,0024	1,5 0,0028	1 0,002	1 0,0014	1 0,0028	1,5 0,003	1 0,0014	1 0,0014	1 0,0012	1 0,0012
6	Слюда пластовая СЛФИ (ГОСТ 19758—74): размеры, мм масса, кг	0,13×20 0,415	—	—	0,13×20 0,415	0,13×20 0,38	—	—	—	—	—	—

Таблица 3.4. Клин пазовый

Технические данные	АВ-16-31-10	АВ-16-36-10	АВ-16-49-10	АВ-16-31-12	АВ-16-41-12	АВ-17-31-16	АВ-17-39-16	АВ-16-41-16	АВ-17-31-16	АВ-16-36-16	АВ-17-49-16
Заводской номер чертежа	8БП. 783. 344	8БП. 783. 337 п. 1 8БП. 783. 383 п. 1	8БП. 783. 337 п.2	8БП. 783. 383 п. 1	8БП. 783. 337 п. 1 8БП. 783. 383 п. 1	8БП. 783. 383 п. 2	8БП. 783. 337 п. 2	8БП. 783. 337 п. 1 8БП. 783. 381	8БП. 783. 383 п. 2	8БП. 783. 381 8БП. 783. 383 п. 2	8БП. 783. 337 п. 2
Вариант на рис. 3.3	1	1 1	1	1 1	1 2	1	1	1 2	1	2 1	1
Размеры, мм:											
L_1	170	215±0,6 195±0,6	265±0,6	195±0,6 170±0,5	215±0,3 240	170±0,3	215±0,6	215±0,6 240	170±0,5	240 170±0,5	265±0,6
L_2	64	59±0,4 89	59±0,4	89 64	59±0,4 84	64	59±0,4	59±0,4 84	64	84 64	59±0,4
L_3	38	78 38	138	38 38	78 38	38	78	78 38	38	38 38	133
a	4±0,5	5 5	5	5 5	5 5	5	5	78 38	38	38 38	138
h_1	18,7	16	16	16	16	16	16	5	5	5	5
h_2	17	16,6 16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16 16,6	16 16,6	16 16,6	16 16,6

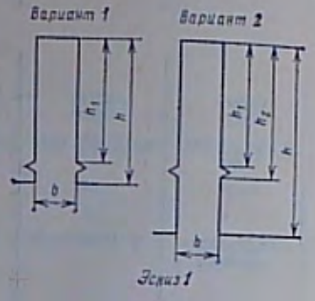
Таблица 3.5. Обмоточные данные

Технические данные	Тип электродвигателя				
	АТД-500	АТД-630	АТД-800	АТД-1000	АТД-1250
Напряжение, кВ	6	6	6	6	6
Мощность, кВт	500	630	800	1000	1250
Ток статора, А	57	142	178	112,5	137,5
КПД, %	94,8	95,2	95,5	94,6	95,2
Коэффициент мощности	0,89	0,895	0,905	0,905	0,92
Частота вращения, об/мин	2970	2970	2975	2970	2980
Кратность максимального момента	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5
Кратность пускового тока	6,0	6,2	6,4	5,7	5,7
Кратность пускового момента	1,1	1,15	1,2	1,05	1,05
Статор					
Диаметр, мм:					
внешний	850	850	850	990	990
внутренний	405	405	405	500	500
Обозначение схем обмоток	ОДВ. 383. 071/072	ОДВ. 383. 071/072	ОДВ. 383. 071/072	ОДВ. 383. 073/074	ОДВ. 383. 073/074
Число пазов	36	36	36	48	48
Вариант (см. эскиз 1)	1	1	1	1	1
Размеры паза, мм (см. эскиз 1)	15,6/94,0—89	15,6/94—89	15,6/94—89	14,5/106,2—100,2	14,5/106,2—100,2
1) $b/h-h_1$					
2) $b/h-h_1-h_2$					
Размеры провода, мм:					
неизолированного	1,66×7,4	2,64×7,4	2,83×7,4	2,26×6,4	2,63×6,4
изолированного	2,03×7,8	2,61×7,8	3,18×7,8	2,61×6,8	2,98×6,8
Число проводников в пазу	26	22	18	28	24
Шаг по пазам	1—13	1—13	1—13	1—17	1—17
Число параллельных ветвей	1	2	2	1	1
Соединение фаз	Y	Y	Y	Y	Y
Сопротивление фазы при $t=20$ °С, Ом	0,611	0,407	0,284	0,217	0,170
Средняя длина витка, мм	2676	2796	2996	3030	3230
Масса провода с изоляцией, кг	145	171	188	272	289
Ротор					
Число пазов	28	28	28	38	38
Диаметр, мм:					
внешний	400	400	400	494	494
внутренний	170	170	170	210	210
Размеры паза, мм (см. эскиз 2)	14,4—3,03 / 49,5—41,5	14,4—3,03 / 49,5—41,5	14,4—3,03 / 49,5—41,5	14,4—2,80 / 50,2—48,2	17,5—3,52 / 51,5—43
Сечение стержня, мм²	280	280	280	280	280
Площадь сечения паза, мм²	430	430	430	428	520

электродвигателей серии АТД

электродвигателя						
АТД-1600	АТД-2000	АТД-2500	АТД-3200	АТД-4000	АТД-5000	АТД-8000
6	6	6	6	6	6	6
1600	2000	2500	3200	4000	5000	8000
174	276	276	357	440	545	875
95,7	95,8	96,4	95,8	96,2	96,5	96,5
0,925	0,9	0,905	0,90	0,91	0,915	0,91
2980	2975	2980	2985	2985	2985	2900
2,5	2,5	2,5	2,7	2,6	2,4	2,5
5,7	5,5	6,0	0,75	0,75	0,75	0,8
1,1	1	1,1	0,75	0,75	0,75	0,8
900	1115	1115	1400	1440	1440	1360
500	600	675	675	675	675	675
ОДВ. 383. 073/074	ОДВ. 383. 073/074	ОДВ. 383. 073	ОДВ. 383. 076/077	ОДВ. 383. 078	ОДВ. 383. 076/071	ОДВ. 383. 075
48	48	48	54	54	54	48
1	1	1	2	2	2	1
14,5/106,2—100,2	20,9/104,0—98	20,9/104,0—98	20,9/149,0—98—103,5	20,9/149,0—98—103,5	20,9/149,0—98—103,5	24,5/150,5—143,5
3,28×6,4	3,05×5,5	2,63×5,5	3,05×5,5	3,05×5,5	2,63×5,5	1,95×7,4
3,63×6,8	3,4×5,9	2,98×5,9	3,4×5,9	3,4×5,9	2,98×5,9	2,2×7,77
20	40	48	40	40	48	96
1—17	1—17	1—17	1—19	1—19	1—19	1—19
1	1	1	1	2	1	1
Y	Y	Y	Δ	Y	Δ	Δ
0,121	0,08	0,0538	0,1045	0,0273	0,0714	0,0105
3470	3640	3940	4240	4420	4640	6230
325	543	604	711	740	802	1940
38	38	38	46	46	46	38
494	550	550	663	663	663	661
210	270	270	280	280	280	300
17,5—3,52 / 51,5—43,0	17,8—3,9 / 51—43	17,8—3,9 / 51,0—43,0	17,8—3,9 / 51—43	17,8—3,9 / 51—43	17,8—3,9 / 51—43	(см. эскиз 3)
280	375	375	375	375	375	—
520	535	535	535	535	535	552

Технические данные	Тип				
	АТД-500	АТД-630	АТД-800	АТД-1000	АТД-1250
Сечение короткозамыкающего кольца, мм²	1685	1685	1685	2110	2110
Масса колец, кг	29,6	29,6	29,6	46,6	46,6
Масса меди, кг	68,8	73,1	80,1	107	166,6
Для напряжения $U_{ном}$ =3 кВ:					
ток статора, А	114	142	178	225	275
число параллельных ветвей	2	2	2	2	2
сопротивление фазы при t = =15 °С обмотки статора, Ом	0,153	0,102	0,071	0,054	0,0426



Эскиз 1

Таблица 3.6. Катушка статора

Технические данные	Тип				
	АТД-500	АТД-630	АТД-800	АТД-1000	АТД-1250
Заводской номер чертежа	5ВК. 524. 085	5ВК. 524. 086	5ВК. 524. 087	5ВК. 524. 201	5ВК. 524. 202
Средняя длина витка, мм	2675	2795	2996	3030	3230
Вариант на рис. 3.4	2	2	2	3	3
Размеры, мм:					
L_1	987	1047	1147	1111±10	1211±10
L_2	460	520	620	530	630
L_3	220	220	220	252±5	252±5
L_4	217	217	217	249±5	249±5
L_5	45	45	45	40	40
L_6	75±10	75±10	75±10	75±10	75±10
L_7	90	90	90	90	90
L_8	80	80	80	78	78
L_9	—	—	—	—	—
H_1	42,4	43,2	41,8	47	47

Продолжение табл. 3.5

электродвигатели						
АТД-1600	АТД-2000	АТД-2500	АТД-3200	АТД-4000	АТД-5000	АТД-8000
2110	2825	2825	5030	5030	5030	7700
46,6	76	76	154	154	154	207
127,8	170,5	189	291	304	321	497
348	446	—	714	—	1090	—
2	2	—	2	—	2	—
0,0304	0,02	—	0,0261	—	0,0175	—

Эскиз 2.

Эскиз 3

(рис. 3.4) электродвигателей серии АТД

электродвигателя						
АТД-1600	АТД-2000	АТД-2500	АТД-3200	АТД-4000	АТД-5000	АТД-8000
5ВК. 524. 203	5ВК. 524. 096	5ВК. 524. 097	5ВК. 524. 167	5ВК. 524. 168	5ВК. 524. 168	5ВК. 540. 050 5ВК. 540. 051 5ВК. 540. 052 5ВК. 540. 053
3470	3540	3940	4240	4420	4640	6230
3	1	1	1	1	1	(См. рис. 3.6)
1331±10	1410±10	1560±10	1611	1701	1811	
750	650	800	770	860	970	
252±5	335	335	378	378	378	
249±5	335	335	378	378	378	
40	40	40	40	40	40	
75±10	90±10	90±10	95±10	95±10	95±10	
90	140	140	142	142	142	
78	120±3	120±3	120±5	120±5	120±5	
—	—	—	22±0,5	22±0,5	22±0,5	
47	48,4	48,4	48	48	48	

Технические данные	Тип электродвигателя				
	АТД-500	АТД-630	АТД-800	АТД-1000	АТД-1250
H_1	35,3	36	34,5	42,6	42,6
H_2	46,5	47,3	45,7	50,5±3	60,5±3
H_4	42,4	43,2	41,8	53±3	53±3
B_1	15	15	15	14	14
B_2	9,15	9,15	9,15	6,6	6,6
B_3	15,3	15,3	15,3	14,6	14,6
B_4	16,3	16,3	16,3	17	17
Число витков	13	11	9	7	6
Размеры провода:					
неизолированного	1,68×7,4	2,26×7,4	2,63×7,4	2,26×6,4	2,63×6,4
изолированного	2,03×7,8	2,61×7,8	3,18×7,8	2,61×6,8	2,98×6,8

Таблица 3.7. Катушка статора (материалы)

Позиция на рис. 3, 4	Технические данные	Тип электродвигателя			
		АТД-500	АТД-630	АТД-800	АТД-1000
1	Провод ПДА: масса, кг	4,02	4,75	5,25	5,66
2	Микалента ЛМЧ-ББ; 0,17×20 (ГОСТ 4268—75): масса, кг	1,12	1,18	1,26	1,45
3	Лента стеклянная ЛЭС (ГОСТ 5937—81): размеры, мм	0,2×25	0,2×25	0,2×25	0,1×20
	масса, кг	26	27	29	30
4	Шнур льнопеньковый (ГОСТ 5107—70): размеры, мм	1	1	1	1,8
	масса, кг	0,003	0,003	0,003	0,0037
—	Масса общая, кг	6,6	7,5	8,2	7,6

* Числитель — масса верхнего стержня, знаменатель — масса нижнего стержня.

Таблица 3.8. Клин пазовый (рис. 3.7)

Технические данные	Тип электродвигателя				
	АТД-500	АТД-630	АТД-800	АТД-1000	АТД-1250
Заводской номер чертежа	8ВК. 783. 076	8ВК. 783. 079	8ВК. 783. 078	8ВК. 783. 071	8ВК. 783. 072
Размеры, мм:					
a	4	4	4	6	6
L	160	180	160	190	220
B	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
B_1	15,5	15,5	15,5	14,3	14,3
Масса, кг	0,0195	0,022	0,0195	0,028	0,033
Число клиньев на паз	3	3	4	3	3
Число пазов	36	36	36	48	48
Материал	Стеклотекстолит				

Продолжение табл. 3.6

Технические данные	Тип электродвигателя						
	АТД-1600	АТД-2000	АТД-2500	АТД-3200	АТД-4000	АТД-5000	АТД-8000
H_1	42,6	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	
H_2	60,5±3	48,7±3	48,1±3	48,7	48,7	48,7	
H_4	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	
B_1	14	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	
B_2	6,6	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	
B_3	14,6	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	
B_4	17	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9	
Число витков	5	5	4	5	5	4	2
Размеры провода:							
неизолированного	3,28×6,4	3,05×5,5	2,63×5,5	3,05×5,5	3,05×5,5	2,63×5,5	2×7,5
изолированного	3,63×6,8	3,4×5,9	2,98×5,9	3,4×5,9	3,4×5,9	2,98×5,9	2,27×7,77

электродвигателей серии АТД

Технические данные	Тип электродвигателя							
	АТД-1250	АТД-1600	АТД-2000	АТД-2500	АТД-3200	АТД-4000	АТД-5000	АТД-8000
Масса общая, кг	6,02	6,77	11,31	13,77	13,16	13,70	14,85	20,2/21,3* (ПСД)
Масса, кг	1,50	1,60	2,14	2,22	2,50	2,60	2,75	1,68/1,77
Лента стеклянная ЛЭС (ГОСТ 5937—81): размеры, мм	0,1×20	0,1×20	0,15×25	0,15×25	0,15×25	0,15×25	0,15×25	0,2×25
масса, кг	32	34,5	43	46	46	49	51	31/33
Шнур льнопеньковый (ГОСТ 5107—70): размеры, мм	1,8	1,8	1,85	1,85	1,5	1,5	1,5	—
масса, кг	0,0037	0,0037	0,0018	0,006	0,006	0,006	—	—
Масса общая, кг	7,8	8,8	14,5	15,6	16,4	17,2	18,2	23,3/24,3

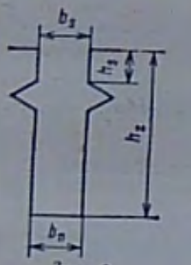
электродвигателей серии АТД

Технические данные	Тип электродвигателя						
	АТД-1600	АТД-2000	АТД-2500	АТД-3200	АТД-4000	АТД-5000	АТД-8000
Заводской номер чертежа	8ВК. 783. 073	8ВК. 783. 101	8ВК. 783. 101 8ВК. 783. 102	8ВК. 783. 101 8ВК. 783. 102	8ВК. 783. 101	8ВК. 783. 101 8ВК. 783. 102	8ВК. 783. 119
Размеры, мм:							
a	6	5	5	5	5	5	6
L	260	220	220 190	220 190	220	24,2 24,2	28,8
B	18,5	24,2	24,2 24,2	24,2 24,2	24,2	24,2 24,2	28,8
B_1	14,3	20,9	20,9 20,9	20,9 20,9	20,9	20,9 20,9	24,2
Масса, кг	0,039	0,041	0,041 0,0385	0,041 0,0385	0,041	0,041 0,0385	0,057
Число клиньев на паз	3	3	2 3	1 3	4	1 4	5
Число пазов	48	48	48	54	54	54	48
Материал	(ГОСТ 12652—74)						Текстолит (ГОСТ 2910—74)

Таблица 3.9. Обмоточные данные асинхронных электродвигателей серии ДАЗО 12-го 13-го габаритов

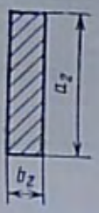
Технические данные	Тип электродвигателя						
	ДАЗО 12-36-4М	ДАЗО 12-41-4М	ДАЗО 12-55-4М	ДАЗО 12-55-6М	ДАЗО 13-42-6М	ДАЗО 13-55-6М	ДАЗО 13-67-6М
Номинальная мощность на валу, кВт	320	400	500	320	400	500	630
Напряжение, В	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Ток статора при номинальной нагрузке, А	39	49	60,5	38,5	49	59	74
Статор							
Длина стали без каналов, мм	300 305	340 345	450 455	450 455	350 355	450 455	550 555
Число пазов	60	60	60	72	72	72	72
Размеры, мм (см. эскиз 1)	16×71/76	16×71/76	16×71/76	14,6×66/70	16×77/82	16×77/82	16×77/82
Размер меди без изоляции, мм	2 (4,75×1,25)	9,5×1,6	9,5×2,24	8,5×1,4	9,5×1,6	9,5×2,24	9,5×2,8
Число проводников в пазу	352	22	18	22	24	20	16
Шаг по пазам	1—14	1—14	1—12	1—11	1—11	1—10	1—10
Число параллельных ветвей	1	1	1	1	1	1	1
Схема соединения	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Сопротивление фазы при 15 °С, Ом	0,967	0,63	0,395	0,96	0,75	0,48	0,34
Средняя длина витка, мм	2430	2485	2610	2380	2220	2390	2530
Масса меди без изоляции, кг	194	222	256	195	287	313	388
Ротор							
Число пазов	50	50	50	86	86	86	86
$(b_п \times h_z)/(b_s \times h_s)$ (см. эскиз 2)	6,3×6,4/6,3×6	6,3×6,4/6,3×6	6,3×6,4/6,3×6	5,3×44/5,3×6	6,3×64/6,3×6	6,3×64/6,3×6	6,3×64/6,3×6
$b_2 \times a_2$ (см. эскиз 3)	6×60	6×60	6×60	5×40	6×60	6×60	6×60
Длина стержня полная, мм	532	582	720	720	586	716	836
Масса стержня, кг	23,5	28	34	32	47,5	58	67,5
Размеры короткозамыкающих колец (после обработки) ($b \times a$), мм	25×60	25×60	25×60	25×50	25×60	25×60	25×60
Масса колец, кг	9,4	9,4	9,4	9,7	14,5	14,5	14,5
Масса алюминия, кг	33	37,4	43	39	62	72,5	82
Средний диаметр короткозамыкающего кольца, мм	435	435	435	535	585	585	585

Эскиз 1



Эскиз 2

Эскиз 3



Продолжение табл. 3.9

Технические данные	Тип электродвигателя								
	ДАЗО 12-55-8М	ДАЗО 13-42-8М	ДАЗО 13-55-8М	ДАЗО 13-70-8М	ДАЗО 14-42-10М	ДАЗО 13-55-10М	ДАЗО 13-70-10М	ДАЗО 13-55-12М	ДАЗО 13-70-12М
Номинальная мощность на валу, кВт	250	320	400	500	250	320	400	300	250
Напряжение, В	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Ток статора при номинальной нагрузке, А	32	40	50	61	33	41,5	51,5	28	35
Статор									
Длина стали без каналов, мм	450 455	350 355	450 455	570 575	350 355	450 455	570 575	450 455	570 575
Число пазов	72	72	72	72	90	90	90	90	90
Размеры, мм (см. эскиз 1)	14,6×66/70	16×77/82	16×77/82	16×77/82	14,6×74/78	14,6×74/78	14,6×74/78	14,6×74/78	14,6×74/78
Размер меди без изоляции, мм	2 (1,12×4,25)	2 (4,75×1,25)	9,5×2,0	9,5×2,5	2 (4,0×1,18)	8,5×1,8	8,5×2,24	2 (1,1×1,8)	8,5×1,8
Число проводников в пазу	282	282	22	18	282	22	18	282	22
Шаг по пазам	1—9	1—9	1—9	1—9	1—9	1—9	1—8	1—8	1—8
Число параллельных ветвей	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Схема соединения	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Сопротивление фазы при 15 °С, Ом	1,34	1,02	0,57	0,419	1,6	0,86	0,616	1,75	0,945
Средняя длина витка, мм	2230	2030	2290	2565	1900	2220	2480	2140	2440
Масса меди без изоляции, кг	169	231	294	335	198	232	326	216	321
Ротор									
Число пазов	86	86	86	86	106	106	106	106	106
$(b_п \times h_z)/(b_s \times h_s)$ (см. эскиз 2)	5,3×44/5,3×6	6,3×64/6,4×6	6,3×64/6,3×6	6,3×64/6,3×6	5,3×44/5,3×6	5,3×44/5,3×6	5,3×44/5,3×6	5,3×44/5,3×6	5,3×44/5,3×6
$b_2 \times a_2$ (см. эскиз 3)	5×40	6×60	6×60	6×60	5×40	5×40	5×40	5×40	5×40
Длина стержня полная, мм	730	585	716	866	585	715	866	715	866
Масса стержня, кг	32	47,2	58	69,7	32,2	39,4	47,7	39,4	47,7
Размеры короткозамыкающих колец (после обработки) ($b \times a$), мм	25×50	25×60	25×60	25×60	25×50	25×50	25×50	25×50	25×50
Масса колец, кг	10	14,5	14,5	14,5	19,3	19,3	19,3	13,3	13,3
Масса алюминия, кг	42	62	72,5	84,2	45,5	53	61	53	61
Средний диаметр короткозамыкающего кольца, мм	585	585	585	585	650	650	650	650	650

Таблица 3.10. Катушка статора (рис. 3.8) электродвигателей серии ДАЗО

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО 12-36-4М-У1	ДАЗО 12-41-4М-У1	ДАЗО 12-55-4М-У1	ДАЗО 12-55-6М-У1	ДАЗО 12-55-8М-У1	ДАЗО 13-42-6М-У1	ДАЗО 13-55-6М-У1	ДАЗО 13-67-6М-У1
Заводской номер чертежа	5БГ.524.318-4	5БГ.524.318-5	5БГ.524.318-6	5БГ.524.318-7	5БГ.524.455	5БГ.524.318-14	5БГ.525.318-15	5БГ.524.318-16
Средняя длина витка, мм	2410	2460	2590	2380	2170	2210	2380	2600
Размеры, мм:								
L	1040	1060	1160	1070	988	965	1060	1165
L_1	1035	1055	1155	1065	983	960	1065	1160
L_2	360	410	550	550	550	420	550	670
L_3	460	510	650	650	650	520	650	770
l	289	273	254	210	167	221	207	196
l_1	261	245	225	185	141	191	175	166
l_2	261	245	225	185	141	191	175	160
φ_1	405	405	345	290	240	332	290	298
D	597	597	597	667	688	760	760	760
R	281	281	281	315	348	362	360	362
R_1	317	317	311	348	315	400	400	400
S	367	367	316	272	220	313	283	282
B	10,4	10,4	10,5	9,4	8,5	10,4	10,5	10,4
B_1	15,6	15,6	15,6	14,3	14,4	15,8	15,6	15,8
B_2	15,9	15,8	15,9	14,8	14,4	15,8	15,9	15,8
B_3	15,7	15,6	15,7	14,6	13,4	15,6	15,7	15,6
H	28,7	27,4	28,7	25,2	26,4	29,9	31,9	30
H_1	33,8	32,6	33,8	30,1	32,3	35,3	36,8	35,4
H_2	34,1	32,8	34,1	30,6	32,3	35,3	37,3	35,4
h	22	25	22	20	13	19	17	17
α	47°	45°	47°	46°	43°	43°	43°	41°
β	31°	39°	33°	25°	20°	25°	22,5°	22,5°
Масса, кг	5,6	5,0	5,8	3,85	4,12	4,92	5,76	6,3
Число витков	13,2	11	9	11	13	12	10	8
Вариант на рис. 3.8	2	2	2	2	1	2	2	2
Размеры провода, мм	$2\left(\frac{4,75\times1,25}{5,02\times1,52}\right)$	$\frac{9,5\times1,6}{9,77\times1,87}$	$\frac{9,5\times2,24}{9,83\times2,57}$	$\frac{8,5\times1,4}{8,77\times1,67}$	8,0×1,5	$\frac{9,5\times1,6}{9,77\times1,8}$	$\frac{9,5\times2,24}{9,83\times2,57}$	$\frac{9,5\times2,8}{9,83\times3,13}$

Продолжение табл. 3.10

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО 13-42-8М-У1	ДАЗО 13-55-8М-У1	ДАЗО 13-70-8М-У1	ДАЗО 13-42-10М-У1	ДАЗО 13-55-10М-У1	ДАЗО 13-70-10М-У1	ДАЗО 13-55-12-У1	ДАЗО 13-70-12-У1
Заводской номер чертежа	5БГ.524.318-9	5БГ.524.318-10	5БГ.524.318-11	5БГ.524.318-17	5БГ.524.318-18	5БГ.524.318-19	5БГ.524.318-20	5БГ.524.318-21
Средняя длина витка, мм	2330	2285	2570	1960	2220	2425	2125	2425
Размеры, мм:								
L	890	1022	1165	910	1040	1151	1003	1152
L_1	885	1017	1160	905	1035	1146	998	1147
L_2	420	550	700	420	550	700	550	700
L_3	520	650	800	520	650	800	650	800
l	184	186	181	193	194	175	175	175
l_1	154	154	150	164	164	145	145	145
l_2	154	154	150	164	164	146	146	145
φ_1	274	274	274	224	224	196	196	195
D	784	784	784	801	801	801	801	801
R	372	372	373	384	383	384	384	382
R_1	411	412	412	421	420	420	420	420
S	260	260	260	215	215	188	188	168
B	10,8	10,4	10,5	9,3	9,4	9,5	9,3	9,4
B_1	15,7	15,6	15,6	14,2	14,3	14,4	14,2	14,3
B_2	16,2	15,5	15,9	14,7	14,8	14,9	14,7	14,8
B_3	16,2	15,3	15,7	14,5	14,6	14,7	14,5	14,6
H	30	31,8	31	29	29,6	28,7	29	29,6
H_1	34,9	36,7	36,1	33,9	34,5	33,6	33,9	34,5
H_2	35,4	36,9	36,4	34,4	35,0	34,1	34,4	34,4
h	15	15	14	15	15	13	14	14
α	41°	41°	40°	50°	50°	50°	50°	50°
β	20°	20°	20°	16°	16°	14°	14°	14°
Масса, кг	4,14	5,43	6,23	3,2	4,40	4,85	3,46	4,78
Число витков	14,2	11	9	14,2	11	9	14,2	11
Вариант на рис. 3.8	2	2	2	2	2	2	2	2
Размеры провода, мм	$2\left(\frac{4,75\times1,25}{5,02\times1,52}\right)$	$\frac{9,5\times2,0}{9,77\times2,72}$	$\frac{9,5\times2,5}{9,83\times2,83}$	$2\left(\frac{4,0\times1,18}{4,27\times1,45}\right)$	$\frac{8,5\times1,8}{8,77\times2,07}$	$\frac{8,5\times2,24}{8,33\times2,57}$	$2\left(\frac{4,0\times1,18}{4,18\times1,45}\right)$	$\frac{8,5\times1,8}{8,77\times2,07}$

Таблица 3.11. Катушка статора (материалы) электродвигателей серии ДАЗО

Позиция на рис. 3.8	Технические данные	Тип электродвигателя							
		ДАЗО 12-36-4М-У1	ДАЗО 12-41-4М-У1	ДАЗО 12-55-4М-У1	ДАЗО 12-55-6М-У1	ДАЗО 12-55-8М-У1	ДАЗО 13-42-6М-У1	ДАЗО 13-55-6М-У1	ДАЗО 13-67-6М-У1
1	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80): длина, м / масса, кг	63,0 / 3,4	27,5 / 3,8	23,8 / 4,6	26,4 / 2,85	28,5 / 3,16	27,0 / 3,8	27,0 / 4,6	21,0 / 5,0
2	Лента стеклослюдопластовая ЛИПФФ-Т; 0,13×24: длина, м / масса, кг	— / —	— / —	— / —	— / —	1,65 / 0,82	— / —	— / —	— / —
2	Лента стеклослюдинитовая ЛТСС-36; 0,17×24: длина, м / масса, кг	3,0 / 0,33	3,2 / 0,38	3,2 / 0,5	2,7 / 0,42	— / —	3,5 / 0,43	3,2 / 0,5	3,5 / 0,65
3	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м / масса, кг	37 / 0,135	34 / 0,124	30 / 0,11	20 / 0,072	— / —	29 / 0,104	24 / 0,086	22 / 0,081
4	Лента стеклоэскапоновая липкая ЛСПЛО 0,17×20: длина, м / масса, кг	82 / 0,37	79 / 0,35	73 / 0,33	57 / 0,25	10 / 0,042	70 / 0,31	68 / 0,30	65 / 0,29
5	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): длина, м / масса, кг	15,3 / 0,92	19,0 / 0,11	15 / 0,09	12,7 / 0,076	16 / 0,1	14,5 / 0,08	15 / 0,09	15,5 / 0,093
6	Чулок АСЭЧ(б)2 (ТУ 17 РСФСР 5873—77): длина, м / масса, кг	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025
7	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×24 (ГОСТ 19758—74): длина, м / масса, кг	64 / 0,33	56 / 0,28	52 / 0,27	47 / 0,24	— / —	56 / 0,29	53 / 0,275	50 / 0,26

Продолжение табл. 3.11

Позиция на рис. 3.8	Технические данные	Тип электродвигателя							
		ДАЗО 13-42-8М-У1	ДАЗО 13-55-8М-У1	ДАЗО 13-70-8М-У1	ДАЗО 13-42-10М-У1	ДАЗО 14-55-10М-У1	ДАЗО 13-70-10М-У1	ДАЗО 13-55-12-У1	ДАЗО 13-70-12-У1
1	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80): длина, м / масса, кг	57,0 / 3,0	25,5 / 4,3	23,2 / 4,9	55,0 / 2,3	24,6 / 3,4	22,0 / 3,8	60,0 / 2,5	27,0 / 3,7
2	Лента стеклослюдопластовая ЛИПФФ-Т; 0,13×24 длина, м / масса, кг	— / —	— / —	— / —	— / —	— / —	— / —	— / —	— / —
2	Лента стеклослюдинитовая ЛТСС-36; 0,17×24: длина, м / масса, кг	3,1 / 0,39	3,2 / 0,5	3,3 / 0,63	3,0 / 0,37	3,0 / 0,77	3,0 / 0,57	2,9 / 0,46	3,0 / 0,57
3	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м / масса, кг	20 / 0,072	20 / 0,072	20 / 0,072	16 / 0,056	16 / 0,056	12 / 0,044	12 / 0,044	12 / 0,044
4	Лента стеклоэскапоновая липкая ЛСПЛО 0,17×20: длина, м / масса, кг	60 / 0,27	63 / 0,28	61 / 0,27	54 / 0,24	55 / 0,25	50 / 0,22	50 / 0,22	51 / 0,23
5	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): длина, м / масса, кг	12,7 / 0,076	13,5 / 0,081	15 / 0,09	11 / 0,066	12,4 / 0,074	12,7 / 0,076	11,6 / 0,07	13 / 0,078
6	Чулок АСЭЧ(б)2 (ТУ 17 РСФСР 5873—77): длина, м / масса, кг	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025	1,25 / 0,0025
7	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×24 (ГОСТ 19758—74): длина, м / масса, кг	58 / 0,3	54 / 0,28	52 / 0,27	48 / 0,25	46 / 0,24	43 / 0,22	52 / 0,27	51 / 0,265

Таблица 3.12. Клин пазовый (рис. 3.10) электродвигателей серии ДАЗО

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО 12-36-4М-У1	ДАЗО 12-41-4М-У1	ДАЗО 12-55-4М-У1	ДАЗО 12-55-6М-У1	ДАЗО 13-42-6М-У1	ДАЗО 13-55-6М-У1	ДАЗО 13-67-6М-У1	ДАЗО 12-55-8М-У1
Заводской номер чертежа	8БГ.783.287	8БГ.194.032	8БГ.783.297	8БГ.783.287	8БГ.783.291 8БГ.783.295	8БГ.783.287 8БГ.783.300	8БГ.783.291 8БГ.783.300	8БГ.783.331-1 8БГ.783.332-1
Вариант на рис. 3.10	1	1	1	1	3 1	1	3	1 2
Размеры, мм:								
L	200	200	200	200	150 150	200	150	200 200
L_1	16	16	16	16	66 116	16	66	116 166
L_2	66	66	66	66	— 66	66	—	66 116
L_3	—	—	—	—	— 16	—	—	— 66
a	16	16	16	16	16 16	16	16	16 16
a_1	32	32	32	32	32 32	32	32	32 32
a_2	32	32	32	66	66 32	32	66	232 32
a_3	66	66	66	66	— 66	66	—	66 32
a_4	—	—	—	—	— 4	—	—	16 3
H	4	4	4	4	4 16	4	4	3 14,6
B	16	16	16	16	16 19,1	16	16	14,6 17,2
B_1	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,1	17,2
Масса одного клина, кг	0,0175	0,0175	0,0175	0,0175	0,014 0,014	0,0175	0,014	0,0072 0,0072
Число клиньев на паз	2	2	2	2	2 1	2 1	2 2	2 1
Число пазов	60	60	60	72	72	72	72	72
Материал	Гетинакс (ГОСТ 2718—74)							

Продолжение табл. 3.12

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО 13-42-8М-У1	ДАЗО 13-55-8М-У1	ДАЗО 13-70-8М-У1	ДАЗО 13-42-10М-У1	ДАЗО 13-55-10М-У1	ДАЗО 13-70-10М-У1	ДАЗО 13-55-12М-У1	ДАЗО 13-70-12М-У1
Заводской номер чертежа	8БГ.783.331-1	8БГ.783.332-1 8БГ.783.331-1	8БГ.783.292	8БГ.783.292 8БГ.783.331-1	8БГ.783.331-1 8БГ.783.332-1	8БГ.783.331-1 8БГ.783.332-1	8БГ.783.332-1 8БГ.783.331-1	8БГ.783.331-1 8БГ.783.332-1
Вариант на рис. 3.10	2	2 3	3	3 2	2 1	1 2	1 2	1 2
Размеры, мм:								
L	200	200 200	200	150 200	200 200	200 200	200 200	200 200
L_1	116	166 116	166	166 116	116 66	116 66	116	116
L_2	66	116 66	116	— 66	116	116	116 66	66 116
L_3	—	66 —	66	— —	— 66	— 66	— 66	— 66
a	16	16 16	16	16 16	16 16	16 16	16 16	16 16
a_1	32	32 32	32	32 32	32 32	32 32	32 32	32 32
a_2	32	32 232	32	66 232	232 32	232 32	32 232	232 32
a_3	66	32 66	32	— 66	66 32	66 32	32 66	66 32
a_4	—	16 —	16	— —	— 16	— 16	16 —	— 16
H	3	3 3	3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3
B	14,6	14,6 14,6	14,6	14,6 14,6	14,6 14,6	14,6 14,6	14,6 14,6	14,6 14,6
B_1	17,2	17,2 17,2	17,2	17,2 17,2	17,2 17,2	17,2 17,2	17,2 17,2	17,2 17,2
Масса одного клина, кг	0,0072	0,0072 0,0072	0,0072	0,0054 0,0052	0,0072 0,0072	0,0072 0,0072	0,0072 0,0072	0,0072 0,0072
Число клиньев на паз	2	1 2	2	2	2 1	2 1	1 2	2 1
Число пазов	72	72	72	90	90	90	90	90
Материал	Гетинакс (ГОСТ 2718—74)							

Таблица 3.13. Обмоточные данные электродвигателей серии ДАЗО 14—19-го габаритов

Номинальные данные	Тип электродвигателя						
	ДАЗО 14-49-6/8		ДАЗО 14-69-6У1	ДАЗО 14-69-8/10		ДАЗО 15-49-8/10	
Число пар полюсов	8	8	6	8	10	8	10
Мощность, кВт	400	170	800	400	200	630	320
Ток статора, А	49,5	26	95	50,5	28,5	76,5	42,5
Статор							
Воздушный зазор односторонний, мм	1,9	1,9	1,9	1,5	1,5	1,8	1,8
Диаметр активной стали статора, мм:							
внешний	1180	1180	1180	1180	1180	1430	1430
внутренний	810	810	810	810		1060	1060
Число пазов	90	90	90	90	90	108	108
Размеры паза, мм	14,3×117,2	14,3×117,2	14,3×117,2	14,3×117,2	14,3×117,2	17,7×110,2	17,7×110,2
Марка провода	ПСД						
Размеры провода ($a \times b$), мм	2,0×6,7	1,4×6,7	1,4×6,7	2×6,7	1,6×6,7	2,5×4,75	2,6×4,75
Масса обмоточного провода с изоляцией, кг	4,94	4,8	5,65	4,92	5,27	7,35	6,28
Шаг по пазам	1—12	1—12	1—14	1—10	1—10	1—12	1—12
Число катушек	45	45	90	45	45	54	54
Схема обмотки	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Ротор							
Число пазов	106	106	106	106	106	132	132
Диаметр активной стали, мм:							
наружный	806,2	806,2	806,2	807	807	1056,4	1056,4
внутренний	550	550	550	550	550	830	830
Материал провода	Медь						
Размеры меди, мм	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12
Масса меди, кг	134,5	134,5	163,5	163,5	163,5	186,5	186,5

Продолжение табл. 3.13

Номинальные данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО 15-59-8/10У1		ДАЗО 15-69-8/10У1		ДАЗО 16-64-8/10У1		ДАЗО 17-12-8/10	
Число пар полюсов	8	10	8	10	8	10	8	10
Мощность, кВт	700	400	800	400	400	200	500	250
Ток статора, А	84	52,5	94	52	50,5	29	59	33
Статор								
Воздушный зазор односторонний, мм	1,8	1,8	1,8	1,8	1,5	1,5	1,8	1,8
Диаметр активной стали статора, мм:								
внешний	1430	1430	1430	1430	1180	1180	1430	1430
внутренний	1060	1060	1060	1060	810	810	1060	1060
Число пазов	108	108	108	108	90	90	108	108
Размеры паза, мм	17,7×110,2	17,7×110,2	17,7×110,2	17,7×110,2	14,3×117,2	14,3×117,2	15,2×112,9	15,2×112,9
Марка провода	ПСД							
Размеры провода ($a \times b$), мм	3,75×4,75	2×4,75	1,6×4,75	2,5×4,75	2×6,7	1,6×6,7	2,26×6,9	1,81×6,9
Масса обмоточного провода с изоляцией, кг	8,9	6,85	8,8	6,86	6,28	8,9	4,26	4,4
Шаг по пазам	1—12	1—12	1—12	1—12	1—10	1—10	1—12	1—12
Число катушек	54	54	54	54	45	45	54	54
Схема обмотки	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Ротор								
Число пазов	132	132	132	132	106	106	132	132
Диаметр активной стали, мм:								
наружный	1056,4	1056,4	1056,4	1056,4	807	807	1056,4	1056,4
внутренний	830	830	830	830	550	550	830	830
Материал провода	Медь							
Размеры меди, мм	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12	⌀ 12×4/12
Масса меди, кг	194,5	194,5	227,5	227,5	146	146	160	160

Таблица 3.14. Обмоточные данные

Номинальные данные	Тип электро						
	ДАЗО 17-12-8/10А		ДАЗО 17-44-8-10У1		ДАЗО 18-39-10У1	ДАЗО1914-10/12У	
Число пар полюсов	8	10	8	10	10	10	12
Мощность, кВт	650	320	630	330	1250	620	360
Ток статора, А	80,1	43,0	76,5	44,0	151	99	64
Воздушный зазор односторонний, мм	1,8	1,8	1,8	1,8	2,2	3	3
Диаметр активной стали статора, мм:							
внешний	1430	1430	1430	1430	1730	2130	2130
внутренний	1060	1060	1060	1060	1320	1700	1700
Число пазов	108	108	108	108	144	144	144
Размеры паза, мм	15,2×112,9	15,2×112,9	17,7×110,2	17,7×110,2	14,3×90	19×114	19×114
Марка провода							ПСД
Размеры провода ($a \times b$), мм	1,68×8,9	2,63×6,9	1,68×8,9	2,63×6,9	2×2,3	2×5,3	2,8×5,2
Масса обмоточного провода с изоляцией, кг	5,7	5,8	5,8	5,9	9,6	8,2	10
Шаг по пазам	1—12	1—12	1—12	1—12	1—11	1—12	1—12
Число катушек	54	54	54	54	144	72	72
Число пазов	132	132	132	132	126	120	120
Диаметр	1056,4 / 830	1056,4 / 830	1056,4 / 830	1056,4 / 830	1315,6 / 1060	1694 / 1400	1694 / 1400
Материал провода				Медь			
Размеры меди, мм	⌀12×4/12	⌀12×4/12	⌀12×4/12	⌀12×4/12	⌀14×4/12	⌀20×5,5/12	⌀20×5,5/12
Масса меди, кг	160	160	160	160	224	300/97	300×97

Таблица 3.15. Катушка статора (материалы)

Позиция на рис. 3.11	Технические данные	Тип электро				
		ДАЗО 14-69-6/8		ДАЗО 14-69-6	ДАЗО 14-69-8/10	
—	Заводской номер чертежа	5ДВ.524.116	5ДВ.524.115	5ДВ.524.138	5ДВ.524.108	5ДВ.524.107
1	Чулок авиационный АСЭЧ(б)2 (ТУ 17 РСФСР 5873—77): длина, м; масса, кг	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005	1,2 / 0,005	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005
2	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80): размеры; длина, м; масса, кг	2,0×6,7 / 39,8 / 4,97	1,4×6,7 / 52,1 / 4,8	1,4×6,7 / 67 / 5,65	2,0×6,7 / 40,3 / 4,92	1,6×6,7 / 53,6 / 5,27
3	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м; масса, кг	200 / 0,800	210 / 0,804	201 / 0,804	171 / 0,684	184 / 0,736
4	Микалента ЛМЧ-ББ-20; 0,13×20 (ГОСТ 4268—75): длина, м; масса, кг	195 / 0,936	190 / 0,912	236 / 1,140	224 / 1,800	236 / 1,140
5	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×20 (ГОСТ 5937—80): длина, м; масса, кг	30 / 0,150	28 / 0,140	30 / 0,150	30 / 0,150	30 / 0,150
—	Число катушек	45	45	90	45	45

электродвигателей серии ДАЗО

двигателя								
ДАЗО 1910-12/16У1		ДАЗО 1916-8/10У1		ДАЗО 1916-10	ДАЗО 1910-10У1	ДАЗО 1912-12У1	ДАЗО 1914-10/12У1	
12 / 900 / 126	16 / 400 / 61,5	8 / 1100 / 160	10 / 625 / 92	10 / 2500 / 296	10 / 1600 / 200	12 / 2000 / 250	10 / 1500 / 204	12 / 850 / 118
Статор								
3	3	3	3	3	3	3	3	3
2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114	2130 / 1700 / 144 / 19×114
ПСД								
1,8×5,3 / 5,83	1,8×5,3 / 6,7	2×5,3 / 11,3	2,8×5,3 / 1,2	2×2,3 / 9,65	2,5×5,3 / 8,4	2,8×5,73 / 8,9	2×5,3 / 10	2,8×5,3 / 8,2
1—10 / 72	1—10 / 72	1—16 / 72	1—16 / 72	1—11 / 144	1—11 / 144	1—11 / 144	1—12 / 72	1—12 / 72
Ротор								
120 / 1694 / 1400	120 / 1694 / 1400	126 / 1694 / 1400	126 / 1694 / 1400	126 / 1694 / 1400	126 / 1694 / 1400	120 / 1694 / 1400	120 / 1694 / 1400	120 / 1694 / 1400
Медь								
⌀18×5/12 / 273/105	⌀18×5/12 / 273/105	⌀20×5,5/12 / 360/70	⌀20×5,5×12 / 300/70	⌀20×5,5/12 / 415/161	⌀20×5,5/12 / 285/161	⌀20×5,5/12 / 280/105	⌀20×5,5/12 / 300/97	⌀20×5,5/12 / 300/97

(рис. 3.11) электродвигателей серии ДАЗО

двигателя							
ДАЗО 15-49-8/10		ДАЗО 15-59-8/10		ДАЗО 15-69-8/10		ДАЗО 1712-8/10	
5ДВ.524.102	5ДВ.524.103	5ДВ.524.098	5ДВ.524.097	5ДВ.524.099	5ДВ.524.104	5ДВ.524.082	5ДВ.524.081
1,5 / 0,005	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005	1,5 / 0,005
2,5×4,75 / 68,1 / 7,35	1,6×4,75 / 88,9 / 6,28	3,15×4,75 / 62,1 / 8,9	2,0×4,75 / 78,9 / 6,85	1,6×4,75 / 121,20 / 8,43	2,5×4,75 / 78,50 / 8,4	6,9×2,26 / 31,90 / 4,26	6,9×1,81 / 37,30 / 4,4
250 / 1,000	270 / 1,080	200 / 0,800	215 / 0,860	204 / 0,716	221 / 0,884	150 / 0,600	150 / 0,600
195 / 0,936	195 / 0,936	220 / 1,060	220 / 1,060	243 / 1,164	244 / 1,170	185 / 0,888	185 / 0,888
30 / 0,150	30 / 0,150	30 / 0,150	30 / 0,150	35 / 0,175	35 / 0,175	23 / 0,115	23 / 0,115
54	54	54	54	54	54	54	54

Таблица 3.16. Катушка статора (материалы) электродвигателей серии ДАЗО

Позиция на рис. 3.11	Технические данные	Тип электродвигателя					
		ДАЗО 1712-8/10А		ДАЗО 1914-10/12А		ДАЗО 1910-12/16У1	
—	Заводской номер чертежа	5ДВ.524.083	5ДВ.524.084	5ДВ.524.087	5ДВ.524.088	5ДВ.524.080	5ДВ.524.093
—	Чулок авиационный АСЭЧ(б)2 (ТУ 17 РСФСР 5873—77): длина, м масса, кг	1,5 0,005	1,5 0,005	1,5 0,005	1,5 0,005	1,5 0,005	1,5 0,005
2	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80): размеры, мм длина, м масса, кг	6,9×1,68 53,7 5,7	6,9×2,63 34,82 5,8	1,6×5,3 121,2 9,75	2,24×5,3 84,6 9,3	7,8×5,3 77 6,7	1,8×5,3 66,78 5,83
3	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м масса, кг	175 0,7	190 0,76	230 0,92	240 0,96	146 0,504	213 0,852
4	Микалента ЛМЧ-ББ-20, 0,13×20 (ГОСТ 4268—75): длина, м масса, кг	216 1,04	216 1,01	250 1,2	250 1,2	179 0,859	172 0,825
5	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×20 (ГОСТ 5937—81): длина, м масса, кг	27 0,135	27 0,135	41 0,205	41 0,205	25 0,125	25 0,125
—	Число катушек	54	54	72	72	72	72

Продолжение табл. 3.16

Позиция на рис. 3.11	Технические данные	Тип электродвигателя						
		ДАЗО 1916-8/10		ДАЗО 1916-10	ДАЗО 1910-10	ДАЗО 1912-12	ДАЗО 1914-10/12	
—	Заводской номер чертежа	5ДВ.524.091	5ДВ.524.096	5ДВ.524.118	5ДВ.524.117	5ДВ.524.201	5ДВ.524.085	5ДВ.524.086
1	Чулок авиационный АСЭЧ(б)2 (ТУ 17 РСФСР 5873—77): длина, м масса, кг	1,5 0,005	1,5 0,005	1,9 0,006	1,8 0,005	1,5 0,005	1,5 0,005	1,5 0,005
2	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80): размеры, мм длина, м масса, кг	2,0×5,3 117,3 11,3	2,8×5,3 88,5 12	2,0×5,3 100,7 9,65	2,5×5,3 70,2 8,4	2,8×5,73 65,6 8,9	2,8×5,3 73,2 10	2,0×5,3 84,86 8,2
3	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м масса, кг	224 0,888	205 0,82	280 1,344	175 0,7	136 0,568	155 0,62	208 0,832
4	Микалента ЛМЧ-ББ-20; 0,13×20 (ГОСТ 4268—75): длина, м масса, кг	294 1,41	280 1,34	82 0,096	200 0,96	232 1,11	240 1,15	240 1,15
5	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×20 (ГОСТ 5937—81): длина, м масса, кг	37 0,185	37 0,185	35 0,175	30 0,150	22 0,110	30 0,150	30 0,150
—	Число катушек	72	72	144	144	144	72	72

Таблица 3.17. Катушка статора (рис. 3.11) электродвигателей серии ДАЗО

Технические данные	Тип электродвигателя						
	ДАЗО 14-49-6/8		ДАЗО 14-69-6	ДАЗО 14-69-8/10		ДАЗО 15-49-8/10	
Заводской номер чертежа	5ДВ.524.116	5ДВ.524.115	5ДВ.524.138	5ДВ.524.108	5ДВ.524.107	5ДВ.524.102	5ДВ.524.103
Вариант на рис. 3.11	1	1	2	1	1	3	3
Размеры, мм:							
L	1112	1104	1348	1227	1238	1177	1175
L_1	1010	1012	1262	1442	1140	1094	1094
средняя длина витка	2470	2470	3036	2670	2670	2600	2600
E	590	590	790	790	790	590	590
C_p	210^{+3}_{-2}	211^{+3}_{-2}	236^{+3}_{-2}	176^{+3}_{-2}	175^{+3}_{-2}	252^{+3}_{-2}	252^{+3}_{-2}
h	27	23	23	25	18	30	30
q	338	339	400	278	277	361	361,5
S	327±1	328±1	392±1	271±1	269±1,5	348±1	348±1,5
R_1	413,5	413,5	414	413,5	413,5	538,5	538,5
R_2	516	514	513	515,5	512	642,5	642,5
α	469	470,5	470	472	468	591	591,5
α_1	48°	48°	47°	48°	48°	52°	52°40′
B	44°	44°	52°	38°	36°	36°40′	36°40′
B_1	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	10,9	10,8
B_2	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	16,7	16,6
H	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	18,5	18,4
H_1	46,2	48,1	44,7	43,4	49,8	44,9	42,3
H_2	52,8	54,9	51,1	49,9	56,6	51,3	49
l_1	53,8	55,9	52,1	50,9	57,6	56,3	50
l_2	80	80	80	80	80	100	100
a_1	100	100	100	100	100	120	120
a_2	18	18	18	18	18	18	18
b_1	36	36	36	36	36	36	36
Число витков	46,2	47,5	41,8	43,4	50	44,9	42,3
	16	21	11	15	20	13	17

Продолжение табл. 3.17

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО 15-59-8/10		ДАЗО 15-69-8/10		ДАЗО 15-64-8/10УХЛ		ДАЗО 1712-8-10	
Заводской номер чертежа	5ДВ.524.098	5ДВ.524.097	5ДВ.524.099	5ДВ.524.104	5ДВ.524.190-06	5ДВ.524.190-04	5ДВ.524.082	5ДВ.524.081
Вариант на рис. 3.11	3	3	4	3	1	1	1	1
Размеры, мм:								
L	1280	1272,5	1382	1380	1177	1186	1163	1164
L_1	1194	1194	1294	1294	1080	1080	1088	1088
средняя длина витка	2800	2800	3000	3000	2545	2555	2640	2640
E	690	690	790	790	740	740	700	700
C_p	252^{+3}_{-2}	252^{+3}_{-2}	252^{+3}_{-2}	252^{+3}_{-2}	170^{+3}_{-2}	170^{+3}_{-2}	194^{+3}_{-2}	194^{+3}_{-1}
h	25	25	25	25	21	21	19	19
q	361	361,5	362	362	277	277	353	353
S	348±1	348±1	349±1	349±1	270±1	270±1	340±1	340±1
R_1	538,5	538,5	539	539	413	413	528	528
R_2	641,5	641	640	639	510	513	616	616
R_3	591	592	591	592	468	468	576	576
α	32°	52°	52°	52°	47°	47°	44°	44°
α_1	36°40′	36°40′	36°40′	36°40′	36°40′	36°40′	36°40′	36°40′
B	10,9	10,8	10,8	10,9	7,6	7,6	7,9	7,9
B_1	16,7	16,6	16,6	16,7	13,4	13,4	13,9	13,9
B_2	18,5	18,4	18,4	18,5	14,8	14,8	15	15
H	45,1	40,5	44,6	44,9	46,2	49,8	38,8	38,9
H_1	51,6	47	52,1	51,3	52,8	56,6	44,8	44,9
H_2	52,6	48	52,1	51,3	52,8	57,6	45,8	45,8
l_1	100	100	120	100	100	100	100	100
l_2	120	120	140	120	120	120	120	120
a_1	19	19	19	19	18	18	18	18
a_2	38	38	38	38	36	36	36	36
b_1	45	40,5	44,6	44	48,5	53	39	39
Число витков	11	14	10	13	16	20	12	14

Таблица 3.18. Катушка статора (рис. 3.11) электродвигателей серии ДАЗО

Технические данные	Тип электродвигателя						
	ДАЗО 1712-8/10А		ДАЗО 17-44-8/10У1		ДАЗО 18-59-10У1	ДАЗО 1914-10-12А	
Заводской номер чертежа	5ДВ.524.083	5ДВ.524.084	5ДВ.524.194-05	5ДВ.524.194-02	5ДВ.524.199-01	5ДВ.524.087	5ДВ.524.088
Вариант на рис. 3.11	2	1	4	3	2	4	3
Размеры, мм:							
L	1182	1181	1109	1103	1114	1321	1322
L_1	1090	1090	1014	1014	1054	1234	1234
средняя длина витка	2660	2660	2460	2458	2468	3000	3000
E	700	700	540	540	690	720	790
C_p	195^{+3}_{-1}	195^{+3}_{-1}	237	237	182	222^{+3}_{-1}	222^{+3}_{-1}
h	19	19	29	32	22	22	22
a	355	356	360	360	300	425	425
S	346±1	346±1	350	350	293	412±1,5	412±1,5
R_1	527,5	527,5	538	538	668	859	859
R_2	581,5	582,5	590	590	705	912	912
R_3	624	624	642	642	751	956	956,5
α	44°	44°	50°	50°	47°	43°	43°
α_1	36°	36°	36°	36°	29°	27°	27°
B	7,9	7,9	10,9	10,8	7,6	11,9	12
B_1	13,9	13,9	16,7	16,6	13,4	17,7	17,8
B_2	15	15	18,5	18,4	14,8	19,5	19,6
H	47,8	46,8	44,7	42,3	31,2	44,6	44,7
H_1	53,8	52,8	51,2	49	37,6	51,1	51,2
H_2	54,7	53,7	52,2	50	38,6	52,1	52,2
l_1	100	100	100	100	100	120	120
l_2	120	120	120	120	120	140	140
a_1	18	18	19	19	17	21	21
a_2	36	36	38	38	34	42	42
b_1	48	47	54,4	44,8	55	44,6	44,2
Число витков	10	13	14	20	7	10	14

Продолжение табл. 3.18

Технические данные	Тип электродвигателя								
	ДАЗО 1910-12/16У1		ДАЗО 1915-8/10		ДАЗО 1916-10	ДАЗО 1910-10У1	ДАЗО 1912-12У1	ДАЗО 1914-10/12У1	
Заводской номер чертежа	5ДВ.524.093	5ДВ.524.089	5ДВ.524.091	5ДВ.524.095	5ДВ.524.118	5ДВ.524.117	5ДВ.524.201	5ДВ.524.085	5ДВ.524.086
Вариант на рис. 3.11	4	3	4	4	4	4	4	4	3
Размеры, мм:									
L	1352,2	1038	1557,2	1558,8	1397,4	1061,2	1170	1314	1312
L_1	962	962	1478,0	1480	1312	978	1088	1234	1234
средняя длина витка	2370	2355	3630	3640	3110	2470	2666	3000	3000
E	590	590	890	890	890	590	690	790	790
C_p	186^{+3}_{-1}	186^{+3}_{-1}	294^{+3}_{-1}	295^{+3}_{-1}	211^{+3}_{-1}	194^{+3}_{-1}	193^{+3}_{-1}	222^{+3}_{-1}	222^{+3}_{-1}
h	18	18	35	29	35	23	28	22	27
a	346	346	578	580	385	386	385	424	424
S	335,5±2	334,5±2	558±2	560±2	376±1,5	376±1,5	374±2	412±1,5	412±1,5
R_1	859	859	859	859	859	859	858	859	859
R_2	906,5	905,5	910	912	913	913	908	910	910
R_3	947	946	966	960	965	959,4	959	954	952
α	43°	43°	43°	43°	44°	41°	42°	43°	43°
α_1	22°	22°	37°	37°	25°	25°	25°	27°	27°
B	11,9	11,9	11,9	12	11,9	12	12	12	11,9
B_1	17,7	17,7	17,7	17,8	17,7	17,8	17,8	17,8	17,7
B_2	19,5	19,5	19,5	19,6	19,5	19,6	19,6	19,6	19,5
H	38,9	37,7	42,1	41,9	42,1	41,7	41,9	41,9	40,5
H_1	45,3	44,2	48,5	48,2	48,5	51	48,2	48,2	47
H_2	46,3	45,2	49,5	49,2	49,5	52	49,2	49,2	48
l_1	120	120	120	120	120	120	120	120	120
l_2	140	140	140	140	140	140	140	140	140
a_1	21	21	21	21	21	21	21	21	21
a_2	42	42	42	42	42	42	42	42	42
b_1	38,9	39	42,1	41,9	42,1	44,7	42,2	41,9	40,5
Число витков	8	14	8	6	8	7	6	6	14

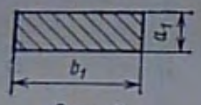
Таблица 3.19. Клин пазовый (рис. 3.12) электродвигателей серии ДАЗО

Технические данные	Тип электродвигателя								
	ДАЗО 14-49-6/8	ДАЗО 14-69-8/10	ДАЗО 15-49-8/10		ДАЗО 15-59-8/10У1		ДАЗО 15-69-8/10		ДАЗО 1914-10/12А
Заводской номер чертежа	8ДВ.783.189 8ДВ.783.189.04	8ДВ.783.189.06	8ДВ.783.189.10	8ДВ.783.189.14	8ДВ.783.189.10	8ДВ.783.189.18	8ДВ.783.180.10	8ДВ.789.189.18	8ДВ.783.189.26
Вариант на рис. 3.12	3	4	1	3	1	5	1	4	4
Размеры, мм: B_1	17,2	17,2	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	27,7
B_2	17,9	17,9	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	22,4
b_1	14,4	14,4	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	18,9
b_2	14	14	14	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	18,5
Число клиньев на паз	2	3	2	2	2	2	2	3	3
Масса одного клина, кг	0,011	0,0132	0,0144	0,0121	0,0144	0,0140	0,0144	0,0145	0,0132
Число пазов	90	90	108	108	108	108	108	108	144
Материал	Гетинакс (ГОСТ 2718—74)								

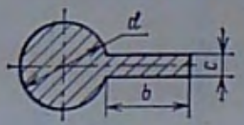
Продолжение табл. 3.19

Технические данные	Тип электродвигателя								
	ДАЗО 1910-12/16У1	ДАЗО 1916-8/10		ДАЗО 19-16-10		ДАЗО 1910-10У1		ДАЗО 1912-12У1		ДАЗО 1914-10-12У1
Заводской номер чертежа	8ДВ.783.189.24	8ДВ.783.189.24	8ДВ.783.189.26	8ДВ.783.189.20	8ДВ.783.189.24	8ДВ.783.189.20	8ДВ.783.189.24	8ДВ.783.189.20	8ДВ.783.189.28	8ДВ.783.189.26
Вариант на рис. 3.12	3	3	4	1	3	1	3	1	5	4
Размеры, мм: B_1	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
B_2	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4
b_1	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
b_2	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
Число клиньев на паз	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Масса одного клина, кг	0,0138	0,0138	0,0132	0,0129	0,0138	0,0129	0,0138	0,0129	0,0154	0,0132
Число пазов	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
Материал	Гетинакс (ГОСТ 2718—74)									

Таблица 3.20. **Обмоточные данные асинхронных электродвигателей серии ДАЗО2**



Эскиз 1



Эскиз 2

Технические данные	Тип электродвигателя				
	ДАЗО2-16-44-6/8У	ДАЗО2-16-44-8/10У	ДАЗО2-16-54-8У	ДАЗО2-16-54-8/10У	ДАЗО2-16-54-10/12У
1	2	3	4	5	6
Число пар полюсов	6 8	8 10	8	8 10	10 12
Номинальная мощность на валу, кВт	400 170	250 125	630	320 160	250 145
Напряжение, В	6	6	6	6	6
Ток статора, А	50 26,5	34,5 26	78,5	41,5 25	36,5 33,5
КПД	90,5 88,5	93,5 90	93,5	91 89	90 86,8
Коэффициент мощности	0,84 0,69	0,77 0,53	0,85	0,81 0,68	0,73 0,48
Частота вращения, об/мин	991 745	744 597	740	743 595	594 497
Кратность максимального момента	2,5 3,5	2,3 4,1	2	2,3 3,2	2,4 4
Кратность пускового тока	5,8 6,8	5,4 7	4,8	5,5 6,5	5,5 5,8
Кратность пускового момента	0,7 1	0,65 1,2	0,75	0,65 1,1	0,6 1,4
		Статор			
Воздушный зазор, мм	1,9	1,5	1,5	1,5	1,5
Длина сердечника с каналами, мм	440	440	540	540	540
Диаметр активной стали, мм:					
внешний	1180	1180	1180	1180	1180
внутренний	810	810	810	810	810
Число пазов	90	90	90	90	90
Вентиляционные каналы ($a \times b$), мм	8×10	8×10	10×10	10×10	10×10
Размер меди ($a \times b$), мм (см. эскиз 1)	1,8×6,7 1,4×6,7	1,4×6,7 1,4×5,7	1,8×6,7	1,6×6,7 1,4×6,7	1,4×6,7 1,4×6,7
Число катушек	45 45	45 45	90	45 45	45 45
Шаг по пазам	1—12	1—10	1—10	1—10	1—8
Число параллельных ветвей	1 1	1 1	1	1 1	1 1
Число параллельных проводов	1 1	1 1	2	1 1	1 1
Число эффективных проводов в катушке	17 21	20 22	8	18 22	21 21
Сопротивление фазы при 15 °С, Ом	0,894 1,41	1,231 1,356	0,419	1,055 1,485	1,301 0,301
Средняя длина витка, мм	2345 199	2150 170	2325 374	2350 192	2160 180
Масса меди, кг	194	189		206	180
		Ротор			
Число пазов $d \times c/b$, мм (см. эскиз 2)	106 12×4/12	106 12×4/12	106 12×4/12	106 12×4/12	106 12×4/12
Диаметр листа, мм:					
внешний	806,2	807	807	807	807
внутренний	550	550	550	550	550
Масса меди, кг	117	117	132	132	132

Продолжение табл. 3.20

Технические данные	Тип электродвигателя						
	ДАЗО2-16-59-4У	ДАЗО2-16-64-6У	ДАЗО2-16-64-8/10У	ДАЗО2-16-64-10/12У	ДАЗО2-17-39-8/10У	ДАЗО2-17-39-10/12У	ДАЗО2-17-44-8/10У
1	7	8	9	10	11	12	13
Число пар полюсов	4	6	8 10	10 12	8 10	10 12	8 10
Номинальная мощность на валу, кВт	1250	800	400 200	320 190	500 250	400 230	630 320
Напряжение, В	6	6	6	6	6	6	6
Ток статора, А	148,5	92	50,5 29	43,5 32,5	61,5 35	52 39	76,5 44
КПД	94	93	91,5 89,7	92 91	91,5 90	91 89,5	91,5 90,5
Коэффициент мощности	0,85	0,88	0,82 0,73	0,76 0,68	0,85 0,76	0,8 0,63	0,85 0,77
Частота вращения, об/мин	1492	988	742 595	593 495	742 595	592 496	742 594
Кратность максимального момента	2,4	2,3	2,1 2,1	2,1 2,6	2,1 2,6	2,1 3,2	2,2 2,6
Кратность пускового тока	7,1	5,6	5 6	6,8	5,2 5,3	7,1	6,4 6,7
Кратность пускового момента	1,05	0,75	0,6 0,9	1,05	0,75 0,95	1,3	0,85 0,95
				Статор			
Воздушный зазор, мм	—	1,9	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8
Длина сердечника с каналами, мм	520	640	640	540	540	540	640
Диаметр активной стали, мм:							
внешний	1180	1180	1180	1430	1430	1430	1430
внутренний	810	765	810	1060	1060	1060	1060
Число пазов	60	90	90	108	108	108	108
Вентиляционные каналы ($a \times b$), мм	11×10	12×10	13×10	10×10	10×10	10×10	12×10
Размер меди ($a \times b$), мм (см. эскиз 1)	2,24×5,3	1,4×6,7	2,0×6,7 1,6×6,7	2,0×4,75	2,5×4,75 1,8×4,75	1,6×4,75	1,6×4,75 2,5×4,75
Число катушек	60	90	45 45	108	54 54	108	54 54
Шаг по пазам	1—14	1—13	1—10	1—11	1—10	1—9	1—12
Число параллельных ветвей	1	2	1 1	1	1 1	2	1 1
Число параллельных проводов	4	2	1 1	4	2 2	2	4 2
Число эффективных проводов в катушке	5	12	16 20	6	13 16	13	10 13
Сопротивление фазы при 15 °С, Ом	0,114	0,243	0,822 1,275	0,259	0,41 0,7	0,319	0,304 0,515
Средняя длина витка, мм	3095	2838	2550	2500	2445	2258	2850
Масса меди, кг	414	539	225 230	579	368 332	457	431 431
				Ротор			
Число пазов $d \times c/b$, мм (см. эскиз 2)	50 12×4/12	106 12×4/12	106 12×4/12	132 14×4/12	132 12×4/12	132 12×4/12	132 12×4/12
Диаметр листа, мм:							
внешний	759,6	806,2	807	1056,4	1056,4	1056,4	1056,4
внутренний	330	550	550	830	830	830	830
Масса меди, кг	185	146	146	236	178	178	197

Продолжение табл. 3.20

Технические данные	Тип электродвигателя						
	ДАЗО2-17-44-8У	ДАЗО2-17-44-10/12У	ДАЗО2-17-44-10У	ДАЗО2-17-54-6/8У	ДАЗО2-17-54-8У	ДАЗО2-17-54-10/12У	ДАЗО2-17-54-10У
1	14	15	16	17	18	19	20
Число пар полюсов	8	10 12	10	6 8	8	10 12	10
Номинальная мощность на валу, кВт	800	500 250	500	800 400	800	630 370	630
Напряжение, В	6	6	6	6	6	6	6
Ток статора, А	96	55 43	62	94,5 51,5	93	80,5 53	81
КПД	93,5	91,5 90	93	91,2 90,3	93,5	92,5 91	93,5
Коэффициент мощности	0,85	0,8 0,7	0,82	0,88 0,82	0,87	0,8 0,73	0,79
Частота вращения, об/мин	744	593 490	592	990 745	744	593 495	594
Кратность максимального момента	1,2	2,2 2	2,3	2,5 3,3	2,6	2,3 2,5	3,0
Кратность пускового тока	5,7 5,8	7	6 6	6,8	4,7 5,2	5,2 6,1	4,9 6,2
Кратность пускового момента	0,8 0,95	1,3	0,8 0,9	0,85	0,65 0,9	0,65 0,85	0,65 1,1
Статор							
Воздушный зазор, мм	1,8	1,8	1,8	2,5	1,5	1,8	1,8
Длина сердечника с каналами, мм	640	640	690	790	640	390	390
Диаметр активной стали, мм:							
внешний	1430	1430	1430	1430	1180	1180	1430
внутренний	1060	1060	1060	1060	810	810	1060
Число пазов	108	108	108	108	90	108	108
Вентиляционные каналы ($a \times b$), мм	12×10	12×10	13×10	15×10	12×10	7×10	7×10
Размер меди ($a \times b$), мм (см. эскиз 1)	2,8×4,75 2,0×4,75	2,5×4,75	2,0×4,75 2,5×4,75	3,15×5,3	1,6×6,7 1,4×6,7	1,6×4,75 1,4×4,75	1,4×4,75 1,4×4,75
Число катушек	54 54	108	54 54	108	45 45	54 54	54 54
Шаг по пазам	1—10	1—11	1—12	1—14	1—8	1—12	1—10
Число параллельных ветвей	1 1	1	1 1	1	1 1	1 1	2 2
Число параллельных проводов	2 2	4	4 2	4	1 1	2 2	2 2
Число эффективных проводов в катушке	12 15	5	9 12	8	19 21	16 20	19 20
Сопротивление фазы при 15 °С, Ом	0,39 0,681	0,188	0,232 0,502	0,134	1,122 1,42	0,725 1,152	0,998 1,048
Средняя длина витка, мм	2630	2700	3000	3435	2365	2350	2140
Масса меди, кг	413 369	635	510 416	932	202 197	318 315	270 315
Ротор							
Число пазов $d \times c/b$, мм (см. эскиз 2)	132 12×4/12	132 14×4/12	132 12×4/12	128 18×5/12	106 12×4/12	*132* 12×4/12	*132* *12×4/12*
Диаметр листа, мм:							
внешний	1056,4	1056,4	1056,4	1115	807	*1056,4*	*1055,6*
внутренний	830	830	830	830	550	830	830
Масса меди, кг	197	258	216		146	*180*	*150*

Продолжение табл. 3.20

Технические данные	Тип электродвигателя					
	ДАЗО2-17-64-8/10У	ДАЗО2-17-64-10/12У	ДАЗО2-17-64-10У	ДАЗО2-17-09-8/10У	ДАЗО2-17-79-6У	ДАЗО2-18-59-6/8У
1	21	22	23	24	25	26
Число пар полюсов	8 10	10 12	10	8 10	6	6 8
Номинальная мощность на валу, кВт	800 400	630 370	800	1000 500	1250	1600 885
Напряжение, В	6	6	6	6	6	6
Ток статора, А	96 53	79,5 51,5	103	118,5 64,5	140	194,5 92
КПД	92,5 91,5	92 91	94	93 92	93	92 90,2
Коэффициент мощности	0,86 0,76	0,81 0,75	0,79	0,86 0,81	0,91	0,85 0,78
Частота вращения, об/мин	743 595	594 495	596	742 594	995	994 745
Кратность максимального момента	2,5 2,8	2,3 2,5	3	2,3 2,5	2,8	2,3 2,6
Кратность пускового тока	5,2 6,1	6,8	5,1 7,1	5,8	5,7 7,1	6,3 7
Кратность пускового момента	0,65 0,9	1,25	0,7 0,9	0,95	0,7 1	0,7 0,95
Статор						
Воздушный зазор, мм	1,8	1,8	1,8	1,8	2,2	3,0
Длина сердечника с каналами, мм	440	440	448	440	540	590
Диаметр активной стали, мм:						
внешний	1430	1430	1430	1430	1430	1430
внутренний	1060	1060	1400	1060	1060	1120
Число пазов	108	108	188	108	108	108
Вентиляционные каналы ($a \times b$), мм	8×10	8×10	8×10	8×10	10×10	11×10
Размер меди ($a \times b$), мм (см. эскиз 1)	2,24×4,75 1,6×4,75	2,0×4,75	2,0×4,75	2,8×4,85	2,8×4,75 2,24×4,75	2,65×5,6 1,6×5,6
Число катушек	54 54	108	54 54	108	54 54	54 54
Шаг по пазам	1—12	1—12	1—10	1—9	1—16	1—16
Число параллельных ветвей	1 1	1	1 1	2	1 1	1 1
Число параллельных проводов	2 2	4	2 2	2	2 2	4 4
Число эффективных проводов в катушке	14 17	6	16 19	9	10 13	6 9
Сопротивление фазы при 15 °С, Ом	0,528 0,832	0,247	0,618 1,038	0,467	0,379 0,609	0,169 0,266
Средняя длина витка, мм	2490	2393	2235	2092	3066	3295
Масса меди, кг	365 327	548	335 284	495	401 425	576 541
Ротор						
Число пазов $d \times c/b$, мм (см. эскиз 2)	132 12×4/12	132 14×4/12	132 12×4/12	132 12×4/12	132 12×4/12	136 14×4/12
Диаметр листа, мм:						
внешний	1056,4	1056,4	1056,4	1056,4	1055,4	1264
внутренний	830	830	830	830	830	909
Масса меди, кг	160	212	160	160	176	202

Продолжение табл. 3.20

Технические данные	Тип электродвигателя					
	ДАЗО2-18-59-10У	ДАЗО2-18-59-10/12У	ДАЗО2-18-76-8/10У	ДАЗО2-18-76-10/12У	ДАЗО2-18-76-12/16У	ДАЗО2-18-89-10/12У
1	27	28	29	30	31	32
Число пар полюсов	10	10 12	8 10	10 12	12 16	10 12
Номинальная мощность на валу, кВт	1250	1000 580	1250 725	1250 725	1000 420	1600 930
Напряжение, В	6	6	6	6	6	6
Ток статора, А	151	127 75	147 92	154 92,5	130 63,5	195,5 117
КПД	93,5	92,3 91,8	92 91,5	93 92,4	93,5 90,5	93,5 92,8
Коэффициент мощности	0,84	0,81 0,8	0,88 0,82	0,83 0,81	0,79 0,7	0,83 0,81
Частота вращения, об/мин	595	595 495	744 595	595 495	495 371	595 495
Кратность максимального момента	2,8	2,5 2,2	2,4 2,7	2,3 2,2	2,3 2,1	2,3 2,1
Кратность пускового тока	7,1	5,9 5,1	6 6,5	5,5 5,4	5,5 4,1	5,5 4,8
Кратность пускового момента	1,3	0,85 0,85	0,8 0,95	0,8 0,9	0,9 0,85	0,8 0,8
			Статор			
Воздушный зазор, мм	2,2	2,2	2,5	2,2	2,2	2,2
Длина сердечника с каналами, мм	590	590	760	760	760	890
Диаметр активной стали, мм:						
внешний	1730	1730	1730	1730	1730	1730
внутренний	1270	1320	1320	1320	1320	1320
Число пазов	144	144	144	144	144	144
Вентиляционные каналы ($a \times b$), мм	11×10	11×10	14×10	14×10	14×10	17×10
Размер меди ($a \times b$), мм (см. эскиз 1)	1,6×6,7	1,6×6,7 1,6×6,7	2,0×6,7 2,8×6,7	2,2×6,7 2,0×6,7	2,8×6,7 1,4×6,7	2,8×6,7 2,5×6,7
Число катушек	144	72 72	72 72	72 72	72 72	72 72
Шаг по пазам	1—11	1—12	1—14	1—12	1—10	1—12
Число параллельных ветвей	2	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Число параллельных проводов	2	3 2	3 2	3 2	2 2	3 2
Число эффективных проводов в катушке	7	7 10	6 7	6 8	7 4	5 7
Сопротивление фазы при 15 °С, Ом	0,173	0,22 0,52	0,199 0,25	0,168 0,381	0,223 0,098	0,122 0,283
Средняя длина витка, мм	2468	2600	3096	2945	2760	3180
Масса меди, кг	504	439 373	497 539	534 421	479 378	594 489
			Ротор			
Число пазов $d \times c/b$, мм (см. эскиз 2)	126 14×4/12	120 14×4/12	126 14×4/12	120 14×4/12	120 14×4/12	120 14×4/12
Диаметр листа, мм:						
внешний	1315,6	1315,6	1315,6	1315,6	*1315,6*	*1315,6*
внутренний	1050	1050	1080	1050	*1050*	*1050*
Масса меди, кг	234	217	274	264	*264*	*288*

Таблица 3.21. Катушка статора (материалы) электродвигателей серии ДАЗО

Позиция на рис. 3, 13	Технические данные	Тип электродвигателя						
		ДАЗО2-16-44-6/8У	ДАЗО2-16-44-8/10У	ДАЗО2-16-54-8У	ДАЗО2-16-54-8/10У	ДАЗО2-16-54-10/12У	ДАЗО2-16-59-4У	ДАЗО2-16-64-6У
1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	Вариант на рис. 3.13	1, 2 1	1, 2 1	1, 2	1, 2 1	1, 2 1	1, 3	1, 2
1	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80):							
	размеры, мм	1,8×6,7 1,4×6,7	1,4×6,7 1,4×6,7	1,8×6,7	1,6×6,7 1,4×6,7	1,4×6,7 1,4×6,7	2,24×5,3	1,4×6,7
	длина, м	40,2 49,3	43,1 47,5	37,5	42,3 52	45,6 45,6	63,1	68,6
	масса, кг	4,43 4,31	3,78 4,2	4,15	4,27 4,56	4 4	6,9	6
2	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74):							
	длина, м	262,5 273	234,5 255	192,5	245 268	235 240	252,5	292,5
	масса, кг	1,05 1,09	0,94 1,02	0,77	0,98 1,073	0,94 0,96	1,01	1,17
3	Микалента ЛМЧ-ББ-20; 0,13×20 (ГОСТ 4268—75):							
	длина, м	92,5 90	87,5 90	87,5	95 100	95 100	82,5	115
	масса, кг	0,445 0,432	0,42 0,456	0,42	0,456 0,48	0,456 0,48	0,396	0,54
4	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81):							
	длина, м	21	19 20	18	21	18	25	24
	масса, кг	0,105	0,095 0,1	0,09	0,105	0,09	0,125	0,12
5	Шнур-чулок ЛСЭЧ(6) (ТУ РСФСР 5873—77):							
	длина, м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Продолжение табл. 3.21

Позиция на рис. 3.13	Технические данные	Тип электродвигателя					
		ДАЗО2-16-64-8/10У	ДАЗО2-16-64-10/12У	ДАЗО2-17-39-8/10У	ДАЗО2-17-39-10/12У	ДАЗО2-17-44-8/10У	ДАЗО2-17-44-8У
1	2	10	11	12	13	14	15
—	Вариант на рис. 3.13	1, 2 I	1, 2 I	3, 5 I	3, 5 I	3, 5 I	3, 5
1	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80): размеры, мм длина, м масса, кг	2×6,7 1,5×6,7 40,9 51,3 5 5,12	1,6×6,7 1,4×6,7 45,2 50 4,5 4,35	1,8×4,75 1,4×4,75 75,5 94,5 5,9 5,84	1,4×4,75 1,4×4,75 81,6 86,0 5,0 5,84	2,24×4,75 1,6×4,75 69,2 84,0 6,75 6,05	2,0×4,75 58,7 5,07
2	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ, 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м масса, кг	260 285 1,04 1,14	250 255 1 1,02	270 307,5 1,083 1,23	262,5 267,3 1,05 1,07	285 297,5 1,14 1,10	190 0,76
3	Микалента ЛМЧ-ББ-20, 0,13×20 (ГОСТ 4268—75): длина, м масса, кг	110 115 0,53 0,55	110 110 0,528 0,528	80 82,5 0,383 0,395	82,5 82,5 0,395 0,395	90 87,5 0,432 0,42	70 0,336
4	Лента стеклянная ЛЭС, 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): длина, м масса, кг	21 22 0,105 0,11	20 19 0,1 0,095	21 22 0,105 0,11	20 0,1	23 21 0,115	19 0,095
5	Шнур-чулок ЛСЭЧ(6) (ТУ РСФСР 5873—77): длина, м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2

Продолжение табл. 3.21

Позиция на рис. 3.13	Технические данные	Тип электродвигателя					
		ДАЗО2-17-44-10/12У	ДАЗО2-17-44-10У	ДАЗО2-17-54-6/8У	ДАЗО2-17-54-8У	ДАЗО2-17-54-10/12У	ДАЗО2-17-54-10У
1	2	16	17	18	19	20	21
—	Вариант на рис. 3.13	3, 5 I	3, 5	3, 5 I	3, 5	3, 5 I	3, 5
1	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80): размеры, мм длина, м масса, кг	2,0×4,75 1,4×4,75 72,0 85,0 6,2 5,25	2,8×4,75 38,1 4,6	2,8×4,75 2,24×4,75 61,5 80,0 7,45 7,86	2,0×4,75 61,2 5,36	2,5×4,75 1,8×4,75 64,0 78,8 6,8 6,15	1,6×4,75 58,8 4,24
2	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ, 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м масса, кг	270 265 1,083 1,06	180 0,72	370 337,5 1,24 1,35	200 0,8	275 277,5 1,1 1,11	210 0,84
3	Микалента ЛМЧ-ББ-20, 0,13×20 (ГОСТ 4268—75): длина, м масса, кг	90 85 0,432 0,407	70 0,336	90 92,5 0,432 0,444	80 0,383	105 97,5 0,504 0,458	80 0,383
4	Лента стеклянная ЛЭС, 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): длина, м масса, кг	21 20 0,105 0,1	17 0,085	32 27 0,16 0,135	19 0,095	22 21 0,11 0,105	17 0,085
5	Шнур-чулок ЛСЭЧ(6) (ТУ РСФСР 5873—77): длина, м	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5	1,2

Продолжение табл. 3.21

Позиция на рис. 3.13	Технические данные	Тип электродвигателя					
		ДАЗО2-17-64-8/10У	ДАЗО2-17-64-8/10У	ДАЗО2-17-64-10У	ДАЗО2-17-69-8/10У	ДАЗО2-17-79-6У	ДАЗО2-18-59-6/8У
1	2	22	23	24	25	26	27
—	Вариант на рис. 3.13	3, 5 1	3, 5 1	3, 5	3, 5 1	3, 5	2, 3, 4 2, 3
1	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80):						
	размеры, мм	1,6×4,75 2,5×4,75	2,5×4,75 2×4,75	2,5×4,75	2,0×4,75 2,5×4,75	3,15×5,3	2,65×5,6 1,6×5,6
	длина, м	114,8 74,4	63,5 79,3	54,8	109 72,4	56,5	80 120
	масса, кг	8,05 8,0	7,65 6,84	5,9	9,45 7,7	6,65	8 7,5
2	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74):						
	длина, м	293 315	272,5 290	202,5	322,5 325	275	340 360
	масса, кг	1,18 1,26	1 1,16	0,81	1,29 1,3	1,1	1,35 1,44
3	Микалента ЛМЧ-ББ-20; 0,13×20 (ГОСТ 4268—75):						
	длина, м	110 110	107,5 110	87,5	122,5 115	115	100 100
	масса, кг	0,528 0,528	0,516 0,528	0,42	0,588 0,551	0,553	0,48 0,48
4	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81):						
	длина, м	25	22	19	26 26	25	31
	масса, кг	0,125	0,11	0,095	0,13	0,125	0,155
5	Шнур-чулок ЛСЭЧ(6) (ТУ РСФСР 5873—77):						
	длина, м	1,5	1,5	1,2	1,5	1,5	1,5

Продолжение табл. 3.21

Позиция на рис. 3.13	Технические данные	Тип электродвигателя					
		ДАЗО2-18-59-10У	Д ЗО2-18-59-10/12У	ДАЗО2-18-76-8/10У	ДАЗО2-18-76-10/12У	ДАЗО2-18-76-12/16У	ДАЗО2-18-89-10/12У
1	2	28	29	30	31	32	33
—	Вариант на рис. 3.13	2, 3, 4	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4 2, 3
1	Провод ПСД (ГОСТ 7019—80):						
	размеры, мм	1,6×6,7	1,6×6,7 1,6×6,7	1,8×6,7 2,8×6,7	2,0×6,7 2,0×6,7	2,24×6,7 1,4×6,7	2,8×6,7 2,5×6,7
	длина, м	75	35 52,4	55,2 43,8	56,4 47,5	53,7 61,2	39,2 44,9
	масса, кг	3,5	6,1 5,2	6,9 7,5	7,4 5,85	7,4 5,25	6,65 6,8
2	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ; 0,13×20 (ГОСТ 19758—74):						
	длина, м	175	175 255	247,5 295	275 267,5	275 255,5	247,5 295
	масса, кг	0,7	0,7 1,02	0,99 1,18	1,1 1,07	1,1 1,02	0,99 1,18
3	Микалента ЛМЧ-ББ-20; 0,13×20 (ГОСТ 4268—75):						
	длина, м	75	75 105	107,5 125	120 122,5	130 130,5	122 140
	масса, кг	0,36	0,36 0,505	0,515 0,6	0,578 0,585	0,624 0,58	0,585 0,671
4	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81):						
	длина, м	17	17 22	22 27	29 24	24 22	22 25
	масса, кг	0,085	0,085 0,11	0,11 0,135	0,145 0,12	0,12 0,11	0,11 0,13
5	Шнур-чулок ЛСЭЧ(6) (ТУ РСФСР 5873—77):						
	длина, м	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5

Таблица 3.22. Обмоточные данные катушки статора (рис. 3.13) электродвигателей серии ДАЗО2

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО2-16-44-6/8У	ДАЗО2-16-44-8/10У	ДАЗО2-16-54-8/10У	ДАЗО2-16-54-8/10У	ДАЗО2-16-54-10/12У	ДАЗО2-16-59-4У	ДАЗО2-16-64-6У	ДАЗО2-16-64-8/10У
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант на рис. 3.13	1, 2 1	1, 2 1	1, 2	1, 2 1	1, 2 1	1, 2	1, 2	1, 2 1
Размеры, мм:								
средняя длина витка	2345 2340	2145 2160	2325	2347 2358	2160	3095	2838	2545
L	1045 1055	978 987	1062	1076 1088	2160 1018	1271	1281	2555 1177
L_1	946 946	880 880	980	980 980	1018 918	1210	1180	1185 1090
E	540 540	540 540	640	640 640	918 640	690	740	1090 740
C_p	203 203	170 170	170	170 170	640 137	260	220	740 170
h	28 23	19 21	21	24 21	137 13	23	23	170 21
c	339 339	277 277	277	277 277	15 215	555	370	21 277
S	329 329	270 270	267	270 270	215 214	505	355	277 275
R_1	413 413	413 413	413	413 413	214 413	390	413	270 413
R_2	468 468	468 460	460	468 468	413 468	425	468	413 468
R_3	517 513	508 513	503	512 513	468 504	485	514	468 510
R_4	565 563	557 565	545	559 565	505 555	515	565	513 558
B	7,6 7,6	7,6 7,6	7,6	7,6 7,6	555 7,6	13	7,6	565 7,6
B_1	13,4 13,4	13,4 13,4	13,4	13,4 13,4	7,6 13,4	17,8	13,4	7,6 13,4
B_2	14,8 14,8	14,8 14,8	14,8	14,8 14,8	13,4 14,8	19,6	14,8	13,4 14,8
H	45,7 48,1	45,8 50,4	38,9	44,8 50,4	14,8 48,1	29,3	48,7	14,8 45,2
H_1	52,4 54,9	52,6 57,3	45,3	51,5 57,3	54,9 54,9	33,5	55,1	49,8 52,8
H_2	53,4 55,9	53,6 58,3	46,3	52,5 58,3	55,9 55,9	36,5	56,1	50,6 53,8
α	47° 47°	47° 47°	47°	47° 47°	47° 47°	47°	47°	57,6 47°
α_1	44° 44°	36° 36°	36°	36° 36°	28° 28°	18°	48°	47° 36°
Число витков	17 21	20 22	8	18 22	21 21	5	12	36° 16
Число параллельных проводников	1 1	1 1	2	1 1	1 1	4	2	20 1
Масса, кг	6,13 6	5,35 5,85	5,75	6 6,3	5,65 5,65	8,6	7,95	1 6,9 7,1

Продолжение табл. 3.22

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО2-16-64-10/12У	ДАЗО2-17-39-8/10У	ДАЗО2-17-39-10/12У	ДАЗО2-17-44-8/10У	ДАЗО2-17-44-8У	ДАЗО2-17-44-10/12У	ДАЗО2-17-44-10У	ДАЗО2-17-54-6/8У
1	10	11	12	13	14	15	16	17
Вариант на рис. 3.13	1, 2 1	3, 5 1	3, 5 1	3, 5 1	3, 5	3, 5 1	3, 5	3, 5 1
Размеры, мм:								
средняя длина витка	2370 2385	2347 2352	2140 2142	2460 2458	2053	2239 2229	2092	3054 3070
L	1117 1117	1055 1062	975 980	1105 1103	1074	1031 1028	964	1384 1381
L_1	1014 1014	962 962	882 882	1014 1014	1008	924 924	892	1283 1283
E	740 740	490 490	490 490	540 540	540	540 540	540	640 640
C_p	137 137	235 236	195 195	237 237	234	197 197	178	313 313
h	16 13	29 27	21 17	29 32	24	19 17	18	39 35
c	215 215	369 369	255 255	360 360	367	255 255	255	483 483
S	212 212	348 348	250 250	350 350	745	287 287	255	466 466
R_1	413 413	518 518	536 536	536 536	533	536 536	536	538 538
R_2	469 469	590 590	590 590	590 590	526	590 590	589	594 594
R_3	507 507	640 641	635 631	642 642	623	632 629	620	642 642
R_4	553 557	685 680	680 680	690 688	657	690 676	657	690 690
B	7,6 7,6	10,8 10,8	10,8 10,8	10,8 10,8	19,8	10,8 10,8	16,9	10,8 10,8
B_1	13,4 13,4	16,6 16,6	16,6 16,6	16,7 16,6	16,5	16,6 16,6	16,7	16,7 16,7
B_2	14,8 14,8	18,4 18,4	18,4 18,4	18,5 18,4	18,4	18,4 18,4	18,5	18,5 18,5
H	47,3 48,1	45,1 45,8	43,5 43,5	44,7 42,3	31,6	46,2 43,5	32,8	37,5 41,5
H_1	54,1 54,9	49,6 52,6	50,3 52,6	49,6 50,3	37,8	52,5 50,3	40,3	44,0 41,9
H_2	55,1 55,9	50,6 53,6	50,3 53,6	52,2 50,9	38,8	53,5 51,3	41,3	45,0 42,9
α	47° 47°	50° 50°	50° 50°	50° 50°	50°	50° 50°	50°	50° 50°
α_1	28° 28°	30°43' 30°43'	30° 30°	30°49' 30°49'	30°42'	30° 30°	30°40'	30° 30°
Число витков	19 21	15 20	19 20	14 17	6	15 19	9	18 15
Число параллельных проводников	1 1	2 2	2 2	2 2	4	2 2	2	2 2
Масса, кг	6,25 6,15	7,6 7,7	6,65 7,54	8,36 7,92	6,4	7,93 6,93	5,86	9,4 9,94

Продолжение табл. 3.22

Технические данные	Тип электродвигателя							
	ДАЗО2-17-54-8У	ДАЗО2-17-54-10/12У	ДАЗО2-17-54-10У	ДАЗО2-17-64-8/10У	ДАЗО2-17-64-10/12У	ДАЗО2-17-64-10У	ДАЗО2-17-69-8/10У	ДАЗО2-17-79-6У
1	18	19	20	21	22	23	24	25
Вариант на рис. 3.13	3,5	3, 5 1	3, 5	3, 5 1	3, 5 1	3, 5	3, 5 1	1
Размеры, мм:								
средняя длина витка L	2500 1137	2450 2440 1134	2298 1063	2850 2851 1308	2630 2630 1231	2700	3000 3000 1385	3435 1560
L_1	1068	1128 1034	992	1310 1214	1229 1136	1234	1376 1294	1500
E	640	1035 640	640	1214 740	1136 740	1170	1294 790	890
C_p	214	640 198	176	740 237	740 198	740	790 252	305
h	32	198 26	22	237 29	198 19	215	252 22	29
q	324	26 295	260	29 360	21 295	24	27 351	444
S	312	295 287	251	350 350	295 286	324	361 347	423
R_1	538	287 538	538	350 538	286 538	312	347 538	568
R_2	530	538 590	580	538 590	538 588	538	538 590	605
R_3	631	590 640	622	590 643	588 632	577	590 639	667
R_4	665	638 690	657	642 690	633 680	632	638 688	690
B	10,8	665 10,8	10,8	690 10,8	680 10,9	657	682 10,8	12,0
B_1	16,6	16,6	16,6	10,9 16,6	10,8 16,7	10,9	10,9 16,6	17,8
B_2	18,4	18,4	18,4	16,7 18,4	16,6 18,5	16,7	16,7 18,4	19,6
H	31,6	43,0	32,4	18,5 44,6	18,4 45	18,5	18,5 47,3	30,7
H_1	37,8	49,6	38,8	44,9 51,1	43,4 51,4	31,9	41,4 53,9	36,8
H_2	38,8	49,6	39,8	51,3 52,1	49,9 52,4	38,1	47,8 54,9	37,8
α	50°	50°	50°	52,3 50°	50,9 50°	39,1	48,8 52°	52°
α_1	33°20′	30°	26°40′	50° 36°40′	50° 30°	50°	52° 36°40′	43°20′
Число витков	6	16	13	36°40′ 10	12	33°20′	36°40′ 9	4
Число параллельных проводников	4	2	2	13 4	15 2	5	12 4	4
Масса, кг	6,76	8,0	5,7	2 10,05	2 9,48	4 7,35	4 11,45	4 10,8
				10,06	8,76		9,53	

Продолжение табл. 3.22

Технические данные	Тип электродвигателя						
	ДАЗО2-18-59-6/8У	ДАЗО2-18-59-10У	ДАЗО2-18-59-10/12У	ДАЗО2-18-76-8/10У	ДАЗО2-18-76-10/12У	ДАЗО2-18-76-12/16У	ДАЗО2-18-89-10/12У
1	26	27	28	29	30	31	32
Вариант на рис. 3.13	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4	2, 3, 4 2, 5	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4 2, 3	2, 3, 4 2, 3
Размеры, мм:							
средняя длина витка L	3295 3295 1403	2468 1119	2468 2600 1119	2600 3100 1190	3096 2940 1398	2952 2758 1353	2760 3778 1295
L_1	1405 1322	1054	1183 1054	1405 1090	1349 1306	1288 1260	1461 1196
E	1322 690	690	1090 690	1306 690	1260 860	1196 860	1370 860
C_p	690 316	182	690 182	860 200	860 223	860 200	890 168
h	316 41	22	200 22	223 15	200 23	168 14	190 14
q	41 502	300	23 300	20 334	24 395	21 333	26 273
S	582 555	293	334 293	395 326	333 387	273 338	333 270
R_1	555 643	668	326 668	387 668	328 668	270 668	326 668
R_2	643 690	706	668 706	668 722	668 724	668 722	668 722
R_3	690 753	722 751	722 751	724 763	722 766	722 764	723 762
R_4	753 797	785	756 785	768 815	765 816	764 816	769 814
B	797 12,6	7,6	813 7,6	819 7,4	810 7,6	812 7,7	817 7,7
B_1	12,5 18,4	13,4	7,6 13,4	7,7 13,4	7,6 13,4	7,6 13,5	7,7 13,5
B_2	18,3 20,2	14,8	13,4 14,8	13,5 14,8	13,4 14,8	13,4 14,9	13,5 14,9
H	20,1 40,1	31,2	14,8 31,2	14,9 49,2	14,8 45,8	14,8 51,2	14,9 48,9
H_1	40,1 46,4	37,6	44,6 37,6	48,9 55,6	42,1 52,1	44,7 57,0	44,7 55,2
H_2	46,4 47,4	38,6	51,1 38,6	55,5 56,6	48,5 53,1	51,1 56,5	51,0 56,2
α	47,4 45°	47°	52,1 47°	56,2 47°	49,5 45°	52,1 47°	52,0 47°
α_1	45° 50°	25°	47° 25°	45° 27°30′	47° 32°30′	45° 27°30′	47° 22°30′
Число витков	50° 6	7	27°30′ 7	32°30′ 6	22°30′ 6	27°30′ 7	27°30′ 5
Число параллельных проводников	9 4	2	10 3	7 3	8 3	4 2	7 3
Масса, кг	4 10,2	4,8	2 4,6	2 7,65	2 9,0	2 9,1	2 8,55
	9,7		7,0	9,55	7,77	7,1	9,65

Таблица 3.23. Клин пазовый электродвигателей серии ДАЗО2 (рис. 3.14)

Технические данные	Тип электро				
	ДАЗО2-16-44-6/8У	ДАЗО2-16-44-8/10У	ДАЗО2-16-54-8У	ДАЗО2-16-54-8/10У	ДАЗО2-16-54-10/12У
1	2	3	4	5	6
Вариант на рис. 3.14	1 2	1 2	1 4	1 2	1 2
Размеры, мм:					
B_1	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2
B_2	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
b_1	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
b_2	14	14	14	14	14
Число пазов	90	90	90	90	90
Масса одного клина, кг	0,0129 0,0093	0,0129 0,0093	0,0129 0,0132	0,0129 0,0093	0,0129 0,0093
Число клиньев	180 360	180 360	180 180	180 180	180 180
Материал	Гетинакс				

Технические данные	Тип электро				
	ДАЗО2-17-44-8-10У	ДАЗО2-17-44-8У	ДАЗО2-17-44-10/12У	ДАЗО2-17-44-10У	ДАЗО2-17-54-8/8У
1	13	14	15	16	17
Вариант на рис 3.14	1 4	1 4	1 2	1 2	1 4
Размеры, мм:					
B_1	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
B_2	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
b_1	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
b_2	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4
Число пазов	108	108	108	108	108
Масса одного клина, кг	0,0144 0,0098	0,0144 0,0098	0,0144 0,0098	0,0144 0,0145	0,0144 0,0145
Число клиньев	216 108	216 216	216 216	216 216	216 216
Материал	Гетинакс				

Технические данные	Тип электро				
	ДАЗО2-17-64-10У	ДАЗО2-17-69-8/10У	ДАЗО2-17-79-6У	ДАЗО2-18-59-6/8У	ДАЗО2-18-59-10У
1	23	24	25	26	27
Вариант на рис. 3.14	1 2	1 4	1 3 4	1 5	1 5
Размеры, мм:					
B_1					
B_2	20,6	20,6	21,7	17,2	17,2
b_1	21,3	21,3	22,4	17,9	17,9
b_2	17,8	17,8	18,9	14,4	14,4
Число пазов	17,4	17,4	18,5	14	14
Масса одного клина, кг	108	108	108	144	144
Число клиньев	0,0144 0,0098	0,0144 0,0145	0,0164 0,0138 0,0165	0,0129 0,0174 0,0207	0,0129 0,0154
	216 432	216 324	216 216 216	216 216	288 288
Материал	Гетинакс				

серии ДАЗО2 (рис. 3.14)

двигателя					
ДАЗО2-16-59-4У	ДАЗО2-16-64-6У	ДАЗО2-16-64-8/10У	ДАЗО2-16-64-10/12У	ДАЗО2-17-39-8/10У	ДАЗО2-17-39-10/12У
7	8	9	10	11	12
1 5	1 2	1 2	1 2	1 2	1 4
21,7	17,2	17,2	17,2	17,2	20,6
22,4	17,9	17,9	17,9	17,9	21,3
18,9	14,4	14,4	14,4	14,4	17,8
18,5	14	14	14	14	17,4
60	90	90	90	90	108
0,0164	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0144
0,0192	0,0093	0,0093	0,0093	0,093	0,0145
120	180	180	180	180	216
120	360	360	360	360	108

(ГОСТ 2718—74)

Продолжение табл. 3.23

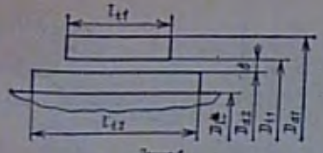
двигателя				
ДАЗО2-17-54-8У	ДАЗО2-17-54-10/12У	ДАЗО2-17-54-10У	ДАЗО2-17-64-8/10У	ДАЗО2-17-64-10/12У
18	19	20	21	22
1 4	1 4	1 4	1 2	1 2
20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
17,4	17,4	17,4	17,4	17,4
108	108	108	108	108
0,0144	0,0144	0,0144	0,0144	0,0144
0,0145	0,0145	0,0145	0,0098	0,0098
216	216	216	216	216
216	216	216	432	432

(ГОСТ 2718—74)

Продолжение табл. 3.23

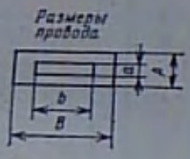
двигателя				
ДАЗО2-18-59-10/12У	ДАЗО2-18-76-8/10У	ДАЗО2-18-76-10/12У	ДАЗО2-18-76-12/16У	ДАЗО2-18-89-10/12У
28	29	30	31	32
1 5	1 3	1 3	1 3	1 5
			17,2	17,2
17,2	17,2	17,2	17,9	17,9
17,9	17,9	17,9	14,4	14,4
14,4	14,4	14,4	14	14
14	14	14	144	144
144	144	144	0,0129	0,0129
0,0129	0,0129	0,0129	0,011	0,0154
0,0154	0,011	0,011		
			288	288
288	288	288	576	288
288	576	576		

(ГОСТ 2718—74)

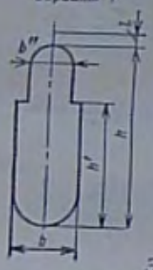


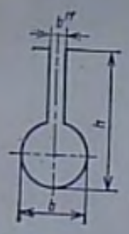
Эскиз 1

Эскиз 2

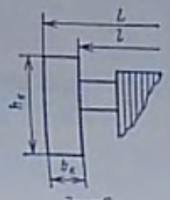


Эскиз 3





Эскиз 4



Эскиз 5

Таблица 3.24. Обмоточные данные электродвигателей серии А

Технические данные	Тип электродвигателя						
	А-112-4М	А-113-2М	А-113-4М	А-114-2М	А-114-4М	А-12-32-4	А-12-41-4
1	2	3	4	5	6	7	8
Статор							
Мощность, кВт	200	320	250	400	320	400	500
Частота вращения, об/мин	1485	2970	1480	2970	1480	1480	1480
D_{a1}/D_{i1}, мм	740/470	740/390	740/470	740/390	740/470	850/545,3	850/545,3
D_{a2}/D_{i2}, мм	467,8/140	389,7/160	467,8/140	389,7/160	467,8/140	542,3/150	542,3/150
l_{i1}/l_{i2}, мм (см. эскиз 1)	280/285	340/345	330/335	440/445	420/425	320/325	410/415
Воздушный зазор, мм	1,1	1,5	1,1	1,5	1,1	1,5	1,5
Длина стали без каналов, мм	250/255	290/295	290/295	370/375	370/375	270/275	340/345
Число пазов	60	48	60	48	60	60	60
Число пазов на полюс и фазу	5	8	5	8	5	5	5
Размеры паза (в свету) $[b/(h-h'-l]$, мм (см. эскиз 2)	12,2 / 69—64,9—0,5	13,7 / 66,9—62,8—0,5	12,2 / 66,9—62,8—0,5	13,7 / 66,9—62,8—0,5	12,2 / 69—64,9—0,5	13,2 / 69—65—0,5	13,2 / 69—65—0,5
Марка провода	ППЛБО	ППЛБО	ППЛБО	ППЛБО	ППЛБО	ППЛБО	ППТБО
Размеры провода $[(a\times B)/(A\times b)]$, мм (см. эскиз 3)	1,0×5,1 / 1,45×5,55	1,0×6,9 / 1,45×7,35	1,0×5,5 / 1,45×5,95	1,45×6,9 / 1,9×7,35	1,45×5,5 / 1,9×5,95	1,25×6,9 / 1,7×7,35	1,68×6,9 / 2,13×7,35
Шаг по пазам	1—14	1—14	1—14	1—14	1—14	1—12	1—12
Число параллельных ветвей в фазе	1	1	1	1	1	1	1
Общее число проводников в пазу	32	30	32	24	24	28	22
Число параллельных ветвей в витке	1	1	1	1	1	1	1
Число активных витков в катушке	16	15	16	12	12	14	11
Плотность тока, А/мм²	4,81	5,55	5,45	4,61	4,72	5,52	5,05
Средняя длина витка, мм	1830	2024	1940	2224	2120	1940	2120
Сопротивление фазы при $t=15$ °С, Ом	2,7	1,28	2,11	0,767	1,155	1,13	0,12
Масса обмоточного провода с изоляцией, кг	71,5	88	92,0	113	110	128	150
Ротор короткозамкнутый							
Число пазов	50	30	50	38	50	50	50
Вариант (см. эскиз 4)	1	2	1	2	1	2	2
$b-b''/h$, мм (см. эскиз 4)	— / (9—4)	(14,4—3)/18,4	— / (9—4)	(14,4—3)/18,4	— / (9—4)	(14,4—4,2)/31,5	(14,4—4,2)/31,5
$b-b''/h-h'-l$, мм (см. эскиз 4)	(25—15—0,7)	—	(25—15—0,7)	—	(25—15—0,7)	—	—
Диаметр стержня, мм	9	14	—	14	9	14	14
Масса стержней, кг	21,5	21,9	23,2	27	36,4	39	47
Масса короткозамыкающих колец, кг	—	28,5	—	28,5	—	22	22
L/l, мм	—	417/385	—	517/485	—	430/393	520/483
$h_к\times b_к$, мм (см. эскиз 5)	20×65	23×17	20×65	23×17	20×65	50×16	50×16

Продолжение табл. 3.24

Технические данные	Тип электродвигателя								
	А-12-52-4	А-12-33-6	А-12-49-6	А-13-42-8	А-13-52-8	А-13-62-8	А-13-42-10	А-13-52-10	А-13-62-10
1	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Статор									
Мощность, кВт	630	320	400	400	500	630	320	400	500
Частота вращения, об/мин	1485	985	985	735	735	735	580	580	580
D_{a1}/D_{i1}, мм	850/545,3	850/615,3	850/615,3	990/728,3	990/728,3	990/728,3	990/750,3	990/750,3	990/750,3
D_{a2}/D_{i2}, мм	542,3/150	613,1/160	613,1/160	726,1/190	726,1/190	726,1/190	748,1/190	748,1/190	748,1/190
l_{i1}/l_{i2}, мм (см. эскиз 1)	520/525	390/395	390/395	420/425	520/525	620/625	420/425	520/525	620/625
Воздушный зазор, мм	1,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Длина стали без каналов, мм	430/435	320/325	320/325	350/355	430/435	510/515	350/355	430/435	510/515
Число пазов	60	72	72	72	72	72	90	90	90
Число пазов на полюс и фазу	5	4	4	3	3	3	3	3	3
Размеры паза (в свету) $[b/(h-h'-l]$, мм (см. эскиз 2)	13,2 / 69—65—0,5	13,2 / 61—57—0,5	13,2 / 61—57—0,5	16,1 / 67—62—0,5	16,1 / 67—62—0,5	16,1 / 67—62—0,5	13,2 / 66—62—0,5	13,2 / 66—62—0,5	13,2 / 66—62—0,5
Марка провода	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО
Размеры провода $[(a\times B)/(A\times b)]$, мм (см. эскиз 3)	2,1×6,9 / 2,55×7,35	1,0×6,9 / 1,45×7,35	1,0×6,9 / 1,45×7,35	1,25×4,4 / 1,7×4,85	1,56×4,4 / 2,01×4,85	2,1×4,4 / 2,55×4,85	1,16×6,9 / 1,61×7,35	1,45×6,9 / 1,9×7,35	1,95×6,9 / 2,4×7,35
Шаг по пазам	1—12	1—12	1—12	1—9	1—9	1—9	1—9	1—9	1—9
Число параллельных ветвей в фазе	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Общее число проводников в пазу	16	26	22	52	44	36	13	11	9
Число параллельных ветвей в витке	1	1	1	2	2	2	1	1	1
Число активных витков в катушке	8	13	11	13	11	9	13	11	—
Плотность тока, А/мм²	5,1	5,6	5,52	4,54	4,47	4,25	5,14	5	4,58
Средняя длина витка, мм	2340	2030	2230	1950	2150	2350	1830	2030	2230
Сопротивление фазы при $t=15$ °С, Ом	0,53	1,66	1,23	1,01	0,745	0,508	1,61	1,2	0,815
Масса обмоточного провода с изоляцией, кг	168	119	140	182	228	251	157	185	225
Ротор короткозамкнутый									
Число пазов	50	86	86	86	86	86	90	90	90
Вариант (см. эскиз 4)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$B-b''/h$, мм (см. эскиз 4)	(14,4—4,2)/31,5	(10,5—4,2)/27	(10,5—4,2)/27	(10,7—4,2)/27	(10,7—4,5)/27	(10,7—4,5)/27	(10,7—4,5)/27	(10,7—4,5)/27	(10,7—4,5)/27
$b-b''/h-h'-l$, мм (см. эскиз 4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Диаметр стержня, мм	14	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Масса стержня, кг	57	52	62	55	65,5	75,5	67,5	80,5	93
Масса короткозамыкающих колец, кг	22	20	20	22	22	22	17,2	17,2	17,2
L/l, мм	630/693	500/463	600/563	530/493	613/593	730/693	530/500	630/600	730/700
$h_к\times b_к$, мм (см. эскиз 5)	50×16	40×16	40×16	40×16	40×16	40×16	40×12,5	40×12,5	40×12,5

Таблица 3.25. Катушка статора

Технические данные	Тип электро						
	А-112-4М	А-113-2М	А-113-4М	А-114-2М	А-114-4М	А-12-32-4	А-12-31-4
Вариант на рис. 3.15	1	1	1	1	1	3	3
Размеры, мм:							
L	732±5	815±5	782±5	915±5	877±5	802±5	892±5
L_1	634±5	724±5	684±5	824±5	774±5	742	832
L_2	360±3	420±3	410±3	520±3	500	400	490
L_3	187±3	198±3	187±3	198±3	187±3	202	202
H	29,8±1	29±1	30±1	30±1	29,3±1	30,3±0,5	29,9±0,5
H_1	29,8±1	29±1	30±1	30±1	29,3±1	31,0±1	30,6±1
B	11,6±0,5	13±0,5	11,6±0,5	13±0,5	11,6±0,5	12,3±0,5	12,3±0,5
B_1	11,6±1	13±1	11,6±1	13±1	11,6±1	13,9±1	13,9±1
a	60±3	60±3	60±3	60±3	60±3	—	—
b	20±2	15±2	20±1	15±2	20±3	20±3	20±3
C	14±2	19±2	14±2	19±2	14±2	—	—
α	35°	48°65′	30°	48°65′	39°	41°	41°
R	320±6	322±6	320±6	322±6	320±6	310	310
Масса катушки, кг	2,13	2,67	2,23	3,3	2,54	2,8	3,1

Таблица 3.26. Расход материалов

Позиция на рис. 3.15	Технические данные	Тип электро					
		А-112-4М	А-113-2М	А-113-4М	А-114-2М	А-114-4М	А-12-32-4
—	Вариант на рис. 3.15	1	1	1	1	1	3
1	Шнур крученый льняной (ОСТ 17—880—82): длина, м	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,2
2	Провод: марка	ППЛБО	ППЛБО	ППЛБО	ППЛБО	ППЛБО	ПЛТБО
	размеры, мм	1,45×5,65	1,45×7,35	1,45×5,95	1,9×7,35	1,9×5,95	1,7×7,35
	масса, кг	2,13	2,67	2,23	3,3	2,54	2,8
3	Лента стеклоэскапоновая ЛСПЛО: 0,17×20 (ТУ 16-505-735—74): масса, кг	0,332	—	0,376	—	0,412	0,415
	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ: 0,13×20 (ГОСТ 19758—74): длина, м	—	49	—	56	—	—
4	Лента тафтяная (ГОСТ 4514—78): длина, м	—	17	—	19	—	—
	Лента стеклянная ЛЭС (ГОСТ 8937—81): длина, м	24	—	24	—	24	16
	размеры, мм	0,2×0,2	—	0,2×0,2	—	0,2×0,2	0,2×25
5	Микалента ЛМЧ-ББ-20: 0,13×20 (ГОСТ 4268—75): длина, м	—	66	—	74	—	—
	Лента лавсановая ЛТЛС-25: 0,2×25 (ТУ РСФСР 44-84-16—76): длина, м	—	—	—	—	—	—

Таблица 3.27. Размеры пазового клина

Технические данные	Тип электро				
	А-112-4М	А-112-2М	А-113-4М	А-114-2М	А-114-4М
Вариант на рис. 3.16	3	3	3	3	3
Размеры, мм:					
L	135	185	115	145	115
L_1	170	—	135	—	—
L_2	—	—	—	—	—
L_3	—	—	—	—	—
a	—	—	—	—	—
a_1	6	6	6	6	6
a_2	—	—	—	—	—
a_3	—	—	—	—	—
a_4	—	—	—	—	—
H	—	—	—	—	—
h	3	3	3	3	3
B	0,8	0,6	0,8	0,6	0,8
B_1	14,2	16,5	14,2	16,5	14,2
Масса одного клина, кг	—	0,0064	0,00586	0,005	0,00586
Число пазов	0,0087		0,00695		
Материал	60	48	60	48	60
					Гетинакс

электродвигателей серии А (рис. 3.15)

двигателя									
А-12-52-4	А-12-39-6	А-12-49-6	А-13-42-8	А-13-52-8	А-13-62-8	А-13-42-10	А-13-52-10	А-13-62-10
3	3	3	2	2	2	3	3	3
1000±5	868±5	966±5	852±5	952,5	1052±5	819±5	916±5	1020±5
942	816	916	794	894	994	762	862	962
600	470	570	500	600	700	500	600	700
201	199	199	177	177	177	160	160	160
29,1±0,5	26,3±0,5	25,1±0,5	29,2±0,5	29±0,5	29,7±0,5	28,5±0,5	27,7	29,1±0,5
29,8±1	26,8±1	25,6±1	29,2±1	29±1	29,7±1	29,2±1	28,4±1	29,8±1
12,3±0,5	13±0,5	13±0,5	15,7±0,5	15,7±0,5	15,7±0,5	12,8±0,5	12,8±0,5	12,8±0,5
13,9±1	13,9±1	13,9±1	17,1±1	17,1±1	17,1±1	13,9±1	13,9±1	13,9±1
—	—	—	—	—	—	—	—	—
20±3	20±3	20±3	20±3	20±3	20±3	20±3	20±3	20±3
—	—	—	—	—	—	—	—	—
41°	44°	44°	43°	43°	43°	45°	45°	45°
310	293	293	252	252	252	208	208	208
3,5	2,2	2,44	3,12	3,5	4,1	2,4	2,7	3,4

на ремонт электродвигателей серии А

двигателя									
А-12-41-4	А-12-52-4	А-12-39-6	А-12-49-6	А-13-42-8	А-13-52-8	А-13-62-8	А-13-42-10	А-13-52-10	А-13-62-10
3	3	3	6	2	2	2	3	3	3
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО	ППТБО
2,13×7,35	2,55×7,35	1,45×7,35	1,45×7,35	1,7×4,85	2,01×4,85	2,55×4,85	1,61×7,35	1,9×7,35	2,4×7,35
3,1	3,5	2,2	2,44	3,12	3,5	4,1	2,4	2,7	3,4
0,46	0,5	0,38	0,415	0,46	0,51	0,51	0,333	0,373	0,413
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,5	19	15	16,5	14	16	17	9	11	11
0,2×25	0,2×25	0,1×25	0,1×25	0,2×25					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2

электродвигателей серии А (рис. 3.16)

двигателя							
А-12-32-4	А-12-52-4	А-12-39-6	А-12-49-6	А-13-52-8	А-13-62-8	А-13-52-10	А-13-62-10
2	2	—	1	2	1	2	1
	1			1		1	
175	175	—	200	175	200	175	200
	200			200		200	
109	109	—	159	109	159	109	159
	159			159		159	
59	59	—	109	59	109	59	109
	109			109		109	
—	59	—	59	59	59	59	59
9	9	—	9	9	9	9	9
18	18	—	18	18	18	18	18
18	18	—	18	18	18	18	18
—	18	—	18	18	18	18	18
—	9	—	9	9	9	9	9
—	9	—	9	4	4	3	3
3	3	—	3	—	—	—	—
0,8	—	—	—	19,6	19,6	15,8	15,8
15,8	15,8	—	15,8	16,1	16,1	13,2	13,2
13,2	13,2	—	13,2	0,017	0,0192	0,0099	0,0112
0,0099	0,0099	—	0,0112	0,0192		0,0112	
	0,0112			72	72	90	90
60	60	—	72				
(ГОСТ 2718—74)							

Таблица 3.28. Электрические и обмоточные данные синхронных электродвигателей серий СДН и СДНЗ 14—16-го габаритов

Технические данные	Тип электродвигателя						
	СДН-14-49-6УЗ	СДН-14-59-6УЗ	СДН-15-39-6УЗ	СДН-15-49-6УЗ	СДН-15-64-6УЗ	СДН-15-76-6УЗ	СДН-15-39-8УЗ
1	2	3	4	5	6	7	8
Мощность, кВт	1000	1250	1600	2000	2500	3200	1250
Номинальный ток, А	113	110	179	223	278	355	140
Частота вращения, об/мин	1000						750
$M_{max}/M_{ном}$	2	2	2	2,1	2	2	2
$I_{пуск}/I_{ном}$	6,4	6,3	4,8	5,5	5,9	6,1	4,7
Масса, т	6,7	7,45	8,2	8,7	9,8	11,8	7,95
Число пазов	72	72	72	72	72	72	84
Шаг обмотки	1—11						1—10
Масса обмоточного провода, кг	450	480	445	487	561	635	440
Схема обмотки	См. рис. 4.47						См. рис. 4.48

Продолжение табл. 3.28

Технические данные	Тип электродвигателя					
	СДН-15-49-8УЗ	СДН-15-64-8У	СДН-14-44-10УЗ	СДН-14-56-10УЗ	СДН-15-39-10УЗ	СДН-15-49-10УЗ
1	9	10	11	12	13	14
Мощность, кВт	1600	2000	630	830	1000	1250
Номинальный ток, А	179	223	71,5	90,5	113	141
Частота вращения, об/мин	750		600			
$M_{max}/M_{ном}$	2	2,2	2	2,1	2,1	2
$I_{пуск}/I_{ном}$	5,0	6,1	5,3	5,6	5,6	5,8
Масса, т	8,85	10	4,95	7,4	8,6	9,45
Число пазов	84	84	90	90	90	90
Шаг обмотки	1—10		1—9	1—9	1—8	1—9
Масса обмоточного провода, кг	470	575	375	375	412	500
Схема обмотки	См. рис. 4.43		См. рис. 4.49			

Продолжение табл. 3.28

Технические данные	Тип электродвигателя						
	СДН-15-64-10УЗ	СДН-16-54-10УЗ	СДН-14-36-12УЗ	СДН-14-44-12УЗ	СДН-15-34-12УЗ	СДН-15-39-12УЗ	СДН-15-49-12УЗ
1	15	16	17	18	19	20	21
Мощность, кВт	1600	2000	400	500	630	800	1000
Номинальный ток, А	179	224	46	57,5	72,5	91	113
Частота вращения, об/мин	600		500				
$M_{max}/M_{ном}$	2	2	2,2	2	2	2,1	2
$I_{пуск}/I_{ном}$	6,2	5,5	5,8	5,5	4,9	5,1	5,3
Масса, т	11,9	13,8	4,95	7,4	8,6	9,45	11,9
Число пазов	90	90	108	108	108	108	108
Шаг обмотки	1—8	1—9	1—7				
Масса обмоточного провода, кг	542	735	240	275	350	380	432
Схема обмотки	См. рис. 4.50						

Продолжение табл. 3.28

Технические данные	Тип электродвигателя						
	СДН-16-41-12УЗ	СДН-15-21-16УЗ	СДН-15-34-16УЗ	СДН-15-41-16УЗ	СДН-16-41-16УЗ	СДН-15-29-20УЗ	СДН-15-36-20УЗ
1	22	23	24	25	26	27	28
Мощность, кВт	1250	320	500	630	1000	320	400
Номинальный ток, А	140	37,5	58	72,5	114	38	46,5
Частота вращения, об/мин	500	375				300	
$M_{max}/M_{ном}$	2	2	2	2	2,1	2	2
$I_{пуск}/I_{ном}$	5,5	4,8	5,1	5,2	5,4	3,8	3,8
Масса, т	13,8	5,7	7,0	8,65	9,55	5,55	6,2
Число пазов	108	120	120	120	120	120	120
Шаг обмотки	1—8	1—7				1—6	
Масса обмоточного провода, кг	525	302	414	475	485	302	350
Схема обмотки	См. рис. 4.50	См. рис. 4.51				См. рис. 4.52	

Таблица 3.29. Катушка статора

Технические данные	Тип электро						
	СДН-14-49-6УЗ	СДН-14-59-6УЗ	СДН-15-39-6УЗ	СДН-15-49-6УЗ	СДН-15-64-6УЗ	СДН-15-76-6УЗ	СДН-15-39-8УЗ
1	2	3	4	5	6	7	8
Размеры, мм: средняя длина витка	2350	2550	2310	2390	2810	3080	2124
H_1	33,2±1	33,1±1	35,9±0,5	35,3±0,5	36,4±0,5	36,6±0,5	32,3±1,5
H_2	34,7	34,5	36,9	36,3	37,4	37,6	33,8
B	13,5	13,6	13,6	13,6	13,6	16,7	16,7
B_1	14,6	14,6	17,5	17,6	17,5	17,6	17,7
C	15	15	16	15	15	16	16
S	362	362	234	391	391	434	434
L	971	1071	896	962	1146	1256	866
l_1	890	690	490	590	740	860	490
l_2	193	193	203	189	203	203	188
l_3	143	143	150	128	150	150	140
h_1	22	22	26	25	26	26	23
h_2	20	20	26	25	26	26	23
$\alpha°$	50	50	45	50	50	50	38
α	35	35	51	51	51	51	34
R_1	455	455	455	504	504	504	539
R_2	451	451	451	542	542	542	575
R_3	635	635	775	775	720	775	920
R_4	670	670	820	820	770	820	950

Технические данные	Тип электро						
	СДН-16-54-10УЗ	СДН-14-39-12УЗ	СДН-14-44-12УЗ	СДН-15-34-12УЗ	СДН-15-39-12УЗ	СДН-15-49-12УЗ	СДН-16-41-12УЗ
1	16	17	18	19	20	21	22
Размеры, мм: средняя длина витка	2480	1660	1820	1700	1800	2000	1960
H_1	34,7±1	32,9±0,5	33,2±0,5	32,0±1,5	33,6±1,5	31,6±1	30,7±1
H_2	40,4	33,9	34,2	33,8	34,6	33,3	32,2
B_1	19,9	13,6	13,6	16,7	16,7	16,7	13,6
B_2	20,8	14,5	14,5	17,6	17,6	17,7	14,5
C	15	10	10	10	10	10	12
S	358	195	195	232	232	232	293
L	1044	748	828	732	782	882	825
l_1	640	460	540	440	490	590	510
l_2	205	144	144	145	145	145	160
l_3	140	81	81	180	180	180	92
h_1	25	18,6	18,6	22	22	22	17
h_2	25	18,6	18,6	22	22	22	17
$\alpha°$	32	32	32	24	24	24	18
α	36	40	40	36	36	36	34
R_1	668	455	455	559	559	559	710
R_2	708	490	490	594	594	594	745
R_3	1050	834	834	1000	1000	1000	1090
R_4	1120	955	955	1000	1000	1000	1180

(рис. 3.17) электродвигателей серии СДН

Технические данные	Тип электродвигателя						
	СДН-15-49-8УЗ	СДН-15-64-8УЗ	СДН-14-44-10УЗ	СДН-14-56-10УЗ	СДН-15-39-10УЗ	СДН-15-49-10УЗ	СДН-15-64-10УЗ
1	9	10	11	12	13	14	15
Размеры, мм: средняя длина витка	2324	2624	1990	2230	1904	2204	2404
H_1	32,9±1	33,9±0,5	32,8±1	32,5±1	31,6±1	31,2±0,5	32,9±0,5
H_2	34,3	34,9	34,6	34,1	33,3	32,3	33,9
B_1	16,7	16,7	13,6	13,6	13,6	16,7	16,7
B_2	17,6	17,6	14,6	14,6	17,7	17,7	17,5
C	15	15	13	13	13	13	12
S	361	361	255	255	272	310	272
L	966	1116	873	933	814	939	1064
l_1	590	740	540	660	490	590	740
l_2	188	188	168	168	162	171	162
l_3	140	140	123	123	114	121	114
h_1	23	23	19	19	22	22	22
h_2	23	23	19	19	22	22	22
$\alpha°$	38	38	32	32	28	32	28
α	34	34	40	40	36	36	36
R_1	539	539	455	455	559	560	559
R_2	575	575	490	490	594	594	594
R_3	920	920	820	820	1000	680	1000
R_4	950	950	880	880	100	990	1000

Продолжение табл. 3.29

Технические данные	Тип электродвигателя					
	СДН-15-21-16УЗ	СДН-15-34-16УЗ	СДН-15-41-16УЗ	СДН-16-41-16УЗ	СДН-15-29-20УЗ	СДН-15-36-20УЗ
1	23	24	25	26	27	28
Размеры, мм: средняя длина витка	1324	1584	1724	1856	1404	1544
H_1	33,7±0,5	32,1±0,5	33,5±0,5	32,4±0,5	33,7±0,5	31,5±1,5
H_2	34,7	33,1	34,5	33,4	34,7	32,6
B_1	13,6	13,6	13,6	16,7	13,6	13,6
B_2	14,5	14,5	14,5	17,6	14,5	14,5
C	9	9	9	10	8	8
S	198	188	168	247	150	150
L	582	712	782	794	636	706
l_1	310	440	510	510	390	460
l_2	136	136	136	144	123	123
l_3	92	92	92	90	80	80
h_1	17	17	17	22	17	17
h_2	17	17	17	22	17	17
$\alpha°$	18	18	18	20	15	15
α	40	40	40	34	40	40
R_1	680	589	589	710	589	589
R_2	625	625	625	745	725	625
R_3	1045	1045	1045	1060	1045	1045
R_4	1115	1115	1115	1160	1115	1115

Таблица 3.30. Катушка статора (материалы) (рис. 3.17) электродвигателей серии СДН

Позиция на рис. 3.17	Технические данные	Тип электродвигателя						
		СДН-14-49-6УЗ	СДН-14-59-6УЗ	СДН-15-39-6УЗ	СДН-15-49-6УЗ	СДН-15-64-6УЗ	СДН-15-76-6УЗ	СДН-15-39-8УЗ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Микалента ЛММ-ББ-6(10); 0,17×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг Микалента ЛМЧ-ББ-15(10); 0,13×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг	0,39 —	0,402 —	0,368 —	0,405 —	0,496 —	0,552 —	0,354 —
2	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): масса, кг	15	15,5	21	21,5	23	24	17,5
3	Провод (ГОСТ 7019—80): марка размер, мм масса кг	ПСД 3,55×6,7 3,29	ПСД 2×6,7 3,6	ПСД 1,8×1,75 4,3	ПСД 2,24×4,75 4,55	ПСД 1,8×4,75 4,75	ПСД 2,8×4,75 5,53	ПСД 1,8×4,75 3,5
4	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ (ГОСТ 19758—74): масса, кг	0,486	0,51	0,57	0,62	0,67	0,75	0,495
5	То же	0,134	0,105	0,136	0,156	0,222	0,156	0,166
6	Шнур лавсановый диаметром 3 мм (ТУ РСФСР 174814—71): количество, м	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	2,5	1,2
—	Масса катушки, кг	4,65	5,0	5,6	5,8	6,4	8,4	4,85

Продолжение табл. 3.30

Позиция на рис. 3.17	Технические данные	Тип электродвигателя						
		СДН-15-49-8УЗ	СДН-15-64-8УЗ	СДН-14-44-10УЗ	СДН-14-56-10УЗ	СДН-15-39-10УЗ	СДН-15-49-10УЗ	СДН-15-64-10УЗ
1	2	10	11	12	13	14	15	16
1	Микалента ЛММ-ББ-6(10); 0,17×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг Микалента ЛМЧ-ББ-15(10); 0,13×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг	0,39 —	0,426 —	0,341 —	0,39 —	0,34 —	0,364 —	0,462 —
2	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): масса кг	18	20,5	15,8	16,5	23	14	15
3	Провод (ГОСТ 7019—80): марка размер, мм масса, кг	ПСД 2×4,75 4,0	ПСД 2,8×4,75 4,8	ПСД 2×6,7 2,11	ПСД 2,8×6,7 2,63	ПСД 2,24×4,75 2,95	ПСД 3,15×4,75 3,6	ПСД 2×4,75 4,1
4	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ (ГОСТ 19758—74): масса, кг	0,549	0,585	0,412	0,426	0,464	0,482	0,52
5	То же	0,146	0,147	0,144	0,136	0,161	0,150	0,152
6	Шнур лавсановый диаметром 3 мм (ТУ РСФСР 174814—71): количество, м	1,8	1,8	1,2	1,2	1,8	2,5	1,2
—	Масса катушки, кг	5,5	6,2	3,3	3,93	4,2	5	5,5

Продолжение табл. 3.30

Позиция на рис. 3.17	Технические данные	Тип электродвигателя						
		СДН-15-54-10УЗ	СДН-14-36-12УЗ	СДН-14-44-12УЗ	СДН-15-34-12УЗ	СДН-15-39-12УЗ	СДН-15-49-12УЗ	СДН-16-41-12УЗ
1	2	17	18	19	20	21	22	23
1	Микалента ЛММ-ББ-6(10); 0,17×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг	0,35	0,298	0,319	0,305	—	0,376	0,319
	Микалента ЛМЧ-ББ-15(10); 0,13×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг	—	—	—	—	—	—	—
2	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): масса, кг	25	11	12,5	11,5	12	13	25
3	Провод (ГОСТ 7019—80): марка размер, мм масса, кг	ПСД 2,65×6,3 6,18	ПЭТВСД 1,5×7,1 2,2	ПЭТВСД 1,9×7,1 2,5	ПСД 1,4×4,75 2,3	ПСД 1,8×4,75 2,8	ПСД 2,24×4,75 3,12	ПСД 3,15×4,75 3,15
4	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ (ГОСТ 19758—74): масса, кг	0,503	0,8	0,357	0,388	0,403	0,419	0,456
5	То же	0,305	0,202	0,231	0,187	0,183	0,172	0,135
6	Шнур лавсановый диаметром 3 мм (ТУ РСФСР 174814—71): количество, м	0,8	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	2,5
—	Масса катушки, кг	8,7	3,1	3,5	3,5	3,9	4,4	4,3

Продолжение табл. 3.30

Позиция на рис. 3.17	Технические данные	Тип электродвигателя					
		СДН-15-21-16УЗ	СДН-15-34-16УЗ	СДН-15-41-16УЗ	СДН-16-41-16УЗ	СДН-15-29-20УЗ	СДН-15-36-20УЗ
1	2	24	25	26	27	28	29
1	Микалента ЛММ-ББ-6(10); 0,17×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг	—	—	—	—	—	—
	Микалента ЛМЧ-ББ-15(10); 0,13×23 (ГОСТ 4268—75): масса, кг	0,386	0,22	0,524	0,3	0,398	0,436
2	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ГОСТ 5937—81): масса, кг	10	12	13,2	12,5	10	11
3	Провод (ГОСТ 7019—80): марка размер, мм масса, кг	ПЭТВСД 1,68×4,7 1,55	ПЭТВСД 1,8×7,1 2,05	ПСД 2,0×6,7 1,92	ПСД 2,8×4,75 3,06	ПЭТВСД 1,06×7,1 1,6	ПЭТВСД 1,25×7,1 1,72
4	Лента слюдопластовая ЛИФЧ-ББ (ГОСТ 19758—74): масса, кг	0,403	0,244	0,502	0,4	0,521	0,537
5	То же	0,207	0,204	0,126	0,148	0,302	0,308
6	Шнур лавсановый диаметром 3 мм (ТУ РСФСР 174814—71): количество, м	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
—	Масса катушки, кг	2,4	2,85	3,0	4,2	2,4	2,6

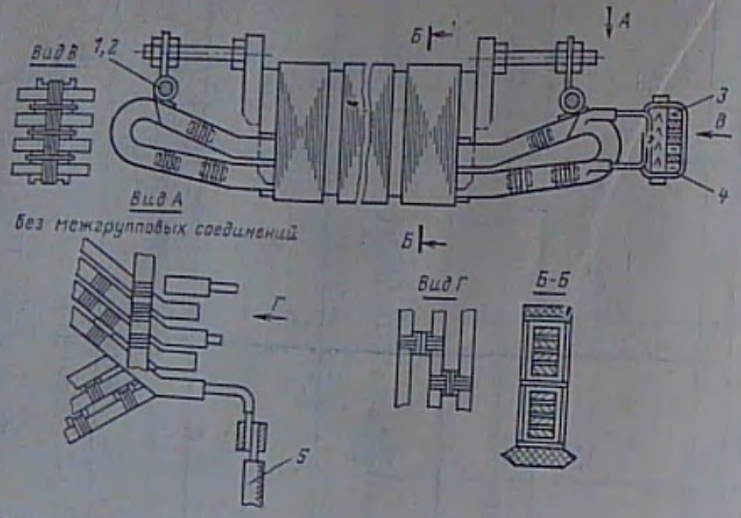


Рис. 3.18. Схема крепления лобовых частей и пазовых электродвигателей серии СДН

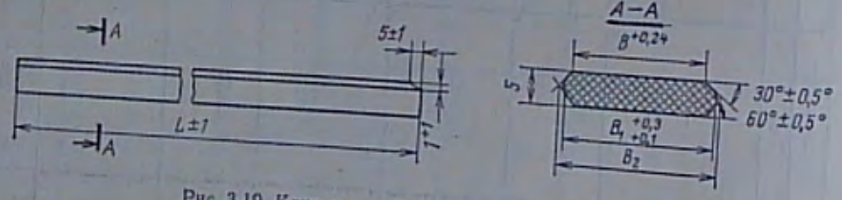


Рис. 3.19. Клин пазовый электродвигателей СДН

Таблица 3.31. **Клин пазовый (рис. 3.19) электродвигателей серии СДН**

Технические данные	Тип электродвигателей					
	СДН-14-49-6УЗ	СДН-14-59-6УЗ	СДН-15-39-6УЗ	СДН-15-49-6УЗ	СДН-15-го габарита, 2р=6, 8, 10, 12, 16 и 20	СДН3 15-го габарита, 2р=8, 10, 12, 16 и 20
Размеры, мм:						
L	150	230	130	150	155	155
B	200			210	210	210
B_1	14	14	17	17	20,5	20,5
B_2	17,2	17,2	20,2	20,2	23,7	23,7
Масса одного клина, кг	17,9	17,9	20,9	20,9	24,4	24,4
	0,016	0,023	0,0163	0,0188	0,0281	0,0264
	0,022			0,026	0,0381	0,0334
Материал	Гетинакс (ГОСТ 2718—74)				Стеклотекстолит СТЭФ-НТ-5	Гетинакс (ГОСТ 2718—74)

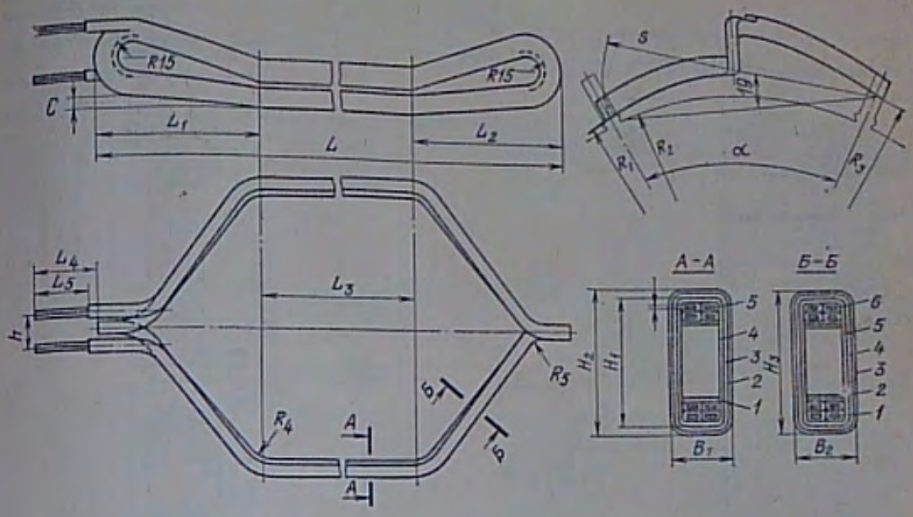


Рис. 3.20. Катушка статора электродвигателей серии АНЗ

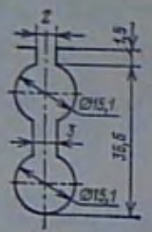
Позиция	Материалы	Масса, кг
1	Картон электроизоляционный ЭВ-0,3 (ГОСТ 2824—75)	0,011
2	Миканит ГФ40-02 (ГОСТ 6120—75)	0,033
3	Лента стеклянная ЛЭС; 0,2×25 (ТУ 6-11-448-77—81)	0,085
4	Лента ЛС-40-ТТ-УП 2,5; 0,13×23 (ГОСТ 5937—81)	0,249
5	Слюдопластолента ЛИФЧ ББ; 0,13×0,23 (ГОСТ 19755—74)	0,294
6	Провод ПСД; 1,4×4,75 (ГОСТ 7019—80)	3,5

Таблица 3.32. **Обмоточные данные электродвигателей серии АНЗ (рис. 3.20)**

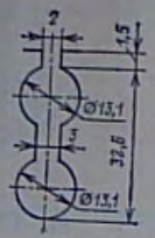
Технические данные	Тип электродвигателя	
	АНЗ-16-36-12	АНЗ-2-17-57-10
Номинальная мощность, кВт	1000	1600
Напряжение, В	6000	6000
Частота вращения, об/мин	500	600
Ток статора, А	125	188
Воздушный зазор, мм	1,9	1,7
	Статор	
Число пазов	108	90
Число кар полюсов	12	10
Размеры паза, мм	17(70+5)	13 (71+4)
Обмотка	Петлевая	Петлевая
Шаг по пазам	1—9	1—8
Число эффективных проводников в пазу	14	10
Число параллельных ветвей	12	2
Средняя длина витка, мм	1,98	2,19
Сопротивление фазы, Ом	0,34	0,148
Всего проводников в пазу	56	20
Число эффективных витков в фазе	252	160
Марка провода	ПСД 1,4×4,75	ПЭТВСД 2,5×0,8
Масса меди, кг	344	342

Продолжение табл. 3.32

Технические данные	Тип электродвигателя	
	АНЗ-16-36-12	АНЗ-2-17-57-10
Ротор		
Число пазов	132	110
Материал стержня:		
верхн.	Латунь	Латунь
нижн.	Медь	Медь
Масса стержней, кг:		
верхн.	97	88
нижн.	93	85,7
Диаметр ротора, мм:		
внутренний	1096	750
наружный	1296	1096,6
Размеры паза, мм		



Эскиз 1



Эскиз 2

Таблица 3.33. Катушка статора (рис. 3.20) электродвигателей АНЗ

Размеры, мм	Тип электродвигателя		Размеры, мм	Тип электродвигателя	
	АНЗ-16-36-12	АНЗ-2-17-57-10		АНЗ-16-36-12	АНЗ-2-17-57-10
H_1	29,6	33,7	L_4	460	660
H_2	32,3	34,5	L_1	90	90
H_3	33,2	35,4	L_2	75	75
B_1	16,7	12,7	L_3	46	44
B_2	16,9	12,9	R_1	—	28
C	16	12	R_2	705	554,7
S	326	—	R_3	700	550
L	840	990	R_4	741,5	690
L_1	188	162	R_5	50	50
L_2	192	168	R_6	30	30

Раздел четвертый

СХЕМЫ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

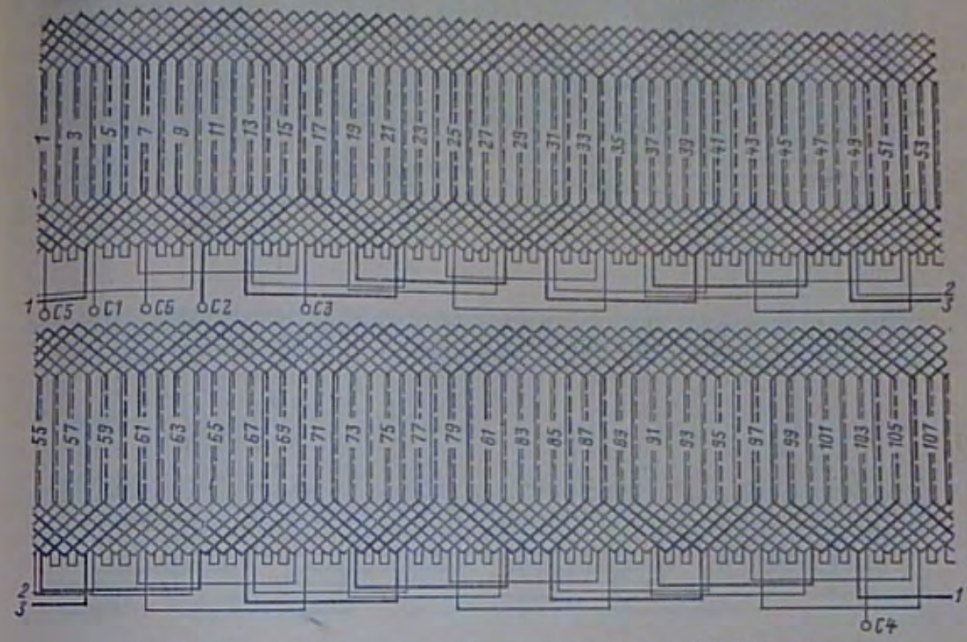


Рис. 4.1. Схема обмотки статора электродвигателей серии АВ 16-го габарита:
$2p=12;\ z=108;\ y=1\div8;\ a=1$

Рис. 4.2. Схема обмотки статора электродвигателей серии АВ 18-го габарита:
$2p=10;\ z=108;\ y=1\div7;\ a=1$

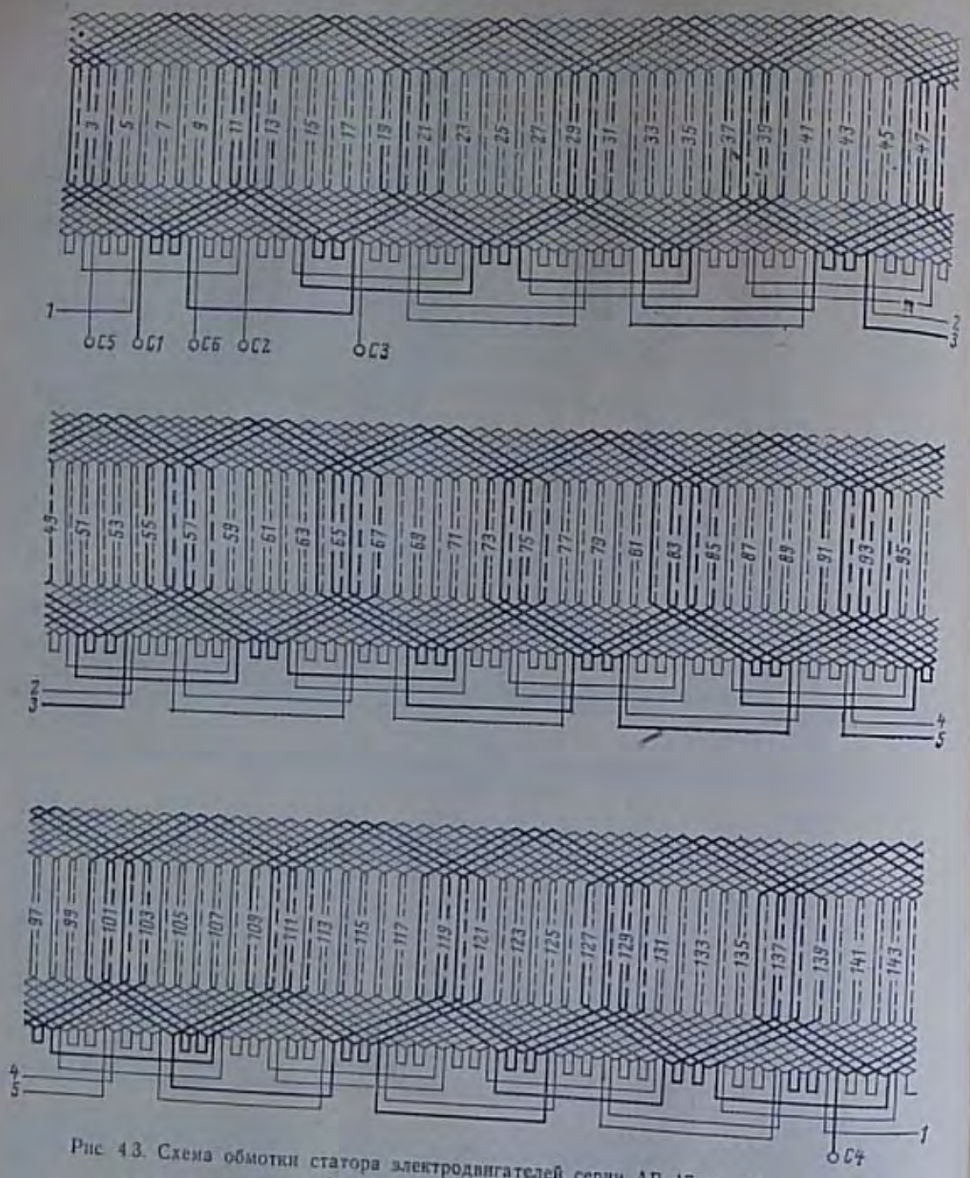


Рис. 4.3. Схема обмотки статора электродвигателей серии АВ 17-го габарита:
$2p=12$; $z=144$; $y=1\div11$; $a=1$

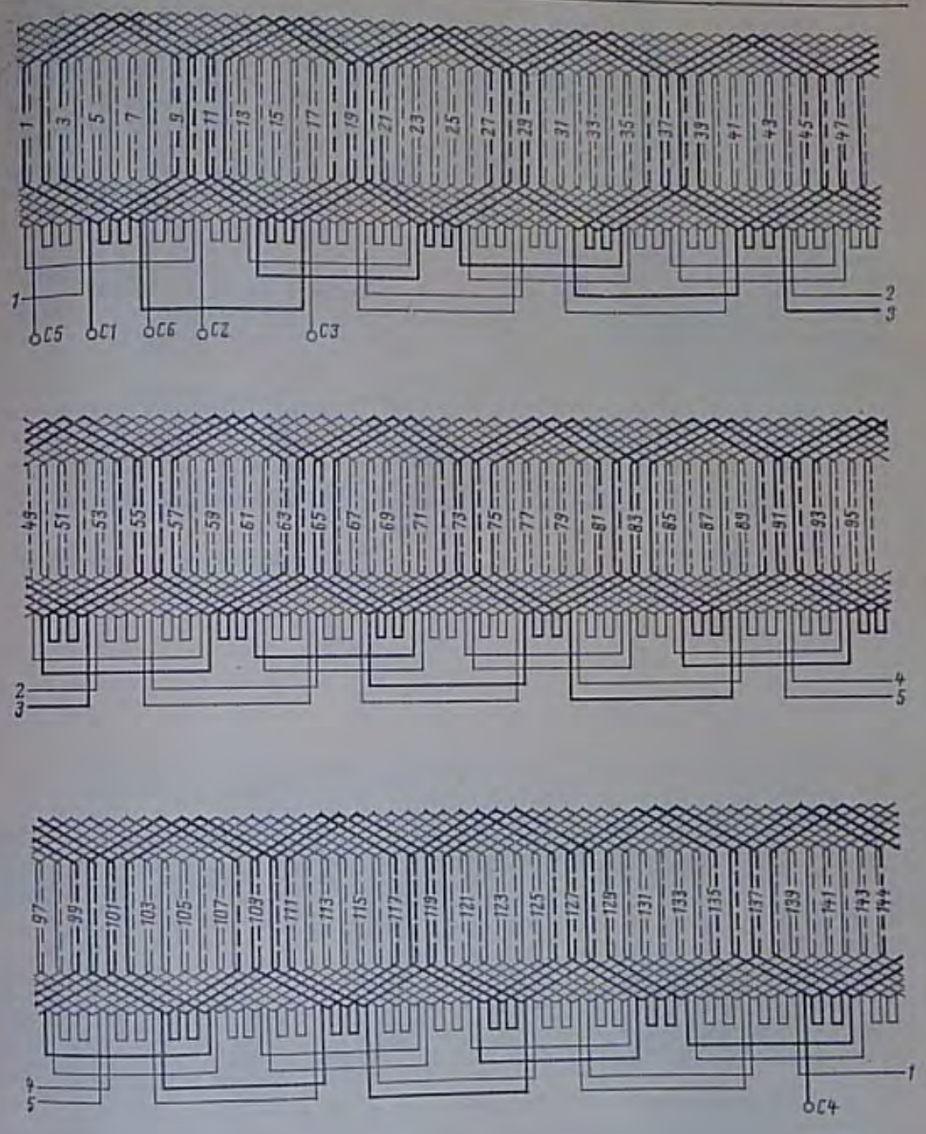


Рис. 4.4. Схема обмотки статора электродвигателей серии АВ 17-го габарита:
$2p=16$; $z=144$; $y=1\div9$; $a=1$

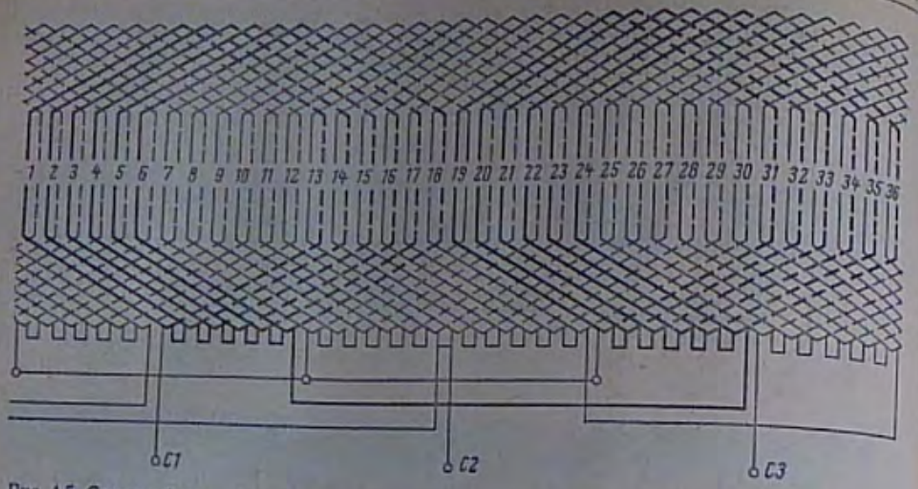


Рис. 4.5. Схема обмотки статора электродвигателей серии АТД мощностью 500, 630 и 800 кВт:
$2p=2;\ z=36;\ y=1\div13;\ a=1$

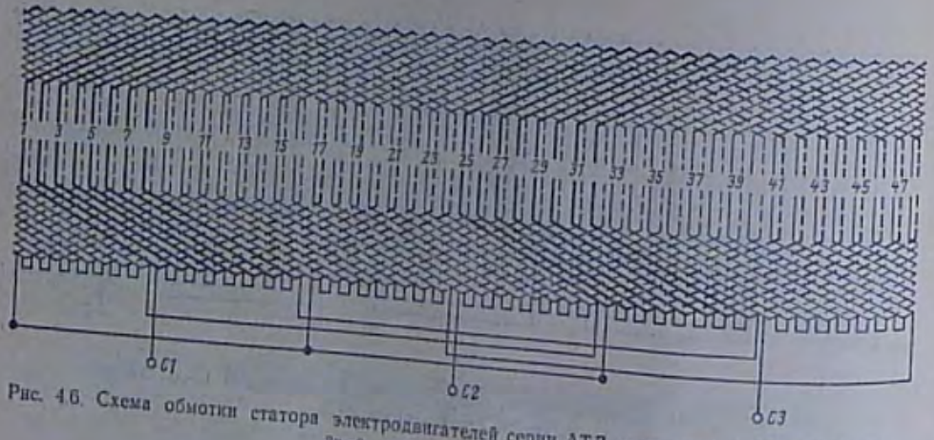
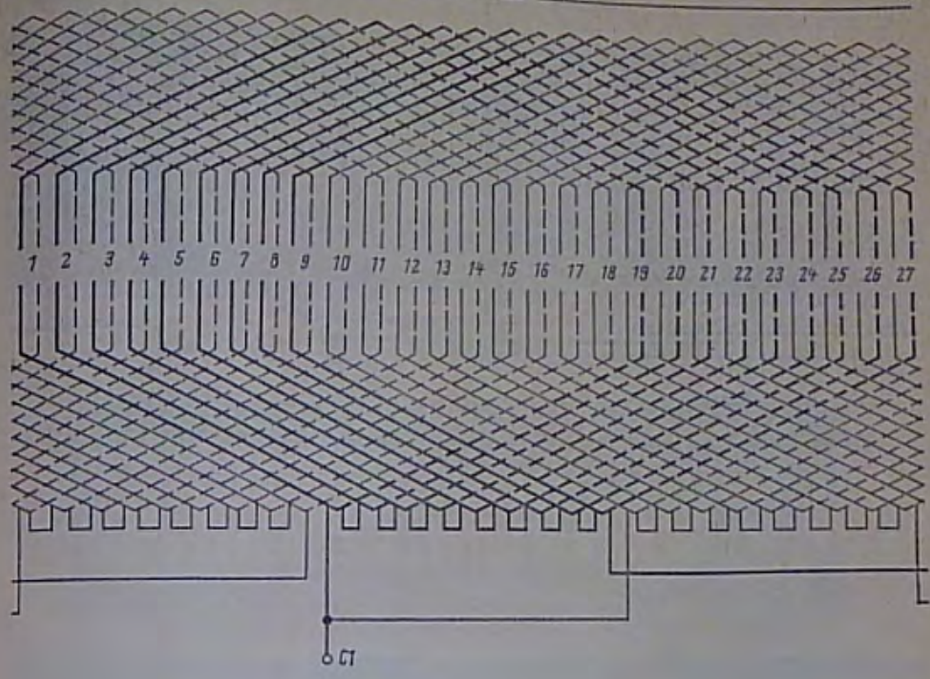


Рис. 4.6. Схема обмотки статора электродвигателей серии АТД мощностью 1000 и 2500 кВт:
$2p=2;\ z=48;\ y=1\div17;\ a=1$



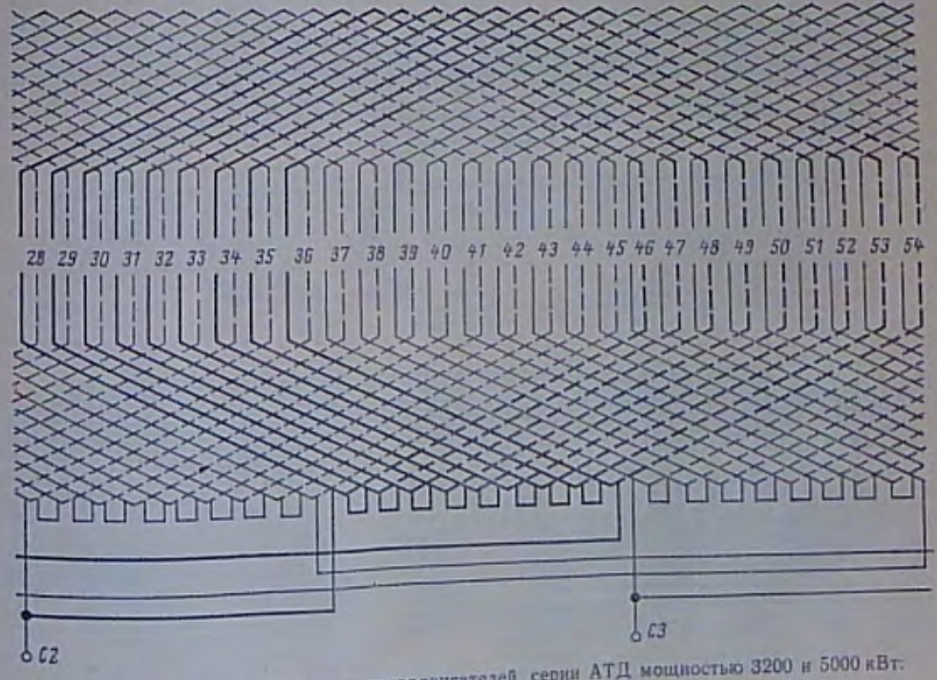


Рис. 4.7. Схема обмотки статора электродвигателей серии АТД мощностью 3200 и 5000 кВт:
$2p=2;\ z=54;\ y=1\div19;\ a=1$ (АТД-4000—$a=2$)

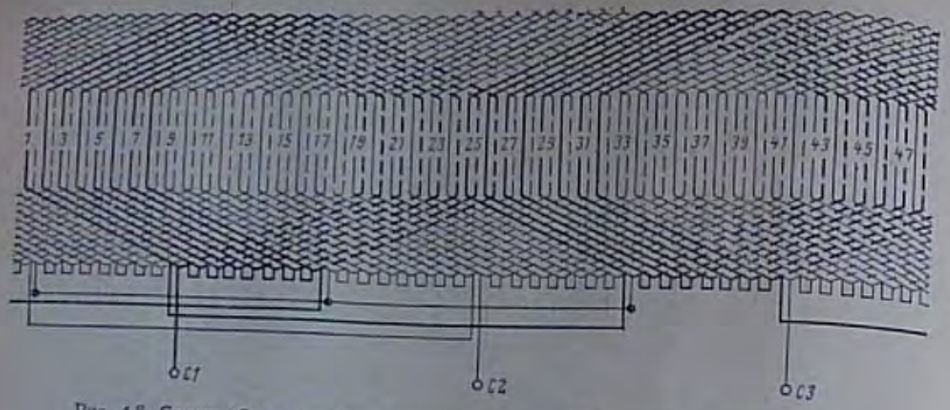


Рис. 4.8. Схема обмотки статора электродвигателя АТД мощностью 8000 кВт:
$2p=2$; $z=48$; $y=1\div19$; $a=1$

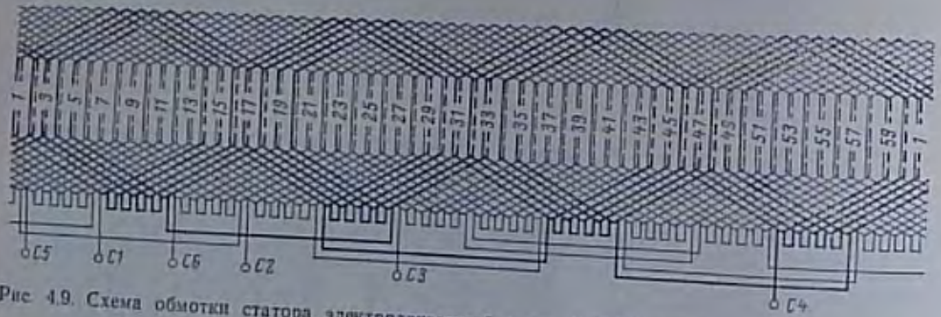


Рис. 4.9. Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 12-36-4 и ДАЗО 12-41-4:
$2p=4$; $z=60$; $y=1\div14$; $a=1$

Рис. 4.10. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО 12-55-4:
$2p=4$; $z=60$; $y=1\div12$; $c=1$

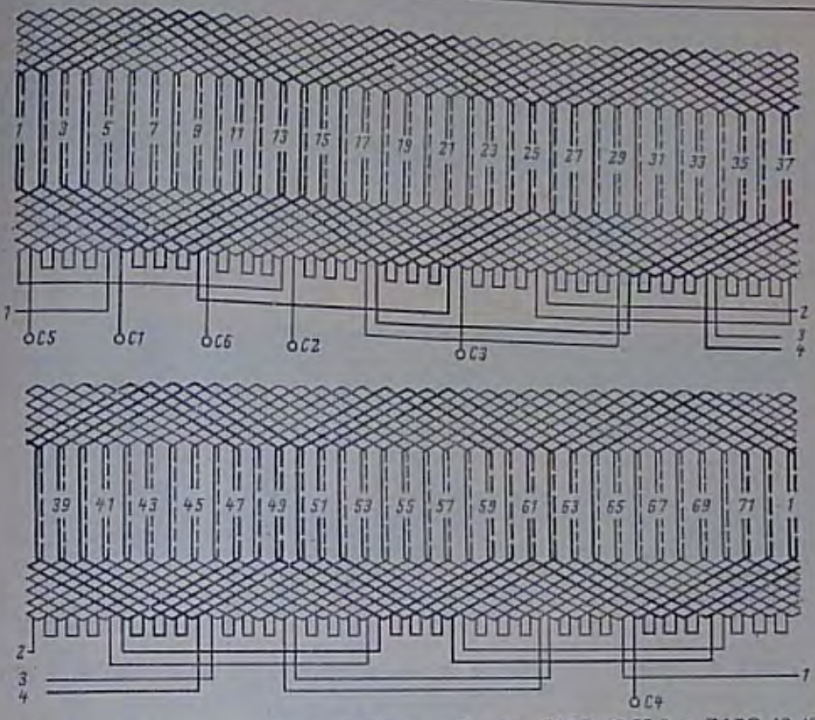


Рис. 4.11. Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 12-55-6 и ДАЗО 13-42-6:
$2p=6$; $z=72$; $y=1\div11$; $a=1$

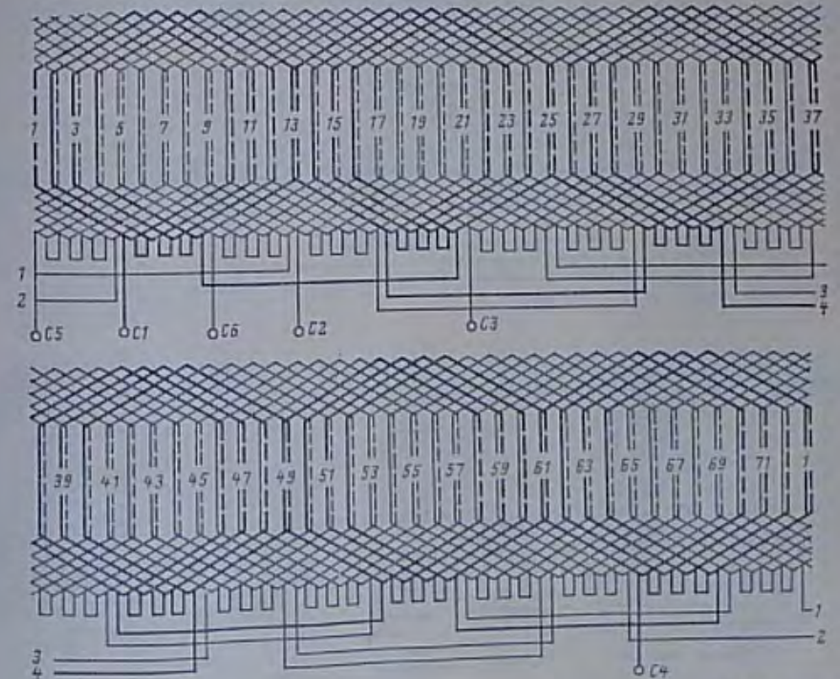


Рис. 4.12. Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 13-55-6 и ДАЗО 13-67-6:
$2p=6$; $z=72$; $y=1\div10$; $a=1$

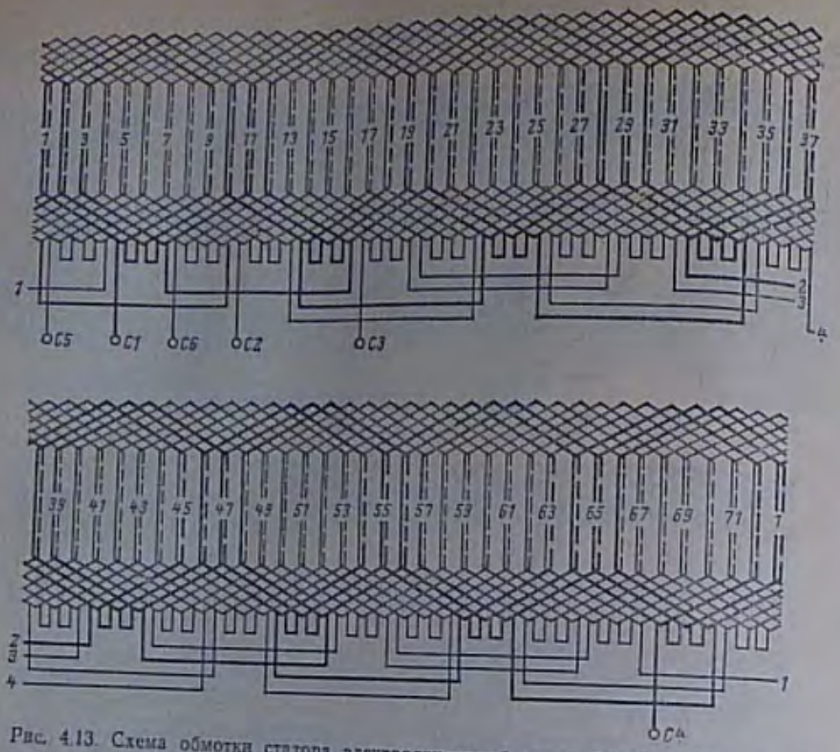


Рис. 4.13. Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 12-55-8, ДАЗО 13-48-8, ДАЗО 13-55-8 и ДАЗО 13-70-8:
$2p=8;\ z=72;\ y=1\div9;\ a=1$

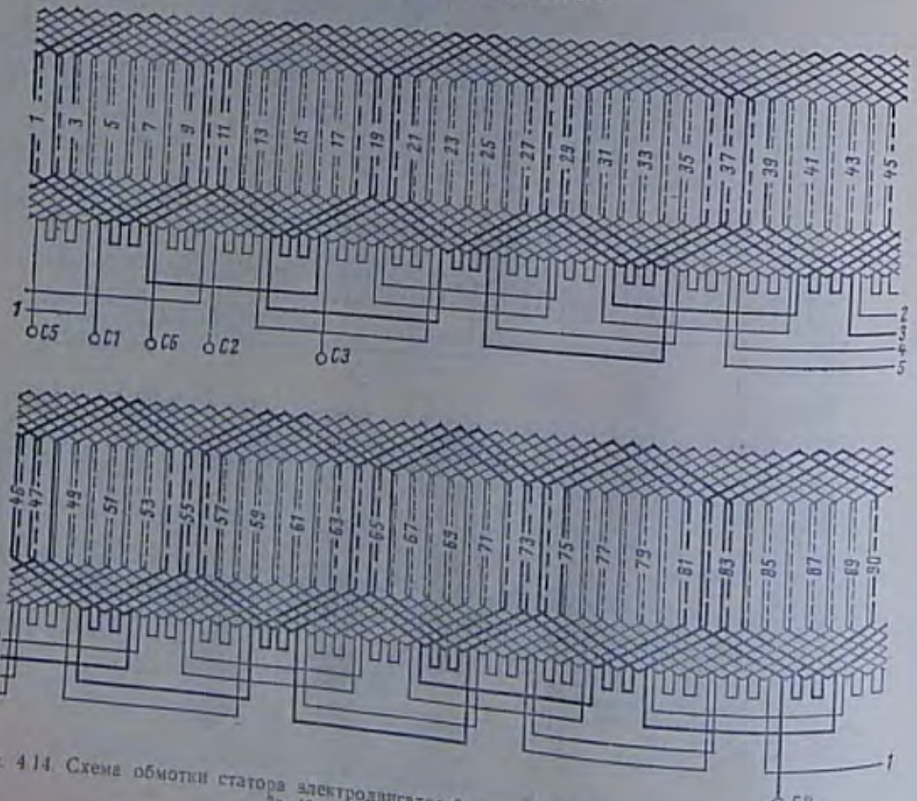


Рис. 4.14. Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 13-42-10 и ДАЗО 13-55-10:
$2p=10;\ z=90;\ y=1\div19;\ a=1$

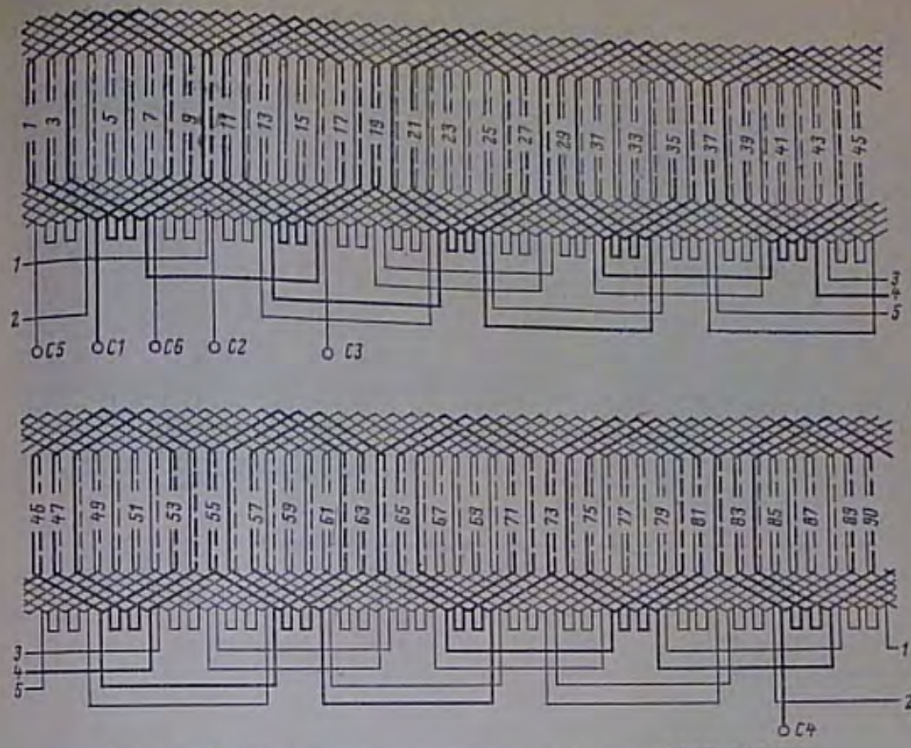


Рис. 4.15. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО 13-70-10:
$2p=10;\ z=90;\ y=1\div8;\ a=1$

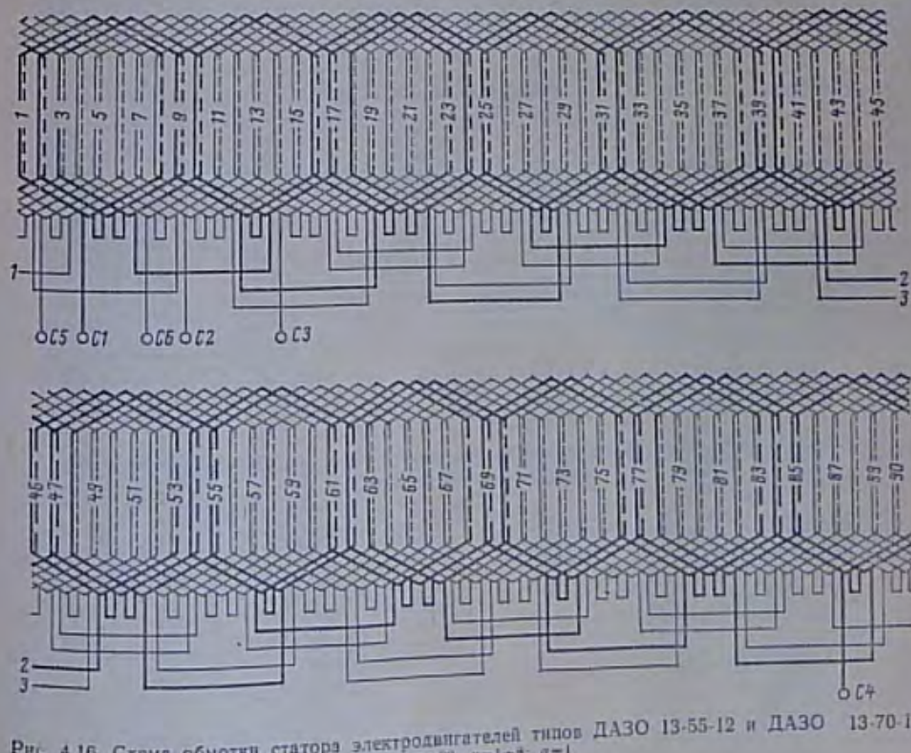
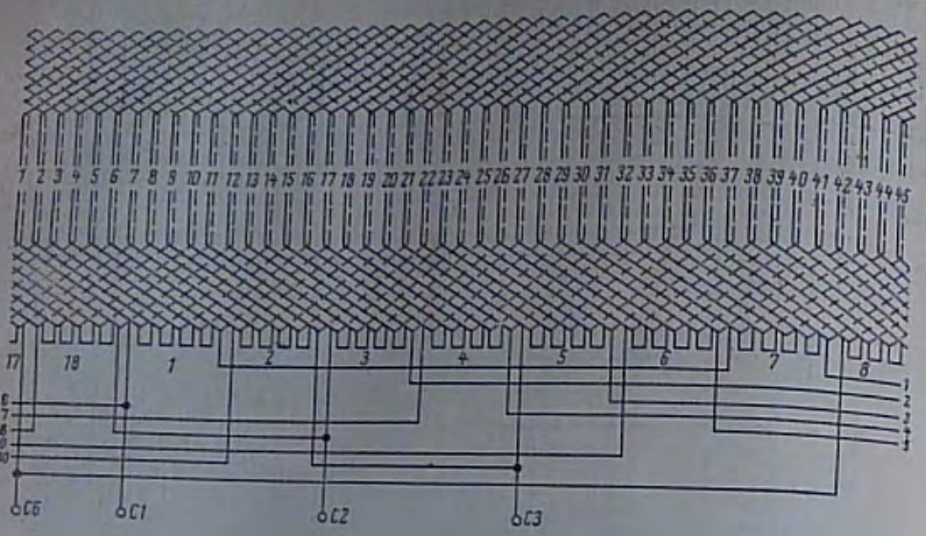


Рис. 4.16. Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 13-55-12 и ДАЗО 13-70-12:
$2p=12;\ z=90;\ y=1\div8;\ a=1$



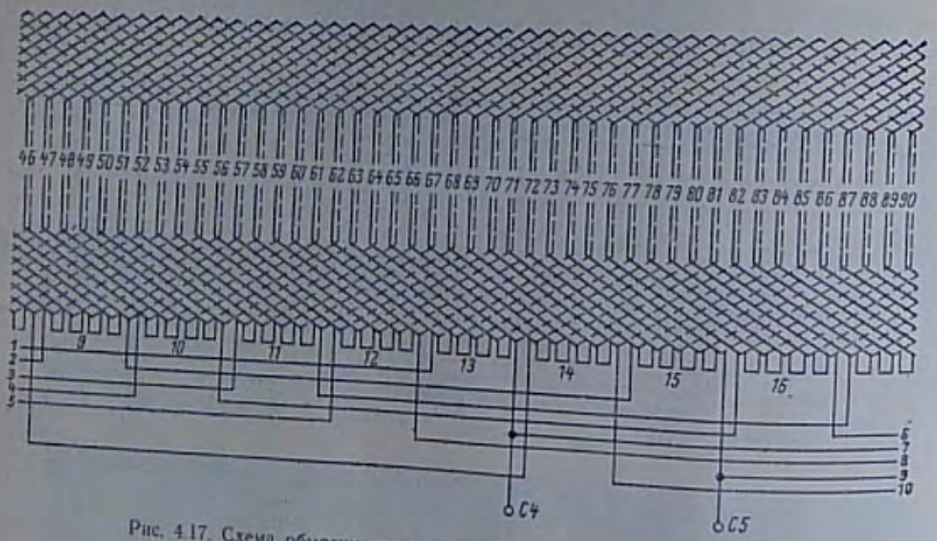
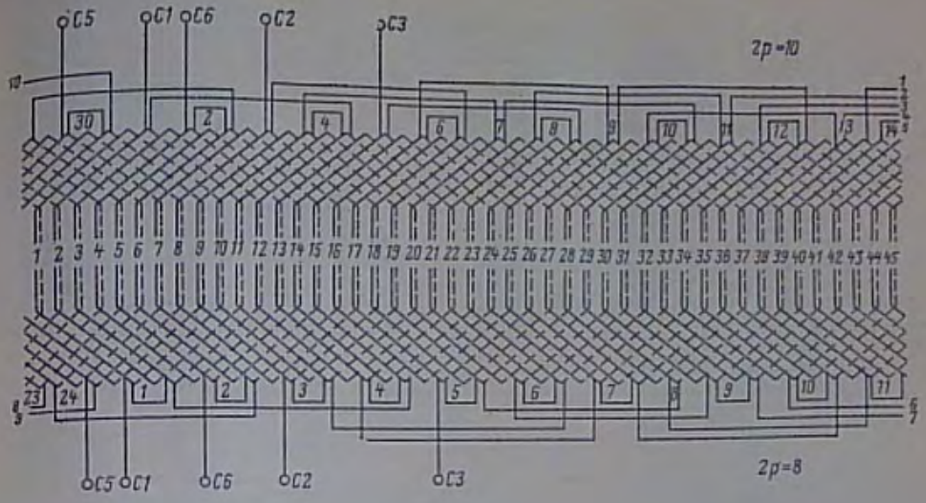


Рис. 4.17. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО 14-69-6:
$2p=6$; $z=90$; $y=1\div14$; $a=2$



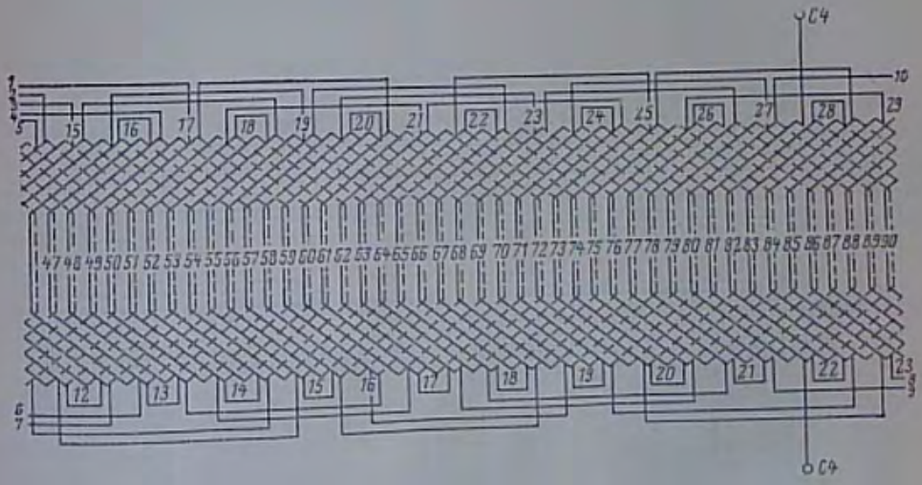


Рис. 4.18. Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 14-69-8/10 и ДАЗО 16-64-8/10:
$2p=8$; $z=90$; $y=1\div10$; $a=1$

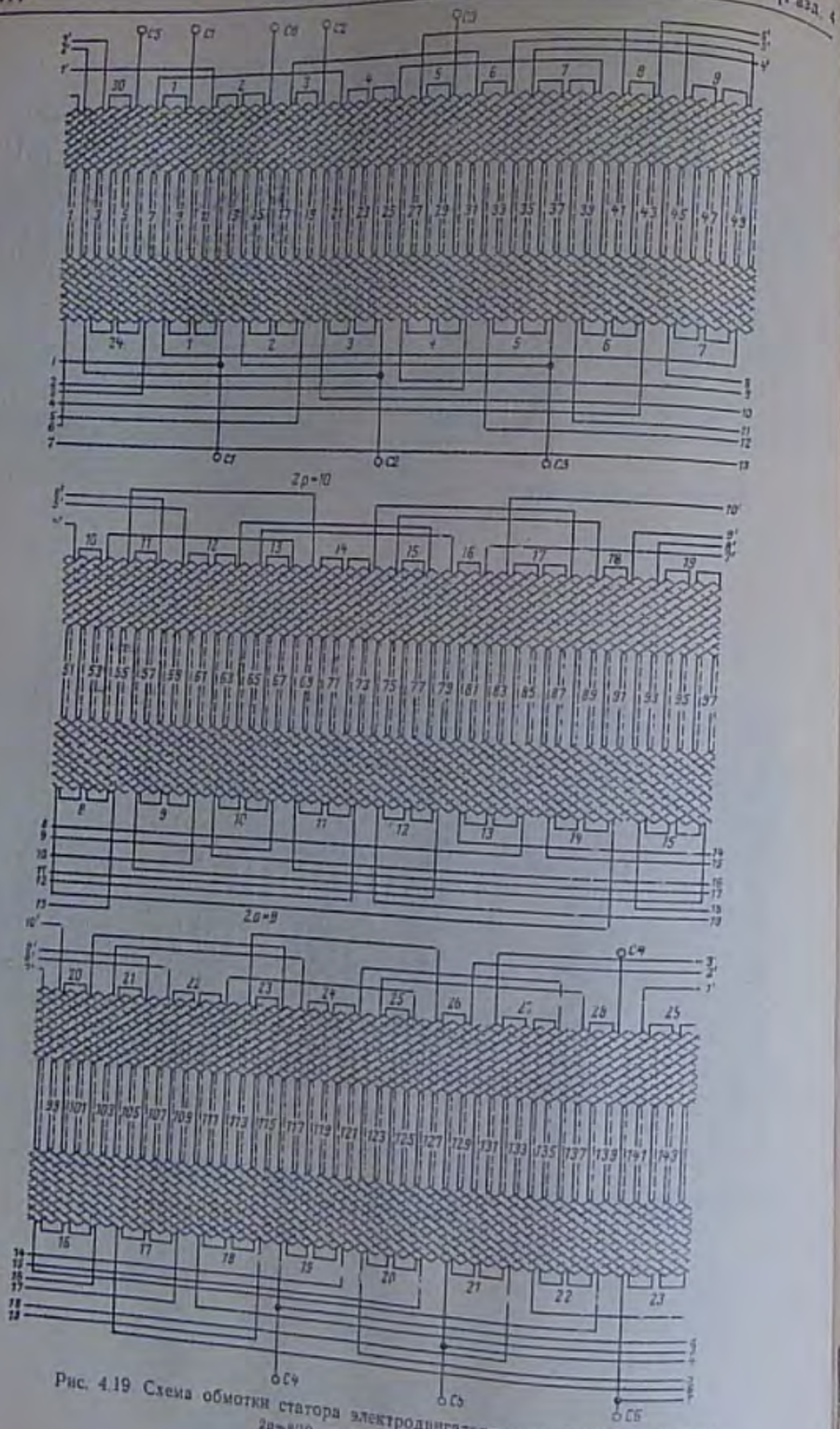


Рис. 4.19 Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО 19-16-8/10: 2p=8/10; z=144; y=1÷16; a=1

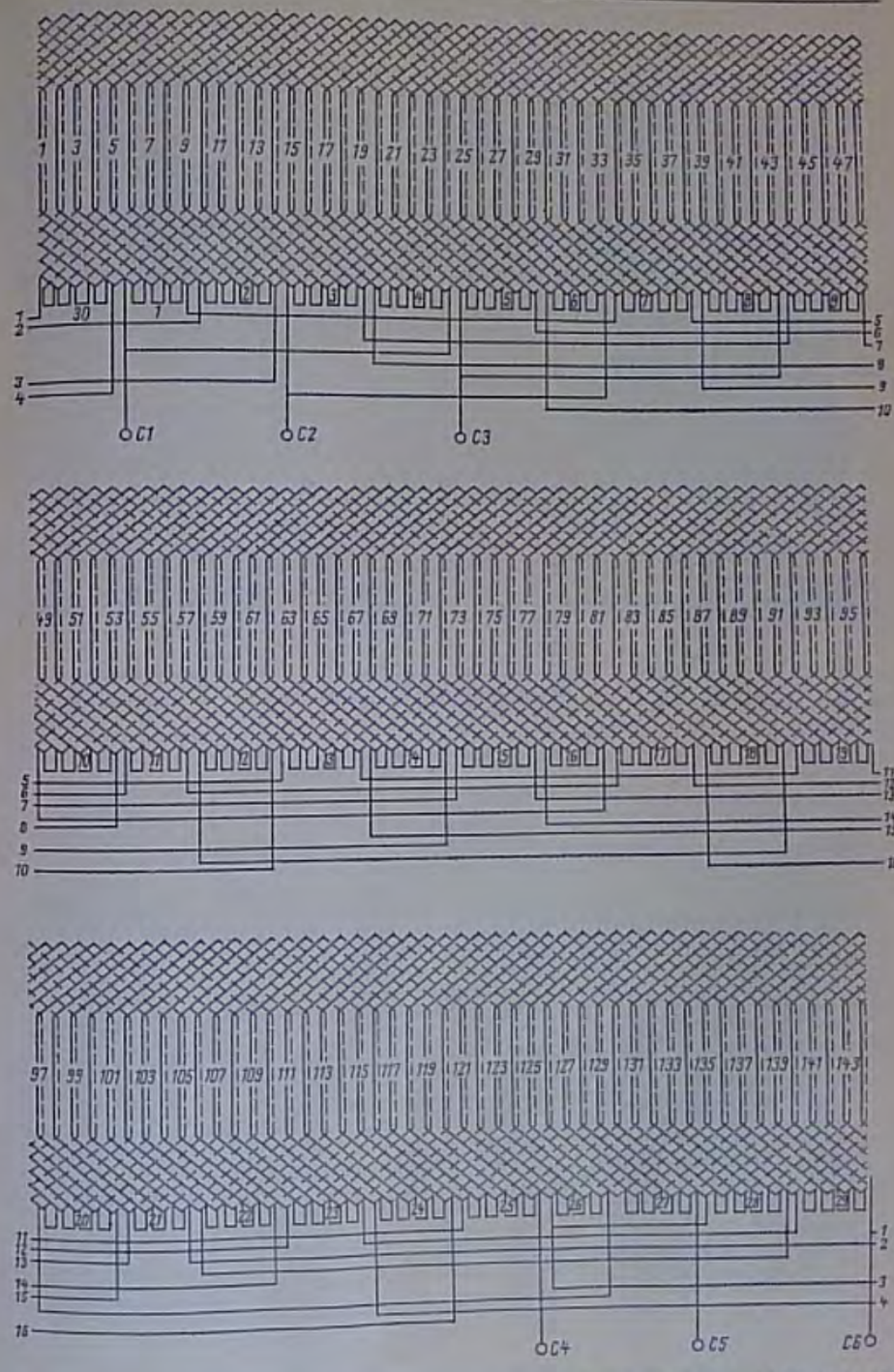


Рис. 4.20 Схема обмотки статора электродвигателей типов ДАЗО 18-59-10 и ДАЗО 19-10-10: 2p=10; z=144; y=1÷11; a=2

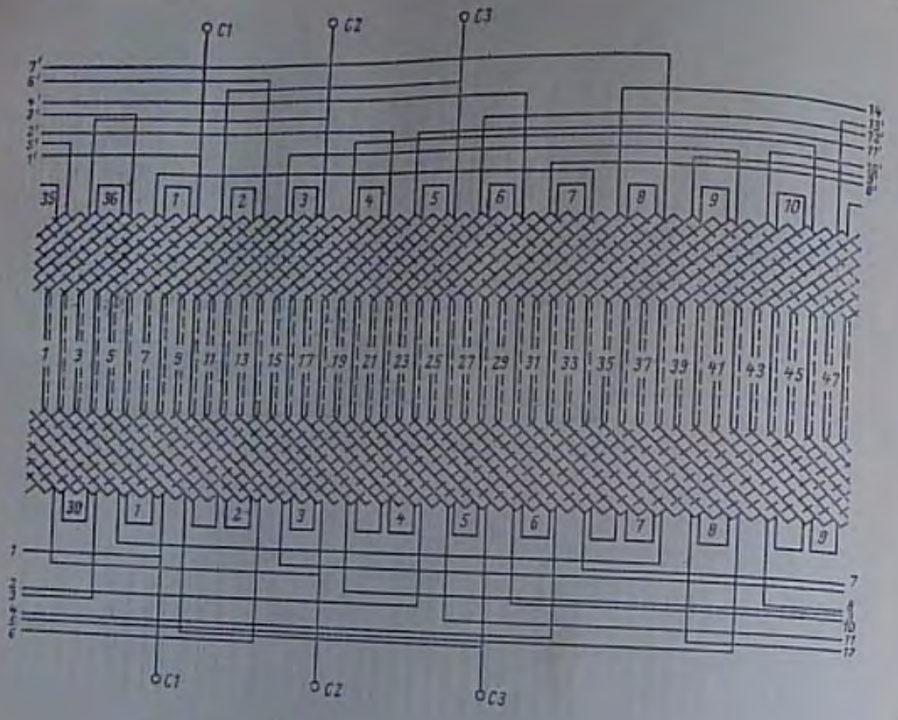


Рис. 4.21. Схема обмоток статора электродвигателя типа ДАЗО 19-14-10/12А:
2p=10/12; z=144; y=1÷12; a=2

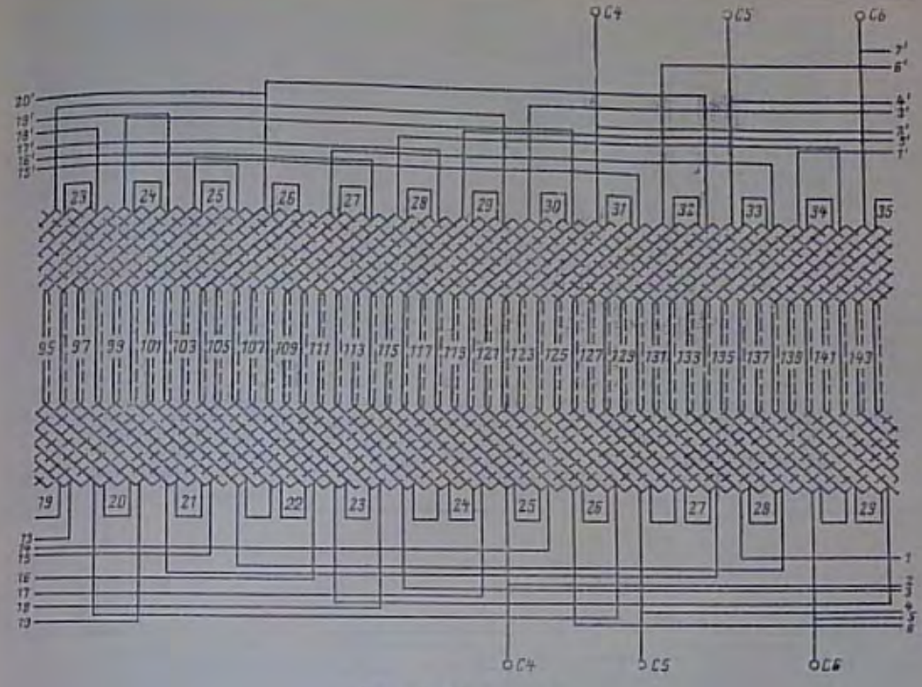


Рис. 4.21. Продолжение

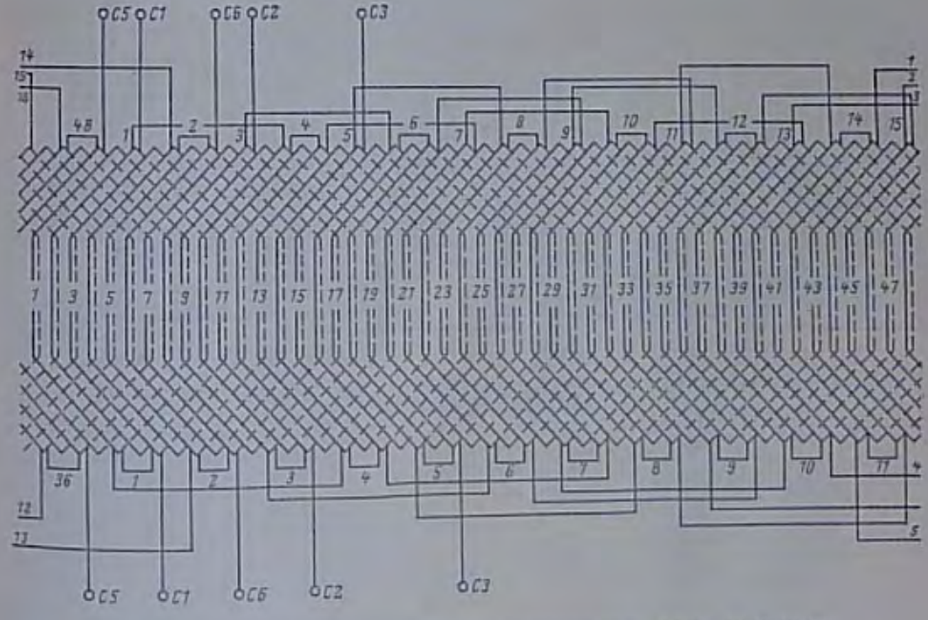


Рис. 4.22. Схема обмоток статора электродвигателя типа ДАЗО 19-10-12/16:
2p=12/16; z=144; y=1÷10; a=1

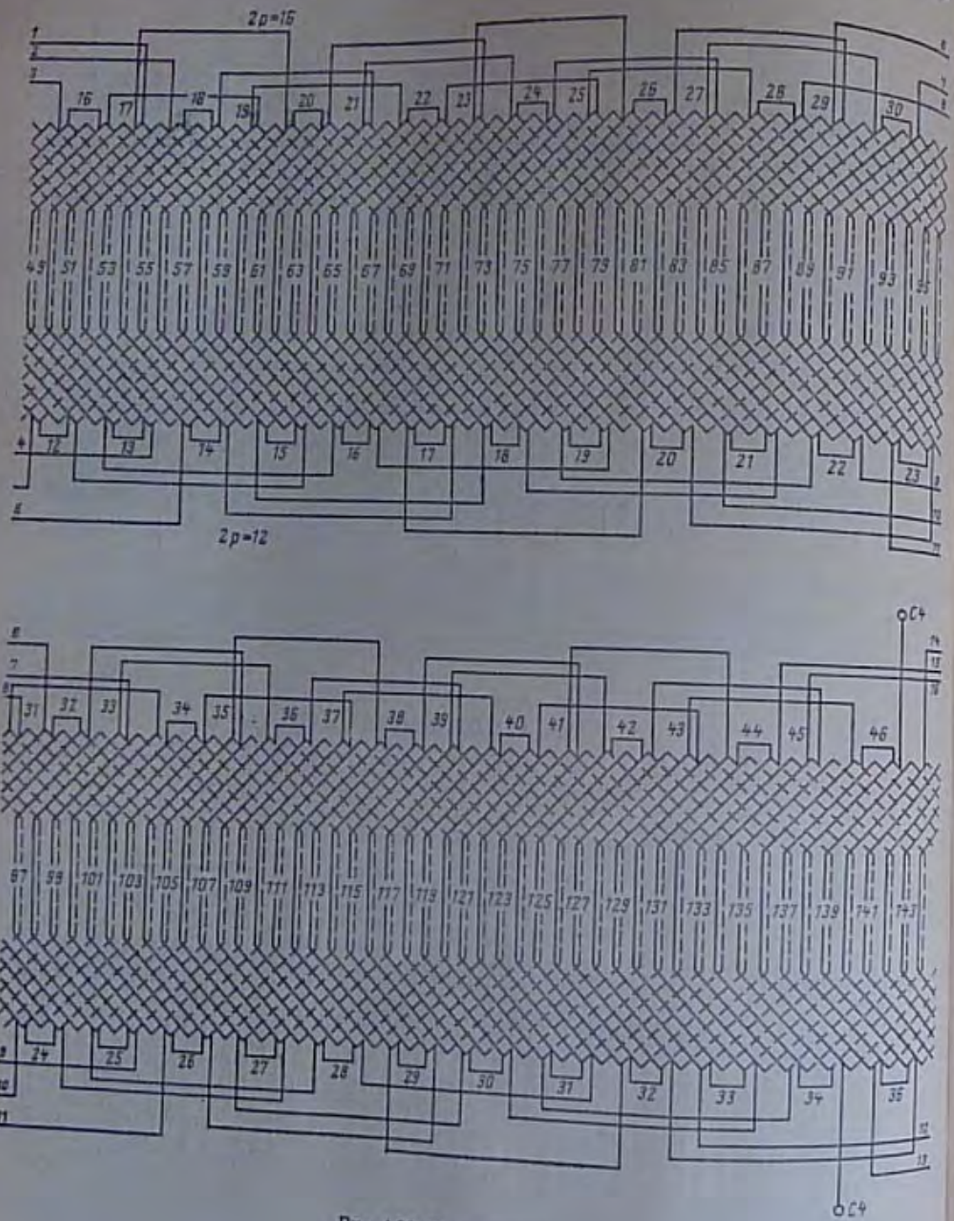
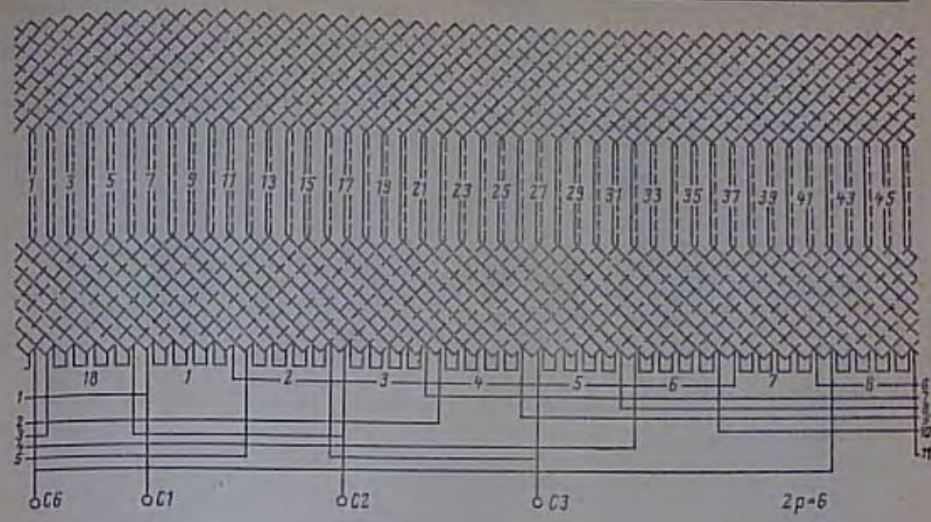


Рис. 4.22. Продолжение



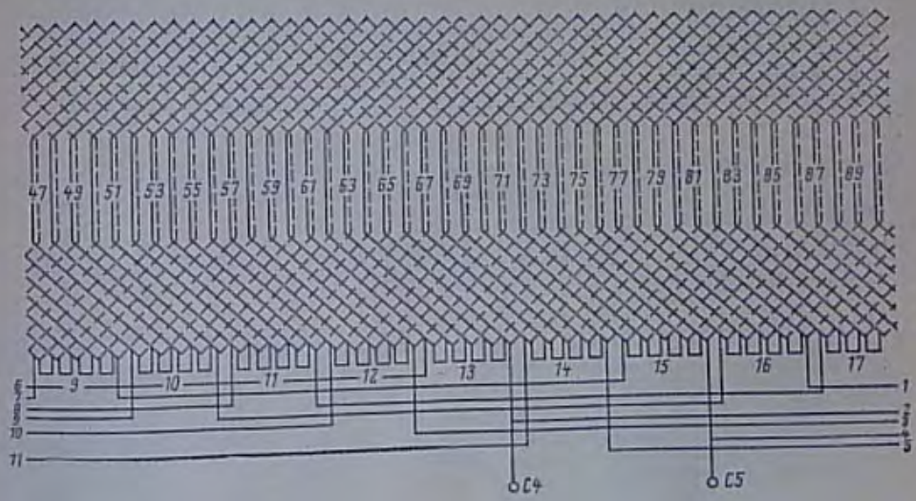


Рис. 4.23. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО2-16-64-6:
$2p=6$; $z=90$; $y=1\div13$; $a=2$

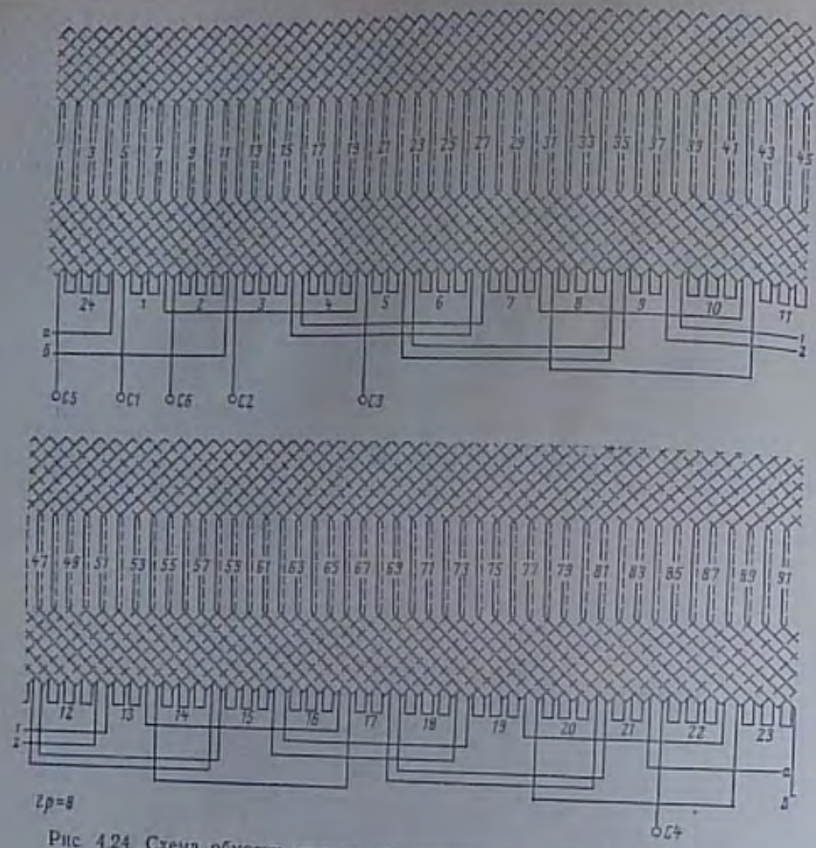


Рис. 4.24. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО2-16-54-8:
$2p=8$; $z=90$; $y=1\div10$; $a=1$

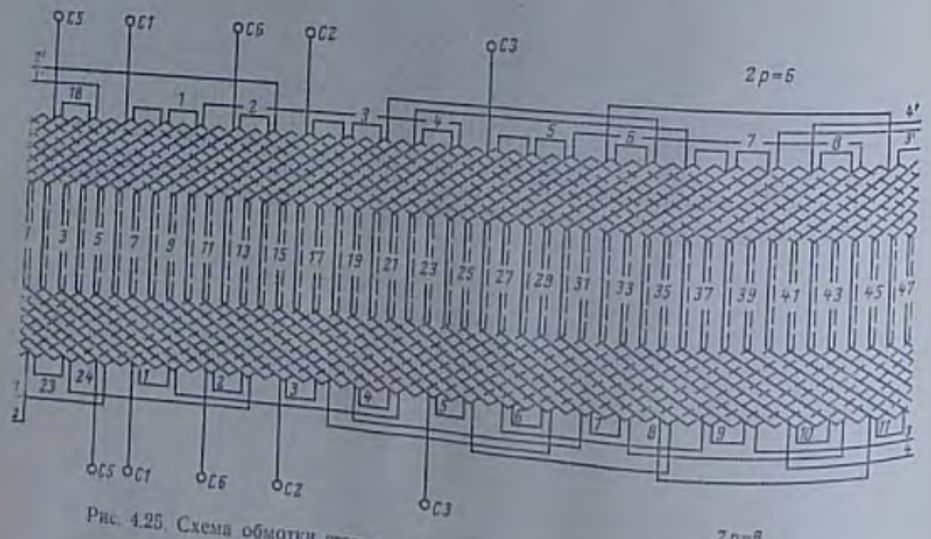


Рис. 4.25. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО2-16-44-6/8:
$2p=6/8$; $z=90$; $y=1\div12$; $a=1$

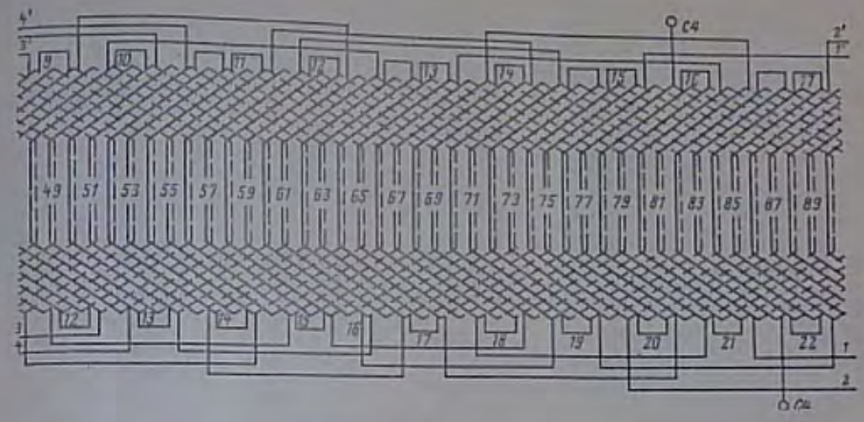


Рис. 4.25. Продолжение

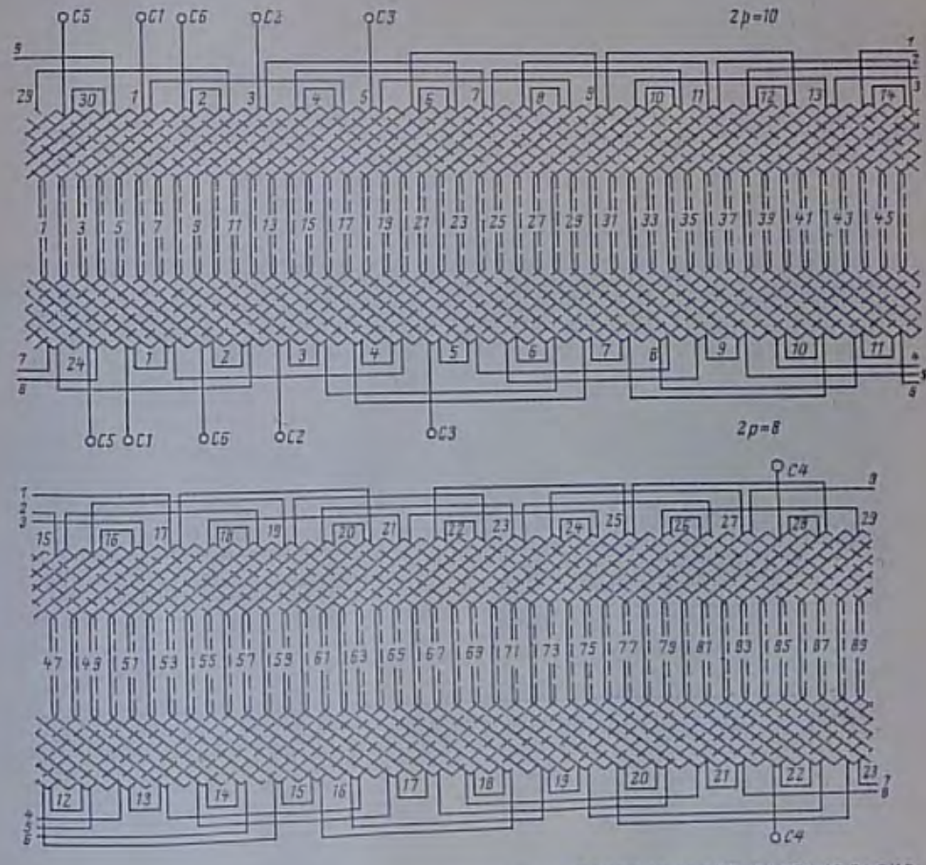


Рис. 4.26. Схема обмоток статора электродвигателей типов ДАЗО2-16-44-8/10, ДАЗО2-16-54-8/10 и ДАЗО2-16-64-8/10:
$2p=8/10$; $z=90$; $y=1\div10$; $a=1$

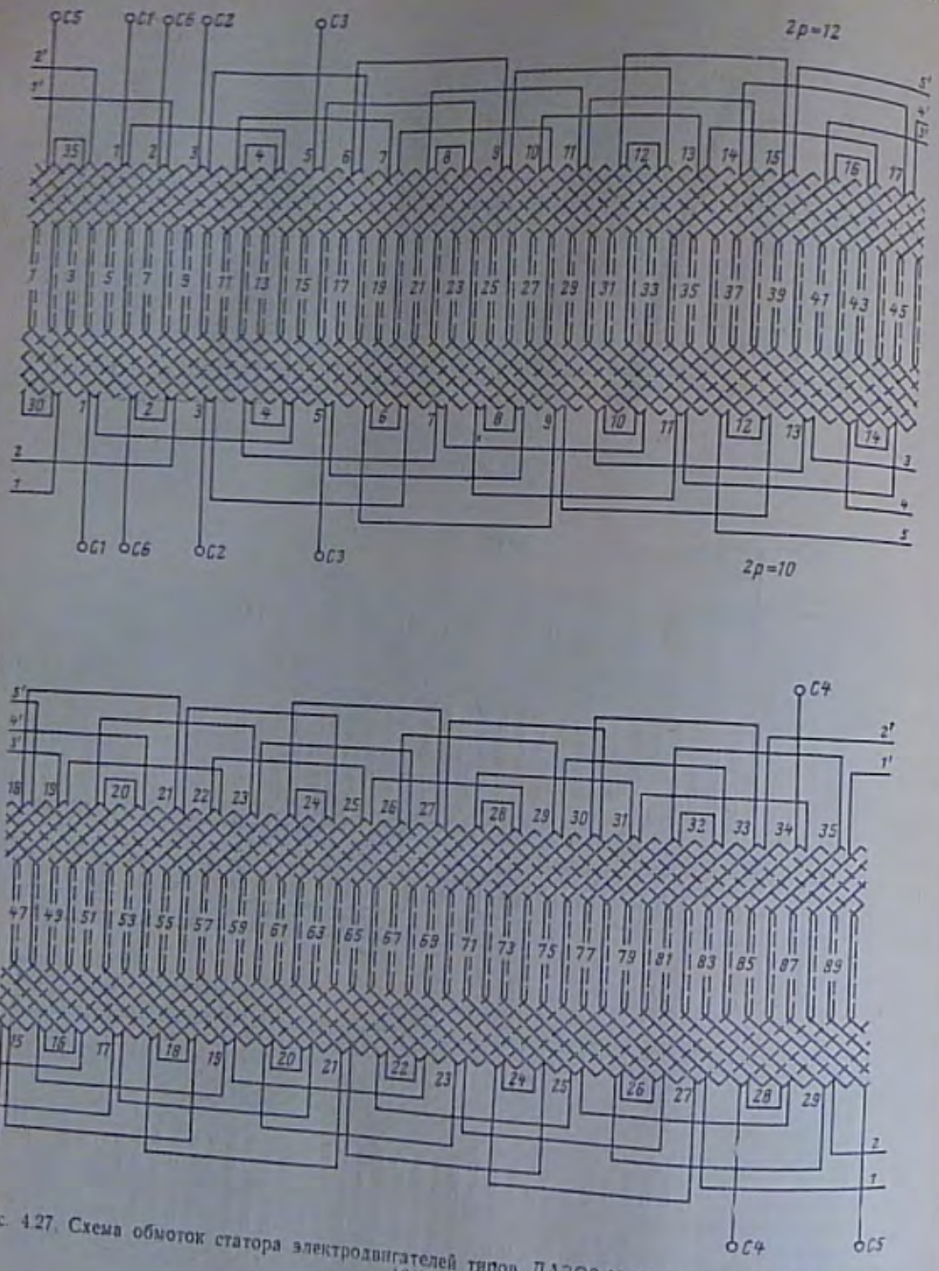
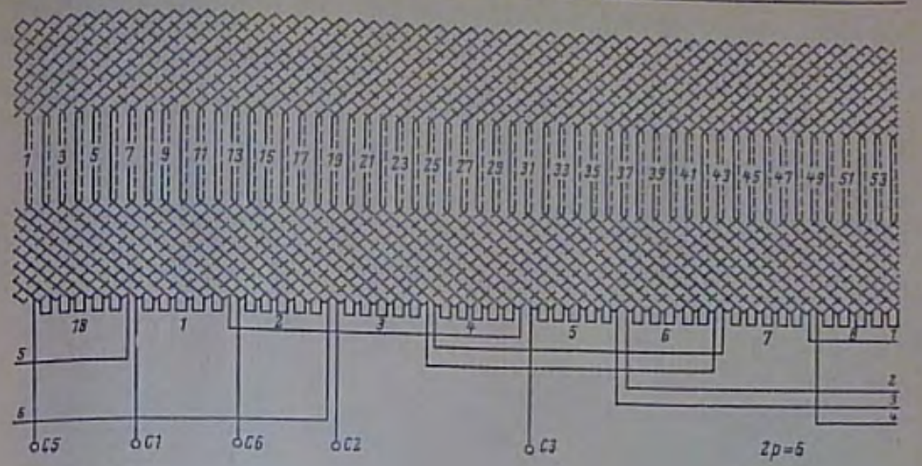


Рис. 4.27. Схема обмоток статора электродвигателей типов ДАЗО2-16-54-10/12 и ДАЗО2-16-64-10/12:
$2p=10/12$; $z=90$; $y=1\div8$; $a=1$



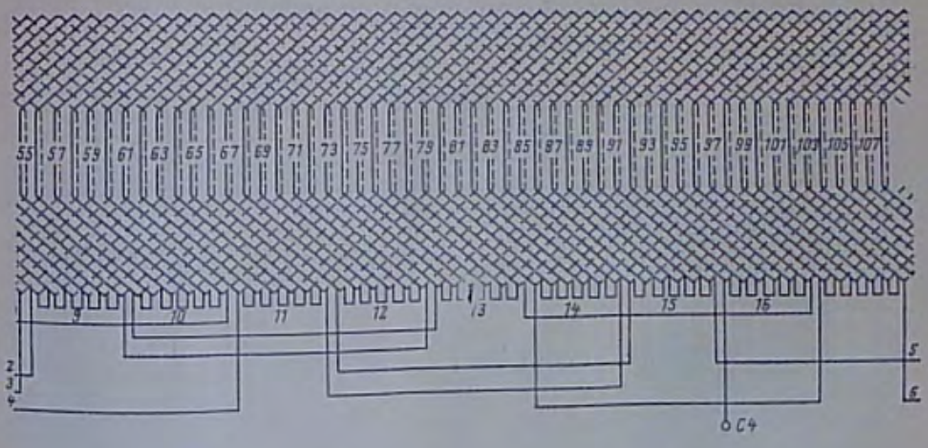
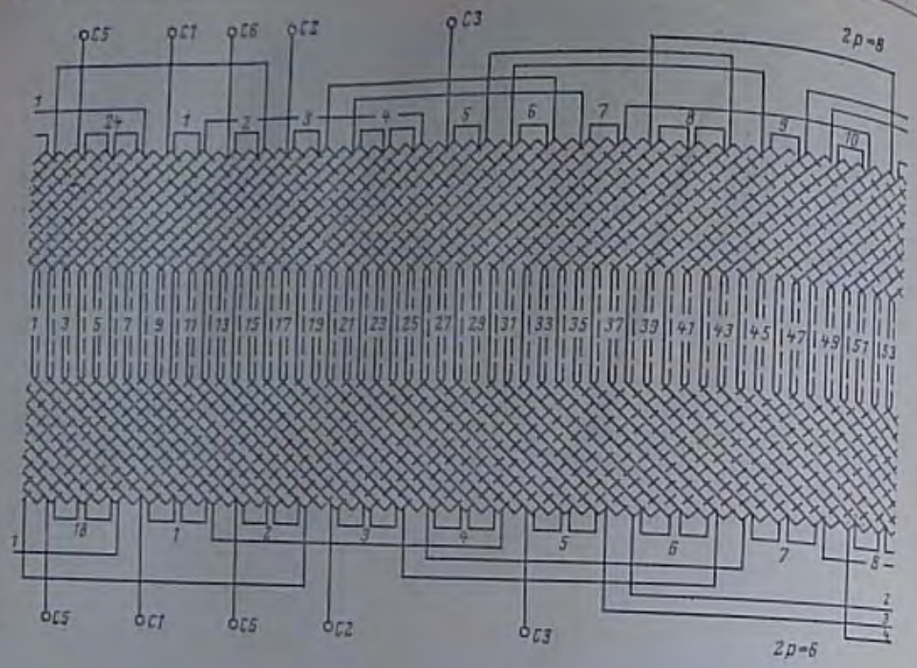


Рис. 4.28 Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО2-17-79-6:
$2p=6$; $z=108$; $y=1\div14$; $a=1$



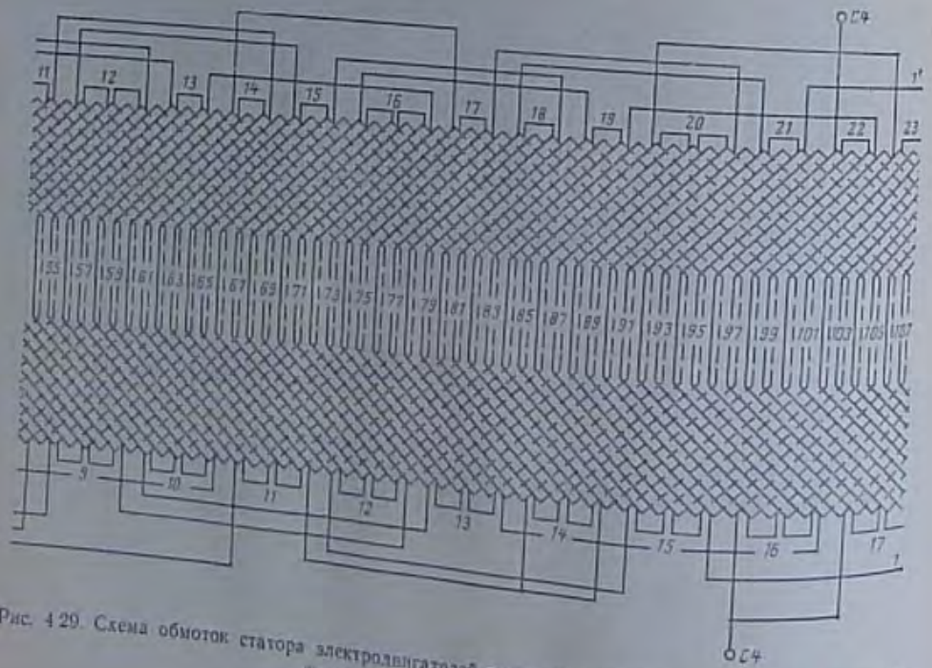


Рис. 4.29. Схема обмоток статора электродвигателей типов ДАЗО2-17-54-6/8 и ДАЗО2-18-59-6/8:
$2p=6/8$; $z=108$; $y=1\div10$; $a=1$

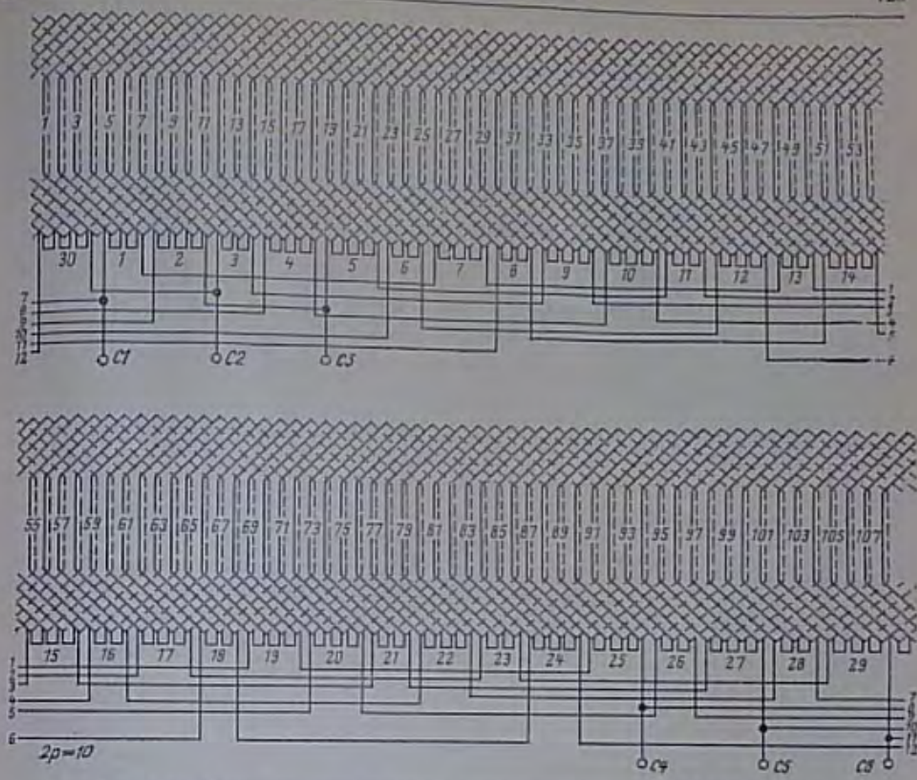


Рис. 4.30. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО2-17-54-10:
$2p=10$; $z=108$; $y=1\div9$; $a=2$

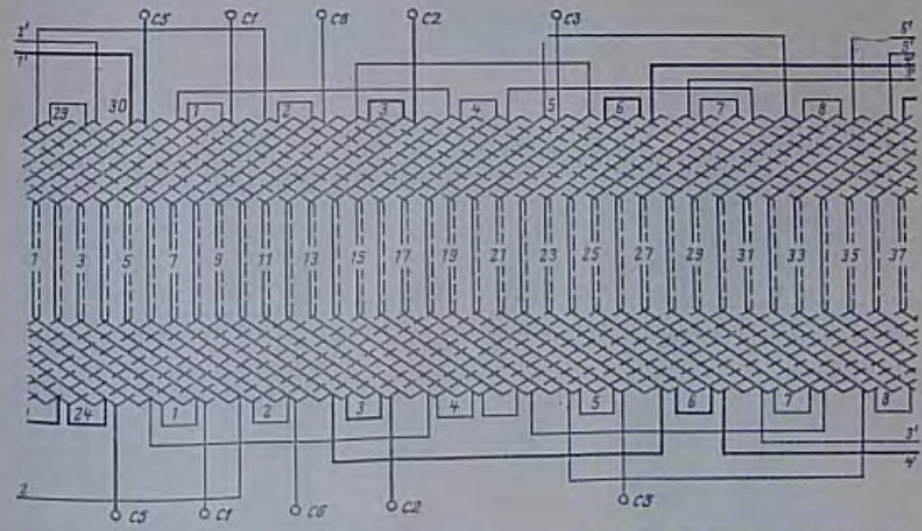
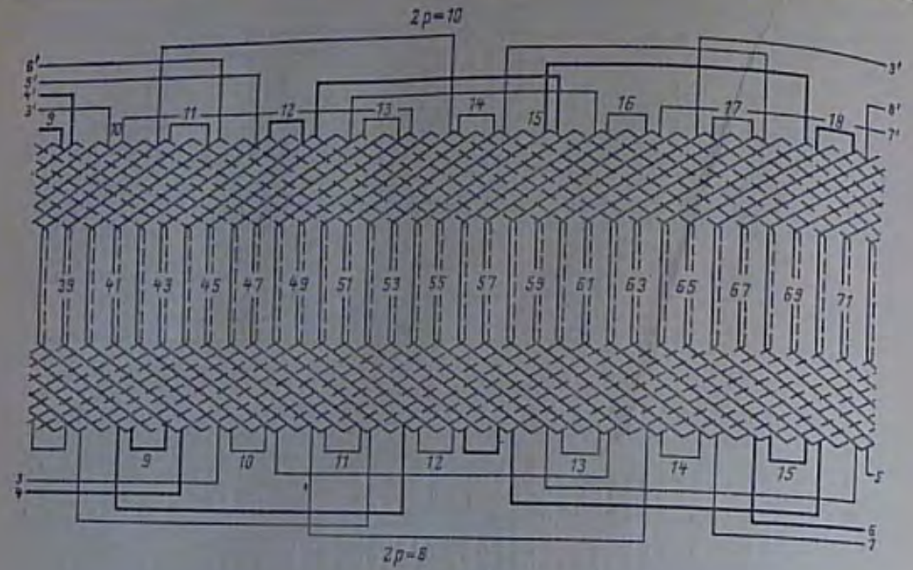


Рис. 4.31. Схема обмоток статора электродвигателей типов ДАЗО2-17-39-8/10 и ДАЗО2-17-44-8/10, ДАЗО2-17-64-8/10 и ДАЗО2-17-69-8/10:
$2p=8/10$; $z=108$; $y=1\div12$; $a=1$



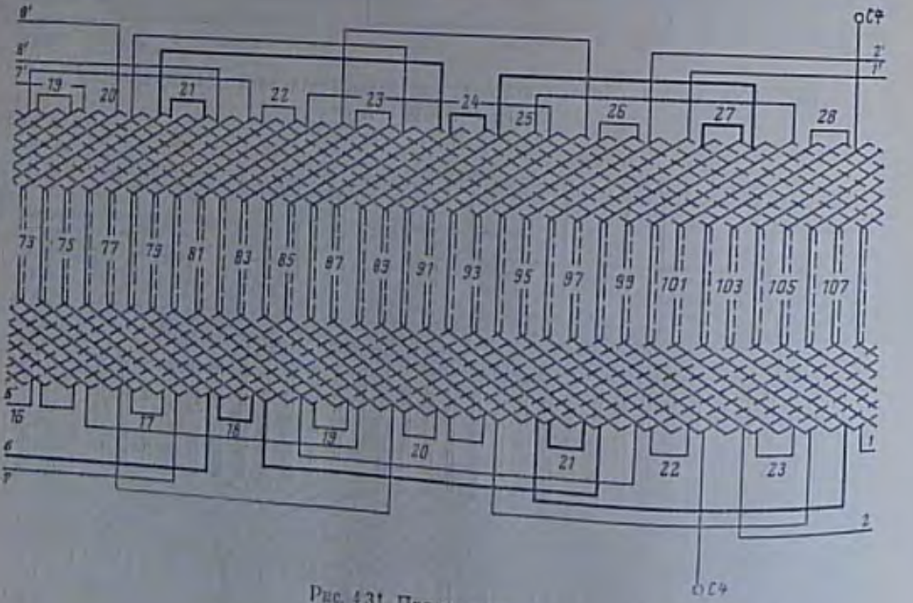


Рис. 4.31. Продолжение

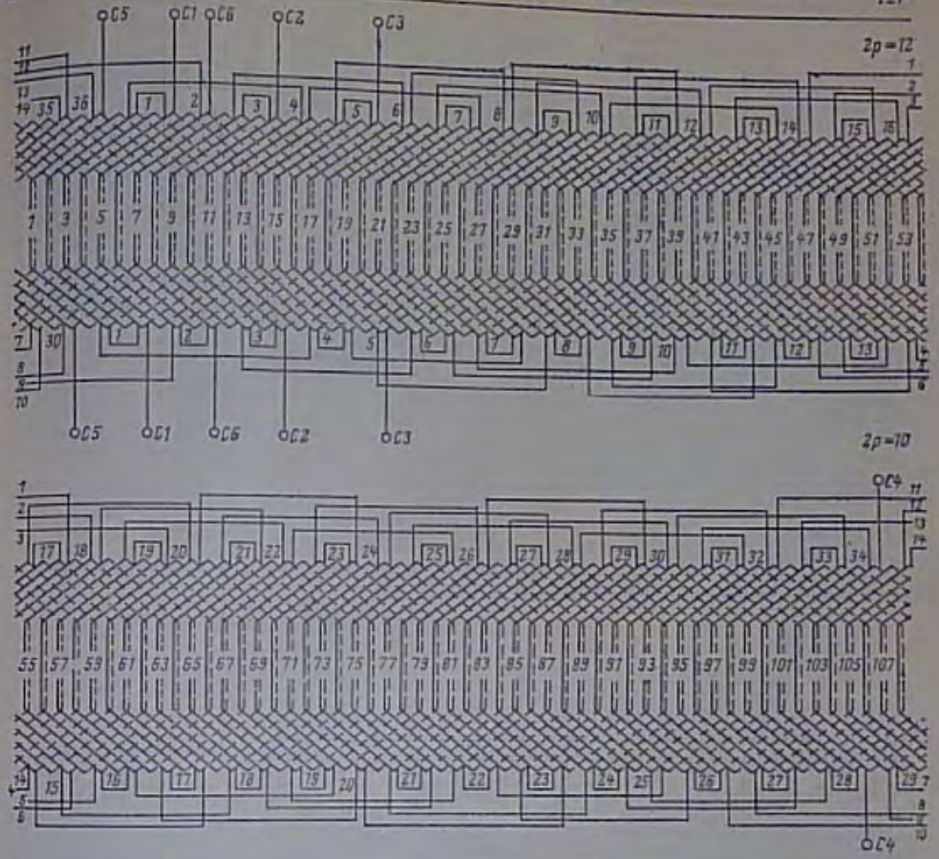


Рис. 4.32. Схема обмоток статора электродвигателей типов ДАЗО2-17-39-10/12, ДАЗО2-17-44-10/12, ДАЗО2-17-54-10/12 и ДАЗО2-17-64-10/12.
2p=10/12; z=108; y=1÷10; a=1

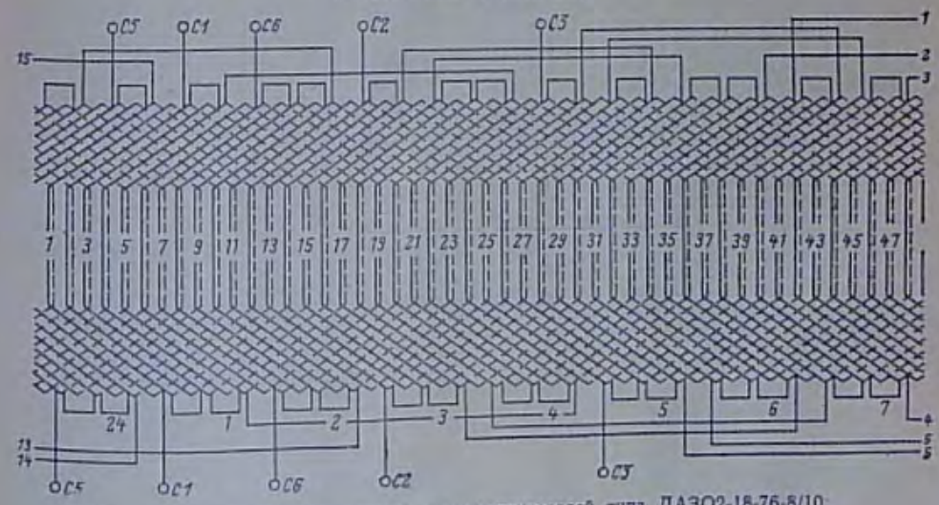
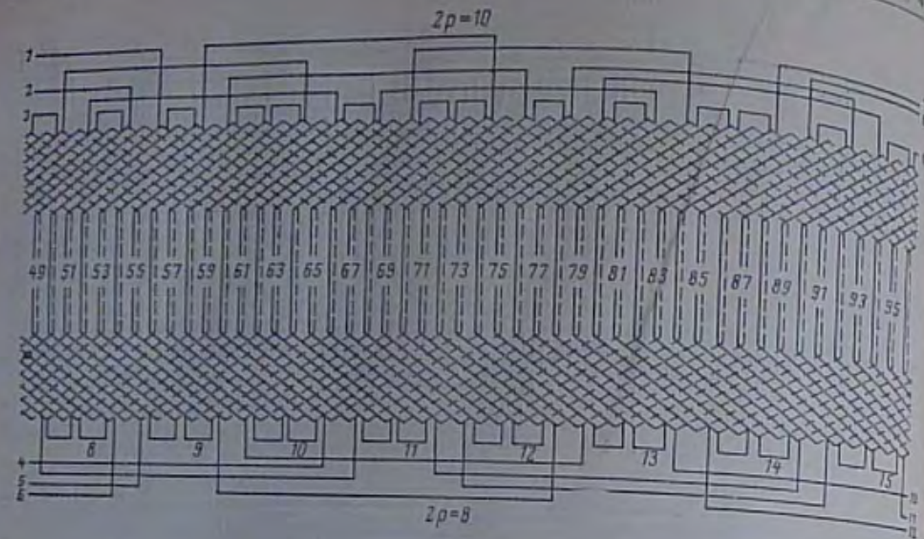


Рис. 4.33. Схема обмоток статора электродвигателей типа ДАЗО2-18-76-8/10.
2p=8/10; z=144; y=1÷11; a=1



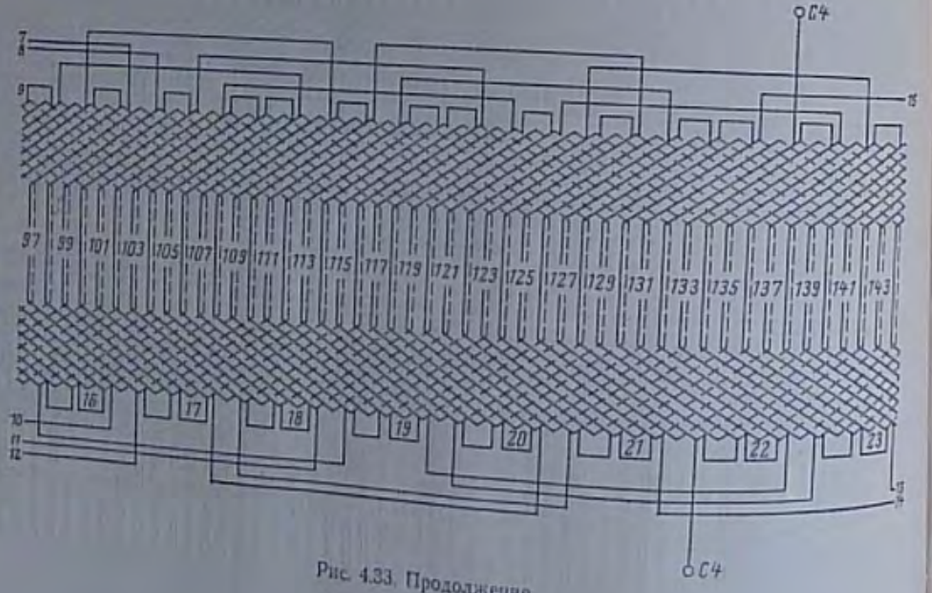
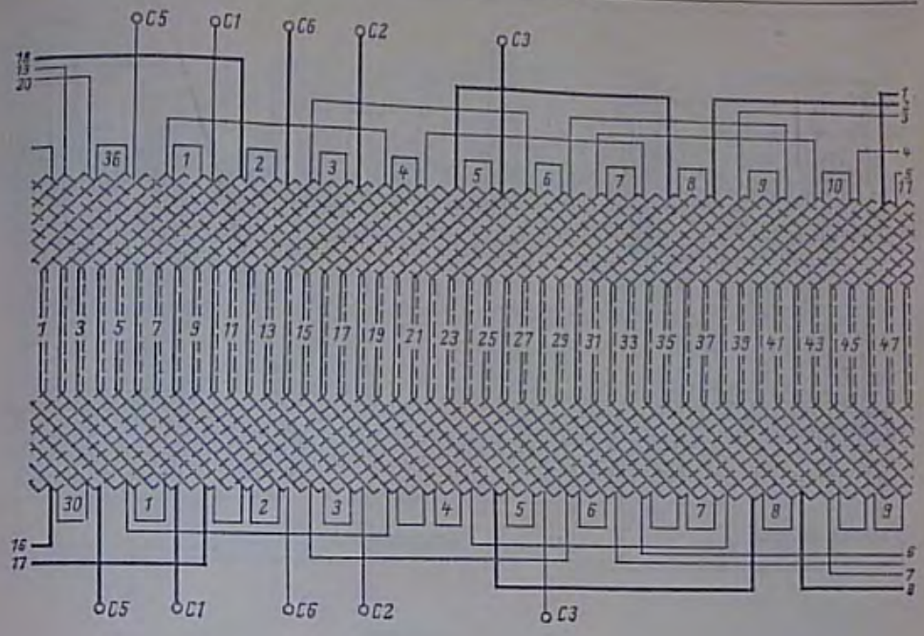


Рис. 4.33. Продолжение



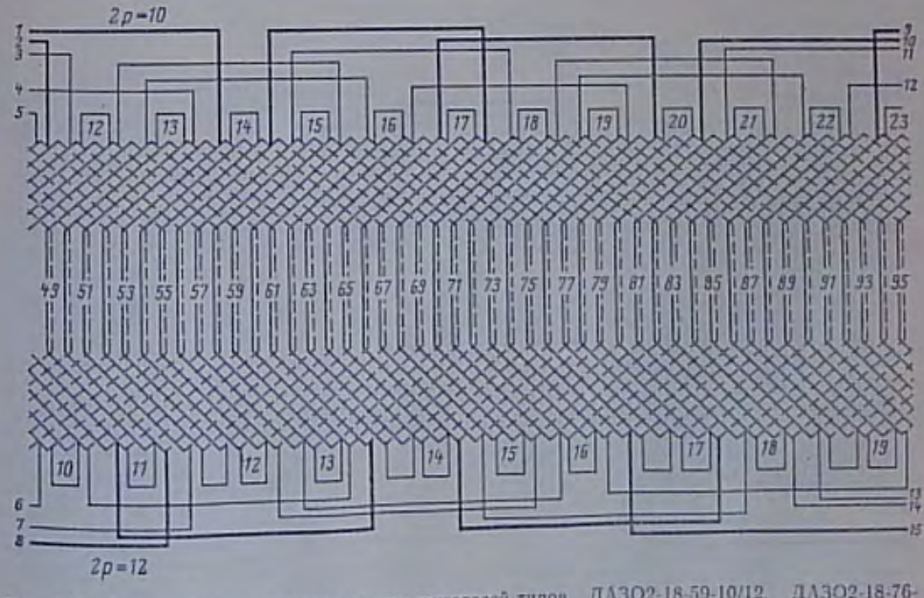


Рис. 4.34. Схема обмоток статора электродвигателей типов ДАЗО2-18-59-10/12, ДАЗО2-18-76-10/12 и ДАЗО2-18-89-10/12:
$2p=10/12;\ z=144;\ y=1\div12;\ a=1$

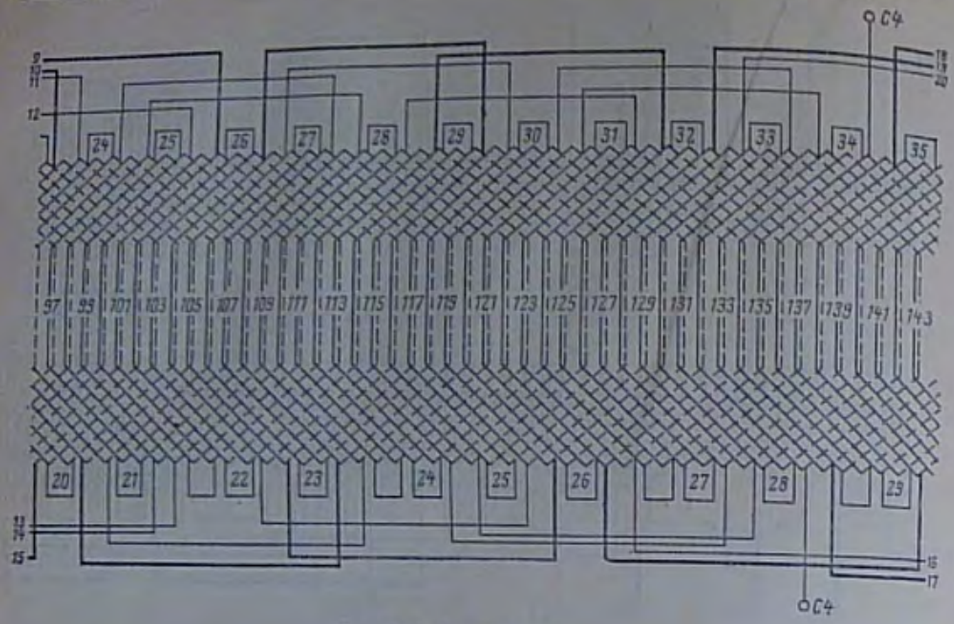


Рис. 4.34. Продолжение

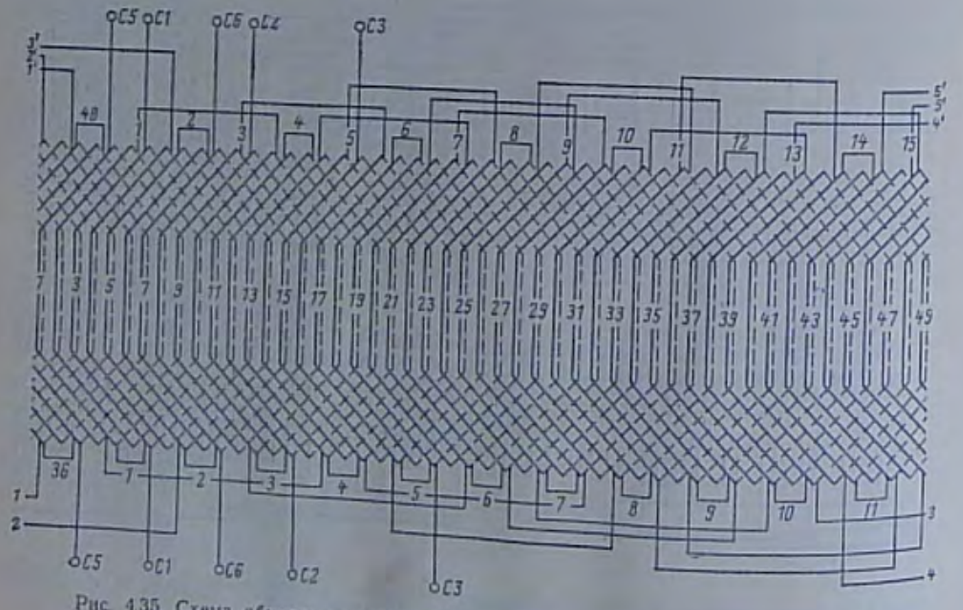
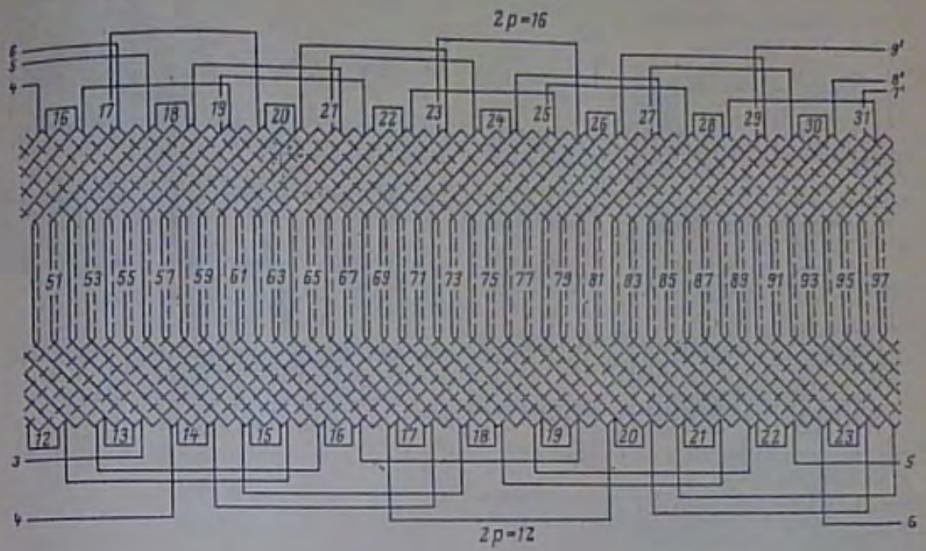


Рис. 4.35. Схема обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО2-18-76-12/16:
2p=12/16; z=144; y=1÷10; a=1



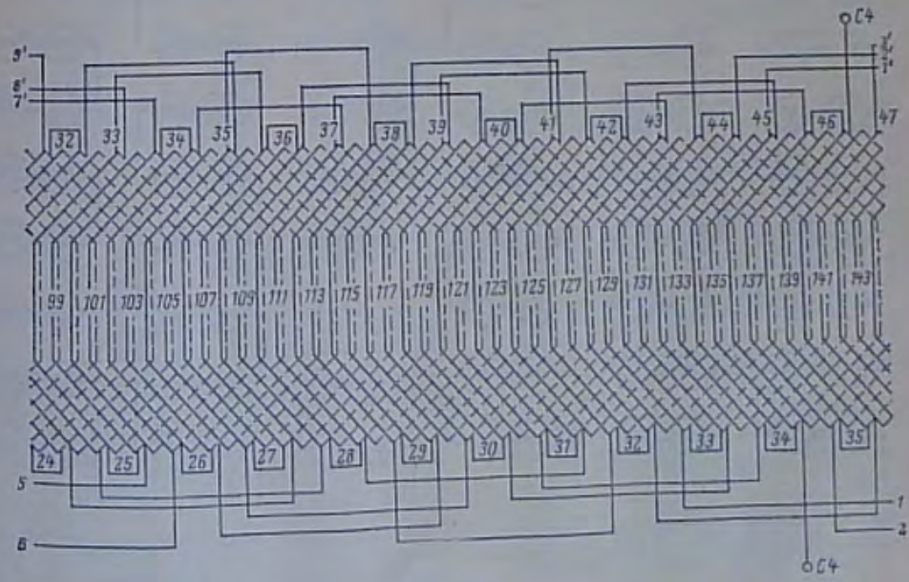


Рис. 4.35. Продолжение

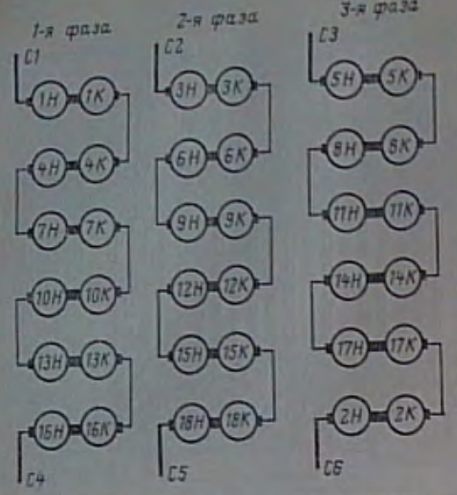


Рис. 4.36. Схема обмотки статора электродвигателей типов А-12-39-6, АЗ-12-39-6 и А-12-46-6, АЗ-12-49-6.

2p=6; z=72; y=1÷12; a=1

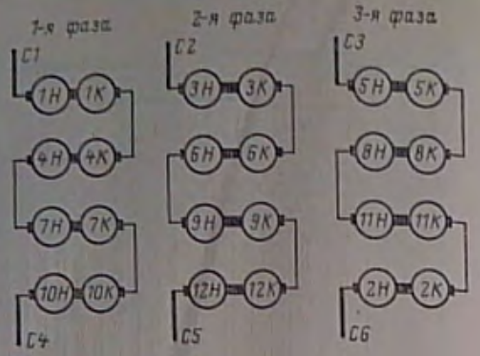


Рис. 4.38. Схема обмотки статора электродвигателей типов А-12-32-4, АЗ-12-32-4, А-12-41-4 АЗ-12-41-4 и А-12-52-4, АЗ-12-52-4:

2p=4; z=60; y=1÷12, a=1

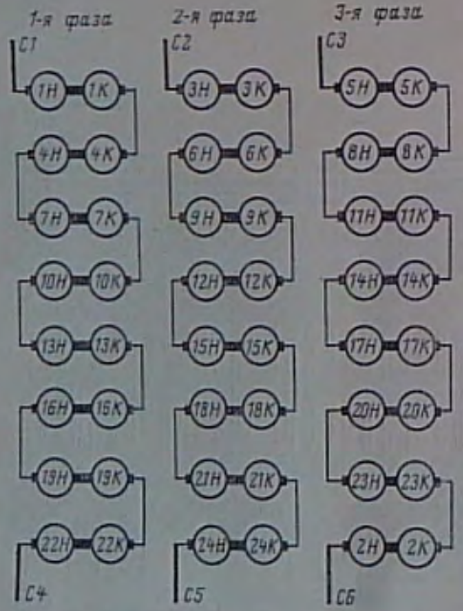


Рис. 4.37. Схема обмотки статора электродвигателей типов А-13-42-8, АЗ-13-42-8, А-13-52-8, АЗ-13-52-8 и А-13-62-8, АЗ-13-62-8:

2p=8; z=72; y=1÷9; a=1

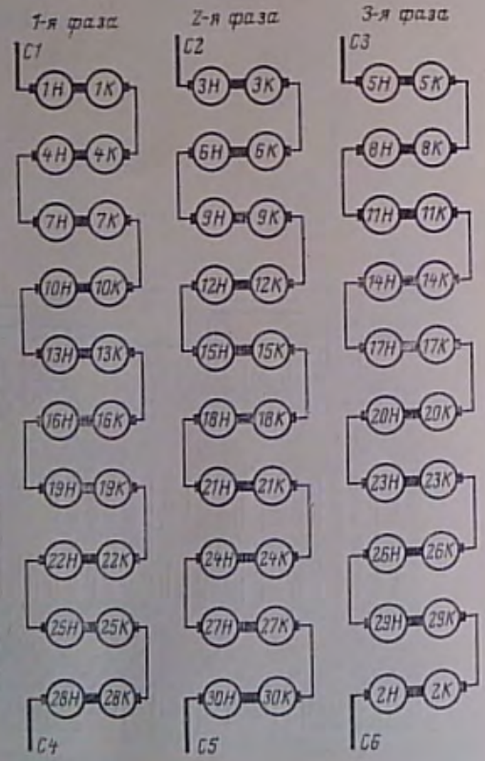


Рис. 4.39. Схема обмотки статора электродвигателей типов А-13-42-10, АЗ-13-42-10, А-13-52-10, АЗ-13-52-10 и А-13-62-10, АЗ-13-62-10:

2p=10; z=90, y=1÷9; a=1

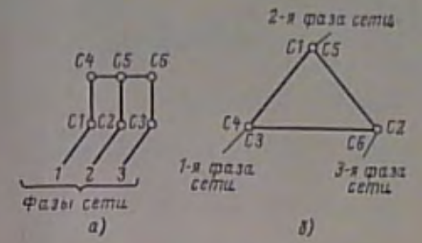


Рис. 4.40. Схемы соединений выводов обмоток электродвигателей серий А и АЗ:

а — соединение фаз в звезду; б — соединение фаз в треугольник

Рис. 4.41. Схема обмотки статора электродвигателя типа АНЗ-16-36-12:

2p=12; z=108; y=1÷9; a=1. Начала фаз: C1-1; C2-5; C3-9. Концы фаз: C4-67; C5-71; C6-3. Соединения выводов катушечных групп: 2-8; 10-16; 18-24; 26-32; 34-40; 42-48; 50-56; 58-64; 66-72; 70-4; 6-12; 14-20; 22-28; 30-36; 38-44; 46-52; 54-60; 62-68; 7-13; 15-21; 23-29; 31-37; 39-45; 47-53; 55-61; 63-69; 11-17; 19-25; 27-33; 35-41; 43-49; 51-57; 59-65

Рис. 4.42. Схема обмотки статора электродвигателя типа АН32-17-57-10:

2p=10; z=90; y=1÷8; a=2. Начала фаз: C1-1; C2-5; C3-9. Концы фаз: C4-55; C5-59; C6-3. Соединения выводов катушечных групп: 2-8; 10-16; 18-24; 26-32; 34-40; 42-48; 50-56; 58-4; 6-12; 14-20; 22-28; 30-36; 38-44; 46-52; 54-60; 7-13; 15-21; 23-29; 31-37; 39-45; 47-53; 11-17; 19-25; 27-33; 35-41; 43-49; 51-57

Рис. 4.43. Схема обмотки статора электродвигателя серии СДН 14—16-го габаритов:

2p=6; z=72; y=1÷11; a=1. Начала фаз: C1-1; C2-5; C3-9. Концы фаз: C4-31; C5-35; C3-3. Соединения выводов катушечных групп: 2-8; 10-16; 18-24; 26-32; 34-4; 6-12; 14-20; 22-28; 30-36; 7-13; 15-21; 23-29; 11-17; 19-25; 27-33

Рис. 4.44. Схема обмотки статора электродвигателей серии СДН 14—16-го габаритов.

$2p=8$; $z=84$; $y=1\div10$; $a=1$. Начала фаз: С1-1; С2-5; С3-9. Концы фаз: С4-43; С5-47; С6-3. Чередование катушечных групп 3-4—3-4. Соединения выводов катушечных групп: 2-8; 10-16; 18-24; 26-32; 34-40; 42-48; 6-12; 14-20; 22-28; 30-36; 38-44; 46-4; 7-13; 15-21; 23-29; 31-37; 39-45; 11-17; 19-25; 27-33; 35-41

Рис. 4.46. Схема обмотки статора электродвигателей серии СДН 14—16-го габаритов.

$2p=16$; $z=120$; $y=1\div7$; $a=1$. Чередование катушечных групп 2-—2-3... Начала фаз: С1-1; С2-5; С3-9. Концы фаз: С4-91; С5-95; С6-3. Соединения выводов катушечных групп: 2-8; 10-16; 18-24; 26-32; 34-40; 42-48; 50-56; 58-64; 66-72; 74-80; 82-88; 90-96; 6-12; 14-20; 22-28; 30-36; 38-44; 46-52; 54-60; 62-68; 70-76; 78-84; 86-92; 94-4; 7-13; 15-21; 23-29; 31-37; 39-45; 47-53; 55-61; 63-69; 71-77; 79-85; 87-93; 11-17; 19-25; 27-33; 35-41; 43-49; 51-57; 59-65; 67-73; 75-81; 83-89

Рис. 4.45. Схема обмотки статора электродвигателей серии СДН 14—16-го габаритов.

$a=2p=10$; $z=90$; $y=1\div9$; $a=1$. Начала фаз: С1-1; С2-5; С3-9. Концы фаз: С4-55; С5-59; С6-3. Соединения выводов катушечных групп: 2-8; 10-16; 18-24; 26-32; 34-40; 42-48; 50-56; 58-4; 6-12; 14-20; 22-28; 30-36; 38-44; 46-52; 54-60; 7-13; 15-21; 31-37; 39-45; 47-53; 11-17; 19-35; 27-33; 35-41; 43-49; 51-57; б — $2p=10$; $z=90$; $y=1\div9$; $a=2$. Начала фаз: С1-1,32; С2-5,36; С3-9,40. Концы фаз: С4-26,55; С5-30,59; С6-34,3. Соединения выводов катушечных групп те же, что $a=1$

Рис. 4.47. Схема обмотки статора электродвигателей серии СДН 14—16-го габаритов.

$2p=20$; $z=120$, $y=1\div6$; $a=1$. Начала фаз: С1-1; С2-5; С3-9. Концы фаз: С4-115; С5-119; С6 3. Соединения выводов катушечных групп: 2-8; 10-16; 18-24; 26-32; 34-40; 42-48; 50-56; 58-64; 66-72; 74-80; 82-88; 90-96; 98-104; 106-112; 114-120; 6-12; 14-20; 22-28; 30-36; 38-44; 46-52; 54-60; 62-68; 70-76; 78-84; 85-92; 94-100; 102-108; 110-116; 117-4; 7-13; 15-21; 23-29; 31-37; 39-45; 47-53; 55-61; 63 69; 71-77; 79-85; 87 93; 95-101; 103 109; 111-117; 11-17; 19-25; 27-33; 35-41; 43-49; 51-57; 59-65; 67-73; 75-3'; 83-89; 91-97; 99-105; 107-113

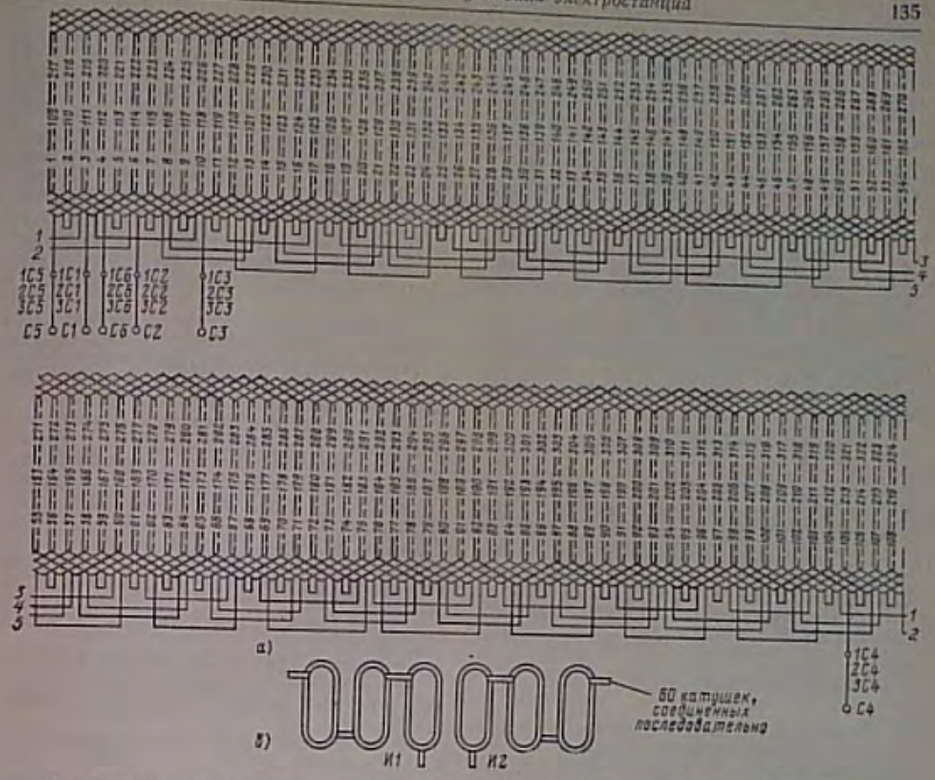


Рис. 4.48. Схемы обмоток электродвигателей типов СДСЗ-2000-100 и СДМЗ-20-49-60:

а — обмотка статора $2p=60$; $z=321$; $y=1\div6$; $a=3$; б — обмотка ротора

Раздел пятый

РАЗБОРКА И СБОРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

5.1. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Увеличение единичной мощности энергоблоков ТЭС и АЭС привело к росту мощности вспомогательного оборудования, а это в свою очередь сказалось на габаритах и массе электродвигателей. На современных ТЭС и АЭС эксплуатируются электродвигатели мощностью по 5—8 МВт и массой до 25—50 т.

Любой вид типового ремонта, для которого необходимо отсоединение электродвигателя от фундамента и механизма, целесообразно выполнять в условиях специальной мастерской.

Отсутствие на ТЭС и АЭС мастерских, пригодных по площади, высоте и оснащенности грузоподъемными механизмами для ремонта крупных электродвигателей, вынуждает ремонтный персонал создавать ремонтные площадки вблизи мест установки агрегатов.

Ремонтная площадка — это свободная площадь, предназначенная для перегрузочных операций и размещения при капитальном ремонте сборочных единиц и деталей оборудования, ремонтных приспособлений и оснастки, а также для выполнения ремонтных операций, которые по условиям технологии необходимо производить вблизи ремонтируемого оборудования. Ремонтные площадки должны быть оборудованы энергетическими разводками и находиться, как правило, в зоне действия грузоподъемного средства.

Ремонт электродвигателей в условиях мастерской, на производственных базах ремонтных предприятий имеет неоспоримые преимущества перед ремонтом на месте их установки. В условиях мастерской возникает возможность создания постоянного парка приспособлений, обеспечивающих должный уровень механизации и повышение качества ремонта. Развитие средств механизации способствует повышению общего технического уровня производства: созданию централизованной системы воздухоснабжения, системы вентиляции и т. д.

Все такелажные работы при демонтаже, разборке и сборке электродвигателей выполняются мостовыми кранами машинного, котельно-

го или реакторного отделения электростанции. Для ведения такелажных работ должны быть назначены лица, ответственные за безопасное перемещение грузов, и выделены рабочие — стропальщики, обученные правилам строповки.

Способы строповки узлов и деталей электродвигателей, не имеющих специальных устройств (петель, цапф, рымов), определяются в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», утвержденных Госгортехнадзором в 1981 г. Такие узлы стропят путем обвязок универсальными канатными стропами петлевого и кольцевого исполнения.

Для подъема электродвигателей и их узлов должны быть подобраны стропы соответствующей грузоподъемности.

Нагрузка на ветвь стропа S определяется по формуле

$$S = QK_{\alpha}/(mK_{в}),$$

где Q — масса груза, кг; K_{α} — коэффициент, зависящий от угла между ветвями стропа: при $\alpha = 0$, 30, 60, 90° K_{α} соответственно равен 1; 1,03; 1,15; 1,42; m — количество ветвей стропа; $K_{в}$ — коэффициент, зависящий от числа ветвей стропа; при $m < 4K_{в} = 1$; при $m \geq 4K_{в} = 0{,}75$.

По нагрузке на ветвь выбирается строп с минимально допустимым диаметром каната.

5.2. РАЗБОРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ремонт каждого типа электродвигателя имеет свои специфические особенности. До вывода электродвигателя в ремонт его испытывают в соответствии с «Нормами испытаний электрооборудования». Перед демонтажем проверяют наличие и состояние штифтов в корпусе электродвигателя и в стояке подшипника.

Разборку горизонтального электродвигателя ведут в такой последовательности: отсоединяют заземляющие шины (силовой кабель и кабель термоконтроля до этого уже должны быть отсоединены) и патрубок системы вентиляции; снимают левые и правые половины наружных щитов, внутренние щиты и боковые закрытия; отсоединяют электродвигатель от фундаментной плиты; снимают торцевую крышку, лабиринтное уплотнение и уплотнительные прокладки подшипника, крышку подшипника, предварительно замерив натяг между ней и вкладышем в верхней точке, верхний полувкладыш, замерив предварительно зазор между ним и шейкой вала; закладывают в воздушный зазор между ротором и статором по всей длине окружности прессшпановую прокладку толщиной 2 мм и закрывают лобовые части обмотки статора листами электрокартона ЭВ-1, разъединяют полумуфты валов электродвигателя и приводного механизма; устанавливают на место и наружные щиты; застропив электродвигатель за рым-болты, снимают его с фундаментной плиты и устанавливают на ремонтную площадку; снимают внутренние и наружные щиты; подсоединив скобу (см. рис. 11.1) или удлинитель (см. рис. 11.3) к валу со стороны полумуфты, выводят ротор из расточки статора и устанавливают его на шпальную выкладку или на приспособление для проворота.

Разборку вертикального электродвигателя, например ВДА-173/99-6, ведут в такой последовательности: снимают тахометр и фланец, освобождая торец вала; определяют горизонтальность положения электродвигателя по уровню, установленному на торце вала в различных направлениях. В случае отклонения электродвигателя от горизонтального положения решение об устранении этого дефекта принимают при ремонте всего агрегата. Результаты замеров заносят в ремонтный формуляр. Отсоединяют фланцы водоподвода и маслоподвода от системы, слив предварительно воду и масло.

Двигатель стропят с помощью траверсы и перевозят на площадку для снятия маховика.

Прокладки из-под электродвигателя маркируют на рабочем месте и хранят в собранном виде, не изменяя взаимного положения.

Электродвигатель устанавливают на стенд для снятия и установки маховика. Снимают шплинты, стопорные шайбы, гайки, поддерживая фланец, затем фланец и кольцо. Поднимают краном двигатель, а маховик под действием силы тяжести остается на стенде. Электродвигатель устанавливают на технологическую подставку. Проверяют горизонтальность установки электродвигателя на подставке по уровню.

Далее разборку ведут в такой последовательности:

с верхней крестовины снимают щиты;

разъединяют и снимают патрубки воздухоохладителей, для чего используют специальные ключи;

снимают собственно воздухоохладители и маслоохладители;

замеряют щупом зазоры между сегментами направляющего подшипника и втулкой подпятника по всей рабочей поверхности двух диаметрально противоположных сегментов (зазоры измеряют в трех-четырех точках по верху периметра сегмента и в двух-трех точках по бокам его) или между сухарем сегмента и гнездом направляющего подшипника. При отклонении зазора от нормального при ремонте необходимо проверить состояние баббитовой заливки и сухарей сегментов;

замеряют специальным щупом сверху воздушный зазор между статором и ротором;

проверяют совпадение магнитных осей статора и ротора;

результаты всех измерений заносят в ремонтный формуляр;

снимают с нижней крестовины щиты;

разъединяют и снимают патрубки воздухоохладителей нижней крестовины и сами воздухоохладители;

разъединяют и смещают диффузор для осмотра нижних лобовых частей обмотки статора при частичной разборке электродвигателя; при полной разборке (снятие статора с нижней крестовины) этот диффузор можно не отсоединять от нижней крестовины;

разъединяют и снимают крышку, состоящую из двух частей;

проверяют зазор между сегментами нижнего направляющего подшипника и втулкой, выполняя операцию так же, как на верхней крестовине;

снимают с помощью специального приспособления сегменты верхнего направляющего подшипника, проверяют наличие их маркировки. Перед снятием сегментов направляющих подшипников и подпятника предварительно отсоединяют специальным ключом термометры сопротивления;

снимают гнездо верхнего направляющего подшипника, обращая внимание на состояние уплотнительных латунных ножей, примыкающих к втулке;

отсоединяют кольцо уплотнения (поддон) от верхней крестовины и опускают его на ротор. Отсоединение кольца, а также его монтаж выполняют одновременно 4 чел.;

снимают: полукольца воздушного уплотнения (эту операцию можно выполнить перед установкой верхней крестовины на статор); кольцо (крышку), к которому крепятся штыри нижнего приспособления для установки ротора в геометрическую ось; уплотнительное кольцо с вала; уплотнительные полукольца с ножами с днища; днище нижней крестовины с маслоохладителями с помощью приспособлений, которые подводят под днище; сегменты нижнего направляющего подшипника с помощью ввернутого в них на время демонтажа приспособления (уплотнительный нож под нижним гнездом при разборке перед выводом ротора не снимают, его снимают перед сборкой, если не требуется его замены или ремонта); снимают нижнее гнездо при необходимости;

проверяют плотность прилегания запорного кольца к втулке и валу с помощью щупа толщиной 0,03 мм, который должен «закусывать» по всему периметру кольца;

устанавливают краном на конец вала и закрепляют хомут для подъема ротора, затем, приподняв ротор на 3—5 мм, удерживают его на крюке крана;

подводят под ротор домкраты, устанавливают их на нижней крестовине и принимают на них нагрузку ротора;

снимают хомут и запорное кольцо, обращая особое внимание на маркировку полуколец;

устанавливают приспособление для снятия втулки на конец вала, спрессовывают втулку и снимают ее вместе с приспособлениями;

замеряют положение сегментов подпятника по высоте и снимают их;

отсоединяют верхнюю крестовину от статора и, застопорив, снимают ее;

при снятии крестовины вместе с воздухоразделяющим щитом ставят ее на подставки;

устанавливают на вал хомут, осторожно выводят ротор из расточки статора, не допуская задевания ротора за статор, и, кантуя ротор с помощью большого и малого гаков мостового крана, устанавливают на приспособление для его проворачивания;

отсоединяют нижнюю крестовину от статора;

снимают статор и устанавливают его на ремонтной площадке. Эту операцию выполняют при необходимости перебандажировки нижних лобовых частей и переклиновки обмотки статора;

снимают с постамента нижнюю крестовину (при необходимости);

в некоторых случаях выводят ротор вместе с верхней крестовиной и устанавливают их на две технологические подставки, поставленные одна на другую.

5.3. СБОРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Перед сборкой электродвигателя сжатым воздухом продувают его внутренние полости, предварительно осмотрев их и удалив все посторонние предметы.

В расточку статора укладывают лист электрокартона ЭВ-2, лобовые части обмотки укрывают электрокартоном ЭВ-1.

Сборку горизонтального электродвигателя ведут в такой последовательности: с помощью скобок (см. рис. 11.1) или удлинителя (см. рис. 11.3) вводят ротор в расточку статора и, удерживая ротор в горизонтальном положении, заменяют лист электрокартона ЭВ-2 прессшпановой прокладкой толщиной 3 мм, после чего опускают ротор на прокладку; устанавливают на фундаментную плиту подшипниковую стойку и нижний полувкладыш, надевают смазочные кольца на шейку вала и помещают электродвигатель на фундамент, а затем устанавливают смазочные кольца на место; установив штифты, закрепляют электродвигатель; соединяют полумуфты валов электродвигателя и приводимого механизма, а затем убирают прессшпановую прокладку из расточки статора; устанавливают верхний полувкладыш и замеряют зазор между ним и шейкой вала (он должен быть в пределах 0,36 мм); устанавливают верхнюю крышку подшипника и измеряют натяг между крышкой корпуса и вкладышем в верхней точке, который должен быть в пределах, соответствующих данным чертежа завода-изготовителя; устанавливают лабиринтное уплотнение так, чтобы в стык между верхней и нижней половинами не проходил щуп толщиной 0,1 мм. Для крепления лабиринтного уплотнения, верхней и торцевой крышек подшипника применяют эмаль ГФ-92-ХК (ГОСТ 9151—75); устанавливают боковые закрытия статора и внутренние щиты, затем наружные щиты, а также прокладки; наполняют масляную камеру маслом до уровня, указанного на смотровом стекле.

После окончания сборки проводят испытания в соответствии с требованиями «Норм испытания электрооборудования».

Операции по сборке вертикального электродвигателя типа ВДА-173/99-6 ведут в такой последовательности:

устанавливают нижнюю крестовину (если она была снята) на подставку, обеспечивая ее горизонтальность; нижний щит электродвигателя, статор — на нижнюю крестовину, совмещая панели выводов, штифтуют и крепят статор к нижней крестовине болтами; выставляют статор по уровню с точностью до 0,06 мм в двух точках на взаимно перпендикулярных осях;

устанавливают домкраты на нижней крестовине, выдержав размеры, обеспечивающие гарантированный зазор при насадке втулки на вал;

устанавливают и закрепляют хомут на конце вала ротора;

стропят ротор за хомут и кантуют в вертикальное положение, осторожно заводят в расточку статора и устанавливают на домкраты, выверяя вертикальность вала ротора с помощью гидравлического уровнемера, размещаемого на торце вала; уклон не должен превышать 0,02 мм/м; в процессе заводки ротора следят за равномерностью воздушного зазора

между ним и статором; выставив ротор, снимают хомут с его вала;

заводят на ротор кольца системы воздухоуплотнения верхней и нижней крестовин;

установив верхнюю крестовину на статор согласно маркировке, штифтуют и закрепляют ее болтами;

устанавливают опорные болты подпятника, высота которых должна быть такой же, как и при разборке, упорные и Т-образные болты; Т-образные болты должны быть установлены так, чтобы они не препятствовали регулировке сегментов подпятника;

устанавливают сегменты подпятника;

нагревают втулку подпятника до 100 °С; смазывают посадочные места техническим вазелином; устанавливают направляющую шпонку, насаживают до упора втулку подпятника на вал с помощью специального приспособления;

устанавливают и закрепляют запорное кольцо в соответствии с маркировкой; проверяют плотность прилегания кольца к втулке и валу; щуп толщиной 0,03 мм должен «закусывать» во всех измеряемых точках;

устанавливают гнездо верхнего подшипника и закрепляют на крестовине; несоосность гнезд подшипников верхней и нижней крестовин относительно общей оси не должна превышать 0,2 мм;

помещают верхнее приспособление для установки ротора в геометрическую ось в выточку гнезда подшипника, обеспечивая возможность монтажа ротора;

устанавливают на конец вала хомут, приподнимают ротор краном, снимают домкраты, ставят ротор на подпятник;

проверяют воздушный зазор в четырех точках, сдвинутых под углом 90 °С, и совпадение поперечных осей сердечников ротора и статора; допустимо несовпадение осей на 3 мм;

снимают приспособление для установки ротора в геометрическую ось;

устанавливают сегменты верхнего направляющего подшипника согласно маркировке, отжимая их к гнезду; зазор в направляющих подшипниках при необходимости регулируют с помощью прокладок из фольги марки АО (ГОСТ 618—73) или медной ленты марки М1, помещаемых между изоляционной коробочкой и сегментом направляющего подшипника.

Рабочую поверхность направляющего сегмента смазывают смесью из графита (1 часть) и говяжьего жира или свиного сала (3 части);

регулируют сегменты подпятника, подводят и равномерно прижимают их к диску; проверяют уровнем в различных направлениях положение вала; отклонение показаний уровня должно быть не более двух делений; устанавливают на электродвигателе валоповоротное устройство (ВПУ);

проворачивают с помощью ВПУ ротор на 90—120°; если положение уровня не меняется и сегменты подпятника не ослабли, то операцию по сборке и регулировке подпятника считают законченной; в случае изменения положения уровня или ослабления сегментов выполняют регулировку подпятника в такой последовательности: освобождают три его сегмента, перенося тем самым силу тяжести ротора на три сегмента, расположенных под углом 120°, устанавливают на торец вала (втулки) два индикатора под углом 90°, выставляют по уровню вал в вертикальное положение, регулируя опорные болты трех сегментов, поднимают к диску поочередно отдельные сегменты, следя, чтобы показания индикаторов были разными и не менялись, поворачивают с помощью ВТУ ротор на 90—120°; при удовлетворительном показании уровня, устанавливаемого на торце вала, регулировку считают законченной и осуществляют контрольную проверку через каждые 45° биения вала по индикатору, расположенному на конце вала; допустимо радиальное биение фланца 0,06, торцевое 0,04 мм.

Изменение показаний уровня выше допустимого предела или «ослабление» сегментов подпятника указывает на некачественную посадку втулки на вал при условии, что сборка втулки, диска и изоляционной прокладки между ними была выполнена строго по технологии;

регулируют при необходимости зазор в направляющих подшипниках с помощью прокладок из фольги или медной ленты марки М1 между сухарем (сферой) и его колодкой. Подшипники регулируют так, чтобы сферическая поверхность сегмента была плотно прижата к пальцам в гнезде подшипника; зазор измеряют щупом по всему периметру сегмента сверху и сбоку; размер одностороннего зазора должен быть в пределах 0,1—0,15 мм;

устанавливают с помощью приспособления сегменты нижнего направляющего подшипника в соответствии с маркировками и выполняют регулировку узла подшипника так же, как указано для верхнего направляющего подшипника;

результаты замера зазоров заносят в ремонтный формуляр;

устанавливают детали днища маслосборника верхней крестовины и верхнего воздухоразделяющего щита;

проверяют биение вала по двум индикаторам и, если оно не превышает 0,06 мм, надевают маховик на вал; для этого стропят электродвигатель и краном подводят его к подставке, на которой установлен маховик. Совместив положение шпонки, имеющейся на валу ротора, со шпоночным пазом в маховике, опускают электродвигатель и крепят маховик к валу;

электродвигатель с маховиком устанавливают на стапель (или на рабочее место) и проверяют биение маховика, используя для этого ВПУ; если биение маховика не превышает допустимого (радиальное — 0,06, торцевое — 0,3 мм по наружному диаметру маховика), то снимают ВПУ и продолжают сборку; если биение превышает допустимое, то выполняют регулировку указанным выше способом или с помощью прокладок между втулкой и диском;

проверяют наличие зазора между насаживаемым на вал ротора кольцом и кольцом уплотнения, закрепляемым на верхней крестовине, допускается зазор 0,5—1,5 мм;

устанавливают маслоохладители верхней крестовины и соединяют их патрубками; собирают масляную систему двигателя;

устанавливают фланец и тахометр;

стропят электродвигатель, поднимают его мостовым краном и перевозят на рабочее место; заполняют масляные ванны маслом, контролируя его уровень по смотровому стеклу УЖИ;

монтируют электродвигатель на рабочем месте.

5.4. ОСОБЕННОСТИ РАЗБОРКИ И СБОРКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Эксплуатация и ремонт электродвигателей должны производиться в соответствии с требованиями действующих ПТЭ, ПИВРЭ «Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования» и ПБВХП-74 «Правила безопасности во взрывоопасных и взрывопожароопасных химических и нефтехимических производствах».

Электродвигатели в исполнении, продуваемом под избыточным давлением, выполнены на базе конструкции невзрывозащищенных машин и отличаются от них конструктивным исполнением некоторых элементов, а также наличием дополнительных приспособлений для создания избыточного давления воздуха в корпусе двигателей и продувки их перед пуском.

На кожухах подшипниковых щитов предусмотрены фланцы для подсоединения воздуховодов избыточного давления, а также штуцера для подключения импульсопроводов датчиков-реле напора.

У электродвигателей с замкнутой системой вентиляции на кожухах корпуса предусмотрен патрубок для отвода воздуха при продувке их перед пуском. У двигателей с разомкнутой системой вентиляции на кожухах подшипниковых щитов выполнены патрубки с фланцами для подсоединения подводящих воздуховодов, а на кожухе корпуса предусмотрен фланец для подсоединения воздуховода, отводящего отработанный воздух из взрывоопасного помещения.

Наружные болты, крепящие съемные крышки коробок выводов, коробки теплоконтроля, нулевого соединения, имеют головки, доступ к которым возможен только торцевым ключом.

При сборке и разборке электродвигателей необходимо принимать меры, предотвращающие повреждения уплотняющих поверхностей на деталях узлов взрывозащиты и лобовых частей обмотки статора.

Перед разборкой электродвигателя должны замеряться зазоры и ширина взрывонепроницаемых поверхностей в местах соединения корпуса коробки выводов с корпусом двигателя, крышки коробки выводов и муфты коробки выводов с корпусом коробки выводов. По ходу разборки замеряют зазоры взрывонепроницаемых оболочек.

После ремонта элементы взрывозащиты электродвигателя должны соответствовать требованиям правил техники безопасности, указанным в чертежах завода-изготовителя.

Зазоры и ширину взрывонепроницаемых щелей проверяют щупами или другими мерительными инструментами, при этом зазоры и ширина щелей не должны превышать значений, указанных в чертежах завода-изготовителя.

Раздел шестой

РЕМОНТ СТАТОРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

6.1. РЕМОНТ АКТИВНОЙ СТАЛИ СТАТОРА

Проверка состояния сердечника статора и определение объема ремонта. После очистки активной стали статора осматривают и проверяют крепление сердечника, состояние сварных швов, крепление вентиляционных распорок и нажимных пальцев.

Слабо закрепленные вентиляционные распорки и нажимные пальцы приваривают к активной стали электродами марки СЗЛ-8 или ЦЛ-11 постоянным током обратной полярности. Сварку необходимо выполнять так, чтобы не замкнуть листы активной стали между собой и не создать замкнутый контур.

Дефекты сварных швов конструктивных элементов устраняют подваркой электродами марки УОНИ 13/55 постоянным током обратной полярности. Каждый шов зачищают от шлака и проверяют его качество.

При осмотре поверхности расточки статора проверяют отсутствие мест повышенных нагревов и оплавлений, нарушения межлистовой изоляции, коррозии, забоин и деформации пакетов и распорок, ослабления прессовки стали. Характерным признаком ослабления прессовки активной стали является наличие пыли кирпичного цвета, причем интенсивность ее зависит от степени ослабления. Плотность прессовки стали проверяют контрольным клиновым щупом конструкции завода «Сибэлектротяжмаш» (рис. 6.1). Лезвие ножа *1* изготовляют из стали марки ШХ15 с твердостью HRC55—60 с углом заточки 10° с шероховатостью R_a 1,25.

Плотность прессовки считают удовлетворительной, если от усилия 294—343 Н (30—35 кгс) лезвие щупа не входит между сегментами глубже 3 мм.

По результатам осмотра и испытаний активной стали статора определяют объем ее ремонта. В зависимости от характера и объема повреждений определяют способ ремонта активной стали статора в соответствии с табл. 6.1.

Устранение ослабления прессовки сердечника статора. Если при осмотре и проверке плотности прессовки активной стали выявлено общее ослабление пакетов сердечника, то его устраняют подтяжкой нажимного фланца. Для этого удаляют сварочные швы, стопорящие гайки стяжных шпилек от самоотвинчивания, и сварочные швы, фиксирующие съемное нажимное кольцо в аксиальном положении. После подготовительных работ проверяют возможность подтяжки четырех гаек, расположенных в диаметрально противоположных точках под углом 90°. Если гайки подтянулись, то производят обтяжку нажимного фланца по одной гайке в четырех диаметрально противоположных зонах последовательно в несколько обходов. Крутящий момент выбирается в зависимости от поперечного сечения сердечника

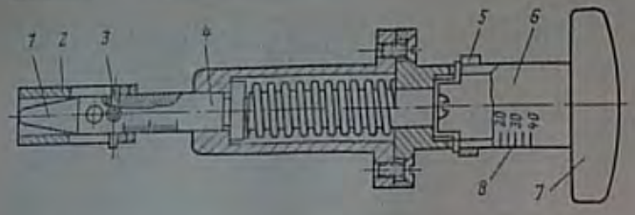


Рис. 6.1. Контрольный клиновой щуп конструкции завода «Сибэлектротяжмаш»

1 — лезвие ножа; *2* — втулка; *3* — штифт; *4* — ось; *5* — кольцо; *6* — втулка; *7* — ручка; *8* — шкала

Таблица 6.1. Способ ремонта активной стали статора в зависимости от характера и объема повреждения

Характер и объем повреждения	Способ ремонта
Общее ослабление прессовки сердечника	Обтяжка гаек стяжных шпилек
Местное (локальное) ослабление отдельных пакетов сердечника	Установка уплотняющих стеклотекстолитовых клиньев
Замыкание листов стали с нарушением лаковой пленки на поверхности расточки	Травление азотной кислотой
Замыкание листов стали с нарушением лаковой пленки на значительную глубину	Установка прокладок слюды на лаке БТ-99
Оплавления поверхности расточки или пазов	Механическая обработка оплавленных поверхностей с последующим травлением азотной кислотой или установкой прокладок слюды
Выплавления отдельных пакетов на значительную глубину (не глубже дна паза)	Удаление части пакета с установкой стеклотекстолитового заполнителя
Обширные выплавления пакетов на значительных площадях и при глубине, превышающей высоту паза	Частичная или полная перешихтовка сердечника с заменой поврежденных сегментов сердечника новыми
Деформация отдельных пакетов в тангенциальном направлении вследствие задевания ротора	Рихтовка пакетов путем установки в пазы стальных встречных клиньев
Истирание лаковой пленки между сегментами по всему или значительному объему сердечника	Перешихтовка сердечника с восстановлением лакового покрытия

исходя из удельного давления 1176—1470 кПа (12—15 кгс/см²). Для контроля приложенного крутящего момента к гайке целесообразно использовать ключ с трещоткой. Регулировку крутящего момента выполняют подбором пружин *4* и *5* и осевым перемещением рукоятки *6* (рис. 6.2).

Толщину и количество клиньев выбирают после оценки действительного ослабления пакета. Из зоны ослабленных пакетов удаляют пазовые клинья. Поверхности прилегания сегментов активной стали и уплотняющих клиньев обезжиривают бензином Б-70, затем спиртом и подсушивают на воздухе. Поверхности склеивания сегментов и стеклотекстолитовых клиньев промазывают лаком БТ-99 или эпоксидным клеящим лаком ЭЛ-4, рекомендованным заводом «Электротяжмаш». Лак ЭЛ-4 имеет следующий состав, части по массе:

Смола ЭД-6 (или ЭД-5)	100
Полиэтиленполиамин	10
Полиэфир № 1	15
Ацетон	20

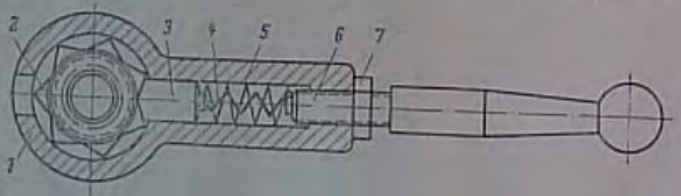


Рис. 6.2. Ключ с трещоткой

1 — корпус; *2* — шестерня; *3* — собачка; *4*, *5* — пружины; *6* — ручка; *7* — гайка

После окончания обтяжки восстанавливают сварочные швы, стопорящие гайки и нажимной фланец от аксиального смещения.

Если гайки нажимного фланца не подтягиваются или если в результате подтяжки полностью не устранено ослабление сердечника, неплотность сердечника устраняют установкой в зубцовую зону клиньев из стеклотекстолита марки СТЭФ-1. Для этого изготовляют стеклотекстолитовые клинья

Для приготовления лака подогревают эпоксидную смолу в фарфоровом стакане до температуры 60 °С и вводят в нее при тщательном перемешивании вначале полиэфир, а затем ацетон. Охлаждают массу до температуры 30—35 °С, вводят в нее полиэтиленполиамин и тщательно перемешивают. Лак приготавливают порциями, которые должны быть использованы в течение его «срока жизни» — 3—3,5 ч.

При применении эпоксидного клеящего лака ЭЛ-4 промазанные поверхности выдерживают на воздухе в течение 15 мин для удаления ацетона, входящего в состав лака. На время подсушивания сегменты разводят с помощью распорки. Забивают стеклотекстолитовый клин между сегментами и выдерживают в покое при температуре 20—25 °С в течение 10—12 ч до полной полимеризации лака ЭЛ-4.

После установки стеклотекстолитового клина опиливают его заподлицо с профилем зубца. Повреждения прилегающих сегментов активной стали недопустимы. После установки клиньев проверяют плотность прессовки сердечника статора.

Углы радиальных вентиляционных каналов выправляют подбивкой углов зубцов по кромке для получения максимально возможной ширины вентиляционного канала. Если одновременно с ослаблением зубцов произошло нарушение лакового покрытия отдельных сегментов, прилегающих к месту установки клиньев на небольшую глубину от вершины зубца, то перед установкой клина между сегментами у коронки зубца вставляют прокладки из слюды на лаке БТ-99 на глубину 30—35 мм.

Место ремонта покрывают лаком БТ-99 и заклинивают обмотку пазовыми клиньями. Стыки пазовых клиньев не должны попадать на стеклотекстолитовый клин. При необходимости паз заклинивают специально изготовленными удлиненными пазовыми клиньями, перекрывающими установленный уплотняющий клин.

Устранение местных перегревов активной стали. Если при осмотре обнаружены местные замыкания на поверхности расточки статора, то их устраняют прокладкой лепестков слюды между сегментами активной стали статора или изолировкой жидким лаком БТ-99. Листы зубцов разводят специально заточенными узкими и тонкими стальными полосами необходимой длины.

Большие площади замыканий поверхности расточки статора устраняют травлением кислотой. В этом случае активная сталь греется за счет индукционных потерь. Индукция в сердечнике обычно должна быть 1,2—1,4 Тл. Величина индукции зависит от марки электротехнической стали, из которой изготовлены сегменты, характера и объема повреждений. Намагничивающую и контрольную обмотку наматывают таким образом, чтобы был свободный доступ к местам повреждений. Обеспечив температурный контроль в зоне повреждения, включают намагничивающую обмотку и повышают температуру поврежденных участков до 70—75 °С. Определяют и отмечают мелом границы участков повышенного нагрева. Ближележащие к месту ремонта пакеты активной стали, обмотку и вентиляционные каналы защищают от кислоты и стружки шпаклевкой ПФ-00-2 по ГОСТ 9355—81 и резиновыми ковриками. Расточку статора и зашпаклеванные поверхности обезжиривают бензином Б-70 и покрывают химически стойкой эмалью марки ХС-710 или лаком ХС-76 по ГОСТ 9355—81. Для обеспечения необходимой консистенции эмали ХС-710 или лака ХС-76 применяют растворитель Р-4. В недоступных местах зачистку выполняют шабровкой вдоль листов активной стали статора. Образующуюся стружку и пыль выбирают пылесосом и обезжиривают зачищенные места спиртом. Устанавливают в зоне повреждения термодатчик, включают намагничивающую обмотку и поднимают температуру в зоне повреждения до 75—105 °С. Отключают намагничивающую обмотку и протравливают зачищенные участки тампоном или кистью, смоченной в концентрированной азотной кислоте плотностью 1,42 г/см³.

При обработке кислотой не допускают растекания кислоты за пределы обрабатываемого участка. Большие площади повреждений обрабатывают кислотой последовательно небольшими участками.

При обработке активной стали азотной кислотой происходит активная химическая реакция с образованием солей азотнокислого железа и выделением водорода. Образующаяся соль затрудняет травление, поэтому после пяти- или шестиразовой обработки кислотой одного и того же участка протирают его влажным тампоном или салфеткой, смоченной в дистиллированной воде, удалив образовавшуюся соль. После промывки травленых участков через лупу осматривают изоляционную лаковую пленку между отдельными листами. Пленка должна просматриваться сплошными черными линиями, по которым определяют окончание травления. Если лаковая пленка просматривается в виде прерывистых линий, травление повторяют.

Обработку кислотой поврежденных поверхностей выполняют как можно быстрее, так как понижение температуры активной стали приводит к ослаблению химической реакции.

Если температура ремонтируемого участка ниже 55 °С, то травление прекращают. Затем повторяют нагрев и травление стали. При большой площади повреждения активной стали травление выполняют отдельными участками с повторением нагрева перед обработкой каждого участка. При контрольных нагревах контролируют местные нагревы на ранее обработанных травлением участках. После окончания травления остатки кислоты нейтрализуют 4—5-кратной обработкой протравленных мест ватными тампонами или салфетками, смоченными 10 %-ным раствором кальцинированной соды. Нейтрализованные участки промывают теплой дистиллированной водой (40—60 °С), протирают насухо салфетками и промывают спиртом. Удалив защитную обмазку из пазов, газоров и вентиляционных каналов, вторично промывают отремонтированные участки спиртом.

Для сокращения трудозатрат при ремонте небольших площадей активной стали статора вместо травления кислотой предприятие «Сибэнергоремонт» использует метод местного нагрева с помощью ацетиленовой горелки. В этом случае изготовляют медную пластину толщиной 10—15 мм и размерами, соответствующими площади поврежденных пакетов. Пластину подгоняют до полного прилегания к поврежденной поверхности и поверх нее припаивают широкую стальную пластину с рукояткой.

Стальная пластина защищает поверхность сердечника от пламени горелки.

Если в результате короткого замыкания в пазовой части катушки обмотки статора произошло оплавление стали, то для ремонта демонтируют катушки из этого паза. После механической обработки мест оплавлений и окончания ремонта стали для предотвращения возникновения изоляции катушек удаленная полость заполняется эпоксидным компаундом холодного отвердения следующего состава, части по массе:

Смола ЭД-6	100
Метафенилендиамин	13
Дибутилфталат	9

Взвешивают в фарфоровом стакане эпоксидную смолу и дибутилфталат, помещают его в печь и выдерживают при температуре 100 °С до полного расплавления массы. Охлаждают смолу с дибутилфталатом до (60±2) °С. Взвешивают необходимое количество метафенилендиамина и небольшими порциями вводят его в охлажденную смолу. Нагревают массу до температуры (63±2) °С до полного расплавления метафенилендиамина и охлаждают полученный компаунд до 20—40 °С.

В связи с тем, что срок жизни компаунда до начала затвердевания не более 2 ч, рекомендуется одновременно изготовлять компаунд в таком количестве, чтобы он мог быть использован за 1—1,5 ч. Полное отвердение компаунда происходит при температуре 20—25 °С в течение 24 ч или при температуре 20—25 °С в течение 5—6 ч, а затем при температуре (60±5) °С в течение 3—4 ч.

Если нагрев сердечника статора для ремонта стали травлением кислотой по каким-либо причинам осуществить невозможно, то травление производят раствором $3HCl+HNO_3$ при температуре стали, равной температуре окружающей среды.

Замена поврежденных участков сердечника статора заполнителями. Если в сердечнике есть повреждения, уходящие к корню зубца, то **необходимо удалить часть этого зубца.** В зависимости от глубины повреждения зубцов активной стали ремонт их с изготовлением заполнителей может выполняться без выемки или с выемкой катушек или стержней. Необходимость такого способа ремонта может возникнуть при глубоких оплавлениях и других повреждениях активной стали статора. В этом случае перед ремонтом поврежденных зубцов демонтируют обмотку в зоне повреждения. Поврежденный зубец статора в зоне повышенного нагрева просверливают на необходимую глубину. Затем удаляют поврежденные лепестки сегментов. В качестве режущего инструмента используют сверло диаметром 6—8 мм из стали Р18, в качестве привода — пневмосверлилку. Местные поверхностные замыкания сегментов в зоне удаленных лепестков устраняют зачисткой абразивом и травлением кислотой с последующей нейтрализацией. Затем испытывают активную сталь на потери и нагрев. В случае положительных результатов испытаний на место выбранной части зубца изготовляют заполнитель из стеклотекстолита марки СТЭВ. Обработкой и подгонкой заполнителя обеспечивают плотную установку его в сердечнике. Большая плотность установки достигается установкой составного стеклотекстолитового заполнителя.

Места активной стали и заполнитель обезжиривают и просушивают. Перед установкой заполнитель и его посадочные места в сердечнике покрывают эпоксидным клеящим лаком ЭЛ-4. После установки заполнителя проверяют плотность пакета активной стали с обеих сторон заполнителя. При необходимости дополнительного уплотнения одновременно устанавливают стеклотекстолитовые клинья в зубцы пакетов, примыкающих к заполнителю. При установке заполнителя в крайний пакет сердечника его прикрепляют к нажимному пальцу с помощью скобы, изготовленной из немагнитной нержавеющей стали, и приваривают ее к нажимному пальцу.

При большой длине заполнителя изготовляют специальные удлиненные пазовые клинья из стеклотекстолита марки СТЭФ и при заклиновке обмотки устанавливают их таким образом, чтобы они перекрывали вставку и опирались обоими концами на неповрежденные участки сердечника не менее чем по 35—40 мм. Примыкающие два клина с обеих сторон от клина, крепящего заполнитель, устанавливают в пазы на клее № 88Н.

Положение крайних зубцов, деформированных, например, при задевании ротора, исправляют при помощи стальных клиньев. Надорванные у корня зубцов лепестки стали удаляют, а остальные рихтуют.

После окончания ремонта активной стали выполняют испытания ее на потери и нагрев.

6.2. РЕМОНТ ОБМОТКИ СТАТОРА

Очистка статора. Перед осмотром загрязненный статор тщательно чистят от пыли, грязи и масла. При наличии толстого слоя пыли ее удаляют деревянными скребками. Форма скребков должна обеспечивать чистку статора в труднодоступных местах: в вентиляционных каналах сердечника статора и между лобовыми частями обмотки. Затем продувают статор сухим сжатым воздухом. Окончательную чистку сердечника и обмотки статора производят с применением специальных негорючих моющих жидкостей. ЦКБ Союзэнергоремонта рекомендует для этих целей использовать метилхлороформ, МФЭС-1, лабомид-203, термос-1 и термос-2. Основные характеристики и область применения этих жидкостей приведены ниже.

По степени воздействия на организм человека метилхлороформ наравне с этиловым спиртом, ацетоном, бензином и тому подобными веществами относится к 4-му классу малотоксичных веществ.

При испытании метилхлороформа установлено, что он имеет высокие моющие свойства (значительно превышающие свойства бензина и спиртовых смесей), но требует применения специальной защитной одежды и вентиляционных устройств и разрушает микалентную компаундированную изоляцию (термореактивную изоляцию не разрушает).

Моющая жидкость МФЭС-1 изготовляется по ТУ 6-01-928—78; это бесцветная прозрачная жидкость со слабым запахом, состоит из смеси метилхлороформа, хладона-113 и этилового спирта.

МФЭС-1 является невзрывоопасной трудногорючей жидкостью с температурой самовоспламенения 430 °С. Температура замерзания —55 °С. Жидкость частично растворяется в воде, неограниченно растворяется в бензине, ацетоне, спирте, хлоруглеродных и других органических растворителях, обладает хорошей растворяющей способностью по отношению к маслам и жирам, неагрессивна по отношению ко всем материалам, применяемым в электромашиностроении. В качестве предельно допустимой концентрации паров жидкости МФЭС-1 в воздухе рабочей зоны следует принять величину 18 мг/м³.

Водный раствор лабомида-203 (ТУ 38-10738—73) приготовляется 3 %-ной концентрации, тщательным перемешиванием порошка лабомида-203 в нагретой до 70—75 °С воде.

Температура раствора должна быть не ниже 50 °С, так как при более низкой температуре порошок выпадает в осадок. Наиболее эффективный способ очистки — протирка поверхности сальфетками, смоченными в растворе.

Моющее средство термос-1 представляет собой раствор концентрата «термос» в дизельном топливе.

Моющий раствор Термос-2 представляет собой водную эмульсию триполифосфата натрия (2 г/л), спинтонола ДС-10 (2 г/л) и эмульгатора ОП-4 (5 г/л) при температуре 50—60 °С.

При выборе жидкости для чистки статора исходят из конкретных условий и типа изоляции (микалентная компаундированная или термореактивная). После окончания чистки статор продувают сухим сжатым воздухом для ускорения сушки и удаления остатков моющей жидкости из труднодоступных мест.

Осмотр обмотки и устранение обнаруженных дефектов. После электрических испытаний и чистки обмотки приступают к ее осмотру. При осмотре лобовых частей обмотки, схемы соединений, бандажных колец, изолированных кронштейнов определяют состояние изоляции: монолитность, отсутствие трещин, вмятин, мест повышенного нагрева, внешних повреждений изоляции и отсутствие натиров. Проверяют крепление лобовых частей обмотки статора, соединительных и выводных шин, отсутствие деформаций, ослабления или обрывов шуровых бандажей, выпадания или смещения дистанционных прокладок и распорок, проседания корзины.

Плотность заклиновки обмотки в пазах определяют на звук при простукивании клина по центру и по краям молотком массой 0,2—0,3 кг. Пазы, имеющие ослабленные клинья, подлежат переклиновке. Перед началом переклиновки на лобовые части обмотки статора в нижней части укладывают резиновые коврики. Переклиновка производится с помощью выколотки, изготовленной из стеклотекстолита или текстолита. Ширина выколотки должна быть меньше ширины паза на 2—3 мм.

Выступающие за паз прокладки отрезают заподлицо с концевым клином. Для предотвращения выпадания клиньев при их ослаблении при работе электродвигателя целесообразно концевые клинья с обеих сторон устанавливать на клее № 88Н. У электродвигателей вертикального исполнения нижние клинья дополнительно закрепляют установкой шуровых бандажей, узел которых фиксирует торец клина в аксиальном положении.

Ослабленные и оборванные шуровые бандажи лобовых частей срезают, удаляют крючками остатки бандажей, продувают сухим сжатым воздухом и на их место устанавливают новые. Соседние нити шуровых бандажей укладывают впритык без нахлеста. Сначала накладывают поперечные нити бандажа, а затем — продольные. Количество поперечных нитей определяется шириной распорки, продольных — зазором между соседними катушками. Бандаж накладывают двумя параллельными нитями с использованием обмоточной иглы, изготовленной из стальной проволоки ∅ 1 мм. После установки бандажа конец нити закрепляют с целью предупреждения его ослабления в процессе эксплуатации под действием электродинамических усилий.

При вязке бандажей обеспечивают максимально возможную их утяжку. Перед установкой шнур пропитывают лаком БТ-99, а после установки его покрывают эмалью ГФ-92-ХС. Для шуровых бандажей предпочтительно использовать лавсановый или стеклолавсановый шнур марки ШСЛ, который имеет сердечник из стеклянных нитей и лавсановую оболочку.

В местах, где между катушками обмотки и бандажными кольцами имеется зазор, устанавливают индивидуальные вымостки из стеклотекстолита с последующей бандажировкой шнуром. Углы и грани стеклотекстолитовой прокладки тщательно обрабатывают для предупреждения повреждения изоляции и перед установкой покрывают лаком БТ-99. Прокладка должна быть плотно установлена в имеющийся зазор.

При осмотре проверяют плотность установки дистанционных колодок лобовых частей обмотки и соответствие их толщины расстоянию между лобовыми частями соседних катушек. Если дистанционная колодка тонкая, то ее заменяют более толстой, обеспечивающей плотность установки. Обнаруженные натиры микалентной изоляции в лобовых частях устраняют следующим образом. После определения места повреждения и его тщательного осмотра удаляют близлежащие шуровые бандажи и колодки. С обеих сторон от места повреждения с катушки удаляют стеклоленту на длине 90 мм (рис. 6.3). Поверхность изоляции тщательно очищают салфеткой, смоченной спиртобензиновой смесью (по 50 % спирта и бензина), и протирают сухой салфеткой. Ножом выполняют разделку поврежденной изо-

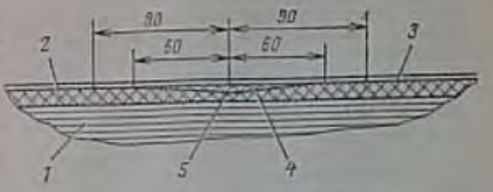


Рис. 6.3. Устранение натиров корпусной микалентной изоляции:

1 — витки катушки; *2* — корпусная изоляция; *3* — стеклолента; *4* — микалента ЛМЧ-ББ; *5* — место натира

Таблица 6.2. Технические характеристики пневматических краскораспылителей

Характеристика	КРУ-1	ЗИЛ	СО-72	С-592
Производительность по расходу лакокрасочного материала, г/мин	450—500	500—600	600	400—500
Давление воздуха, МПа (кгс/см²):				
на распыление	0,35—0,45 (3,6—4,6)	0,45—0,55 (4,6—5,6)	0,4—0,5 (4,1—5,1)	0,4—0,5 (4,1—5,1)
на окраску	0,05—0,2 (0,5—2)	0,2—0,25 (2—2,6)	0,1—0,2 (1—2)	0,2 (2)
Расход воздуха, м³/ч	10—14	11—14	18—20	16
Рабочее расстояние (от сопла до поверхности), мм	300	400	400	300
Ширина отпечатка факела, мм:				
плоской формы	250—300	500—520	300—350	100—120
круглой формы	100	—	—	100—120
Туманообразование, %	20	18—20	22—24	—
Масса, кг	0,66	0,82	1,0	0,63

ляции в виде конуса. Место пробоя очищают от следов подгара. Если изоляция повреждена не на всю толщину, то место повреждения не углубляют. После подготовительных операций очищают и протирают изоляцию в месте ремонта. Разделку изоляции промазывают тонким слоем лака БТ-95 и изолируют микалентой ЛМЧ-ББ. Микаленту хорошо утягивают, чтобы место ремонта было плотным и монолитным, и накладывают таким слоем, чтобы толщина ремонтируемого участка была не меньше толщины соседних участков. Ремонтируемый участок изоляции обмотки покрывают слоем стеклоленты вполнахлеста, пропитывают лаком БТ-99 и покрывают эмалью. Устанавливают колодки и восстанавливают срезанные шуровые бандажи. Обнаруженные дефекты в схемных соединениях устраняют аналогичным способом.

При осмотре коробки выводов проверяют крепление изоляторов, целость фарфора изолятора и отсутствие нагрева контактных соединений. При обнаружении следов перегрева выясняют причину этого, зачищают поверхность наконечников, проверяют наличие пружинных шайб и контргаек и при отсутствии последних устанавливают новые. Проверяют качество пайки кабеля с наконечником. С целью повышения надежности соединения, паянные оловянистым припоем, перепаивают медно-фосфористым припоем марки МФ-9. После пайки восстанавливают подгоревшую изоляцию выводов, устанавливают шуровые бандажи, накладывают защитный слой стеклоленты и покрывают эмалью. В последние годы для изоляции выводных концов находит применение самослипающаяся резиновая лента ЛЭТСАР или лента на стеклянной основе РЭТСАР.

Если эмалевый покров обмотки находится в неудовлетворительном состоянии, то ее необходимо покрасить. При покраске обмотки применяют эмаль ГФ-92-ХС; она маслостойка и при попадании масла в двигатель предохраняет изоляцию от вредного воздействия масла. Обмотку покрывают эмалью из краскораспылителя, что облегчает равномерное покрытие и проникновение эмали в труднодоступные места.

В табл. 6.2 приведены основные характеристики пневматических краскораспылителей, получивших наибольшее распространение при ремонте электродвигателей.

Аварийный ремонт обмотки статора. При эксплуатации имеют место случаи пробоя обмотки статора при работе электродвигателя. В этом случае электродвигатель заменяют резервным или для экономии времени исключают часть катушек из схемы обмотки. Допускается исключать в каждой фазе обмотки не более 10 % катушек. Если фаза состоит из двух или более параллельных ветвей, то должно быть соблюдено еще одно условие: в параллельной ветви допускается исключать не более 10 % числа ее катушек.

Выводные концы поврежденной катушки перекусывают кусачками от схемных перемычек и изолируют. Схемные перемычки припаивают медно-фосфористым припоем и изолируют. Головку поврежденной катушки с одной стороны разрезают, витки разводят и изолируют друг от друга. Головку разрезают для того, чтобы предупредить образование короткозамкнутого витка, прохождение тока по которому приведет к недопустимому перегреву рядом лежащих катушек паза.

6.3. ЗАМЕНА ОБМОТКИ СТАТОРА

Маркировка и демонтаж обмотки. До разборки обмотки необходимо выполнить эскиз (рис. 6.4), на который нанести вылеты лобовых частей обмотки статора относительно активной стали и торца корпуса статора с помощью контрольного угольника; расположение дистанционных распорок и колодок, установленных в лобовых частях и на выходе из паза; расположение соединительных и выводных шин; места установки шуровых бандажей и количество нитей в каждом из них, расстояние между головками катушек или стержней; сверить схему термоконтроля с заводскими чертежами.

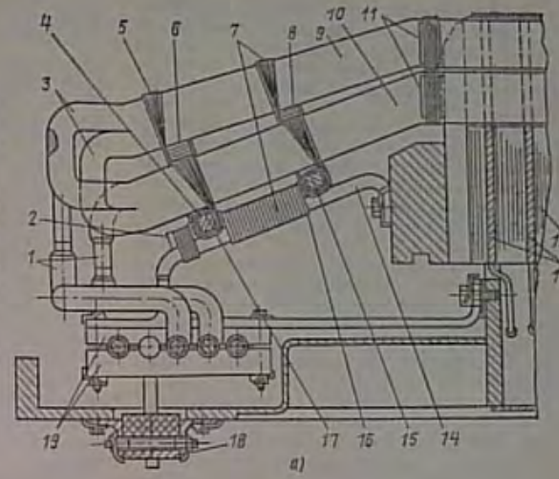


Рис. 6.4. Лобовые части стержневой (*а* — АВ-8000/6000У3) и катушечной (*б*) обмоток статоров электродвигателей.

1, 24, 25 — шины; *2, 16* — упоры; *3* — головки; *4, 21* — наружное бандажное кольцо; *5, 7, 23* — бандаж шуровой; *6—8* — прокладки межслоевые; *9* — стержень верхний; *10* — стержень нижний; *11, 27* — распорки на выходе из паза; *12* — пакет активной стали; *13* — сегменты охлаждающие; *14* — кронштейны; *15, 20* — внутреннее бандажное кольцо; *17* — прокладка; *18* — зажим выводов; *19* — планки; *22* — колодки; *26* — прокладка; *28* — нажимной палец; *29* — пакет активной стали

При демонтаже съемные детали и пазы статора маркируют бирками и дублируют маркировку керновой цифрами или буквами. Проверяют маркировку пазов статора, при отсутствии ее маркируют пазы в соответствии с нумерацией на заводском чертеже.

Маркировку пазов со стороны схемы выполняют с паза 1 по часовой стрелке, обозначая пазы 1, 11, 21, 31 и т. д. Маркировку пазов с противоположной стороны выполняют с паза 1 против часовой стрелки, обозначая пазы 1, 11, 21, 31 и т. д.

Пазы маркируют керновкой нажимных пальцев, прилегающих к пазу 1; остальные пазы маркируют на зубцах белой краской. Пазы, в которых находятся терморезисторы, маркируют с добавлением буквы Т, пазы с выводными стержнями или катушками — с добавлением буквы В.

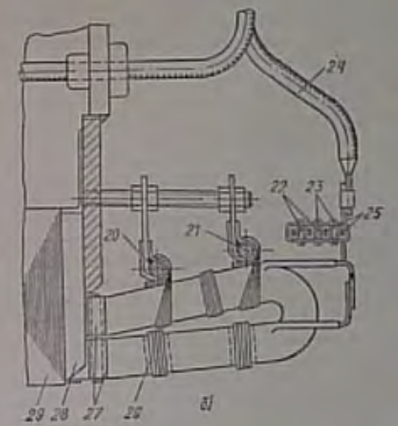
Соединительные и выводные шины маркируют при помощи бирок, на которых указывают маркировку паза, выводного стержня (катушки) и фазы.

Кронштейны крепления бандажных колец маркируют, начиная от паза 1 со стороны схемы — 1Ш, 2Ш, 3Ш и т. д., с противоположной стороны — 1П, 2П и т. д.

Бандажные кольца со стороны схемы (шин) маркируют буквами 1Ш, 2Ш, и т. д. в порядке их установки, начиная от торца активной стали, и с противоположной стороны — соответственно 1П, 2П и т. д. Все крепежные детали складывают в два ящика для сторон Ш и П.

Снимают изоляцию с мест паек схемных соединений, соединительных и выводных шин. У стержневых обмоток при снятии изоляции с головок обращают внимание на сохранение максимального количества микалентовых изоляционных коробочек для возможности их вторичного использования. Очищают головки от асбестовой замазки.

Перед распайкой места соединения обкладывают мокрым асбестом и асбестовым полотном. Распаивают места соединений пламенем ацетиленовой горелки. Соединительные хомуты снимают.



Осторожно, избегая повреждений активной стали, расклинивают пазы и удаляют клинья из пазов. Годные клинья укомплектовывают по пазам и передают для чистки.

Для демонтажа крепления лобовых частей обмотки ножом срезают шуровые бандажи и крючком удаляют дистанционные распорки и клинья на выходе из паза.

У катушечной обмотки поднимают шаг обмотки. Для предотвращения повреждения микалентной изоляции поднимают катушки, предварительно нагрев их до температуры 85—90 °С. Катушки подогревают постоянным или переменным током. Ток регулируют так, чтобы нагрев катушки происходил за 15—20 мин. Подъем катушки ведут с обоих концов паза, продолжая нагрев. Для подъема на катушку у самого края активной стали надевают петлю из нескольких витков киперной ленты, которую натягивают рычагом из дерева, опирающимся на зубец статора. Для предотвращения изгиба пазовой части катушки в зазор между верхней и нижней половинами катушки в местах вентиляционных кана-

лов между пакетами стали статора продевают киперную ленту и продолжают поднимать катушку. После выхода одной стороны катушки из паза ее продолжают поднимать, следя за поворотом лобовой части и искривлением головки.

Приподнятую катушку подвязывают киперной лентой к расположенным выше лобовым частям обмотки или к доске, уложенной в расточку статора. После подъема шага обмотки демонтируют поочередно все катушки обмотки статора. Из пазов удаляют прокладки.

У стержневой обмотки статора вначале демонтируют из пазов верхние стержни обмотки. Перед выемкой расклинивают стержни и приподнимают в пазу с обеих сторон. Затем аналогично катушечной обмотке с помощью рычага приподнимают стержень. В зазор, образовавшийся в пазовой части между верхним стержнем, забивают клин, изготовленный из дерева твердой породы. После выхода одного конца стержня из паза его продолжают поднимать, следя за лобовыми частями и не допуская остаточных деформаций стержня. При выемке верхних стержней из пазов, имеющих терморезисторы, проявляют особую осторожность, чтобы не повредить проводку и термодатчики. После выемки стержней уточняют схему термоконтроля.

Аналогично выполняют демонтаж остальных верхних стержней. Все стержни должны быть замаркированы по номерам пазов цифровыми клеймами на меди головок с обеих сторон. Затем рисуют эскиз стержней, на который наносят их размеры. Измеряют толщину межслоевых прокладок и их аксиальное положение относительно торца активной стали статора (см. рис. 6.4). Фактическое положение дистанционных распорок, клиньев на выходе из паза и шуровых бандажей нижних стержней наносят на эскиз и затем детали крепления снимают. Из пазов удаляют прокладки и терморезисторы. Нижние стержни демонтируют аналогично верхним и укладывают их на козлы.

Замеряют положение бандажных колец относительно торца активной стали и демонтируют их и детали крепления. Кронштейны крепления бандажных колец допустимо оставить на месте. До снятия бандажных колец необходимо изготовить и подогнать шаблоны для правильной установки колец перед укладкой обмотки.

Подготовка статора к укладке обмотки. После выемки обмотки статор продувают сухим сжатым воздухом. Активную сталь, пазы, нажимные пальцы и вентиляционные распорки осматривают. Проверяют плотность запрессовки активной стали статора. Слабую прессовку, местные оплавления, а также нарушение изоляции стали устраняют. Калибром и линейкой проверяют размеры пазов сердечника статора и составляют формуляр пазов.

Пазы, полки и карманы статора очищают от грязи, остатков изоляции и посторонних предметов. Расточку статора очищают от ржавчины и наплывов лака.

Сердечник статора испытывают на потери и нагрев. Результаты испытаний записывают в протокол, сравнивая их с допустимыми значениями. При наличии отклонений, связанных с повреждениями, последние устраняют до получения показателей, соответствующих нормам. Расточку статора, нажимные пальцы и пазы покрывают тонким слоем лака БТ-99 из краскораспылителя. Проверяют и обновляют нумерацию пазов в соответствии со схемой маркировки, наносят разметку пазов, в которых должны быть уложены терморезисторы и выводные стержни (катушки).

Для стержневой обмотки изготовляют новые соединительные хомуты для головок стержней из листовой меди толщиной 2,0—2,5 мм. Хомуты выравнивают и запаливают. Для улучшения пластичных свойств меди соединительные хомуты перед установкой отжигают, нагревая их до температуры 650—700 °С (вишневый цвет), и охлаждают водой. Отжиг хомутов перед пайкой позволяет собрать головку с минимальными зазорами.

Бандажные кольца, кронштейны и шины очищают от пыли и грязи и проводят электрические испытания. При неудовлетворительном состоянии изоляции (хрупкость, расслоение, неоднородность, натиры и т. п.) ее заменяют.

Все детали, выдержавшие испытание электрической изоляции, передают на сборку. Шины, демонтированные из-за неудовлетворительного состояния изоляции, после замены изоляции и электрических испытаний устанавливают в соответствии с маркировкой. Шины навешивают на шинодержатели согласно эскизу, снятому при разборке обмотки, начиная с внутренних шин, расположенных ближе к сердечнику статора.

Устанавливают с помощью шаблона бандажные кольца, которые струбцинками прикрепляют к кронштейнам. В местах прилегания струбцин к бандажному кольцу и кронштейну для защиты изоляции прокладывают полоски стеклотекстолита.

У электродвигателей, конструкцией которых не предусмотрены кронштейны крепления бандажных колец, устанавливают временные технологические кронштейны. В технологических кронштейнах сделаны прорези, которые позволяют регулировать концентричность бандажных колец относительно расточки статора и их аксиальное положение.

Бандажные кольца с приваренными кронштейнами устанавливают на шпильки. Узел крепления (шпильки, гайки и др.) изолируют, если расстояние от них до токоведущих частей менее 40 мм. Количество слоев изоляции уменьшают на один по сравнению с данными с табл. 6.3 для бандажных колец.

Изолировка элементов обмотки статора и деталей ее крепления. При пробое или дефектах в изоляции с элементов обмотки статора и деталей ее крепления полностью удаляют старую изоляцию, металл протирают салфеткой, смоченной в бензине Б-70, и покрывают лаком БТ-99. Изоляцию накладывают в соответствии с чертежами заводов-изготовителей. При отсутствии чертежей для электродвигателей мощностью до 1000 кВт, напряжением 6 кВ класса нагревостойкости изоляции В можно пользоваться табл. 6.3 и рис. 6.5. Наложение всех слоев изоляции и защитного слоя производят в одну сторону вполнахлеста.

Для усиленной изоляции электродвигателей, предназначенных для работы в тяжелых эксплуатационных условиях и для привода от-

Таблица 6.3. Изоляция бандажных колец и соединений обмоток статоров электродвигателей

Изолируемые элементы	Количество слоев изоляции из		
	микаленты ДМЧ-ББ 0,17 мм	стеклолакоткани ЛСБ 0,17 или 0,2 мм	стеклолакоткани ЛСБ 0,17 или 0,2 мм
Межкатушечные соединения	3	3	1
Межгрупповые соединения, параллельные ветви, шины места пайки	4	3	1
Выводные концы и шины	5	3	1
Бандажные кольца	4	3	1
Кронштейны	3	2	1

Примечание. Конструкция изоляции выводных концов и шин приведена для неизолированной шинной меди или неизолированного гибкого провода. При применении изолированных проводов марки РКГМ выводы изолируют пятью слоями стеклолакоткани марок ЛСЭ, ЛСЛ или ЛСП накладкеста.

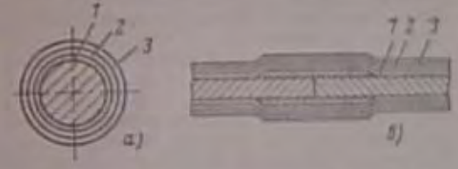


Рис. 6.5. Изолировка бандажных колец (а) и соединений обмоток статоров (б) электродвигателей мощностью до 1000 кВт напряжением 6 кВ класса нагревостойкости В:

1 — микаленты ДМЧ-ББ 0,17 мм; 2 — стеклолакоткань ЛСБ 0,17 или 0,2 мм; 3 — лента стеклянная ЛЭС 0,2 мм

Таблица С.1. Допуски на размеры катушек обмоток статоров электродвигателей

Части катушки	ЛПЭО «Электросила»	ЭВИ	ХЭМЗ	Троицкий электромеханический завод	УЭТМ	СибЭТМ	Армэлектромаш
Пазовая часть:							
ширина	−0,5	+0,1 −0,4	+0,2 −0,4	−0,5	−0,5	−0,5	−0,25
высота	±0,5	+0,5 −1,2	+0,4 −0,8	−1	±1	−0,5	±0,5
Лобовая часть:							
ширина	±1	±0,5	+0,5	−0,5	+0,5	±0,3	±1
высота	±1	±1	−1	−1	±1	±1	±1

ветственных механизмов, увеличивают по одному слою микаленты и стеклолакоткани.

Ревизия резервного комплекта обмотки статора. Резервные катушки или стержни, подлежащие укладке в статор, укладывают на козлы и снимают защитный слой упаковочной бумаги. Верхние и нижние стержни должны лежать на отдельных козлах. Осмотром проверяют катушки (стержни) на отсутствие повреждений защитного слоя изоляции. При обнаружении поврежденной накладывают новую стеклоленту и покрывают лаком БТ-99. Лобовые части покрывают эмалью ГФ-92ХС.

С помощью штангенциркуля и калибра в нескольких точках по длине измеряют высоту и ширину пазовой части катушки (стержня), записывают их значения в ремонтный журнал и сравнивают с данными чертежа завода-изготовителя. В табл. 6.4 даны допуски на отклонение размеров пазовой и лобовой частей катушек обмоток статоров, изготовленных электромашиностроительными заводами.

Если ширина пазовой части катушки или стержня меньше указанной, необходимо наложить дополнительный слой стеклоленты и пропитать лаком БТ-99. При размерах, превышающих указанные, необходимо подрихтовать катушку (стержень) в пресс-форме с нагревом до температуры 95—100 °С.

Проверяют длину прямолинейной части катушки (стержня) до изгиба с помощью линейки и шаблона и правильность геометрии лобовых частей. Испытывают витковую и корпусную изоляцию. Рассортировывают катушки или стержни в соответствии с пазами, принимая во внимание замеры сечения пазовой части и его длины, и закрепляют бирки. Отдельно отмечают выводные стержни.

Укладка обмотки в статор. Подготовляют прокладки для дна паза, между верхними и нижними половинками катушек и под клин. Подготовляют три-четыре катушки и с помощью шаблона с обоих концов пазовой части катушки отмечают мелом границу торца активной стали. Катушки укладывают в пазы нижней части расточки статора. На дно паза по мере укладки катушек укладывают изоляционные прокладки. Перед укладкой катушки помещают в сушильный шкаф и нагревают до температуры 90—95 °С, затем пазовые части катушек натирают парафином. Нагретую катушку заводят в расточку статора и располагают строго над пазом, а ее пазовую часть в аксиальном направлении устанавливают по отметкам: меловые отметки на катушке должны совпадать с торцами активной стали. Нижнюю половину катушки заводят в паз на глубину 10—15 мм, вторично проверяют правильность ее осевого положения и осаживают плотно с активной сталью ударами молотка через деревянную прокладку. Нижнюю половину по резиновой прокладке

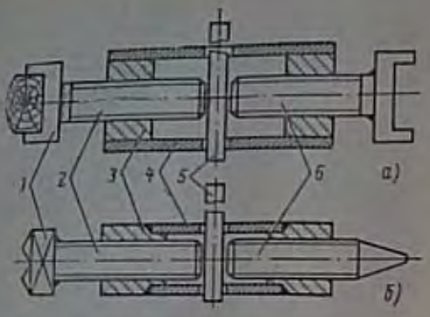


Рис. 6.6. Домкраты для укладки обмотки статора:

а — для пазовой части; *б* — для лобовой части; *1* — головка; *2* — болт (правая резьба); *3* — гайка; *4* — втулка; *5* — рукоятка; *6* — болт (левая резьба)

пазовой части катушки осаживают равномерно по всей длине паза ударами молотка по осадочной доске, соблюдая симметричность пазовой части стержня относительно сердечника статора. Для предотвращения повреждения катушки между осадочной доской и катушкой прокладывают полосу электрокартона. Устанавливают домкраты по длине статора, осаживают и фиксируют катушки в нижнем положении (рис. 6.6). Количество домкратов определяется длиной активной стали статора. При осаживании катушки обращают внимание на отсутствие задиров защитной ленты о края активной стали.

Верхние половины катушек первого шага в пазы не осаживают, а осторожно отгибают внутрь расточки статора. Остальные катушки укладывают в пазы полностью.

Нижние стороны катушек последнего шага укладывают осторожно на дно пазов под низ верхних сторон катушек первого шага. Осторожно опускают и укладывают в пазы верхние стороны катушек первого шага. При укладке лобовые части катушек осаживают на бандажные кольца, формуя их по всей длине ударами молотка по резиновой подушке. Проверяют плотность прилегания лобовых частей катушек к бандажным кольцам.

Для выполнения всех технологических операций в удобном (нижнем) для исполнителя положении целесообразно использовать кантователи, конструкции которых разработаны предприятиями «Каунасэнергоремонт», «Южказэнергоремонт», «Ленэнергоремонт» и Львовским филиалом ЦКБ Союзэнергоремонт.

После укладки каждой катушки устанавливают шнуровые бандажи крепления катушек к бандажным кольцам и между катушками в соответствии с эскизами, снятыми при разборке обмотки, и с чертежами завода-изготовителя. Установка шнуровых бандажей и распорок необходима для обеспечения необходимой жесткости крепления лобовых частей, обеспечения при эксплуатации стабильности расстояний между лобовыми частями соседних катушек. Для этой цели применяют дистанционные распорки прямоугольной формы и цепную вязку шнуровых бандажей, состоящих из 6—10 витков, т. е. каждая распорка прикрепляется к двум близлежащим лобовым частям с помощью шнурового бандажа. Высота распорки должна быть меньше высоты катушки в лобовой части на 2—3 мм, ее ширина 15—30 мм. Толщина распорки должна быть равна зазору между двумя соседними катушками в лобовых частях. Распорки должны плотно устанавливаться между катушками. Материалом для распорок служит стеклотекстолит марок СТ и СТЭФ.

Рассмотрим особенности укладки стержневой обмотки статора на примере электродвигателей типа АВ-8000/6000У3. Стержни к статору переносят на деревянных угольниках, предохраняющих пазовую часть стержней от деформаций и изломов изоляции. При укладке стержней лобовые части стержня выправляют вилками. Головки нижних стержней устанавливают радиально против соответствующих пазов или зубцов. Конец контрольного угольника, уложенного в десятый паз (если паз с уложенным стержнем условно принять за первый), со стороны водоподвода должен быть расположен посередине между головками верхнего и нижнего витков, а со стороны выводов — напротив головки нижнего витка.

Для контроля правильности укладки первого нижнего стержня через один шаг укладывают верхний стержень, предварительно уложив в этот паз деревянную планку (фальшстержень) вместо нижнего стержня. Проверяют совпадение головок верхнего и нижнего стержней и вылет лобовых частей. Если нижний стержень лежит в пазу 1, то верхний необходимо уложить в паз 19, т. е шаг обмотки 1—19. Стержни уложены правильно, если со стороны водоотвода головка нижнего витка нижнего стержня совпадает с головкой верхнего витка верхнего стержня, а головка верхнего витка нижнего стержня совпадает с головкой нижнего витка верхнего стержня. Со стороны выводов головка нижнего витка нижнего стержня должна совпадать с головкой нижнего витка верхнего стержня, а головки верхнего витка нижнего стержня и верхнего витка верхнего стержня разнесены относительно друг друга на размер пазового деления статора.

После проверки удаляют верхний стержень и деревянную планку. После остывания стержня снимают домкраты, поверх стержня в пазовой части укладывают временную прокладку из электрокартона и закрепляют стержень в пазу временными деревянными встречными клиньями. Клинья осаживают ударами киянки.

После укладки нижнего ряда стержней устанавливают межслоевые прокладки из полос электрокартона толщиной 1—3 мм, пропитанного лаком БТ-99 и стянутого в пакет одним слоем стеклоленты вполнахлеста. На концах прокладок электрокартон набирают ступенями. Стыки концов смежных слоев должны быть сдвинуты не менее чем на 50 мм.

По мере укладки верхних стержней из пазов убирают временные клинья и прокладки, пазы продувают сжатым воздухом и укладывают в них постоянную прокладку из текстолита или стеклотекстолита. Прокладки устанавливают в пазы по мере укладки стержней верхнего слоя. На головки нижних стержней по мере укладки стержней верхнего ряда надевают хомуты.

Укладку верхних стержней выполняют

аналогично укладке нижних. Особое внимание обращают на совпадение головок верхних и нижних стержней. В процессе укладки выполняют электрические испытания стержней. Внешним осмотром проверяют отсутствие повреждений изоляции лобовых частей стержней. При укладке обмотки устанавливают терморезисторы в пазы статора в соответствии со схемой термоконтроля и с рекомендациями, изложенными в § 6.5.

После укладки обмотки выполняют заклиновку пазов по технологии, изложенной в § 6.2.

Пайка и изолировка соединений обмоток статоров. После укладки обмотки и ее заклиновки соединяют катушки в катушечные группы в соответствии со схемой обмотки и подготовляют их к пайке. Возможные виды соединений выводных концов катушек в катушечные группы показаны на рис. 6.7. Выводные концы отгибают на длине, обеспечивающей соблюдение изоляционных расстояний от изоляции головок и торцевого щита электродвигателя в соответствии с чертежами завода-изготовителя. При отсутствии чертежей необходимо руководствоваться рис 6.8.

Соединения в обмотке статора электродвигателя паяют медно-фосфористым припоем марки МФ-9 по ГОСТ 4515—81 с применением флюса № 209. Медно-фосфористый припой МФ-9 поступает с заводов-изготовителей в виде плиток массой до 15 кг или в виде прутков диаметром 5±1 и длиной 300—370 мм. Для пайки обмотки плитки переплавляют в прутки.

Всесоюзный научно-исследовательский институт автогенного машиностроения разработал бессеребряный медно-фосфористый циркониевый припой марки ПМФОЦр6-4 0,03, паяные соединения которого по механическим характеристикам (пределу прочности на растяжение и срез) не уступают этим же характеристикам паяных соединений, выполненных припоем ПСр-45, и в большинстве случаев превосходят аналогичные характеристики меди. Припой ПМФОЦр6-4-0,03 имеет химический состав, % по массе: 5,3—6,3 фосфора; 3,5—4,5 олова; 0,01—0,05 циркония; медь — остальное. Температура плавления припоя 640—680 °С. Пайка производится с применением флюса № 209.

Пайку соединений обмоток выполняют пламенем ацетиленовой горелки или электроконтактным способом. Перед пайкой медь зачищают от остатков изоляции стальной щеткой и подготовляют асбестовую замазку на воде. Изоляцию головок у места паек покрывают косынкой из стеклоткани и завязывают стеклолентой. Кусками сухого листового асбеста закрывают часть головок статора так, чтобы пламя горелки не обжигало изоляцию близлежащих катушек, бандажных колец и шнуровых бандажей.

Быстро прогрев горелкой проводники до температуры плавления припоя (до светло-вишневого цвета), место пайки посыпают флюсом и, касаясь палочкой припоя меди, заполняют зазор припоем. Следят, чтобы во время пайки припой не вытекал из хомута.

При применении электроконтактного способа место пайки нагревают током, который подводится к месту пайки с помощью угольных электродов. Для отвода тепла и предотвращения перегрева угольные электроды имеют воздушное или водяное охлаждение. Пистолет для пайки конструкции предприятия «Востокэнергоремонт» имеет следующие технические характеристики:

Рабочий ток	500—600А
Напряжение	65 В
Масса	1 кг

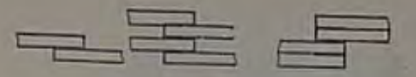


Рис. 6.7. Виды соединений обмотки статора

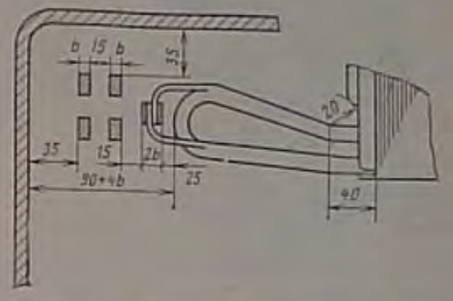


Рис. 6.8. Изоляционные расстояния в двухслойных обмотках с непрерывной изоляцией напряжением 6 кВ, мощностью до 1000 кВт

Учитывая особенности конструкции стержневой обмотки статора электродвигателей типа АВ-8000/6000У3, в первую очередь выполняют подгонку головок и пайку внутренних головок с обеих сторон статора.

Если количество головок, требующих укорочения элементарных проводников, велико, для сокращения трудозатрат и времени на подгонку головок целесообразно изготовить приспособление для обрезки элементарных проводников. Подогнав и укоротив проводники, устанавливают хомут. Затем проверяют правильность соединения фазных групп.

После пайки внутренних головок с обеих сторон аналогичным образом подгоняют и запаивают наружные головки и соединения шин с головками.

По окончании пайки место пайки для быстрого охлаждения обмазывают мокрым асбестом. После остывания с места пайки снимают асбестовую замазку и осматривают пайку. Одним из методов контроля является тщательный осмотр паек (с обратной стороны — при помощи зеркальца). Хорошо выполненная пайка должна иметь вогнутую внутрь поверхность припоя. Рекомендуется также проверять качество пайки постоянным током, равным 0,8—0,9 номинального. После прогрева обмотки током в течение 10—15 мин напряжение снимают, обмотку заземляют и быстро прощупывают руками все пайки; дефектные соединения перепаивают. Затем измеряют сопротивление постоянному току фаз обмотки.

Пропаянные соединения зачищают от на-

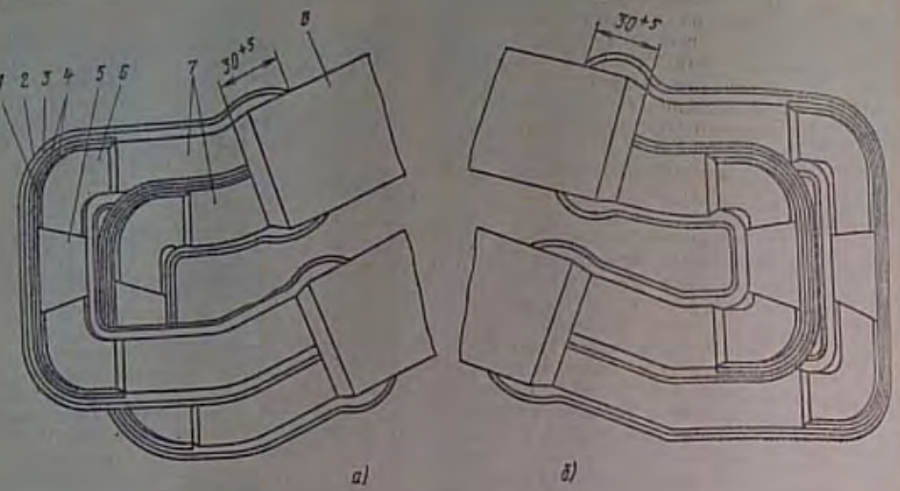


Рис. 6.9. Изолировка головок обмотки статора электродвигателей типа АВ-8000/6000УЗ:

а — со стороны выводов; *б* — со стороны водоподвода; *1* — замазка асбестовая; *2* — стеклолента вполнахлеста, один слой; *3* — стеклолакоткань ЛСБ-0,24, пять слоев вполнахлеста; *4* — коробочки миканитовые (2 шт.); *5* — хомут; *6* — элементарные проводники; *7* — витковая изоляция; *8* — корпусная изоляция

Таблица 6.5. Размеры коробочек для изолировки головок обмотки статора электродвигателя типа АВ-8000/6000УЗ

Расположение головки	L	L_1	L_2	h	h_1	R
Со стороны выводов	128/129,4	22/26,7	76/76	42	31	29
Со стороны водоподвода:						
внутренняя головка	98/99,4	26/26,7	46/46	42	31	2,9
наружная головка	160/161,4	26/26,7	108/108	42	31,7	29,7

Примечание. Числитель — для внутренней половины коробочки, а знаменатель — для наружной.

плывов припоя и запиливают острые углы, предохраняя обмотку от попадания припоя и металлической пыли. Затем места паек очищают от асбеста металлической щеткой и продувают сухим сжатым воздухом.

Подгоревшую при пайке изоляцию удаляют острым ножом и подготовляют конусную часть изоляции к изолировке. Места соединений изолируют в соответствии с чертежами заводов-изготовителей или по рис. 6,5 и табл. 6.3, а для изолировки стержневых обмоток электродвигателей типа АВ-8000/6000УЗ — по

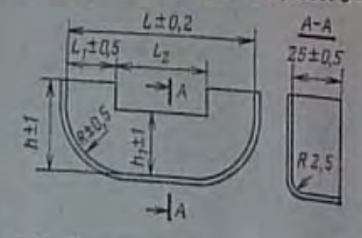


Рис. 6.10. Коробочка для изолировки головок обмотки статора электродвигателей типа АВ-8000/6000УЗ

рис. 6.9. Неровности головок стержневых обмоток электродвигателей замазывают. Для подготовки электроизоляционной замазки измельченный асбест укладывают в противень и просушивают в течение 10 ч в сушильном шкафу при температуре 130—140 °С. Охлажденный асбест проверяют магнитом на отсутствие металлических включений и тщательно смешивают с лаком БТ-99, добавляемым небольшими порциями до образования тестообразной массы. Замазка должна быть однородной. Замазка быстро высыхает, поэтому ее необходимо готовить непосредственно перед употреблением. Для изолировки головок подготавливают миканитовые коробочки (рис. 6.10). Для электродвигателей типа АВ-8000/6000УЗ размеры коробочек приведены в табл. 6.5.

Заготовки вырезают из миканита ФФГЛ-0,3 и триацетатной пленки. Размеры заготовок определяются размерами коробочек с допуском 6—7 мм на каждую сторону. Заготовки миканита промазывают шеллачным лаком (30 %-ный раствор шеллака в спирте) с одной стороны и сушат при температуре 20—25 °С в течение 15—25 мин. Проверив отсутствие забоин, пресс-форму чистят от наплывов лака и подогревают до температуры 90—100 °С.

Одновременно на электроплитке с закрытой спиралью разогревают заготовку из миканита до размягчения. Время и температуру нагрева миканитовых заготовок определяют опытным путем после изготовления первых коробочек. Изменение формы коробочки после формовки свидетельствует о низкой температуре нагрева, а отслаивание лепестков слюды от коробочки — о перегреве и улетучивании связующих.

Заготовку миканита укладывают в матрицу, устанавливают пуансон и создают удельное давление 490—784 кПа (5—8 кгс/см²). После остывания пресс-формы до температуры окружающего воздуха края коробочки обрезают по границе матрицы, коробочку вынимают и осматривают. Коробочку разрезают на две симметричные части и проверяют ее геометрические размеры. Затем коробочки комплектуют по размерам головок и передают на участок изолировки.

После подсыхания асбестовой замазки миканитовые коробочки устанавливают на головки, головки изолируют пятью слоями стеклолакоткани марки ЛСБ-0,24 вполнахлеста, нарезанной на полосы шириной 25 мм, и одним слоем стеклоленты вполнахлеста. Конец стеклоленты закрепляют или пришивают. Наложенные слои изоляции должны перекрывать изоляцию лобовых частей стержня не менее чем на 30—35 мм. Головку покрывают лаком БТ-99. После изолировки головка должна быть плотной и монолитной.

Изолировку шин с выводными стержнями выполняют аналогично.

В производственном объединении «Сибрэмэнерго» разработано приспособление с пневмоприводом для изготовления изоляционных миканитовых коробочек обмоток статоров крупных электрических машин. Внедрение этого приспособления целесообразно при больших количествах изготовляемых изоляционных коробочек в условиях производственных баз ремонтных предприятий. Применение этого приспособления обеспечивает высокое качество изготовления коробочек из-за стабильности рабочих параметров (скорости и усилия прессовки, зазоров между матрицей и пуансоном) и большую производительность.

У электродвигателей с катушечной обмоткой статора, конструкцией крепления обмотки которых предусмотрены дистанционные распорки (прокладки) между межкатушечными соединениями, устанавливают их и шуровые бандажи (рис. 6.11). Межкатушечные соединения бандажируют 6—7 витками шнура сначала поперечной, а потом продольной вязкой.

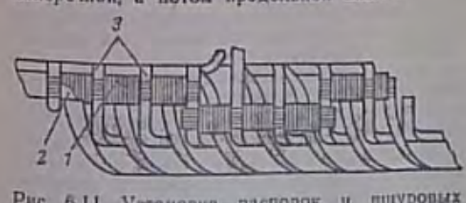


Рис. 6.11. Установка распорок и шуровых бандажей на межкатушечные соединения обмотки статора:

1 — шуровой бандаж; *2* — распорка; *3* — межкатушечные соединения

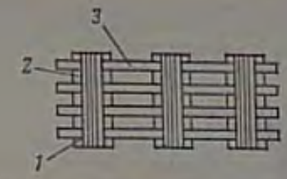


Рис. 6.12. Установка распорок и шуровых бандажей на межполюсные соединения обмотки статора:

1 — шуровой бандаж; *2* — распорка; *3* — межполюсные соединения

В соответствии со схемой обмотки соединяют катушечные группы в фазы, и обмотку соединяют с выводами, идущими в коробку выводов. При выполнении соединений выдерживают изоляционные расстояния в соответствии с рис. 6.8. Аналогично изложенному выше выполняют пайку и изолировку соединений. Затем устанавливают распорки и шуровые бандажи крепления междуполюсных соединений (рис. 6.12).

После окончания работ продувают активную сталь и обмотку статора сухим сжатым воздухом. Проверяют отсутствие повреждений изоляции лобовых частей обмотки и покрывают обмотку эмалью ГФ-92ХС.

Если катушки обмотки статора изолированы стеклослюдинитовыми лентами типа ЛС$_2$К-110СТ (ТТ, СПл) и укладка их выполнена в незапеченном состоянии, то после окончания работ запекают изоляцию. Способ нагрева статора выбирают, исходя из конкретных условий. Для контроля температуры устанавливают шесть термодатчиков, по два датчика в лобовых частях с каждой стороны и два датчика на активной стали статора. Для замера температуры может быть использован и штатный термоконтроль электродвигателя. Предприятие «Ростовэнергоремонт» выполняет запечку в следующем режиме. После окончания подготовительных работ поднимают температуру обмотки статора до 80 °С со скоростью не более 10 °С в час и выдерживают обмотку при этой температуре в течение 2 ч. В процессе запечки разность температур обмотки и сердечника не должна превышать 30 °С. Далее поднимают температуру обмотки ступенями и дают выдержку времени на каждой из них. При 90 °С — 1 ч; 100 °С — 2 ч; 110 °С — 2 ч; 120 °С — 2 ч; 130 °С — 2 ч. Поднимают температуру до 135—140 °С и поддерживают ее в течение 18—20 ч. По окончании запечки отключают нагрев и после остывания обмотки до температуры окружающей среды приступают к электрическим испытаниям.

6.4. ИЗОЛИРОВКА КАТУШЕК И СТЕРЖНЕЙ СТАТОРА

Технические требования к проволоке для катушек обмоток статоров. При изготовлении обмоток статора электродвигателей ремонтные предприятия используют новую проволоку по ГОСТ 434—78 (или провод), а также восстанавливают старую.

Для изготовления обмоток из новой меди используют проволоку марки ПММ (проволока медная мягкая) прямоугольного сечения. Проволоку марки ПММ на заводе-изготовителе получают после отжига твердой проволоки в безокислительной среде. Наличие кислорода в медной проволоке заметно влияет на ее качество и характеристики. В процессе отжига происходит изменение структуры меди и ее электрических и механических свойств. У медной проволоки марки ПММ разрушающее напряжение составляет 196—285 МПа (20—29 кгс/мм²), а относительное удлинение соответствует данным табл. 6.6. Мягкая проволока имеет меньшее электрическое сопротивление прохождению электрического тока. При изготовлении катушек медь подвергается деформации, поэтому она должна быть гибкой, мягкой и не иметь пружинящих свойств.

Таблица 6.6. **Относительное удлинение медной проволоки марки ПММ**

a, мм	Относительное удлинение, %, не менее
0,8—1,32	30
1,32—3,35	32
3,35—7	34
Свыше 7	35

a — меньшая сторона.

На поверхности проволоки не допускаются царапины, риски, забоины, раковины, заусенцы и надрывы. Наличие этих дефектов может привести к повреждению накладываемой изоляции или уменьшить механическую прочность проволоки.

Отклонение формы сечения проволоки должно ограничиваться предельными отклонениями размеров сечения. Острые кромки проволоки могут повреждать изоляцию. Поэтому проволока должна иметь закругленные углы. Номинальные размеры и предельные отклонения радиусов закругления для проволоки должны соответствовать указанным в табл. 6.7.

Таблица 6.7. **Номинальные размеры и предельные отклонения радиусов закругления для проволоки марки ПММ**

Размер *a* проволоки, мм	Радиус закругления	
	Номинальный	Предельное отклонение
До 1	0,5 *a*	±0,1
1—1,6	0,5 *a*	±0,12
1,6—2,24	0,65 *a*	±0,16
2,24—3,55	0,8 *a*	±0,20
4—6	1,05 *a*	±0,15
Выше 6	1,5 *a*	±0,3

Удаление изоляции с катушек и светлый отжиг меди. При использовании старой меди с поступивших на участок перезолировки катушек удаляют корпусную изоляцию. Изоляцию с пазовой части удаляют на станке (рис. 6.13), а с лобовой части и с выводных концов — ножом. Для облегчения удаления изоляции катушку нагревают током. Определив сечение провода катушки, рассчитывают необходимый ток для нагрева меди, исходя из расчетной плотности тока 10—12 А/мм². Подсоединив концы катушки к зажимам трансформатора ТС-500, устанавливают необходимый ток и нагревают катушку в течение 3—4 мин до размягчения изоляции. Катушку можно нагревать также в печи. Для этого в камеру печи загружают партию, состоящую из 10—15 катушек, поддерживают температуру 120—130 °С и выдерживают катушки при этой температуре в течение 20—30 мин.

После удаления корпусной изоляции сматывают медь с витковой изоляцией на барабаны и бухты. Количество барабанов при перемотке определяется числом параллельных проводов в катушке.

Обжиг витковой изоляции производят в печи. Предприятие «Каунасэнергоремонт» для обжига витковой изоляции и светлого отжига медной проволоки использует конвейерную электропечь сопротивления типа ОКБ-185Н (рис. 6.14), которая имеет следующие технические характеристики:

Установленная мощность, кВт	177,2
Номинальная температура, °С	650
Производительность, кг/ч	1040
Габариты, мм	11 735×2675×2250
Масса комплекта электропечи, кг	13 971

Бухты медного провода на конвейер загружают с противоположной от привода стороны и прикрепляют проволокой к стержням конвейера во избежание соскальзывания на наклонных участках и на перегибах конвейерной ленты. В качестве привода в печи использован двигатель постоянного тока типа П-22 мощностью 2,2 кВт, обеспечивающий плавное регулирование скорости перемещения конвейера.

С одной стороны водяного бака устанавливается носок, соединяющий бак с печью, с другой стороны к баку крепится вал со звездочками, несущий полотно конвейера. Носок обеспечивает герметичность нагревательной камеры электропечи. В передней стенке носка имеется окно, через которое наблюдают за внутренним пространством электропечи.

Электрическая схема обеспечивает ручное и автоматическое регулирование температуры в электропечи, управление двигателем привода конвейера и световую сигнализацию.

Обжиг витковой изоляции и отжиг меди в печи выполняют в такой последовательности. Разогревают печь до рабочей температуры, включают и обкатывают конвейер на холостом ходу. Загружают тельфером бухты провода на конвейерную ленту и закрепляют их. Включают конвейер и пропускают бухты через печь. По первым термообработанным бухтам медного провода уточняют заданный технологический режим: рабочую температуру и время пребывания провода в печи.

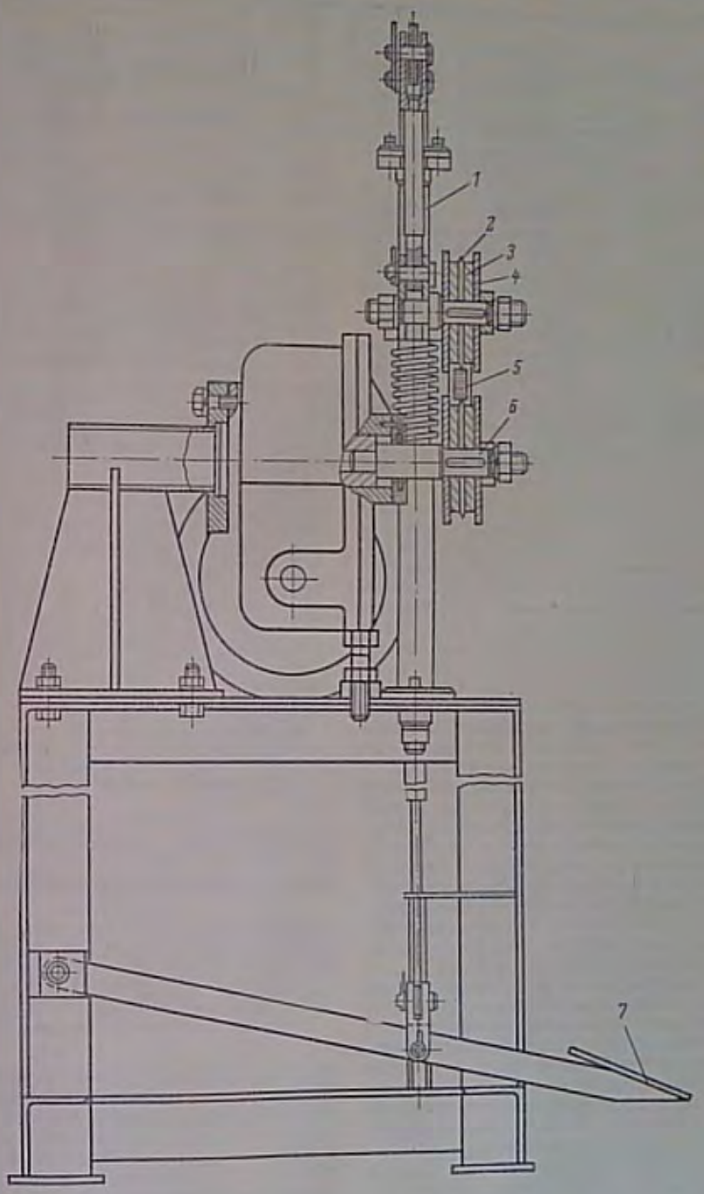


Рис. 6.13. Станок для удаления корпусной изоляции с катушек конструкции производственного объединения «Севкавзэлектроремонт»

1 — тяга; *2* — нож дисковый; *3* — диск; *4* — щека; *5* — катушка; *6* — вал; *7* — педаль

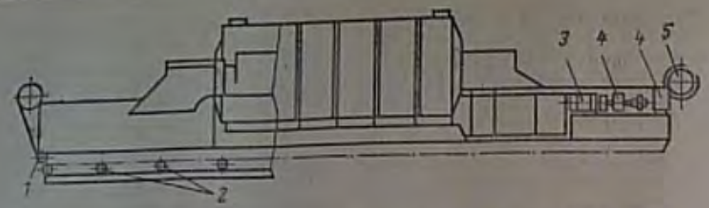


Рис. 6.14. Конвейерная электропечь сопротивления типа ОКБ-185Н:
1 — натяжные ролики; *2* — опорные ролики; *3* — электродвигатель; *4* — масляный резервуар редуктора; *5* — зубчатая передача

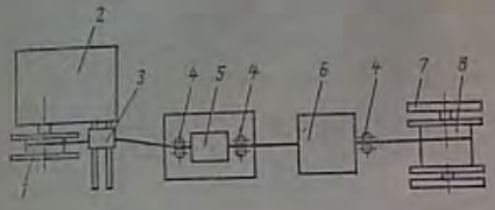


Рис. 6.15. Установка для очистки и рихтовки провода конструкции предприятия «Южэнергоремонт»:
1 — приемный барабан; *2* — приемное устройство; *3* — укладчик; *4* — направляющие ролики; *5* — рихтовочное устройство; *6* — очистное устройство; *7* — отдающее устройство; *8* — приемный барабан

После обжига витковой изоляции остатки ее удаляют механическим путем и проволоку рихтуют, пропуская через несколько роликов (рис. 6.15). По мере наматывания проволоки на диск торцевые части проволоки выравнивают подбивкой их молотком через текстолитовую прокладку.

После механической очистки и рихтовки медь становится жесткой и изменяет свои свойства, приобретенные после обжига витковой изоляции. Поэтому проволоку подвергают отжигу.

Для обеспечения чистоты поверхность медной проволоки перед наложением витковой изоляции подвергают травлению в 10 %-ном растворе серной кислоты в течение 30—40 мин. После промывки проволоки в проточной воде остатки кислоты нейтрализуют путем погружения ее в подогретую до 60—70 °С моющую жидкость. После промывки и сушки проволоку передают на участок изолировки для наложения витковой изоляции.

Предприятием «Южкаэнергоремонт» изготовлена комплексная установка по восстановлению медной проволоки прямоугольного сечения с применением ультразвука для очистки проволоки от окалины и продуктов сгорания витковой изоляции. После обжига витковой изоляции и отжига меди в печи периодического действия типа ПОМ-76 (рис. 6.16) [7] проволоку очищают в специальной ванне 1—2 %-ным водным раствором азотной кислоты под воздействием ультразвука в течение 2—3 мин. Затем проволоку промывают, сушат и передают на изолировку.

Намотка круговой заготовки. Изолируемая медная проволока должна быть мягкой, очищенной от старой изоляции, окалины и заусенцев, без раковин, забоин и утолщений в местах паек. Если используется обмоточный провод марки ПСД, на который наносится дополнительный слой изоляции, то он не должен иметь повреждений изоляции, определяемых внешним осмотром.

В качестве витковой изоляции используют

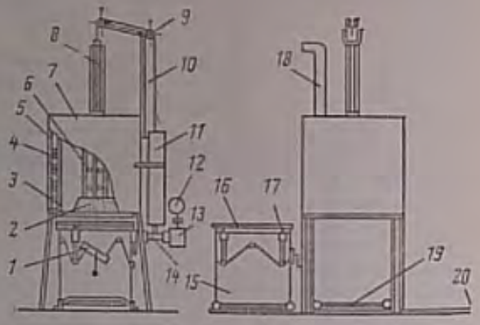


Рис. 6.16. Электрическая печь ПОМ-76 элеваторного типа:
1 — ручная лебедка; *2* — поддон; *3* — огнеупорный кирпич; *4* — нагревательный элемент; *5* — теплоизоляция; *6* — крестовина; *7* — каркас; *8* — штанга с грузом; *9* — ролик; *10* — трос; *11* — кожух; *12* — электродвигатель; *13* — редуктор; *14* — барабан; *15* — бак с водой; *16* — водяной затвор; *17* — толкатель; *18* — вытяжная труба; *19* — тележка; *20* — упор

микаленту ЛМЧ-ББ, стеклослюдинитовую ленту ЛСК-110СП или другую изоляцию, определяемую технологическим процессом.

Номинальная толщина нанесенной витковой изоляции должна соответствовать данным, указанным в технической документации. На ленте не должно быть непропитанных мест, отслоения подложек, складок на поверхности ленты по толщине, выходящих за пределы допустимых отклонений.

Номинальная толщина для микаленты приведена в табл. 12.10, для стеклослюдинитовой ленты ЛСК-110 — в табл. 12.11.

Витковая изоляция из электроизоляционных лент должна быть наложена плотно, без складок и расщепления листов слюды, поверхность ее должна быть ровной.

Лента на провод или проволоку может быть наложена одним или двумя слоями.

В обоих случаях лента должна быть нанесена вполнахлеста.

Максимальная ширина ленты должна быть 20 мм при изолировке провода с периметром до 18 мм и 25 мм — при изолировке провода с периметром до 25 мм.

В местах заправки ленты на длине не более 50 мм допускается утолщение изоляции не более 50 % номинальной толщины. Количество утолщенных мест изоляции в одной катушке не должно быть более двух.

В настоящее время в ремонтных предприятиях получили распространение два способа изготовления катушек. Первый способ включает следующие технологические операции: намотку и изолировку круговой заготовки; растяжку круговых заготовок в лодочку и растяжку лодочек в катушку. Во втором случае исключается первая технологическая операция, т. е. сразу же наматывается лодочка, которую затем растягивают в катушку.

Рассмотрим первый способ изготовления катушек. Намотку круговых заготовок выполняют на станках типа ШЛМ конструкции ЛПЭО «Электросила» (рис. 6.17). Устанавливают раздвижной приемный четырехсекторный диск по необходимому диаметру, определяемому расчетом. В зависимости от ширины применяемой ленты установкой сменных шестерен согласовывают скорость перемещения проволоки *9* с частотой вращения головки обмотки *5*. Данные намотки круговых заготовок рассчитываются технологом и передаются мастеру участка.

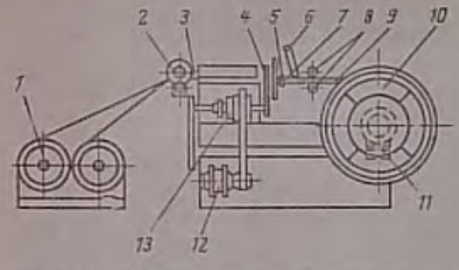


Рис. 6.17. Намотка круговых заготовок на станке типа ШЛМ конструкции ЛПЭО «Электросила»:
1 — отдающий барабан; *2* — ролик; *3* — задний зажим; *4* — зубчатая передача; *5* — головка обмотчика; *6* — лента; *7* — передний выдвижной зажим; *8* — направляющие ролики; *9* — изолированный проводник; *10* — приемный раздвижной диск; *11* — червячная передача; *12* — электродвигатель; *13* — фрикционная муфта

На разъемные отдающие барабаны *1* устанавливают бухты с медной проволокой. Число барабанов выбирается равным количеству параллельных проводников в витке. Пропускают провод через зажимное устройство на приемный диск 10. Для рихтовки проводников медь проходит через задний зажим *3*, горизонтальную трубу, передний выдвижной зажим *7* и направляющие ролики *8*. Конец меди закрепляют эксцентриковым зажимом. Заправляют на проводнике изоляционную ленту. Наматывают необходимое число витков круговой заготовки на приемный диск с одновременным изолированием их изоляционной лентой вполнахлеста.

Во время намотки следят за качеством изолировки и своевременно устраняют возникающие дефекты. При обрыве или исходе изоляционной ленты останавливают станок и заправляют оборвавшуюся ленту или устанавливают новый рулон.

При обнаружении дефектов ленты: обрыва, отслаивания подложки, смещения слюды удаляют и переизолируют вручную участок провода с дефектной изоляцией.

При обнаружении поврежденной изоляции бортиками приемного диска или других дефектов изолированного провода в наматываемой заготовке необходимо размотать провод в сторону отдающего барабана до поврежденного места, снять дефектную изоляцию и переизолировать вручную.

При намотке витков круговой заготовки контролируют: правильность хода витка, направление изоляционной ленты, отсутствие обрывов ленты или утолщений при ее стыковании, количество витков в катушке, сечение меди на барабане. Если при намотке круговых заготовок необходимо срастить провод, то устанавливают выводной конец в верхнем или нижнем положении, отмеряют от него расстояние, равное средней длине витка катушки (или половине этой длины) $\pm^1/_2$ длины лобовой части катушки, отрезают излишки провода, спаивают в косой стык серебряным припоем марки ПСр-45 с флюсом № 209. Затем запаливают пайку так, чтобы не было утолщений меди в месте пайки и заусенцев. Разрешается выполнять одну пайку в катушке. Восстанавливают изоляцию проводника в месте пайки и повреждения.

Намотанную круговую заготовку закрепляют киперной лентой равномерно по окружности в нескольких местах.

Один конец меди освобождают от эксцентрикового зажима, а второй — отрезают. Сдвигом секторов уменьшают диаметр диска и снимают заготовку со станка.

Растяжка круговых заготовок в лодочку. Круговые заготовки растягивают в лодочки на станке конструкции ЛПЭО «Электросила» (рис. 6.18). Передвижные упоры *9* на линейке станка устанавливают и закрепляют так, чтобы один упор был на делении линейки, соответствующем длине лодочки, а второй — был равен диаметру круговой заготовки минус 10—15 мм. Лодочка — это заготовка, из которой при дальнейших технологических операциях путем изменения геометрической формы получают катушку.

На ролики *1* и *4* устанавливают круговую заготовку так, чтобы один ролик находился между выводными концами. Включив ход каретки, растягивают круговую заготовку в лодочку. Включают переключателем обратный ход каретки и, передвинув каретку до упора, снимают лодочку со станка.

Проверяют длину внутренней поверхности лодочки на соответствие расчетным данным. Если лодочка удовлетворяет расчетным данным, то растягивают остальные круговые заготовки в лодочки. Подрихтовывают витки лодочки киянкой и обматывают лодочку одним слоем временной технологической киперной лентой вполнахлеста.

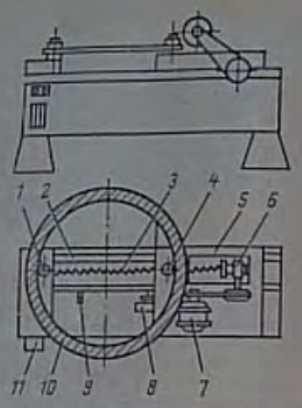


Рис. 6.18. Станок для растяжки круговых заготовок в лодочку конструкции ЛПЭО «Электросила»:

1, 4 — ролики; *2* — направляющая станина; *3* — ходовой винт; *5* — каретка; *6* — винтовая передача; *7* — электродвигатель; *8* — концевой выключатель; *9* — регулируемые выключающие упоры; *10* — круговая заготовка; *11* — переключатель

С помощью механических щеток снимают изоляцию с выводных концов на длину, указанную на чертеже.

Намотка лодочки из меди. Технологическую операцию намотки круговой заготовки и растяжки ее в лодочку можно исключить, если наматывать заготовку не на цилиндрический шаблон, а на шаблон, имеющий форму лодочки. Намотку лодочки с одновременным наложением витковой изоляции можно выполнить, если скорость движения меди согласовать с частотой вращения обмоточной головки. В этом случае конструкция станка усложняется, так как кинематика станка должна обеспечивать вращение обмоточных головок с переменной частотой в зависимости от положения лодочки на планшайбе намоточного станка при его вращении. Примером такого решения может быть установка, конструкция которого разработана предприятием «Каунасэнергоремонт». Установка состоит из намоточного станка и лентоизолировочного устройства (рис. 6.19), которые имеют следующую техническую характеристику:

Намоточный станок типа ГМ-201

Частота вращения выходного вала, об/мин	1,2; 4,5
Крутящие моменты на выходном валу, кН·м (кгс·м):	
максимальный	10,5 (1075)
минимальный	2,35 (240)

Редуктор 4ДМП-100/180

Исполнение	II
Схема сборки	2
Передаточное отношение	703

Привод

Электродвигатель	АО2-21-4
Мощность	1,1 кВт
Частота вращения	1400 об/мин

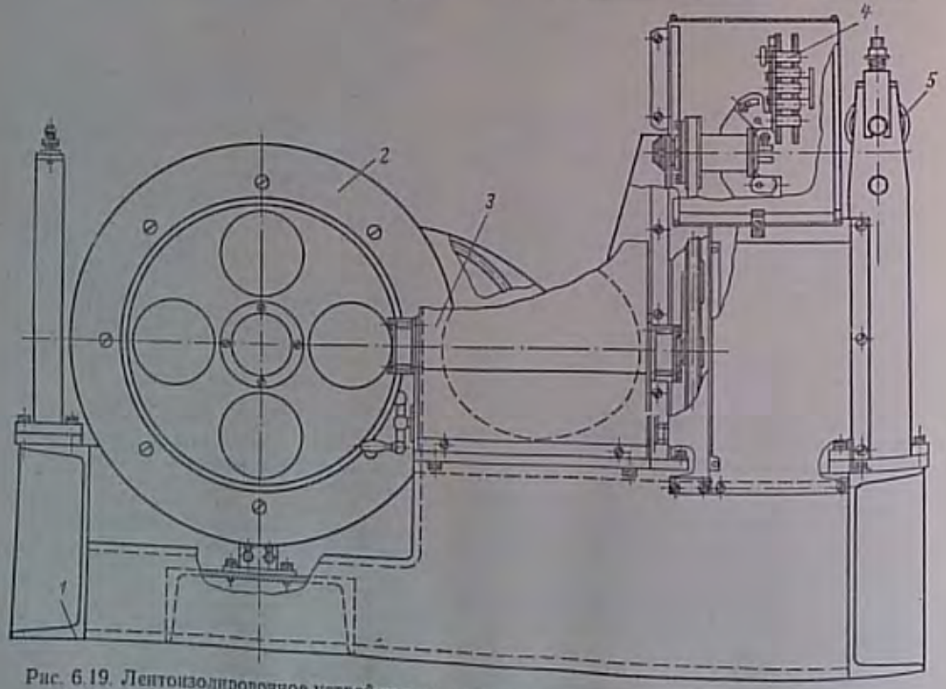


Рис. 6.19. Лентоизолировочное устройство конструкции предприятия «Каунасэнергоремонт»:

1 — основание; *2* — стойка; *3* — вариатор; *4* — головка обмоточная; *5* — ролики обжимные

Станок типа ГМ-201 состоит из станины, электродвигателя, клиноременной передачи и редуктора. На фланец выходного вала электродвигателя закрепляется шаблон в зависимости от габарита электродвигателя. Частота вращения выходного вала изменяется путем перевода клинового ремня в соответствующую канавку шкивов.

Лентоизолировочное устройство типа ОКБ-052

Максимальная скорость протяжки изолируемого провода, м/мин	6
Максимальная частота вращения обмоточной головки, об/мин	400
Номинальная ширина ленты, мм	20
Максимальный шаг изолировки провода лентой, мм	15

Лентоизолировочное устройство типа ОКБ-052 состоит из основания, на котором установлены все узлы: направляющая, ведущий барабан, передача, вариатор, стойка с обмоточной головкой, оттяжным роликом и обжимными роликами.

На поперечине основания установлен кронштейн с ножом, который служит для предотвращения набегания витков провода друг на друга на ведущем барабане.

Изолируемый провод с барабана проходит через тормозное или натяжное устройство и вводится через направляющую лентоизолировочного устройства, затем провод огибает одним витком ведущий барабан, проходя при этом за ножом, и поступает в обмоточную головку, а оттуда через обжимные ролики на шаблон, закрепленный на намоточном устройстве. При протяжке намоточным устройством провод за счет сил трения начинает вращать ведущий барабан, а тот, в свою очередь, через зубчатую передачу, лобовой вариатор и клиноременную передачу вращает обмоточную головку, на которой устанавливается бобина с ленточной изоляцией. Вариатор служит для плавного изменения частоты вращения обмоточной головки при изменении шага изолировки провода в зависимости от его периметра.

После проверки работоспособности всех узлов устанавливают необходимый угол наклона бобины с ленточной изоляцией и, вращая вручную обмоточную головку, накладывают два-три витка изоляции на провод с целью ее закрепления на проводе.

Вращая рукоятку, регулируют вариатор для получения необходимого шага изолировки. Процесс наложения изоляции при намотке лодочек может быть иным. В этом случае между витками устанавливают прокладку, по ширине равную ширине меди. Длина прокладки определяется длиной ленточного изоляционного материала.

После намотки на шаблон (рис. 6.20) расчетного числа витков необходимо установить вращение намоточного устройства так, чтобы шаблон находился в вертикальном положении концом, имеющим винт для закрепления провода, вверх. Отрубают провод на длине выводного конца.

Лодочки при снятии с шаблона закрепляют в четырех местах киперной лентой. Размеры намотанной лодочки сверяют с данными технической документации. После снятия лодочки с шаблона проверяют качество витковой изоляции.

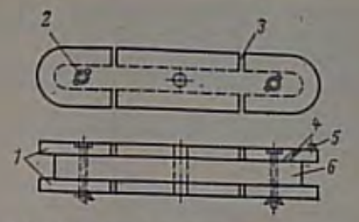


Рис. 6.20. Шаблон для намотки лодочек конструкции предприятия «Ленэнергоремонт»:

1 — щеки; *2* — барашек; *3, 4* — прорези; *5* — болт; *6* — сердечник

Растяжка лодочек в катушки. Для преобразования лодочки в катушку существуют растяжные станки с ручным, пневматическим и гидравлическим приводами. Наибольшее распространение получили, например, станки с пневматическим приводом типа П572-230 конструкции производственного объединения «Харьковский электромеханический завод» (ХЭМЗ). Станок имеет следующую характеристику:

Длина пазовой части, мм	320—1300
Длина лодочки, мм	2000
Наибольший шаг катушки, мм	700
Сечение пазовой части, мм:	
ширина	10—20
высота	28—50
Ширина лодочки, мм	100—180
Давление пневмопривода, МПа (кгс/см²)	39,2 (4)
Габариты	500×1875×3100
Масса, кг	800

Перед растяжкой лодочки катушка должна быть плотно забандажирована киперной лентой по всему периметру. Настраивают станок по размерам растягиваемой лодочки и катушки (рис. 6.21). Освободив стопоры стоек с

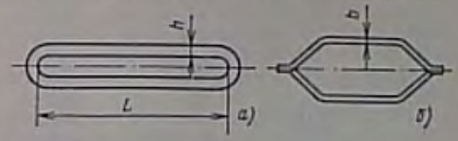


Рис. 6.21. Лодочка (*а*) и катушка (*б*) обмотки статора

зажимами-держателями *2* (рис. 6.22), вращением рукоятки разводят их на расстояние *L* и стопорят в этом положении. Освобождают стопоры стоек с пневматическими зажимами-держателями *3*, вращением рукоятки разводят их. Затем устанавливают планки зажимов-держателей *2* и *3* по размерам катушки *b* и *h*. Расстояние между губками должно быть равно длине пазовой части катушки с припуском 10 мм, если радиус угла перехода из пазовой части в лобовую $R=25$ мм, и с припуском 17—20 мм, если $R=50$ мм. Устанавливают расстоя-

ние между ближними и дальними зажимами-держателями *3* по размерам лодочки. Устанавливают упор механизма привода для получения необходимого угла разводки и соответствующего шага по указаниям в чертеже катушки.

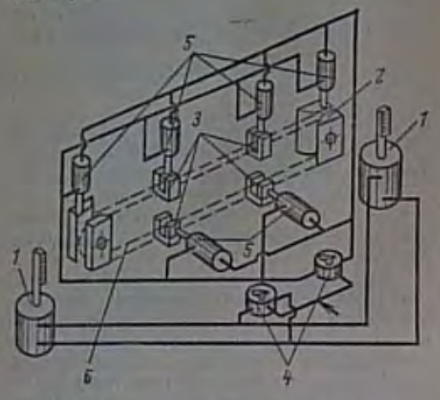


Рис. 6.22. Принципиальная схема пневморастяжного станка:

1 — силовой цилиндр растяжки; *2* — зажимы-держатели головок; *3* — зажимы-держатели пазовых частей; *4* — воздухораспределительные краны; *5* — пневмоцилиндры зажимов-держателей; *5* — лодочка

Перед растяжкой катушки проверяют ее направление. Направлением растяжки считается то направление, в котором последовательно укладываются катушки в пазы статора, если смотреть со стороны выводных концов: по часовой стрелке — левое направление (или обратная растяжка).

Отгибают выводные концы и укладывают лодочку в зажимы-держатели. При прямой растяжке головка лодочки должна устанавливаться в правый зажим-держатель лобовой части выводным концом вверх, при обратной растяжке — в левый зажим-держатель лобовой части выводным концом вверх. Подают сжатый воздух в пневмоцилиндры *5* (рис. 6.22) и силовые цилиндры *1*. Затем отпускают зажимы-держатели переключением крана *4* на подачу воздуха в пневмоцилиндры. Извлекают катушку из стакана, отгибают выводные концы на прежнее место и укладывают катушку на стеллаж.

Механизм привода растяжки возвращают в исходное положение переключением крана *4* на подачу воздуха в силовые цилиндры. Осмотром проверяют отсутствие смещения витков и повреждения витковой изоляции, габариты катушки, длину пазовой части, шаг обмотки и направление растяжки на соответствие требованиям чертежа. Вылет лобовых частей со стороны выводных концов должен быть короче, чем с противоположной стороны, на высоту витка лодочки.

Опрессовка и рихтовка катушек. Катушки, подлежащие опрессовке и рихтовке, должны быть плотно забандажированы киперной лентой по всему периметру. Применяемые при ремонтах прессы имеют механический, электромеханический, гидравлический или пневматический привод. Установка гидравлического пресса типа ГМ-338 для опрессовки катушек конструкции предприятия «Каунасэнергоремонт» имеет следующую техническую характеристику:

Давление масла в гидроцилиндрах гидрострубцин, МПа (кгс/см²)	9,8 (100)
Диаметр цилиндров гидрострубцин, мм	38
Ход вертикальных цилиндров, мм	85
Ход горизонтальных цилиндров, мм	20
Максимальные размеры пазовой части прессуемых катушек, мм:	
длина	800
ширина	480
сечение	35×15
Насосная станция:	
производительность насоса, л/мин	19,5
давление, МПа (кгс/см²)	9,8 (100)
Электродвигатель АОЛ2-42-2	
мощность, кВт	3,0
частота вращения, об/мин	1450
Сварочный трансформатор ТС-500	
рабочее напряжение, В	30
пределы регулирования тока, А	165—650

Гидравлическая установка состоит из следующих основных узлов: блока гидрострубцин, насосной станции и контактной каретки. Блок гидрострубцин представляет собой раму, соединенную двумя балками, на которых крепятся гидрострубцины. Балки внутри имеют электрические нагреватели и каналы для прохождения воды при охлаждении. Гидрострубцины представляют собой соединенные между собой попарно вертикальные и горизонтальные гидродомкраты. К пуансонам вертикальных гидродомкратов крепится сменный пуансон, формующий катушку по вертикали. Пуансон горизонтального домкрата формует катушку по горизонтали. Гидродомкраты соединены с коллекторами с помощью гибких шлангов высокого давления. Управление гидродомкратами производится с помощью золотника, закрепленного на раме.

Насосная станция состоит из электродвигателя, насоса, маслобака и пусковой аппаратуры, смонтированных на отдельной раме.

Контактная каретка состоит из стойки, закрепленной на углу рамы, по которой по вертикали перемещается телескопический рычаг. На конце телескопического рычага имеется поворотная коробка, к которой подается напряжение 220 В. Выводы прессуемой катушки вводят в окно поворотной каретки и закрепляют винтом. Питание нагревателей балок производится от сети переменного тока напряжением 220 В, а питание катушки при нагреве — от сварочного трансформатора ТС-500.

Для прессовки катушек изготовляют шаблон (рис. 6.23) для установки столов и блока гидроцилиндров пресса на требуемый шаг *S* между пазовыми частями катушки и на требуемый угол α развала пазовой части. Уголки пресс-планок устанавливают по шаблону. Боковые и верхние пресс-планки устанавливают в пуансонах гидроцилиндров пресса.

Рихтовочные колодки, по форме повторяющие лобовые части катушек, закрепляют на столах пресса (рис. 6.24).

В зависимости от применяемых материалов и технологии катушка перед опрессовкой может быть пропитана электроизоляционным лаком. Затем катушку укладывают и закрепляют ее выводы в контактной каретке. Включают электродвигатель привода маслонасоса

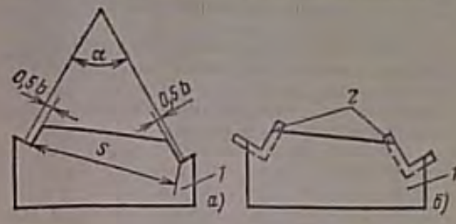


Рис. 6.23. Шаблон для установки столов и блока гидроцилиндров пресса:

а — шаблон; *б* — установка уголков пресс-планок по шаблону; *1* — шаблон; *2* — уголки пресс-планок

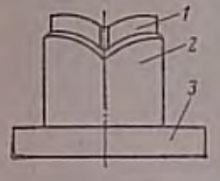


Рис. 6.24. Рихтовка лобовых частей катушки на колодках:

1 — катушка; *2* — рихтовочная колодка; *3* — стол пресса

и поворачивают рукоятку золотника в положение «на опрессовку». По достижении требуемого давления отключают электродвигатель. Включают нагрев катушки, балок и поднимают температуру до номинальной, определяемой технологическим процессом. Ударом молотка через буковую или текстолитовую подбойку рихтуют уголки, лобовые части и головки катушек по форме рихтовочного шаблона. Нагретую катушку выдерживают под давлением в течение 3—5 мин.

Отключают нагрев катушки и балок и открывают холодную воду на охлаждение балок и катушки. Охлаждают катушку до температуры 20—30 °С.

Повернув ручку управляющего крана на гидросистеме пресса в положение «возврат» для освобождения опрессованной катушки от давления, извлекают катушку из пресс-планок.

Пазовая часть катушки должна быть опрессована до получения плотного монолитного столбика в поперечном сечении провода. При этом смещение и перемещение витков и элементарных проводников относительно друг друга не должно превышать 0,1 мм. Размеры катушки после опрессовки пазовых частей и рихтовки лобовых частей должны соответствовать ее размерам по чертежу. Их проверяют путем укладки в статор или на макете. Для этого катушку укладывают так, чтобы верхняя ее часть попала в паз относительно нижней части на шаг обмотки. При этом проверяют положение катушки в пазах, общую ее длину и вылеты ее лобовых частей. При несоответствии одного из размеров катушки требованию чертежа или неправильном положении катушек в пазах статора относительно друг друга необходимо проверить все размеры рихтовочного шаблона и при необходимости изменить тот или иной размер. Затем вторично рихтуют катушку и проверяют в статоре или на макете.

Катушки складывают на стеллаже не более двух рядов по высоте. Между рядами катушек укладывают прокладки.

Компаундирование катушек. При перезолировке катушек обмотки статора используют

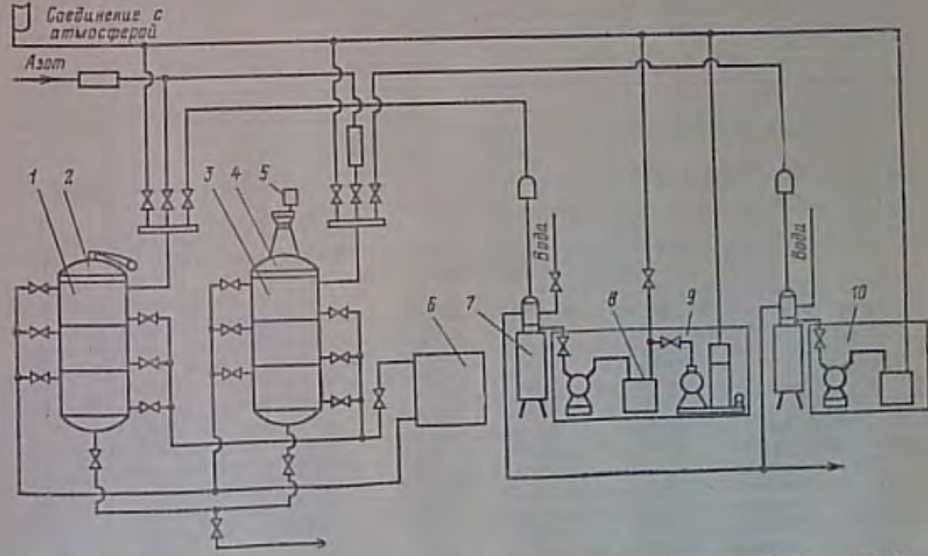


Рис. 6.25. Принципиальная схема установки для компаундирования катушек обмотки статора ЛПЭО «Электросила»

компаундирование в битумных компаундах. При компаундировании воздушные промежутки в изоляции заполняются компаундом, происходит удаление влаги и растворителей, тем самым повышается электрическая прочность, снижаются диэлектрические потери, улучшаются условия для теплопередачи и др.

Установка для компаундирования катушек битумным компаундом конструкции ЛПЭО «Электросила» (рис. 6.25) состоит из автоклава *1*, смесительного котла *3*, закрытого крышкой *4*, маслонагнетательной установки *6*, вакуумной станции *9* автоклава и смесительного котла *10*. Конденсаторы *7* и массоотделители *8* предотвращают попадание паров битума в вакуумные насосы. Автоклав имеет двойные стенки, между которыми прокачивается минеральное масло необходимой температуры, нагреваемое в маслонагнетательной установке *6*. Для быстрого открывания и закрывания автоклава крышка *2* имеет байонетный затвор. В крышке смесительного котла смонтирована мешалка *5* для перемешивания битумной массы.

Технологический процесс компаундирования рассмотрим по технологии предприятия «Южэнергоремонт». Катушки, подлежащие компаундированию, должны быть забандажированы по всему периметру с максимальным натягом, и их размеры должны соответствовать чертежу. При отсутствии указаний в чертеже катушки температура размягчения компаунда в автоклаве должна быть (117±2) °С.

Температуру размягчения компаунда определяют после каждой добавки битума и обработки массы. Пробу берут после перегона компаунда из автоклава в смесительный котел и тщательного перемешивания.

Для восполнения расхода и поддержания заданной температуры размягчения компаунда в смесительный котел добавляют битум марки Б порциями по 50—100 кг с массой одного куска не более 3 кг. Количество битума, которое необходимо добавить в смесительный котел для обеспечения заданной температуры размягчения компаунда, определяют по формуле:

$$A_д = A_к \frac{T_к - T}{T - T_д},$$

где $A_д$ — количество добавляемого битума, кг; $A_к$ — количество компаунда в котле, кг; T — заданная температура размягчения компаунда по нижнему пределу, °С; $T_д$ — температура размягчения добавляемого битума, °С; $T_к$ — фактическая температура размягчения компаунда в котле, °С.

Если добавлением битума марки Б не удается снизить температуру размягчения компаунда до заданной, тогда добавляют в смесительный котел битум марки БН-70/30. В зависимости от вида изоляции выбирают номер режима компаундирования по табл. 6.8. Режимы

Таблица 6.8. **Режимы компаундирования в зависимости от конструкции изоляции катушек обмотки статора**

Конструкция изоляции катушек	Число слоев	Номер режима	Число компаундировок
Витковая изоляция	1—2	1	1
Корпусная изоляция:			
микалентная комбинированная:	6—9	2	1
микалента	4—5	2	1
слюдопластолента	4	2	1
микалентная, выполняемая за один прием с промазкой слоев лаком БТ-99	8—11	3	1

Таблица 6.9. **Технологический режим компаундирования катушек**

Операции компаундирования	Температура, °С	Продолжительность операций для режимов, ч		
		1	2	3
Нагрев и сушка при атмосферном давлении	60—145	—	3	3
Сушка при атмосферном давлении	145—160	3	4	4
Первая сушка под вакуумом 66 кПа (50 мм рт. ст.)	150—160	—	2	3
Первый промежуточный нагрев при атмосферном давлении	150—160	—	1	1
Вторая сушка под вакуумом 53 кПа (40 мм рт. ст.)	150—160	3	3	5
Второй промежуточный нагрев при атмосферном давлении	150—160	—	1	1
Третья сушка под вакуумом 2,66 кПа (20 мм рт. ст.)	150—160	—	6	7
Подача битумной массы в автоклав	160	До 25	До 25	До 25
Пропитка и опрессовка катушек битумной массой под давлением 0,69—0,74 МПа (7—7,5 кгс/см²)	150—160	3	5	8
Выпуск битумной массы из автоклава	—	0,5—0,8	0,5—0,8	0,5—0,8
Выгрузка катушек	—	0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,4

компаундирования должны соответствовать табл. 6.9.

Время сушки и выдержки катушек под давлением отсчитывают с момента достижения в автоклаве заданных параметров. Рабочие параметры режимов компаундирования каждой партии катушек регистрируют самопишущими приборами и дежурный каждый час должен записывать показания приборов в журнал. Битумный компаунд перед выпуском в автоклав смешивают мешалкой в течение 2 ч. Для выдержки катушек под давлением 0,7—0,75 МПа (7—7,5 кгс/см²) применяют азот. Автоклав должен заполняться компаундом с таким расчетом, чтобы во время пропитки под давлением катушки были перекрыты массой компаунда не менее чем на 200 мм.

Изоляция катушек после компаундирования должна быть монолитной. Вздутия, провалы, складки и морщины по глубине не должны быть более 0,5 мм. Повреждения изоляции катушек в виде изломов, срезов и проколов не допускаются.

Перед компаундированием катушки необходимо подготовить к этой технологической операции. Для устранения морщин и неровностей изоляции на углах перехода пазовой части в лобовую и в лобовых частях поверх киперной ленты прибандажируют картонные прокладки толщиной 1 мм, шириной, равной высоте лобовой части катушки, и длиной 200—250 мм.

Для предохранения выводных концов от заваливания при компаундировании на лобовые части устанавливают металлические скобы и бандажируют их киперной лентой с максимальным натягом. Для предохранения от деформации на пазовые части катушек длиной более 590 мм и периметром ее сечения более 110 мм устанавливают уголки (рис. 6.26). Уголки располагают так, чтобы их концы находились на одинаковом расстоянии от лобовых частей и с максимальным натягом были прибандажированы киперной лентой. Поверхность уголка должна плотно прилегать к поверхности пазовой части катушек. Подготовленные катушки укладывают на полки контейнера (рис. 6.27). Между отдельными частями соседних катушек должно быть расстояние не менее 10 мм. Две крайние катушки закрепляют киперной лентой к перекладинам полок, а весь ряд стягивают киперной лентой в двух местах по прямой части катушек. Для предотвращения провисания лобовых частей при их вылете более 290 мм подкладывают и привязывают киперной лентой деревянные рейки со скошенными углами.

Перед началом компаундирования в смесительный котел добавляют необходимое количество битума. В зависимости от количества и марки добавленного битума готовят компаунд по одному из следующих вариантов.

к компаунду, находящемуся в смесительном котле, добавлено не более 3 % битума марки Б; его перемешивают в течение 5—6 ч, перегоняют 2—3 раза из смесительного котла в автоклав и обратно и применяют для компаундирования обмоток по любому режиму;

к компаунду, находящемуся в смесительном котле, добавлено более 3 % битума марки Б; его перемешивают в течение 24—28 ч при вакууме не более 5,3 кПа и применяют сначала не менее 1 раза для компаундирования витковой изоляции по режиму 1, а затем для компаундирования по любому режиму;

к компаунду, находящемуся в смесительном котле, добавлен битум марки БН-70/30; его перемешивают в течение 20—24 ч при вакууме 5,3—6,5 кПа (40—60 мм рт. ст.) и применяют сначала не менее 2 раз для компаундирования витковой изоляции катушек по режиму 1, а затем для компаундирования по любому режиму.

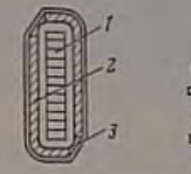


Рис. 6.26. Установка уголков на пазовые части катушек перед компаундированием:
1 — катушка; *2* — уголок; *3* — киперная лента

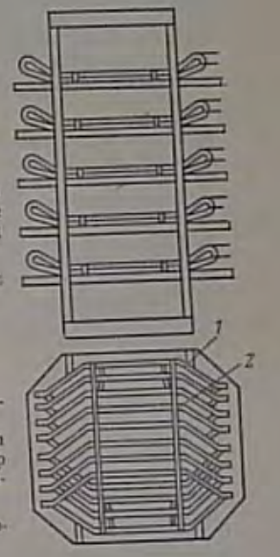


Рис. 6.27. Укладка катушек в контейнер для компаундирования:
1 — катушка; *2* — киперная лента

После выполнения подготовительных работ кран-балкой загружают в автоклав контейнер с катушками, закрывают и запирают крышку автоклава, в уплотнительное устройство байонетного затвора подают азот под давлением 0,98 МПа (10 кгс/см²) и компаундируют катушки в соответствии с режимом по табл. 6.11 и 6.12.

После окончания режима компаундирования и охлаждения катушек до температуры 30—40 °С снимают их с полок контейнера. Затем удаляют с катушки уголки, картонные прокладки и киперную ленту по всему периметру катушки.

Нанесение корпусной изоляции. В настоящее время для наложения непрерывной корпусной изоляции катушек используют два способа: ручной и механизированный. При механизированном способе используют лентоизолировочные станки типа ИЛ-1, разработанные ВНИИТэлектромашем, и ЛУС-8, разработанные ЛПЭО «Электросила». При использовании лентоизолировочных станков применяют ленты с подложками из стеклоткани, стеклосетки или полиэтилентерефталатной пленки. Изолировка лентами с бумажной подложкой из-за недостаточной их механической прочности выполняется обычно вручную.

Пазовая часть катушки до наложения корпусной изоляции должна быть опрессована до

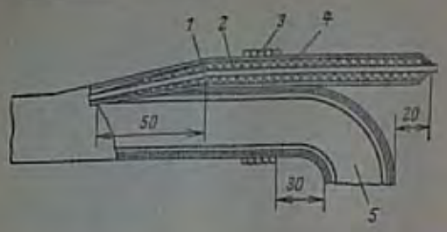


Рис. 6.28. Изоляция выводных концов катушек обмотки статора электродвигателей напряжением 6 кВ, мощностью до 1000 кВт:

1 — выводной конец; *2* — миканелита; *3* — шуровой бандаж; *4* — стеклолента; *5* — лобовая часть катушки

получения монолитного столбика по поперечному сечению. На изолирующей ленте не должно быть непропитанных мест, сквозных отверстий, отслаивания слюды, морщин и складок на поверхности. С торца ролика ленты снимают нитки. При наложении слоев изоляции необходимо следить, чтобы нитки не попадали поперек накладываемой ленты.

При применении ленты ЛМЧ-ББ, ЛИФЧ-ББ для промазки поверхности катушки и слоев наносимой изоляции должен применяться лак БТ-99. Вязкость лака для промазки должна быть в пределах 50—60 с по вискозиметру ВЗ-4. При применении лент марки $ЛС_2К$-110 для этих целей используют эпоксидно-резольный лак ЭР1-30 и компаунд К-110.

Каждый слой корпусной изоляции должен наноситься строго вполнахлеста, без складок, надрывов и пустот между слоями. Не допускается стыковка лент в пазовой части катушки. Изоляция выводных концов катушки должна выполняться не менее чем на $^1/_2$ длины плеча лобовой части (рис. 6.28). Переход изоляции выводных концов в изоляцию лобовых частей выполняется в виде конуса. Число слоев изоляции и геометрические размеры должны соответствовать требованиям чертежа катушки или данным с табл. 6.10. Слои изоляции выводных концов накладывают в направлении к лобовой части с равномерным сдвигом каждого последующего слоя таким образом, чтобы образовавшийся конус изолированного выводного конца плотно прилегал к лобовой части катушки.

Головки катушки изолируют лентой шириной 20 мм в соответствии с указаниями в чертеже катушки. При изолировании головок со стороны выводных концов слои изоляции в лобовых частях сводят на конус в том месте, где сведены на конус слои изоляции выводных концов. Оба этих конуса должны плавно прилегать друг к другу. Наложение изоляции на обе головки выполняют в одном направлении. При изолировке головок и выводных концов ленту утягивают усилием руки после каждого ее оборота.

Таблица 6.10. Число слоев изоляции катушек обмоток статоров электродвигателей 6 кВ

Место наложения	Минимальное число слоев ленты разной толщины	
	0,13	0,17
Выводные концы и головки катушки	5	4
Лобовые части катушки	8	6
Прямые части катушки	9	7

Корпусная изоляция, нанесенная на прямую часть катушки, должна переходить в лобовую часть не менее чем на $^1/_3$ длины плеча лобовой части. Сопряжение изоляции лобовой части с изоляцией, ранее нанесенной на головки, выполняют постоянным заходом каждого слоя на подготовленный конус. При нанесении последнего слоя изоляции прямой конус должен быть полностью закрыт.

На лобовой и пазовой частях катушки изоляция должна быть наложена в том же направлении, что и на головках. Через каждые два-три оборота ленту утягивают усилием руки. В углах перехода пазовой части в лобовую изоляцию дополнительно утягивают киперной лентой шириной 30 мм, а на катушках с числом витков 10 и более или с числом параллельных проводников в витке 6 и более изоляцию утягивают стеклолентой. Стеклоленту накладывают после четырех-пяти слоев изоляционной ленты в том же направлении, что и изоляционную ленту, впритык или в $^1/_3$ нахлеста с усилием не менее 98 Н (10 кгс). Число слоев изоляции, накладываемой на катушку, должно быть не менее, чем указано в табл. 6.10, а толщина корпусной изоляции должна соответствовать указаниям в чертеже катушки.

В зависимости от фактической толщины применяемой ленты для обеспечения требуемого размера (толщины) изоляции катушек электродвигателей мощностью до 1000 кВт допускается уменьшить количество слоев изоляции на пазовой части катушки на один слой или увеличивать на один-два слоя по сравнению с числом, указанным в табл. 6.10.

Затем катушки изолируют по всему периметру стеклолентой с максимальным натягом. На прямых участках катушки лента укладывается впритык, а в лобовых частях и головках — вполнахлеста.

При ручной изолировке катушку укладывают на стойки для изолировки и поверхность промазывают лаком БТ-99. Не нарушая монолитности катушки, отделяют выводные концы и размечают их под изолировку в соответствии с рис. 6.28. Наносят изоляцию на выводные концы и головки в соответствии с заводским чертежом или табл. 6.10. Если изоляционная лента, наносимая на головки, пазовую и лобовую части, одинакова, то при ручной изолировке головку со стороны, противоположной выводным концам, изолируют одновременно с пазовой частью, без переходов в виде конуса.

На изолированные выводные концы и головки накладывают стеклоленту с максимальным натягом. Выводные концы бандажируют к лобовым частям катушки стеклолентой или шнуром (рис. 6.28), укладывая витки строго в один ряд. Изолируют лобовые и пазовые части катушки и накладывают слой стеклоленты.

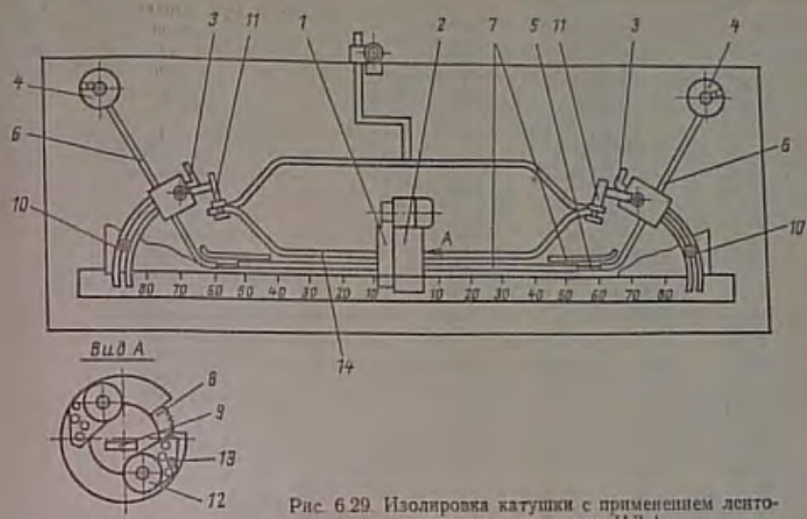


Рис. 6.29. Изолировка катушки с применением ленто-изолировочного станка ИЛ-1:

1 — щиток; *2* — каретка; *3* — стопорный болт; *4* — рукоятка; *5* — трос натяжной; *6* — направляющие лобовых частей; *7* — направляющие пазовой части; *8* — сектор зубчатого венца; *9* — опорный ролик; *10* — шайба прижимная; *11* — катушкодержатель; *12* — втулки обмоточной головки; *13* — натяжные ролики; *14* — катушка

При механизированной изолировке пользуются станком ИЛ-1. В зависимости от ширины применяемой ленты на станке устанавливают сменные шестерни, расположенные под щитком *1* электродвигателя, который находится на каретке *2* (рис. 6.29). Освободив стопорный болт *3*, натяжением троса *5* при помощи рукоятки *4* устанавливают между направляющими *6* расстояние, равное длине пазовой части катушки. Из отдельных планок набирают два ряда направляющих таким образом, чтобы по всей длине их прямолинейной части между планками было перекрытие не менее 5 мм. Включают привод перемещения каретки *2* и останавливают ее на прямолинейной части направляющих. Открывают сектор *8* зубчатого венца обмоточной головки и заводят катушку в обмоточную головку. Освободив шайбу *10*, устанавливают угол наклона направляющих *6* в соответствии с углом наклона лобовой части катушки. Закрепив катушку держателями *11*, включают привод перемещения каретки *2* и прокатывают ее вхолостую по всей длине изолируемого участка катушки.

Направляющие *6* и *7* регулируют так, чтобы при перемещении обмоточной головки изолируемая часть катушки постоянно упиралась в ролик *9* с отклонением от его середины не более 3 мм. Установив рулон изоляционной ленты на втулку *12*, снимают крайний диск со втулки. Затем вставив рулон изоляционной ленты и поставив диск на место, нажимают на выступающую втулку и поворачивают ее на 90° до полной фиксации. Включив привод перемещения каретки *2*, ставят обмоточную головку в левое исходное положение. Заправляют конец ленты и закрепляют ее на катушке поворотом обмоточной головки вручную на 2—2,5 оборота. Натяжение ленты регулируют поджатием тормозной пружины. Угол наклона втулок *12* регулируют таким образом, чтобы лента при изолировке обеспечивала равномерный натяг по ее ширине. После окончания регулировки изолируют одну сторону катушки.

При изолировке накладывают концы изоляционной ленты на лобовую часть катушки с нахлестом таким образом, чтобы конец конуса изолировки головки и лобовой части был перекрыт на 20—25 мм. Пускают станок и наносят первые два слоя ленты до конуса изолировки правой лобовой части катушки, обрывают ленту и доизолируют вручную с заходом на конус на 20—25 мм. Если число слоев корпусной изоляции нечетное, то при первом проходе используют только один рулон ленты. Возвращают каретку в левое исходное положение. Аналогично наносят остальные слои ленты. Все слои накладывают только в одном направлении. Лобовые части катушек после каждого прохода каретки доизолируют вручную в местах соединений с корпусом с выполнением изложенных выше требований. Наносят изоляцию на одну сторону всех остальных катушек этого типа. Отрегулировав станок, наносят изоляцию на другую сторону катушек. Затем наносят защитный слой стеклоленты и контролируют размеры катушек и укладывают их на стеллаж.

У ленточзолировочного станка ЛУС-8 настройку выполняют в следующей последовательности (рис. 6.30). По длине пазовой части катушки в направляющих пазах станины *1* раздвигают винтом левый *4* и правый *5* столы. На столах устанавливают лобовую часть копира *10*, сменный радиусный сектор копира *11* и постоянный отрезок пазовой части копира *12*, равный 160 мм. Подобранный сменный радиусный сектор копира устанавливают в замок между пазовой и лобовой частями копира. Для этого лобовую часть копира отводят на большой угол вращением маховика *13* через чер-

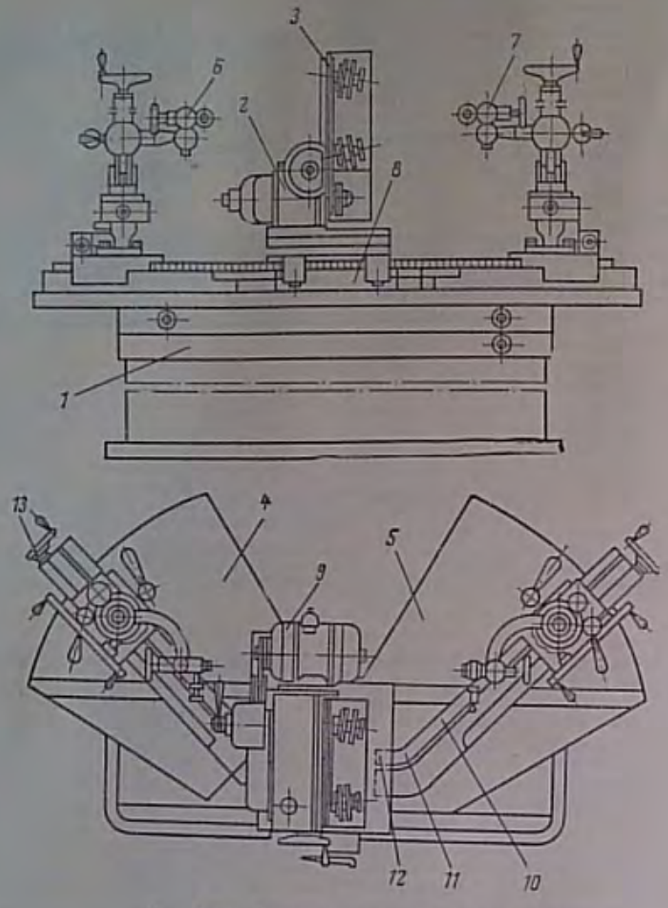


Рис. 6.30. Лентоизолировочный станок ЛУС-8:

1 — станина; *2* — каретка; *3* — розетка обмоточных головок; *4* — стол левый; *5* — стол правый; *6* — катушкодержатель левый; *7* — катушкодержатель правый; *8* — набор копиров; *9* — электродвигатель; *10* — лобовая часть копиров; *11* — сменный радиусный сектор копира; *12* — постоянный отрезок пазовой части копира; *13* — маховик

пячный редуктор, шестерню и рейку. Затем сменный сектор снимают и заменяют другим. Если длина пазовой части катушки равна 320 мм, столы сдвигают вплотную. При большей длине пазовой части устанавливают дополнительные (сменные) копиры. При установке сменных копиров рассчитывают суммарную длину всех копиров, которая должна равняться размеру пазовой части катушки.

Закрепляют катушку в катушкодержателях *6* и *7*, установленных в пазу лобовой части копира на левом и правом столах. Устанавливают каретку у вылета лобовой части катушки и регулируют стойку так, чтобы катушка лежала на риске ролика. Если катушка не лежит на риске ролика, необходимо сменить копир в пазовой части. Заправляют ролики изоляционного материала на осевые втулки обмоточных головок и закрепляют их винтами. В дальнейшем изолировку выполняют аналогично изолировке станком ИЛ-1.

6.5 РЕМОНТ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ

Для контроля температуры в электродвигателях используют термопреобразователи типа ТСМ с чувствительным элементом из медной проволоки ПЭЛШО и платиновые типа ТСП. Номинальное сопротивление постоянному току обмотки термопреобразователей типа ТСМ при 0 °С R_0=53 Ом. Обозначение градуировки Гр23 (при температурном коэффициенте α=4,26·10^{-3} 1/град). С 1979 г. преобразователи типа ТСМ выпускаются с сопротивлением R_0=50 Ом при 0 °С. Обозначение градуировки 50М по ГОСТ 6651—78. Сопротивление постоянному току термопреобразователей типа ТСП при 0 °С R_0=100 Ом. Обозначение градуировки 100П по ГОСТ 6651—78. Значения сопротивлений постоянному току термопреобразователей типов ТСМ и ТСП приведены в табл. 6.11. При ремонте измеряют сопротивление термопреобра-

Таблица 6.11. Градуировочная таблица термопреобразователей от 0 до 180 °С

t, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Сопротивление, Ом									
ТСМ (R_0=53 Ом)										
0	53	53,23	53,45	53,68	53,9	54,13	54,36	54,58	54,81	55,03
10	55,26	55,48	55,71	55,94	56,16	56,39	56,61	56,84	57,06	57,29
20	57,52	57,74	57,97	58,19	58,42	58,65	58,87	59,1	59,32	59,55
30	59,77	60	60,2	60,45	60,68	60,9	61,13	61,35	61,58	61,81
40	62,03	62,26	62,48	62,71	62,93	63,16	63,39	63,61	63,84	64,06
50	64,29	64,52	64,74	64,97	65,19	65,42	65,64	65,87	66,10	66,32
60	66,55	66,77	67	67,22	67,45	67,68	67,9	68,13	68,36	68,58
70	68,81	69,03	69,26	69,48	69,71	69,93	70,16	70,39	70,61	70,84
80	71,06	71,29	71,51	71,74	71,97	72,19	72,42	72,64	72,87	73,09
90	73,32	73,55	73,77	74	74,22	74,45	74,68	74,9	75,13	75,35
100	75,58	75,8	76,03	76,26	76,48	76,71	76,93	77,15	77,38	77,61
110	77,84	76,06	78,29	78,51	78,74	78,97	79,19	79,42	79,64	79,87
120	80,09	80,32	80,55	80,77	81	81,22	81,45	81,67	81,9	82,13
130	82,35	82,58	82,8	83,03	83,26	83,48	83,71	83,93	84,16	84,38
140	84,61	84,84	85,06	85,29	85,51	85,74	85,96	86,19	86,42	86,64
150	86,87	87,09	87,32	87,54	87,88	88	88,22	88,45	88,67	88,9
160	89,13	89,35	89,58	89,8	90,03	90,25	90,48	90,71	90,93	91,16
170	91,38	91,61	91,83	92,06	92,29	92,51	92,74	92,96	93,18	93,42
180	93,64	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ТСМ (R_0=50 Ом)										
0	50	50,21	50,43	50,64	50,86	51,07	51,28	51,50	51,71	51,93
10	52,14	52,35	52,57	52,78	53	53,21	53,42	53,64	53,85	54,07
20	54,28	54,5	54,71	54,92	55,14	55,35	55,56	55,78	55,99	56,21
30	56,42	56,64	56,85	57,06	57,28	57,49	57,71	57,92	58,13	58,35
40	58,56	58,78	58,99	59,2	59,42	59,63	59,85	60,06	60,27	60,49
50	60,7	60,92	61,13	61,34	61,56	61,77	61,99	62,2	62,41	62,63
60	62,84	63,06	63,27	63,48	63,7	63,91	64,13	64,34	64,55	64,77
70	64,98	65,2	65,41	65,62	65,84	66,05	66,26	66,48	66,69	66,91
80	67,12	67,34	67,55	67,76	67,98	68,19	68,4	68,62	68,83	69,05
90	69,26	69,47	69,69	69,9	70,12	70,33	70,54	70,76	70,97	71,19
100	71,4	71,61	71,83	72,04	72,26	72,47	72,68	72,90	73,11	73,33
110	73,54	73,75	73,97	74,18	74,4	74,61	74,82	75,04	75,25	75,46
120	75,68	75,89	76,11	76,32	76,53	76,75	76,96	77,18	77,39	77,6
130	77,82	78,03	78,24	78,46	78,67	78,89	79,1	79,32	79,53	79,74
140	79,96	80,17	80,38	80,6	80,81	81,03	81,24	81,45	81,67	81,88
150	82,1	82,31	82,52	82,74	82,95	83,16	83,38	83,59	83,81	84,02
160	84,24	84,45	84,66	84,88	85,09	85,31	85,52	85,73	85,95	86,16
170	86,37	86,59	86,8	87,02	87,23	87,44	87,66	87,87	88,08	88,3
180	88,51	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ТСП (R_0=100 Ом)										
0	100	100,4	100,79	101,19	101,59	101,98	102,38	102,78	103,17	103,57
10	103,96	104,36	104,76	105,15	105,55	105,94	106,34	106,73	107,13	107,52
20	107,92	108,31	108,71	109,1	109,5	109,89	110,29	110,68	111,07	111,47
30	111,86	112,25	112,65	113,04	113,43	113,83	114,22	114,61	115,01	115,4
40	115,79	116,18	116,58	116,97	117,36	117,75	118,14	118,53	118,92	119,32
50	119,71	120,10	120,49	120,88	121,27	121,66	122,05	122,44	122,83	123,22
60	123,61	124	124,39	124,78	125,17	125,56	125,95	126,34	126,73	127,12
70	127,5	127,9	128,28	128,67	129,06	129,45	129,84	130,22	130,61	131
80	131,38	131,78	132,16	132,55	132,94	133,32	133,71	134,1	134,48	134,87
90	135,26	135,64	136,03	136,42	136,8	137,19	137,67	137,96	138,34	138,73
100	139,11	139,5	139,88	140,27	140,65	141,04	141,42	141,81	142,19	142,58
110	142,96	143,34	143,73	144,11	144,49	144,88	145,26	145,64	146,03	146,41
120	146,79	147,18	147,56	147,94	148,32	148,7	149,09	149,47	149,85	150,23
130	150,61	151	151,38	151,76	152,14	152,52	152,9	153,28	153,66	154,04
140	154,42	154,8	155,18	155,56	155,94	156,32	156,7	157,08	157,46	157,84
150	158,22	158,6	158,98	159,36	159,74	160,12	160,49	160,87	161,25	161,63
160	162,01	162,38	162,76	163,14	163,52	163,9	164,27	164,65	165,03	165,4
170	165,78	166,16	166,54	166,91	167,29	167,66	168,04	168,42	168,79	169,17
180	169,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—

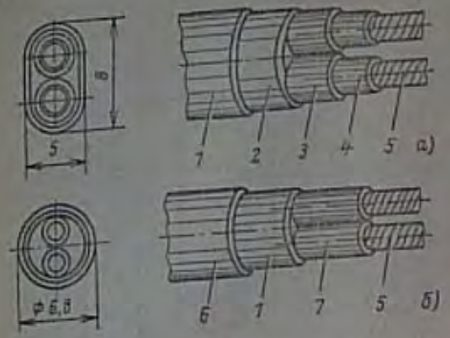


Рис. 6.31. Провода ПТСД (*а*) и КУФЭФС (*б*)

1 — оплетка из проволоки (экран); *2* — оплетка из хлопчатобумажной пряжи; *3* — два слоя стеклопряжи; *4* — дельта-асбестовая изоляция; *5* — жила из медных проволочек; *6* — резиновая изоляция; *7* — термопреобразователей.

зователей и результаты сравнивают с данными предыдущих замеров. Фактическое сопротивление каждого термопреобразователя с указанием измеренной температуры среды указывают в протоколе.

Допустимое отклонение сопротивления термопреобразователей при 0 °С в процентах номинального значения не должно превышать значений, указанных в табл. 6.12.

Таблица 6.12. **Допустимые отклонения сопротивления термопреобразователей**

Тип термопреобразователя	Допустимое отклонение номинального сопротивления R_0 при 0 °С, %, для классов				
	I	II	III	IV	V
ТСП	±0,05	±0,1	±0,2	±0,4	±0,8
ТСМ	—	±0,1	±0,2	±0,5	±1

Примечание. Классы I—III — для платиновых термопреобразователей, II и III — для медных термопреобразователей.

При эксплуатации после периодических проверок допускается переводить термопреобразователь в последующий класс.

Сопротивление изоляции термопреобразователей и соединительных проводов измеряют мегаомметром напряжением 250 В. Сопротивление изоляции [19] не нормируется. По нормам завода «Сибэлектротяжмаш» значение сопротивления изоляции не должно быть менее 1 МОм.

Неисправные термопреобразователи и соединительные провода заменяют новыми. В качестве соединительных проводов можно использовать двухжильные провода ПТСД или КУФЭФС (рис. 6.31). Провод ПТСД имеет дельта-асбестовую и стекловолокнистую изоляцию и предназначен для работы в среде, не соприкасающейся с водой. Провод КУФЭФС с изоляцией из фторопласта в общем экране, в оболочке из резины на основе фторкаучука рекомендуется применять в электродвигателях с водяным охлаждением и в электродвигателях привода водяных насосов. Основные данные проводов ПТСД и КУФЭФС приведены в табл. 6.13.

При замене термопреобразователей концы его проводов зачищают от изоляции и разделывают соединительный провод. Скруткой концы термопреобразователя и провода соединяют так, чтобы места соединений проводов были смещены относительно друг друга на 20—25 мм. Места соединений пропаивают припоем ПОС-40, изолируют двумя слоями стеклоленты вполнахлеста и покрывают лаком БТ-99, а затем измеряют сопротивление изоляции термопреобразователя и проводов. Провода установленных термопреобразователей в пазовой части до торца активной стали укладывают на прокладку из текстолита или стеклотекстолита. В пазу между проводами и далее по всей длине укладывают прокладки из текстолита толщиной, равной высоте термопреобразователя. Размеры прокладок уточняют по месту. Термопреобразователи и прокладки приклеивают клеем 88-Н. После укладки обмотки проверяют наличие цепи термопреобразователя и измеряют сопротивление изоляции.

6.6. РЕМОНТ ОБМОТКИ СТАТОРОВ С ТЕРМОРЕАКТИВНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

В настоящее время все большее применение находят электродвигатели, обмотки статоров которых выполняются с изоляцией на термореактивных связующих. Эти обмотки в основном неремонтопригодны, но некоторые дефекты и повреждения изоляции могут быть устранены в условиях предприятий, эксплуатирующих или ремонтирующих эти электродвигатели.

Таблица 6.13. **Основные данные проводов марки ПТСД и КУФЭФС**

Данные	Марка провода	
	ПТСД	КУФЭФС
Наружные размеры, мм	5×8	∅ 6,8±0,7
Токопроводящая жила	19 проволок ∅ 0,23	7 проволок ∅ 0,37
Сопротивление постоянному току токопроводящей жилы на 1 км при 20 °С, Ом	24,6	25,53
Сопротивление изоляции между жилами провода (мегаомметр 500 В), на 1 км МОм	Не менее 100	Не менее $1 \cdot 10^3$
Расчетная масса 1 км, кг	66,26	81

Работы по восстановлению изоляции на термореактивных связующих (а она достаточно хрупкая) производятся с соблюдением мер предосторожности во избежание повреждения изоляции исправляемой и рядом находящихся катушек. Для разделки кромок изоляции применяют острые ножи или стамеску с хорошо заточенной под углом 15—20° режущей кромкой при ширине ее 4—6 мм. В сочетании со стамеской используют молоток массой не более 0,1 кг.

При обнаружении забоин на поверхности и электрическом пробое изоляции лобовых частей зачищают поврежденные места изоляции. При устранении забоины зачистку поврежденного места выполняют в виде конического углубления, а при пробое разделывают изоляцию до меди витка (рис. 6.32). Место разделки обезжиривают бензином «Галоша» ГОСТ 1012—72 и тщательно заделывают шпателевкой.

Эпоксидный лак и шпателевку приготовляют из следующих материалов в соотношении, массовые части:

Смола ЭД-22 или ЭД-20 (ГОСТ 10587—76)	10
Полиамидная смола Л-19 или Л-20 (МРТУ 6-65-1126—76)	4—6
Спирт гидролизный (ТУ 3-66—75)	2
Этилцеллозольв (ГОСТ 8313—76)	2

Вместо полиамидной смолы Л-19 и Л-20 может быть использован гексаметилендиамин по МРТУ 6-01-330—69 или полиэтиленполиамин по ТУ 6-02-594—70 в соотношении 1, 2 массовой части на 10 массовых частей смолы ЭД-22 или ЭД-20.

Составные части смешивают в такой последовательности: в смолу ЭД-22 или ЭД-20 добавляют спирт, этилцеллозольв и тщательно их перемешивают, затем добавляют полиамидную смолу или ее заменитель и тщательно перемешивают в течение 4—6 мин.

Шпателевку готовят на основе лака с добавлением слюдяной муки до требуемой густоты, при которой шпателевкой можно заделать место разделки изоляции. Приготовленный лак и шпателевка годны к употреблению в течение 3 ч после их изготовления.

Работают с эпоксидным лаком и шпателевкой в резиновых перчатках в хорошо вентилируемом помещении или на открытом воздухе. При попадании эпоксидного лака или шпателевки на кожу необходимо тщательно снять ее ватным тампоном, смоченным в спирте, и промыть руки с мылом.

Поверх шпателевки укладывают четыре-пять простынок соответствующих размеров из стеклослюдинитовой ленты ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×100 и прибандажировывают их двумя слоями ленты ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 с перекрытием ½ ширины.

При отсутствии стеклослюдинитовой ленты шириной 100 мм может быть использована лента меньшей ширины, при этом укладывают четыре-пять слоев простынок с перекрытием их относительно друг друга в каждом слое на ½ ширины.

При устранении повреждения изоляции стеклослюдинитовой лентой ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 укладывают семь слоев с

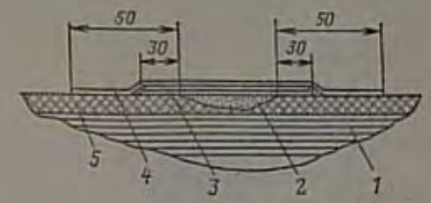


Рис. 6.32. Восстановление изоляции поврежденного участка обмотки:

1 — медь; *2* — шпателевка; *3* — простынки из ленты (четыре-пять слоев); *4* — лента стеклослюдинитовая; *5* — изоляция катушки

перекрытием ½ ширины. Каждый слой простынок и лент промазывают лаком.

Отверждение лака и шпателевки проводят на воздухе в течение 48 ч, по истечении которых на ощупь проверяется результат: лак должен быть твердым и не иметь «отлипа». Сушка лака может быть ускорена до 6 ч при температуре 80 °С.

После отверждения изоляцию испытывают двукратным номинальным напряжением, наложив электрод на место исправления.

При повреждении изоляции или обрыве межкатушечного или межгруппового соединения восстановление выполняют в следующей последовательности: снимают изоляцию на поврежденном месте или на концах провода на длине 15 мм, а в случае обрыва провода рихтуют и срезают оба конца под пайку под углом не менее 45°. Концы соединяют пайкой припоем ПСр-15 (ГОСТ 8190—76) или другим припоем, содержание серебра в котором должно быть не менее 15 %; серебросодержащие припои применяются для электродвигателей мощностью 5000 кВт и выше. Для обмоток электродвигателей меньшей мощности применяют припои, не содержащие серебра (ПМФ-7 и др.).

Изолируют соединение стеклослюдинитовой лентой ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 не менее 10 слоев с перекрытием ½ ширины с послойной промазкой лаком.

Накладывают, промазав лаком, слой стеклянной ленты ЛЭС 0,10×20 (ГОСТ 5937—81) с перекрытием ½ ширины при натяжении 98—147 Н (10—15 кгс), уплотняя ранее наложенную изоляцию. После отверждения изоляции на исправленное место накладывают электрод и испытывают двукратным номинальным напряжением.

При пробое или витковом замыкании в пазу катушки верхнего ряда устранение неисправности выполняют в следующей последовательности:

испытывают две оставшиеся фазы испытательным напряжением, превышающим номинальное в 1,7 раза;

отыскивают пробитую катушку и обрезают ее вблизи головок лобовых частей;

извлекают полукатушку из паза по отдельным проводникам;

зачищают стенки паза от оставшейся корпусной изоляции полукатушки, избегая повреждения стенок паза и замыкания листов электротехнической стали;

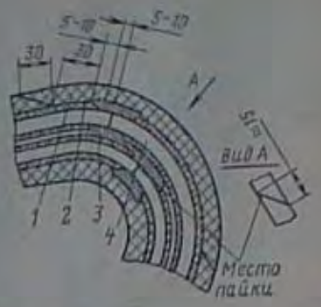


Рис. 6.33. Соединения заменяемой полукатушки в лобовых частях:

1 — корпусная изоляция; 2 — витковая изоляция; 3 — лента стеклослюдинитовая; 4 — медь

на оставшейся полукатушке в местах среза разделывают на конус корпусную изоляцию, освобождают каждый проводник от витковой изоляции, разделывая ее также на конус;

изготовляют новую полукатушку из провода ПСД (ГОСТ 7019—71) соответствующего сечения с наложением на каждый виток изоляции в один слой с перекрытием $^1/_2$ ширины стеклослюдинитовой ленты ЛС-25-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,09×20 для двигателей мощностью до 1000 кВт или стеклослюдинитовой ленты ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 для двигателей мощностью выше 1000 кВт. Изоляцию каждого витка сводят на конус и промазывают лаком;

укладывают новую полукатушку в паз, наложив на нее в нескольких местах временный бандаж, и производят подгонку полукатушек относительно друг друга;

срезают каждый проводник полукатушек под пайку под углом не менее 45°;

снимая временный бандаж, выполняют корпусную изоляцию новой полукатушки стеклослюдинитовой лентой ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 с перекрытием $^1/_2$ ширины с послойной промазкой лаком холодного отверждения. Ленту накладывают с максимальной утяжкой семью слоями для вазовой части электродвигателей мощностью до 1000 кВт и восьмью слоями для электродвигателей мощностью свыше 1000 кВт, а для лобовой части полукатушки соответственно шестью и семью слоями. Разрешается вместо ленты ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 использовать ленту ЛСК-1К-110-ТТ; 0,13×20 (ТУ 16-503.074—70). У головок лобовой части корпусная изоляция сводится на конус;

укладывают полукатушку в паз, проверяя точность подгонки головок полукатушек, заклинивают ее, промазывая лаком прокладки, клинья и стенки паза;

закрепляют лобовую часть новой полукатушки при помощи стеклотекстолитовых распорок и стеклочулка АСЭЧ(6)3,5, смазав лаком места закрепления (распорки, катушки в местах их прилегания, стеклочулок). После выполнения этих операций делают выдержку для отверждения изоляции;

производят пайку проводников припоем ПСр-15 (ГОСТ 8190—76), смещая места пайки последующего витка на 10—15 мм, а при большом количестве проводников в катушке места пайки располагают в шахматном порядке. Тщательно зачищают места пайки от наплывов припоя (рис. 6.33);

в местах пайки накладывают витковую изоляцию стеклослюдинитовой лентой ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 один слой с перекрытием $^1/_2$ ширины с промазкой лаком. Пайку последующих проводников выполняют только после отверждения изоляции на предыдущих проводниках. В качестве витковой изоляции можно использовать прокладки из миканита ГФС-0,05 (ГОСТ 6120—75);

корпусную изоляцию в местах пайки выполняют стеклослюдинитовой лентой ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 в шесть слоев для электродвигателей до 1000 кВт и в семь слоев для электродвигателей выше 1000 кВт с перекрытием $^1/_2$ ширины с послойной промазкой лаком;

после отверждения лака проводят испытания фазы напряжением, превышающим номинальное в 1,7 раза.

При пробое или витковом замыкании в пазовой части катушки нижнего ряда или в местах, недоступных для восстановления изоляции, завод-изготовитель рекомендует произвести замену сердечника статора с обмоткой.

Для временной работы электродвигателей серии АТД2 до капитального ремонта разрешается исключить из схемы поврежденную катушку, исключив также из схемы еще по одной катушке в каждой из фазных групп через 60° друг от друга (всего шесть катушек). Концы исключенных катушек изолируют корпусной изоляцией стеклослюдинитовой лентой ЛС-40-ТТ-УТ (УП-2,5); 0,13×20 в несколько слоев, наложив поверх нее и промазав лаком стеклянную ленту ЛЭС; 0,10×20 (ГОСТ 5937—81) с перекрытием $^1/_2$ ширины.

Раздел седьмой

РЕМОНТ РОТОРОВ

7.1. РЕМОНТ ВАЛОВ

Ремонт валов газопламенным напылением. Восстановлению методом газопламенного напыления подлежат места валов под посадку подшипников и полумуфт, а также места подшипниковых щитов, имеющие сплошную выработку по диаметру до 1,5—3 мм.

Для восстановления изношенных участков вала выполняют предварительную механическую обработку поверхности для придания ей шероховатости, обезжиривают, затем напыляют подслой, обеспечивающий прочную связь основного металла с рабочим слоем покрытия и защиту основного металла от окисления в межоперационный период, напыляют рабочий

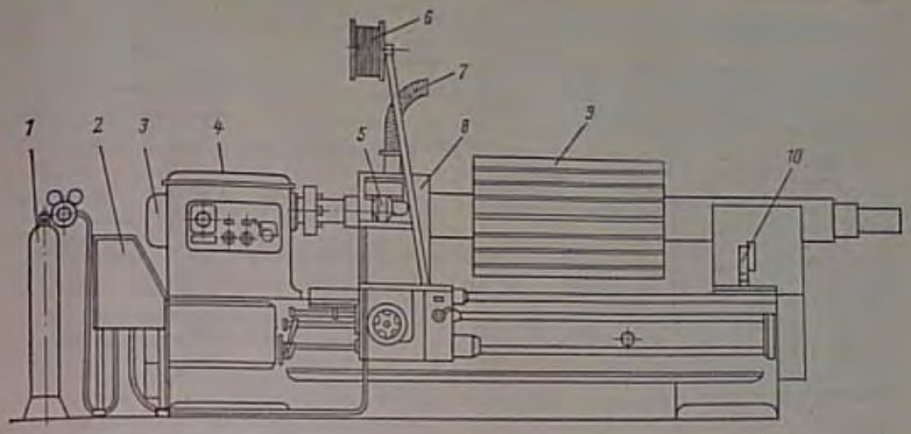


Рис. 7.1. Установка для нанесения покрытий газопламенным напылением:

1 — рампа с пропан-бутановым и кислородным баллонами; 2 — пульт управления; 3 — дополнительный редуктор; 4 — станок токарный; 5 — головка распылительная; 6 — катушка с проволокой; 7 — трубопровод вытяжной вентиляции; 8 — зонт вытяжной вентиляции; 9 — ремонтируемый ротор электродвигателя; 10 — роликоопора

слой и затем заключительной механической обработкой напыленного слоя доводят посадочное место до требуемого размера.

Напыление подслоя выполняют материалами, дающими экзотермическую реакцию (преимущественно сплавы типа никель—алюминий), проявляющуюся в процессе напыления при нагреве напыляемых частиц выше 650 °С в выделении дополнительного тепла, способствующего прочному сцеплению напыляемого слоя с основным металлом.

Состав оборудования и применяемые материалы. Установка для нанесения покрытий, разработанная Львовским филиалом ЦКБ Союзэнергоремонта (рис. 7.1), позволяет восстанавливать валы диаметром до 250 мм. Для вращения вала с частотой 0,1—0,6 $с^{-1}$ в кинематическую цепь привода главного движения устанавливают дополнительный редуктор между звеньями: электродвигатель — ведущий вал коробки скоростей. Для расширения диапазона станка по длине напыляемых валов он оборудуется дополнительной роликоопорой. Распылительная головка газового металлизатора МГИ-4П (ТУ 26-05-384—75) устанавливается на суппорт станка. Катушку с проволокой закрепляют при помощи кронштейна на каретке станка.

Для отсоса аэрозолей металлов и токсичных продуктов сгорания газов установка должна быть оборудована системой местной вытяжной вентиляции.

Перечень оборудования, используемого для напыления и контроля качества покрытия, приведен в табл. 7.1.

Предварительную и заключительную механические обработки мест под посадку произ-

Таблица 7.1. Перечень оборудования и инструментов, используемого для восстановления мест под посадку валов

Оборудование и инструменты	ГОСТ, ТУ	Количество
Установка для нанесения покрытий	Нестандартизированное оборудование	1
Установка для перемотки проволоки	То же	1
Кран-балка грузоподъемностью до 10 т	—	1
Машинка шлифовальная ИЭ2103А	ГОСТ 5.715—71	1
Магнитный дефектоскоп ПМД-70	—	1
Индикатор И-410Б	ГОСТ 577—68	1
Микроскоп МВС-2	ТУ 3.1210—75	1
Металлизатор газовый МГИ-4П	ТУ 26-05-384—73	1
Редуктор ДКП-1-65	ТУ 26-05-463—76	2
Редуктор ДПП-1-65	ТУ 26-05-463—76	2
Баллон кислородный	ГОСТ 949—73	2
Баллон пропан-бутановый	ГОСТ 15860—70	1
Зажигалка электрическая ЭЗ-2	ТУ 16-539-920—75	1
Лупа ЛИ-3-10*	—	1
Токарно-винторезный станок	Для механической обработки	1

Таблица 7.2. Химический состав проволоки

Марка проволоки	Содержание элементов, %						
	Fe	Al	Ni	C	Si	Mn	Cr
Алюник 7-1	0,2	13—15	Остальное	—	—	—	—
65Г	—	—	—	0,62—0,70	0,17—0,37	0,9—1,2	Не более 0,25

водят на соответствующих токарно-винторезных и шлифовальных станках.

Для газопламенного напыления электродвигателей применяют следующие материалы: проволоку Алюник 7-1 диаметром 3,2 мм (ТУ 48-21-5060—75) для напыления подслоя; стальную высокоуглеродистую проволоку марки 65Г диаметром 2 мм (ГОСТ 9389—75) для нанесения рабочего слоя; пропан-бутан в баллонах (ГОСТ 20448—80); кислород (ГОСТ 5583—78). Для работы установки необходим очищенный сжатый воздух давлением 0,5—0,6 МПа.

Проволока должна иметь сертификат с указанием завода-изготовителя, марки, диаметра, номера плавки и химического состава. При отсутствии сертификата производят химический анализ проволоки. При этом результаты анализа должны соответствовать данным, приведенным в табл. 7.2.

Подготовка вала электродвигателя к напылению. Технология восстановления изношенных мест под посадку методом газоплазменного напыления предусматривает операции по подготовке поверхностей, подлежащих напылению [24].

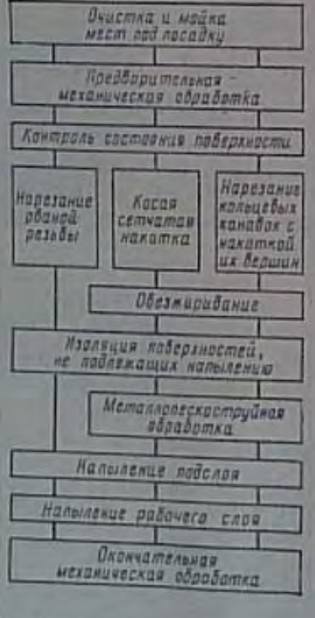


Рис. 7.2. Схема технологической последовательности операций восстановления посадочных мест валов

Перечень этих операций и взаимосвязь между ними представлены на рис. 7.2.

Очистку и мойку валов электродвигателей выполняют обдувкой сжатым воздухом, очисткой скребками и машинной или ручной мойкой растворителями.

Особое внимание обращают на очистку мест под посадку и прилежащих к ним поверхностей, а шпоночные канавки и отверстия для доступа смазки тщательно очищают, промывают и продувают сжатым воздухом.

При предварительной механической обработке добиваются устранения эксцентричности, овальности и конусности мест под посадку и удаляют слой металла, пораженный коррозией.

Контроль мест под посадку на валах производят наружным осмотром и измерениями для выявления вмятин и отклонений от номинальных размеров. С целью обнаружения внутренних раковин и трещин выполняют магнитопорошковый контроль при помощи дефектоскопа ПМД-70 (ТУ 25-06-ЭД1-1604—79), а при обнаружении дефектов производят повторную проточку мест под посадку до полного их удаления. Общая глубина проточки должна быть такой, чтобы толщина напыленного слоя металла соответствовала требованиям табл. 7.3.

После проточки и устранения дефектов выполняют нарезание «рваной» резьбы. При этом нарезании используют резьбовой резец с углом при вершине 55—60°, и передним углом, равным 0°.

Рваная резьба получается при установке резца в резцедержателе ниже оси детали с вылетом 100—150 мм, вследствие чего резец вибрирует и поверхность получается шероховатой. Смещение резца и допустимая частота вращения вала в зависимости от диаметра приведены в табл. 7.4.

Рваную резьбу нарезают без охлаждения смазки за один проход на всю глубину, которая зависит от толщины напыляемого слоя и равна 0,3—0,5 мм (рис. 7.3). Шаг резьбы берется в пределах 0,75—1,5 мм. Для увеличения сцепления покрытий с основным металлом рекомендуется применять последующую прикатку вершин резьбы при помощи накатного ролика.

Косая сетчатая накатка по простоте выполнения является наиболее применяемым способом подготовки к напылению гладких поверхностей стальных валов. Врезание роликов на полную глубину накатки осуществляют за один-два оборота без включения продольной подачи. Ромбический рисунок отпечатка должен быть четким и полным.

Кольцевые канавки нарезают при подготовке к напылению конических мест под посадку вала резьбовым резцом с закруглением угла профиля радиусом $R=0{,}6\div0{,}7$ мм.

Таблица 7.3. Толщина напыляемого покрытия и припуски на его обработку (припуски на радиус)

Параметры обработки, мм	Обработка при диаметре вала (посадочное место), мм			
	75—100	100—125	126—150	более 150
Глубина проточки вала перед напылением	1,2—1,3	1,35—1,4	1,45—1,5	1,6—1,7
Минимально допустимая толщина слоя после окончательной обработки	0,7—0,76	0,85—0,9	0,95—1	1,1—1,2
Припуск на токарную обработку (ориентировочные данные)	0,8	0,9	0,95	1
Общий припуск на токарную обработку и последующее шлифование	0,95—1	1,05—1,1	1,1—1,15	1,15—1,2
Толщина покрытия для последующей токарной обработки и шлифования	1,70—1,8	1,9—2	2,05—2,15	2,35—2,4
Припуск на шлифование без предварительной обточки	0,5—0,6	0,6—0,7	0,7—0,8	0,8—0,9
Толщина покрытия для последующего шлифования без предварительной обточки	1,25—1,4	1,45—1,6	1,65—1,8	1,9—2

Таблица 7.4. Режим нарезания рваной резьбы

Диаметр вала, мм	Смещение резца, мм	Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$
75	4	4,7
100	4,5	3,2
150	5	2,1
250	7,5	1,4
300	9	1
350	11	0,9
400	13	0,7
450	15	0,6

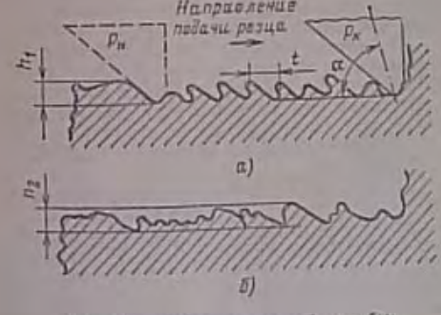


Рис. 7.3. Профиль рваной резьбы:

а — обеспечивающий удовлетворительное сцепление напыляемого слоя; *б* — обеспечивающий сцепление неудовлетворительного профиля; h_1 и h_2 — глубина резьбы; $p_н$ и $p_к$ — положение резца в начале и в конце обработки; t — шаг резьбы; α — угол наклона резца относительно оси вала

Размеры канавок приведены ниже

Угол профиля, град	55
Глубина, мм	0,7—0,8
Шаг, мм	1,6—2
Ширина, мм	1,2—1,4

Накатку вершин кольцевых канавок выполняют на токарно-винторезном станке с помощью обычного приспособления с накатным роликом, закрепленного в резцедержателе станка.

Металлопескоструйную обработку выполняют технической дробью из чугуна или стали по ГОСТ 11964—81Е в следующем режиме:

Давление сжатого воздуха, МПа	0,3—0,6
Расстояние между соплом и участком вала, мм	80—120
Угол наклона струи к поверхности, град, для:	
чугуна	80—90
стали	50—70
корунда	45—60

Скорость перемещения рабочего сопла подбирают такой, чтобы на обрабатываемой поверхности вала не оставалось темных пятен и бликов.

Обезжиривание восстанавливаемых поверхностей производят только после операций косой сетчатой накатки и нарезания кольцевых канавок, так как указанные операции проводят с обильным смачиванием обрабатываемых мест вала маслом.

Обезжиривание выполняют промывкой поверхностей вала водным раствором каустической соды с последующей протиркой ветошью, смоченной в бензине БР-1 (ГОСТ 3134—78).

Участки вала, прилегающие к местам под посадку, тщательно защищают асбестовой тканью АТ-2 (ГОСТ 12871—67) от попадания на них напыляемого металла.

Шпоночные канавки и отверстия для смазки закупоривают деревянными пробками, которые должны выступать над уровнем поверхности покрытия.

При выборе способа подготовки мест под посадку вала учитывают прочность сцепления нанесенного покрытия с основным металлом вала; твердость поверхности, подлежащей восстановлению, экономичность способа подготовки.

Прочность сцепления покрытия с основным металлом (по деформации сдвига) в зависимости от способа подготовки поверхности

составляет: при накатке 98 МН/м², при нарезке кольцевых канавок 137 МН/м², при нарезке рваной резьбы 152 МН/м².

Напыление покрытия. Перед напылением покрытия тщательно осматривают подготовленную поверхность. При выявлении

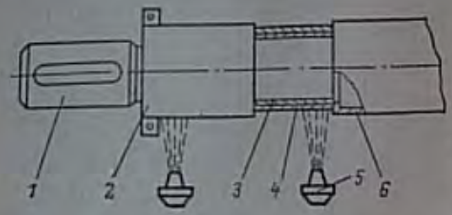


Рис. 7.4. Схема организации контрольного напыления на валу электродвигателя:

1 — восстанавливаемый вал ротора электродвигателя; *2* — образец для контрольного напыления; *3* — напыленный подслой; *4* — рабочий слой; *5* — распылительная головка; *6* — ткань асбестовая

следов влаги, окисной пленки, масла и других загрязнений производят повторную очистку поверхности.

Напыление подслоя осуществляют не позже чем через 2 ч после окончания операций по подготовке вала.

Напыление подслоя выполняют в такой последовательности: заправляют проволоку Алюник 7-1 в распылительную головку, устанавливают параметры рабочего режима по табл. 7.5 и зажигают горючую смесь, производят контрольное напыление на образцах до получения равномерного распыления металла в факеле горелки (рис. 7.4), включают приводы вращения вала и перемещения распылительной головки установки и производят напыление поверхности восстанавливаемого участка вала по винтовой линии с перекрытием каждого предыдущего слоя последующим не менее ⅓ ширины.

Толщину напыляемого подслоя выбирают из условия перекрытия на 0,15—0,25 мм вершины рваной резьбы, накатки или кольцевых канавок на восстанавливаемую поверхность. Напыление рабочего слоя производят аналогично напылению подслоя. Напыление рабочего слоя до требуемой толщины должно быть проведено не ранее чем через 8 ч после напыления подслоя.

Толщину наносимого рабочего слоя выбирают в зависимости от диаметра восстанавливаемого участка вала по табл. 7.3 и в соответствии с режимами, параметры которых приведены в табл. 7.5.

По окончании напыления рабочего слоя укрывают напыленную поверхность и прилегающие участки вала на длине не менее 200 мм асбестовым полотном и выдерживают до полного охлаждения вала.

На качество покрытия кроме параметров режима по табл. 7.5 влияет также чистота сжатого воздуха, состояние воздушного сопла, плавность перемещения распылительной головки. Поэтому следует обращать внимание на качество очистки воздуха от влаги и масла,

Таблица 7.5. Режимы напыления

Параметры режима	Показатель для проволоки марки	
	Алюник 7-1	65г
Скорость подачи проволоки, м/с	0,01	0,018
Диаметр проволоки, мм	3,2	2
Расстояние от сопла до напыляемой поверхности, мм	120—150	80—120
Окружная скорость вращения вала, м/с	0,16	0,2
Скорость продольного перемещения распылительной головки, мм/об	5	5
Давление, МПа:		
кислорода	0,35	0,3
пропан-бутана	0,08	0,03
воздуха	0,4	0,35
Расход, л/ч:		
кислорода	2500	2300
пропан-бутана	560	550
воздуха	40 000	36 000

а также на регулировку скорости перемещения механизма распылительной головки.

Заключительная механическая обработка. После остывания напыленного покрытия удаляют теплоизоляцию и выполняют заключительную механическую обработку.

Токарную обработку проводят резцами с пластинами из твердых сплавов ВК-6, ВК-8, Т15К6 (ГОСТ 5688—61). Режимы резания: скорость резания 0,15—0,3 м/с, глубина 0,5—1 мм/об; подача 0,1—0,3 мм/об.

Для предупреждения откалывания металлизационного слоя по краям восстанавливаемого участка производят предварительную подрезку покрытия, выступающего за границы поверхности. Не следует оставлять острых граней и углов в торцах и галтелях напыленных участков вала.

При токарной обработке напыленных мест под посадку вала резец устанавливают выше центра, чтобы избежать вырывания отдельных частиц металла из покрытия. При первом проходе резца устанавливают глубину резания, прерывающую неровности напыленной поверхности. Для получения соответствующей шероховатости производят проточку не менее чем за два прохода. При втором проходе глубина резания не должна превышать 0,1—0,15 мм.

После обточки восстанавливаемые участки вала подвергают окончательному шлифованию кругами Ш1 (ГОСТ 2424—75) при следующих параметрах:

Скорость шлифовального круга, м/с	25—30
Глубина шлифования, мм	0,015—0,04
Подача, мм/об	5—6
Окружная скорость деталей, м/с	0,14—0,2

При шлифовальной обработке для охлаждения применяют эмульсол (ГОСТ 1975—75).

Меры безопасности. Участок напыления должен быть оборудован общей и местной вытяжной вентиляцией. Работы по восстановлению (напылению) изношенных участков вала должны проводиться с соблюдением требований «Правил безопасности в газовом хозяйстве», утвержденных Госгортехнадзором СССР 26 июня 1979 г., «Правил техники безопасности и производственной санитарии при производстве ацетилена, кислорода и газоплазменной обработке металлов», утвержденных постановлением президиума ЦК профсоюза рабочих машиностроения 2 апреля 1963 г. с изменениями и дополнениями от 2 июня 1973 г., и «Санитарных правил при сварке, наплавке металлов», утвержденных Министерством здравоохранения СССР 5 марта 1973 г.

При работе на газопламенной установке вредными для здоровья являются шум, загрязнение воздуха, световое излучение. Защиту органов слуха оператора от шума осуществляют антифоном ВЦНИИОТ-2.

Для защиты глаз от яркого пламени и отлетающих раскаленных частиц, частиц распыленного металла следует применять защитные очки со светофильтрами Э2, Э3 (ГОСТ 12.4.080—79).

Скорость движения воздуха в рабочем проеме должна быть не менее 1,3 м/с. Воздух, удаляемый местными отсосами, перед выбросом в атмосферу должен подвергаться очистке. Оператор для защиты органов дыхания должен использовать респиратор РУ-60М (ГОСТ 17269—71).

Ремонт валов с трещинами. При эксплуатации на роторах некоторых электродвигателей появляются кольцевые трещины по окружности 220—240 и 320—340° в месте приварки ребер жесткости остова к валу со стороны свободного конца вала с раскрытием трещин на 1—1,5 мм, в результате чего роторы становятся непригодными к дальнейшей эксплуатации.

Установлено, что причиной образования трещин и разрушения валов является преждевременная усталость металла (низкая циклическая прочность конструкции) и наличие пернодического воздействия на электродвигатель повышенных ударно-вибрационных нагрузок, возникающих при обрыве бил и билодержателей молотковых мельниц, поломке лопаток дутьевых вентиляторов и т. д. Повышенная вибрация может наблюдаться у двигателей, имеющих недостаточную жесткость подставок под стояками подшипников и слабое крепление статора к фундаменту.

Для предупреждения отказов электродвигателей (например, типа ДАЗО2-18-59-10У1) во время очередных ремонтов проводят тщательный осмотр роторов, обращая особое внимание на места приварки ребер жесткости к валу на участке 100—130 мм от края ребер жесткости к середине ротора (рис. 7.5). При обнаружении трещин производят ремонт в такой последовательности:

1) при трещинах на сварных швах:

выбирают поврежденный участок шва наждачным кругом;

нагревают поврежденный участок вала до температуры 300—370 °С двумя-тремя горелками по окружности. Контроль температуры производят как контактной термопарой, так и термоиндикаторными красками марок 26 и 12;

накладывают новый сварной шов (постоянным током с обратной полярностью) электродом марки УОНИ-13/45 (или МР-3 диаметром 5 мм).

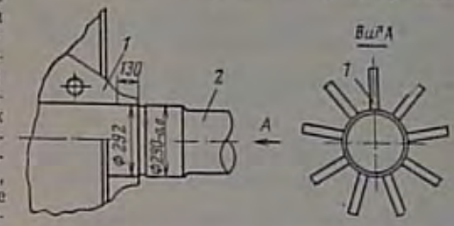


Рис. 7.5. Остов ротора электродвигателя до ремонта:

1 — ребра жесткости; *2* — вал

2) при поперечных трещинах на теле вала:

обтачивают участок вала диаметром 290 мм и участок вала с ребрами (диаметром 292 мм) на длину 130 мм от края ребер до диаметра $288^{+0,402}_{+0,35}$. Чистота поверхности обработки должна быть не ниже R_a=2,5 мкм;

изготовляют из стали марки 20 или Ст3 втулку с внутренним диаметром $288^{+0,032}$, наружным диаметром 390 мм и длиной 250 мм. Чистота внутренней поверхности втулки должна быть не ниже R_a=2,5 мкм;

нагревают втулку до температуры 200—220 °С (сверх температуры окружающей среды) и насаживают ее на обточенный участок остова ротора до упора в ребра;

устанавливают на наружную поверхность втулки (рис. 7.6) и прихватывают накладки

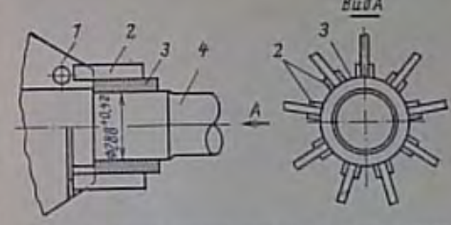


Рис. 7.6. Остов ротора электродвигателя после ремонта:

1 — ребра жесткости; *2* — накладки; *3* — втулка; *4* — вал

из стали марки Ст3, имеющие размеры 16×70×330 мм, из расчета по две накладки на каждое ребро (внахлест на ребра по 100 мм);

приваривают накладки к втулке и ребрам по всему контуру швом с катетом 8 мм постоянным током с обратной полярностью, используя электроды марки УОНИ-13/45 (или МР-3 диаметром 5 мм). Сварку выполняют два сварщика одновременно на диаметрально противоположных накладках, приварив сначала все накладки к втулке, а затем к ребрам.

При обнаружении продольных трещин на теле вала заводу — изготовителю электродвигателя описывают характер трещин (место, размеры и т. д.) Возможный способ предотвращения развития продольных трещин (вдоль оси вала) аналогичен способу, изложенному в п. 1).

Производят устранение возможного искривления вала, появившегося в результате сварочных работ.

Резцом проверяют поверхность бочки ротора относительно подшипниковых шеек вала. При этом биение подшипниковых шеек не должно превышать 50 мкм. По результатам проверки биения (при необходимости) производят правку резцом центральных отверстий вала.

При проверке наружной поверхности допустима обточка ротора до диаметра на 1 мм не менее номинального.

Проверяют балансировку ротора и при необходимости добалансируют.

7.2. РЕМОНТ РОТОРОВ С КОРОТКОЗАМКНУТОЙ ОБМОТКОЙ

У короткозамкнутых роторов асинхронных электродвигателей наиболее часто повреждается беличья клетка, что выражается в ослаблении стержней в пазу, нарушении контакта в местах пайки стержня с короткозамыкающими кольцами, образовании трещин и обрывов стержней.

Ослабление крепления стержня в пазу приводит к увеличению его вибрации, что вызывает знакопеременные деформации, в результате которых образуются трещины в месте выхода стержня из паза и в местах соединения с короткозамыкающими кольцами. Эти трещины могут привести к надлому стержня, а надорванные концы стержня, изгибаясь под действием центробежных сил, могут повредить изоляцию лобовых частей. Такие повреждения характерны для электродвигателей, имеющих большое число пусков.

У электродвигателей некоторых типов наблюдается повышение вибрации из-за ослабления крепления или поломки распорных клиньев стержней обмотки ротора.

Выявление этих дефектов производится при разборке электродвигателя. У электродвигателей с водяным охлаждением ротора основным дефектом является нарушение герметичности из-за некачественной пайки полых стержней с короткозамыкающими кольцами, самоотвинчивания гаек крепления радиальных трубок при снижении эластичности резиновых уплотняющих колец.

На работающем электродвигателе на наличие в беличьей клетке оборванных стержней указывают следующие признаки:

увеличение времени пуска. У агрегатов с тяжелым пуском электродвигатель может вообще не развить номинальной частоты вращения, а если оборвано несколько стержней, то даже не тронуться с места;

усиление вибрации, являющейся следствием асимметрии магнитных потоков ротора и появления дополнительных сил односторонне-го магнитного притяжения (выявляется виброметром или индикатором);

появление шума, нехарактерного для нормальной работы электродвигателя данного типа, свидетельствующего о нарушении симметрии магнитных потоков.

При обрыве одного-двух стержней эти признаки могут проявляться очень слабо, что практически затруднит обнаружение по ним дефекта беличьей клетки. Поэтому обнаружение неисправностей производится путем осмотров ротора и применения различных способов обнаружения.

Так, предприятием Сибтехэнерго разработано переносное малогабаритное устройство для выявления обрывов роторных стержней (ВОРС) асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Устройство предназначено для выявления обрывов и трещин одного и более стержней беличьей клетки роторов асинхронных электродвигателей, имеющих время запуска не менее 2,5 с, без их вскрытия и отсоединения рабочего механизма.

Контроль осуществляется в процессе пуска электродвигателя и занимает вместе с подготовкой не более 2—3 мин.

Подключение устройства к цепи вторичной обмотки трансформатора тока, установленного на кабеле, питающем проверяемый электродвигатель, осуществляется с помощью разъемной клещевой приставки в помещении щита управления агрегатом.

Устройство ВОРС позволяет резко сократить трудозатраты и время на диагностику состояния роторных стержней электродвигателей, а также затраты на восстановительный ремонт, так как своевременно обнаруженный дефект стержня позволит избежать повреждения обмотки статора отогнувшимся стержнем ротора.

При осмотре короткозамкнутых обмоток следует выявлять повреждения, которые могут привести к обрыву стержней или распайке стержней с короткозамыкающими кольцами. К таким повреждениям относятся:

наличие цветов побежалости на короткозамыкающих кольцах в местах пайки соединений со стержнями, подгаров в местах соединения, подгаров болтов, соединяющих короткозамыкающие сегменты пусковых обмоток синхронных двигателей;

волнообразный изгиб короткозамыкающих колец (или сегментов) от неравномерного удлинителя отдельных стержней;

изгиб концов стержней в направлении вращения ротора от усилия скручивания короткозамыкающим кольцом. Такие дефекты могут наблюдаться в роторах с большими окружными скоростями и массивными короткозамыкающими кольцами;

прогиб выступающих из активной стали концов стержней. Такой дефект могут иметь все или некоторые стержни беличьей клетки как асинхронных, так и синхронных электродвигателей, причем у синхронных электродвигателей это наблюдается у крайних стержней на каждом полюсе;

смещение беличьей клетки вдоль оси ротора.

Способы обнаружения неисправностей. Начальные повреждения, не приводящие еще к обрыву короткозамкнутой обмотки, в процессе эксплуатации ничем себя не обнаруживают. Они могут быть выявлены при внимательном осмотре короткозамкнутой обмотки в период профилактического ремонта. С особой тщательностью следует проверять наличие начальных трещин на выступающих концах стержней.

Определение поврежденных стержней способом, основанным на измерении магнитного потока рассеяния, основано на том, что над стержнями беличьей клетки при пропускании по ним переменного тока образуется магнитное поле рассеяния, причем над стержнями, обтекаемыми током, магнитный поток будет иметь максимальное значение, а между пазами над оборванными стержнями — минимальное. При неполном обрыве стержня измеренный магнитный поток рассеяния над этим стержнем будет иметь какое-то промежуточное значение. Измерение производят прибором типа ВАФ-85 (вольтамперфазоиндикатор), подключая короткозамыкающие кольца ротора к понижающему трансформатору 220—127/12 В, от вторичной обмотки которого можно получить ток 10—30 А. Измеряют магнитный поток рассеяния над стержнями и между пазами по всей окружности бочки ротора.

По измеренным значениям магнитного потока рассеяния, сравнивая их относительное изменение по пазам, судят об исправности стержней ротора и определяют поврежденные стержни.

Определение дефектов паек, трещин и обрывов стержней короткозамкнутой обмотки замером активного сопротивления стержней микроомметром М-246. При проведении замера используют игольчатые щупы, подключаемые к концам стержней вблизи места паек их к короткозамыкающему кольцу (рис. 7.7).

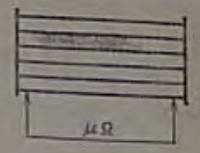


Рис. 7.7. Схема контроля целости обмотки ротора микроомметром

О качестве пайки или о наличии трещин и обрывов стержней судят по замеренному сопротивлению. При полной исправности стержней и мест паек прибор измеряет полное сопротивление всех параллельно включенных стержней ротора. При обрыве стержня (или плохом контакте в месте пайки) прибор измеряет сопротивление одного стержня, которое в несколько раз больше сопротивления всей обмотки. Если сопротивление, измеряемое на этом стержне, будет в 1,5 раза и более превышать сопротивление, измеренное на других стержнях, то это свидетельствует о наличии значительных дефектов в стержне (трещины) или в месте пайки его с короткозамыкающим кольцом.

Способ трех амперметров. К обмотке статора, в каждую фазу которого включаются амперметры, подают напряжение 0,2—0,25 номинального. Ротор (ранее заторможенный) медленно поворачивают и определяют максимальное и минимальное значение тока статора по амперметрам. При исправной обмотке ротора ток в статоре во всех положениях ротора будет одинаковым, а при обрыве или плохом контакте в местах соединения стержней с короткозамыкающими кольцами будет изменяться в зависимости от положения ротора.

Критерием годности обмотки ротора является соотношение, %,

$$\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} 100,$$

Если это соотношение не превышает 3 %, то обмотка ротора считается исправной. Способ не требует специальных приборов и может быть применен в любых эксплуатационных условиях. Для нахождения поврежденных стержней ротор несколько выдвигают из статора и надежно предохраняют от проворачивания.

Состояние стержней проверяют тонкой стальной пластиной, поочередно накладываемой на каждый паз так, чтобы перекрывались два зубца ротора. При отсутствии дефекта в стержне (или в месте пайки) пластина будет притягиваться и дребезжать, а над пазом с поврежденным стержнем притяжение и дребезжание станут значительно слабее или совсем исчезнут. Эту операцию следует производить достаточно быстро, чтобы не допускать перегрева обмоток.

Способ магнитной порошковой дефектоскопии заключается в применении понижающего трансформатора, вторичная обмотка которого способна пропустить ток 300—500 А при напряжении 1,5—2,5 В, а также стальных опилок, насыпаемых на плотный слой белой бумаги, которой обертывают ротор. При прохождении по параллельно включенным стержням роторной обмотки ток создает вокруг каждого стержня магнитное поле, под воздействием которого опилки располагаются плотной линией вдоль целых стержней, а у имеющих обрывы стержней плотность линий опилок будет меньше.

Дефектные стержни могут быть обнаружены также приборами трансформаторного типа с жестким или гибким магнитопроводом (рис. 7.8 и 7.9).

При ослаблении стержня обмотки ротора в пазу активной стали выполняют расчеканку, если расклиновка уже выполнена и не дает полного устранения ослабления. Расчеканку

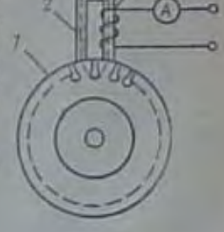


Рис. 7.8. Схема контроля целостности стержней и качества пайки прибором трансформаторного типа с жестким магнитопроводом

1 — ротор; *2* — магнитопровод; *3* — обмотка трансформатора

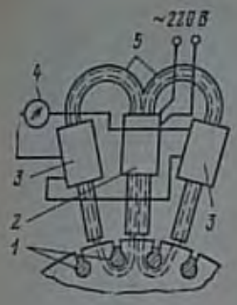


Рис. 7.9. Схема приспособления для отыскания дефектных стержней:

1 — стержни обмотки ротора; *2* — катушка-датчик; *3* — измерительная обмотка; *4* — индикаторный прибор, измеряющий разницу ЭДС; *5* — гибкий магнитопровод

стержней производят ударами чекана (рис. 7.10) по всей прямоугольной части стержня (рис. 7.11) на всей длине активной стали ротора. При чеканке стержней в крайних пакетах ротора во избежание надлома места спая стержня с короткозамыкающим кольцом прокладывают металлическую прокладку между стержнем и нажимной шайбой.

При ремонте роторов асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором в условиях мастерской, оснащенной необходимым станочным парком, может быть произведена полная замена беличьей клетки. Для этого стержни обмотки и короткозамыкающие кольца могут быть изготовлены в условиях мастерской или получены от завода — изготовителя электродвигателя.

Удаление поврежденных стержней из пазов зависит от его конструкции. Так, стержни бутылочного профиля, плотно сидящие в пазах за счет их расчеканки по всей длине ротора, следует удалять высверловкой сверлами с удлиненным хвостовиком или предварительным прорезанием в стержне щели шириной 2—3 мм. Щель прорезается приспособлением, предназначенным для резки труб вулканитовым камнем. Приспособление устанавливается на каретке, перемещаемой в направляющих, изготовленных из уголка и прикрепленных хомутами к валу ротора. В расчеканной части стержня прорезается щель, что ослабляет крепление стержня в пазу и он выбивается из паза на длину, необходимую для захвата его зажимом (50—80 мм); с помощью какого-либо средства механизации (гидродомкрата или винтового домкрата) производится полное извлечение стержня из паза.

Частичный ремонт короткозамкнутой обмотки может быть выполнен в условиях мастерской и на месте установки электродвигателя, если для этого не требуется станочная обработка стержня и короткозамыкающего кольца.

Пайка медных стержней. При обнаружении на выступающих из активной стали частях стержней трещин принимают меры к их устранению. Если глубина трещины не превышает примерно четвертой части толщины стержня, то ее заваривают, вырубив предварительно углубление в этом месте, превышающее размер трещины. Если трещина более глубокая, то в этом месте стержень разрезают и удаляют высверливанием припаянный к короткозамыкающему кольцу участок. Через образовавшееся в короткозамыкающем кольце отверстие высверливают в торце оставшейся в пазу активной стали части стержня отверстие на глубину 6—7 мм. Диаметр этого отверстия не

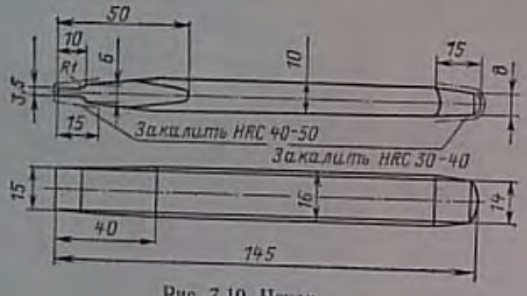


Рис. 7.10. Чекан

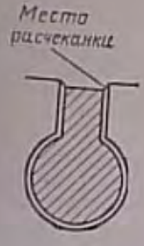


Рис. 7.11. Схема расчеканки стержня ротора

должен превышать половину диаметра стержня. На место удаленной части стержня устанавливают вставку (рис. 7.12) из меди марки

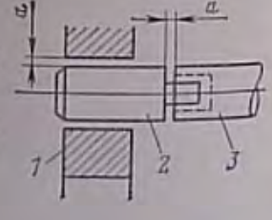


Рис. 7.12. Установка вставки для пайки:

1 — короткозамыкающее кольцо; *2* — вставка; *3* — стержень

М1 или М2. Односторонний радиальный зазор в месте пайки вставки с короткозамыкающим кольцом и между торцом стержня и вставкой при пайке медно-фосфористым припоем МФ-3 должен быть равен 0,2 мм, а для серебросодержащего припоя $a = 0{,}1 \div 0{,}15$ мм. Выбор марки припоя зависит от условий эксплуатации (тяжелый пуск) и от окружной скорости. При окружной скорости 50 м/с и более применяют припой ПСр-45. Для электродвигателей, работающих в более легких условиях, применяют припой МФ-3.

Перед пайкой обезжиривают и травят замыкающие кольца. Местное обезжиривание производят чистой ветошью, смоченной в бензине Б-70, повторяя эту операцию 3—4 раза. Травление выполняют в течение 15—20 с концентрированной азотной кислотой с содержанием 250—350 г/л при температуре 20 °С. Места травления промывают горячей водой, протирают сухой чистой ветошью и просушивают.

Пайку выполняют ацетилено-кислородным пламенем горелкой № 4 или 5 не позднее чем через 8 ч после травления. В качестве флюса используют буру или флюс № 209. При выполнении пайки второй горелкой поддерживают температуру стержня и короткозамыкающего кольца и после их разогрева расплавление припоя производят путем касания им наиболее нагретых мест. Не допускают плавления припоя в пламени горелки. Флюс наносят на спаиваемые поверхности разогретым прутком припоя.

Пайку вставки с короткозамыкающим кольцом выполняют при вертикальном положении ротора. После пайки зачищают и опиливают соединенные места и проверяют качество пайки внешним осмотром с лупой и методом микроомметра.

После ремонта ротор балансируют.

Ремонт алюминиевых стержней и короткозамыкающих колец. Участки с трещинами разделывают, как указано на рис. 7.13. Перед заваркой разделанные места и прилегающие участки шириной 30—40 мм подвергают механической зачистке с предварительным и последующим обезжириванием. Механической зачисткой стальной щеткой из проволоки диаметром 0,1—0,15 мм удаляют плотный слой окиси алюминия.

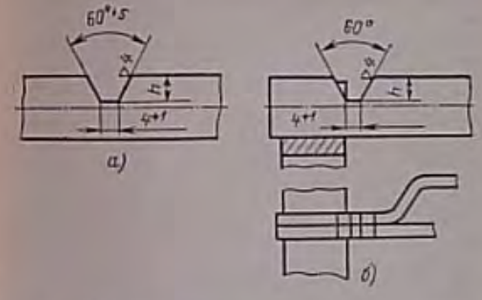


Рис. 7.13. Разделка трещин на стержне ротора:

а — на вылете стержня; *б* — в месте соединения с короткозамыкающим кольцом; *h* — по месту (на 1—2 мм больше глубины трещины)

Обезжиривание производят уайт-спиритом (ГОСТ 3134—78).

Полностью оборванные стержни и стержни с глубиной трещины, превышающей половину ширины стержня, удаляют из обмотки ротора. Место разделки в стержнях толщиной более 10 мм заваривают с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 100—150 °С. Подогрев производят пламенем ацетиленовой горелки или другим источником тепла.

Выборки в стержнях заваривают ручной аргонодуговой сваркой на установке УДГ-501. В качестве присадочного материала применяется электродная проволока (ГОСТ 7871—75) марки А0, А1 либо прутки из сплава АК, содержащего 5 % кремния А5С (ГОСТ 7871—75).

Режимы ручной аргонодуговой сварки и технология подготовки проволоки приведены в табл. 7.6.

Таблица 7.6. **Режимы ручной аргонодуговой сварки**

Толщина металла, мм	Диаметры электрода, мм		Сварочный ток, А	Расход аргона, л/мин
	вольфрамового	присадочного		
5—6	4—6	3—4	200—280	7—8
8—10	5	4—5	270—300	9—12

Аргоновая горелка и сварной шов должны быть защищены от сквозняков, ветра и дождя. Сварку выполняют в нижнем положении маленькой ванной, не допуская перегрева.

Трещину (рис. 7.14) заваривают с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 200—150 °С на участке по обе

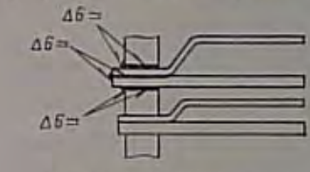


Рис. 7.14. Приварка к кольцу спаренных стержней

стороны от завариваемого стержня. После заварки аккуратно срубают наплывы, опиливают и зачищают наплавленный металл. Производят внешний осмотр наплавленного металла и прилегающих к нему участков на отсутствие трещин и других дефектов.

Непосредственно перед сваркой места сварки стержней и кольца должны быть обезжирены и протравлены. Обезжиривают чистой ветошью, смоченной в уайт-спирите, участок обезжиривания, свариваемые кромки и непосредственно прилегающие к ним участки шириной 30—40 мм. Обезжиренные кромки подвергают травлению в течение 1 мин в 5—4 %-ном растворе едкого натра с температурой 60—70 °С. После травления свариваемые кромки тщательно промывают в горячей воде и просушивают.

Перед сваркой взаиморасположение стержня и кольца должно соответствовать чертежам завода-изготовителя.

Для приварки стержней к кольцу используют проволоку марки А1 или А5С диаметром 3 мм. Перед сваркой проволоку химически обрабатывают.

Приварку стержней к кольцу выполняют с предварительным и последующим подогревом

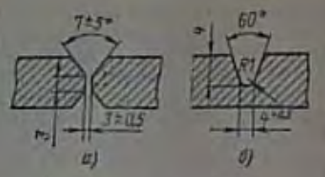


Рис. 7.15. Разделка короткозамыкающего кольца:

а — при заварке места трещины на демонтированном кольце; *б* — при заварке без демонтажа кольца

вом кольца до температуры 200 °С. Сварку выполняют аргонодуговой сваркой при помощи установки УЛГ-501.

Катет шва должен соответствовать толщине стержня. Места наложения швов указаны на рис. 7.14.

После сварки на одном кольце производят сварку на втором кольце. По окончании сварки всех соединений сварные швы и прилегающие к ним зоны зачищают.

Качество сварки проверяют внешним осмотром и при помощи лупы 5-кратного увеличения на отсутствие трещин, пор, шлаковых включений.

Место трещины на кольце обрабатывают, как указано на рис. 7.15.

Кольцо с трещинами восстанавливают аргонодуговой сваркой. В качестве присадочного материала при заварке выбором в кольце используют проволоку марки А1 (А5С) диаметром 6—8 мм (ГОСТ 7871—75). Места сварки химически обрабатывают, обезжиривают уайт-спиритом и протравливают в растворе едкого натра.

Сварку выполняют с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 250 °С. После сварки одной стороны разделки производят подрубку, зачистку корня шва и затем аналогичным способом заваривают вторую половину разделки. Шов после заварки обрабатывают по внешнему и внутреннему диаметру кольца и по плоскостям.

Качество сварки тщательно проверяют внешним осмотром с применением лупы. На швах и в прилегающих к ним зонах не должно быть трещин, пор, шлаковых включений и других дефектов.

Присадочную проволоку перед употреблением обрабатывают в следующей последовательности:

1) обезжиривают в течение 5—8 мин в растворе: тринатрийфосфат (Na_3PO_4) 35—50 г, жидкое стекло (Ca_2SiO_3) 30 г, вода 1000 см³. Температура раствора 60—70 °С;

2) промывают в горячей воде (температура 50—60 °С);

3) травят в течение 1 мин в 5—4 %-ном растворе едкого натра (NaOH) (температура раствора 60—70 °С);

4) промывают в теплой воде (температура 20—25 °С);

5) осветляют в течение 2—5 мин в 15 %-ном водном растворе азотной кислоты (температура 50—60 °С);

6) промывают в холодной проточной воде;

7) сушат в течение 10 мин в сушильном шкафу при температуре 100—110 °С.

Хранение присадочной проволоки после обработки допускается в течение одних суток в сухом и чистом помещении.

Режим ручной аргонодуговой сварки стержня:

Диаметр вольфрамового электрода, мм	5
Диаметр присадочного материала, мм	3
Сварочный ток, А	200—300
Расход аргона, л/мин	10—12

Режим сварки кольца:

Диаметр вольфрамового электрода, мм	5
Диаметр присадочного материала, мм	8
Сварочный ток, А	300—350
Расход аргона, л/мин	10—12

7.3. РЕМОНТ РОТОРОВ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

У синхронных электродвигателей кроме повреждений пусковых обмоток, наблюдаемых у короткозамкнутых обмоток роторов асинхронных электродвигателей, проявляются нарушения контакта между сегментами пусковой обмотки и междуполюсных соединений обмотки возбуждения. Причиной нарушения контакта является некачественное лужение контактных поверхностей сегментов или применение хрупкого припоя.

Характерной неисправностью ротора синхронного электродвигателя является пробой изоляции обмотки возбуждения, который наступает, как правило, из-за перетирания корпусной изоляции при неплотной посадке катушки на сердечнике. Неплотная посадка может быть в результате недостаточной толщины изоляционной прокладки под катушку полюса, а также самоотвинчивания болтов крепления сердечника полюса к магнитному колесу.

При осмотре ротора обращают внимание на состояние соединений пусковой обмотки, междуполюсных соединений, полюсных катушек и крепление их. Проверяют затяжку болтов. Контактные поверхности не должны иметь следов перегрева. Места пайки стержней пусковой обмотки с сегментами проверяют аналогично асинхронным электродвигателям (см. § 7.2). Междуполюсные соединения проверяют, выявляя следы перегрева и дефекты изолировки. Проверяют плотность установки катушек простукиванием молотком массой до 0,5 кг в торец изоляционной прокладки. При слабой посадке катушки будет наблюдаться дребезжание изоляционной прокладки. Слабую посадку катушек устраняют обтяжкой болтов крепления полюса. Если обтяжка не дает удовлетворительного результата, то устанавливают дополнительные прокладки. При этом заменяют прокладки с трещинами. При установке новых шайб обеспечивают превышение плоскости шайбы над посадочной поверхностью сердечника полюса на 0,1—0,2 мм, что обеспечит плотность установки катушки и не

уменьшит воздушного зазора между башмаком полюса и статором. После установки новых прокладок и обжатия крепления сердечника полюса к ротору проверяют воздушный зазор между статором и сердечником полюса.

Пайку междуполюсных соединений выполняют припоем марки ПОС-40 с помощью электроклещей или ацетиленовой горелки. Перед пайкой катушки и изоляционные прокладки закрывают асбестовым полотном.

После пайки опиливают междуполюсные соединения, удаляя наплывы, а затем изолируют их лакотканью и покрывают стеклолентой.

Устранение дефектов пайки стержней пусковой обмотки с короткозамыкающими сегментами выполняют медно-фосфористым припоем аналогично асинхронным электродвигателям.

Для устранения подгаров и отслаивания полуды демонтируют поврежденные полюсы, зачищают контактные поверхности шинок до металлического блеска, обезжиривают бензином, подсушивают, погружают в раствор флюса, а затем в расплавленный припой ПОС-40. Качество полуды определяют осмотром. Демонтаж поврежденного полюса и монтаж восстановленного выполняют с помощью приспособления для замены полюсов.

Проверяют качество паек и болтовых соединений токопровода, соединяющего катушки полюсов с контактными кольцами. При снятом полюсе принимают меры от самопроизвольного проворачивания ротора.

Щеточный аппарат перед осмотром продувают сжатым воздухом. Проверяют состояние изоляционных втулок и шайб и при необходимости заменяют их. Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в табл. 13.1.

Заменяют изношенные щетки новыми, предварительно притерев их к поверхности кольца. Зазор между щеткой и обоймой должен быть 0,2—0,5 м, а между щеткодержателем и контактной поверхностью кольца — 2—2,5 мм.

Контактную поверхность контактных колец шлифуют стеклянной бумагой № 00. Размещение щеток на кольцах выполняют с учетом осевого перемещения ротора.

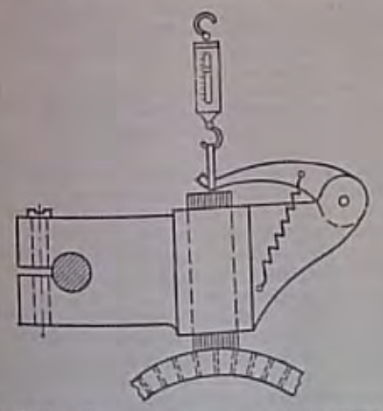


Рис. 7.16. Схема проверки усилия пружины щеткодержателя

Давление, воспринимаемое щеткой от пружины щеткодержателя, проверяют динамометром, закрепленным за рычажок, прижимающей ее к контактному кольцу (рис. 7.16). Давление должно соответствовать ГОСТ и ТУ на щетки.

При обнаружении биения контактных колец, приводящего к искрению щеток и обгоранию контактных колец, их протачивают и шлифуют, а затем протирают неволокнистой ветошью, слегка смоченной бензином. Проверку радиального биения контактных колец выполняют индикатором через щетку. Допустимое радиальное биение 0,15 мм.

При обнаружении загрязнения колец маслом выясняют и устраняют причину попадания масла на кольца и щетки.

7.4. РЕМОНТ РОТОРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Неисправное состояние роторной обмотки при эксплуатации может проявляться в следующем:

1) двигатель не развивает обороты;

2) двигатель «трогается с места», но при работе его наблюдается: колебание тока статорной обмотки; колебание вращающего момента, приводящее к вибрации электродвигателя; гудение электродвигателя, изменяющееся в зависимости от нагрузки и частоты вращения; перегрев ротора; уменьшение перегрузочной способности, приводящее к снижению частоты вращения до половины номинального значения при увеличении нагрузки.

Причиной указанных ненормальных состояний электродвигателя являются обрыв роторной фазы или неисправность работы замыкающего механизма. Обрыв в фазе ротора иногда носит временный характер, проявляясь только во время работы под действием центробежных сил и нагревания, а при неподвижном роторе дефект не обнаруживается.

При ремонте обмотки ротора выполняют операции, аналогичные описанным в разд. 6.

Для замены обмотки ротора выполняют демонтаж бандажей с последующим восстановлением их. Намотку новых бандажей выполняют по данным демонтированных. Эти данные заносят в обмоточную записку. При использовании проволоки другого диаметра изменяют количество витков так, чтобы получить прежнее общее сечение бандажа, соблюдая условие — сечение бандажа пропорционально квадрату диаметра и числу витков проволоки.

Бандажировку выполняют стальной бандажной проволокой с пределом текучести 16×10^3 кПа (160 кг/мм²). Бандажи лобовых частей устанавливают в тех местах, где обмотка опирается на обмоткодержатель или нажимную шайбу. У быстроходных машин, где бандажи могут иметь большое сечение, их выполняют из немагнитной стальной или бронзовой проволоки или стеклянной нетканой бандажной ленты ЛСБ-Г, 0,2×20 (ТУ 6-11-22-76) на самослипающемся компаунде.

В зависимости от диаметра ротора укладку бандажей выполняют на станках, на которых возможны моментальная остановка и плавный пуск, или на каких-либо стойках

(рис. 7.17), а иногда и в собственных подшипниках. В последующем случае вкладыши заменяют деревянными колодками, смазанными вазелином.

Для роторов диаметром до 500 мм укладку бандажей выполняют, вращая ротор вручную при помощи двух рычагов. Расчет усилия производят на основании рекомендуемого натяжения для стальной проволоки по данным табл. 7.7.

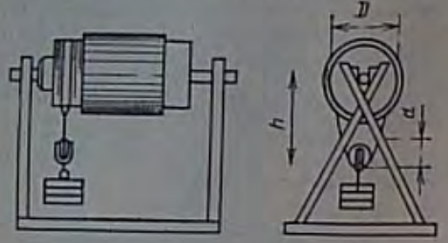


Рис. 7.17. Приспособление для укладки бандажей на ротор

Таблица 7.7. **Натяжение стальной проволоки при бандажировке**

Диаметр проволоки, мм	Рекомендуемое натяжение, кг
0,8	40—50
1	50—60
1,2	65—80
1,5	100—120
2	180—200

Под бандаж устанавливают прокладки из пропитанного прессшпана, миканита или асбестового полотна. Ширина прокладок должна быть на 10—12 мм больше бандажа. По мере намотки проволоки прокладки кладут по окружности ротора встык одна к другой, а вновь намотанные витки подбивают плотно к намотанным ранее фибровой подбойкой и молотком.

Скрепление витков проволочного бандажа выполняют полосками из жести толщиной 0,2—0,5 мм и шириной 10—12 мм, укладываемыми через каждые 70—90 мм по окружности ротора под проволоку.

Длину полосок берут на 20 мм больше намеряемой ширины, так как после намотки бандажа концы загибают и пропаивают. Две полоски, являющиеся замочными, укладывают так, как указано на рис. 7.18.

Намотанные витки пропаивают оловом. Пайку скобок проверяют на отгиб тонким ножом. Окончательную пропайку бандажей выполняют тонким слоем олова по всей поверхности его, не допуская наплывов олова.

При намотке бандажа следят за натяжением проволоки, которое должно быть достаточным, чтобы не было сползания бандажа, но не чрезмерным, чтобы бандаж не врезался в

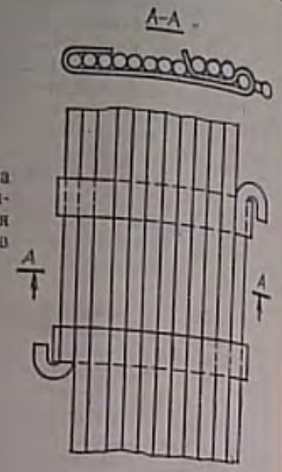


Рис. 7.18. Схема установки замочных скобок для крепления концов бандажей

обмотку. Натяжение регулируют грузом G, определенным по формуле

$$G = P\sqrt{4-\left(\frac{D-d}{h}\right)^2},$$

где P — натяжение проволоки по табл. 7.7; размеры D, d и h — по рис. 7.17.

7.5. ДЕФЕКТОСКОПИЯ И РЕМОНТ БАНДАЖНЫХ КОЛЕЦ

На короткозамыкающие кольца обмотки роторов асинхронных электродвигателей многих серий установлены бандажные кольца из немагнитной стали.

При отсутствии дефектов короткозамыкающей обмотки ротора осмотр выполняют без снятия бандажного кольца (наружную и торцевую поверхности) до и после зачистки мелкой шлифовальной шкуркой. При этом выявляют отсутствие трещин и следов местных ожогов. Осматривают бандажи через лупу.

При снятом бандаже (при необходимости) осматривают и внутреннюю поверхность, выявляя следы контактной коррозии, свидетельствующие об ослаблении посадочных натягов на короткозамыкающее кольцо.

При необходимости контроль состояния бандажа выполняют методом цветной дефектоскопии или химического травления.

Обнаруженные дефекты: трещины, подгары, сколы, забоины, следы контактной коррозии и места перегревов отмечают мелом, а затем устраняют механическим путем. Заварка трещин и других дефектов на бандажах недопустима. При наличии глубоких трещин и сколов металла, заметно ослабляющих прочность бандажа, его заменяют.

Единичные мелкие трещины удаляют местной выборкой металла шлифовальной машинкой, обеспечивая плавность перехода от углубления к наружной поверхности. Выборка металла ведется до полного удаления трещины или до того состояния бандажа, пока не станет необходимой его замена.

Внутренний диаметр бандажа перед его установкой сравнивают с помощью штихмаса с наружным диаметром короткозамыкающего кольца, определяя натяг и сравнивая его с допустимым. Если измеренный натяг окажется меньше допустимого, то на посадочную поверхность коротокозамыкающего кольца наплавляют медь (ацетиленовыми горелками или сварочной дугой при помощи угольных электродов от источника сварочного постоянного тока) и выполняют механическую обработку, обеспечивая необходимый натяг.

Установку бандажного кольца на коротокозамыкающее кольцо выполняют так же, как и при демонтаже, с предварительным прогревом индуктором до 220—250 °С. Индуктор подбирают в зависимости от размеров бандажного кольца.

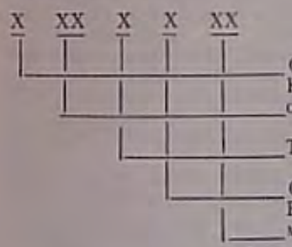
Раздел восьмой

РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

8.1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

Условные обозначения. В соответствии с ГОСТ 3189—75 для шариковых и роликовых подшипников установлены условные обозначения по внутреннему диаметру подшипника; диаметру, ширине или высоте; типу подшипника; конструктивным особенностям.

Для подшипников крупных электродвигателей порядок расположения знаков условных обозначений должен соответствовать структурной схеме:



Примеры обозначений подшипников приведены в табл. 8.1.

Порядок отсчета цифр в условном обозначении подшипника следует вести справа налево.

Внутренние диаметры подшипников 20—495 мм обозначаются частным от деления значения этого диаметра на 5, или произведением числа, состоящего из двух последних цифр в условном обозначении подшипника; на 5 — внутренний диаметр подшипника в миллиметрах.

Например, подшипник 326 имеет внутренний диаметр 130 мм.

Внутренние диаметры подшипников, выраженные дробью или целым числом, но не кратным 5, обозначают целым приближенным частным от деления диаметра на 5. В условном обозначении таких подшипников третьей будет цифра 9.

Третья цифра структурной схемы, обозначающая серию диаметров, совместно с цифрами, обозначающими серию ширины, определяет размерную серию ширины подшипника. Обозначения серий диаметров и ширины приведены в табл. 8.1.

В обозначении серии ширины нули, стоящие левее последней значащей цифры, не указывают.

Подшипники, нестандартные по наружному диаметру или ширине (размеры не соответствуют ГОСТ 3478—79), обозначают третьей цифрой 7 или 8.

Для подшипников качения установлены серии:

диаметров 0, 8, 9, 1, 7, 2, 3, 4 и 5, которые указаны в порядке увеличения размера наружного диаметра подшипника при одинаковом внутреннем диаметре;

ширины или высоты 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5 и 6, которые указаны в порядке увеличения размера ширины или высоты.

Цифровые значения серий диаметров и ширины или высоты установлены ГОСТ 3478—79.

Четвертая цифра структурной схемы определяет тип подшипника (направление воспринимаемой нагрузки и формы тел качения).

Условные обозначения типов подшипников расшифровываются в соответствии с характеристиками, приведенными в табл. 8.2.

Условное обозначение подшипников по конструктивной разновидности определяются пятой и шестой цифрами структурной схемы.

Основные конструктивные разновидности подшипников определены ГОСТ 3395—75.

Конструктивная разновидность подшипников с канавкой на наружном кольце по ГОСТ 2893—82 обозначается: для радиальных шариковых подшипников цифрой 5 на пятом месте; для радиальных шариковых подшипников с защитной шайбой цифрой 5 на пятом и цифрой 1 на шестом месте.

Кроме основных знаков на подшипниках могут быть дополнительные знаки (индексы), общие для всех подшипников.

Буквы справа от подшипника обозначают:

А — подшипники повышенной грузоподъемности;

Б — сепаратор из безоловянистой бронзы;

Г — сепаратор массивный из черных металлов;

Д — сепаратор из оловянистого сплава;

Е — сепаратор из пластических материалов (текстолит и др.);

Ж — специальный радиальный зазор;

Таблица 8.1. Обозначения серий

Серии		Лег					
Характеристики по диаметру		2 вид					
Характеристики по ширине		Особо узкая	Узкая	Нормальная	Широкая	Особо широкая	
Обозначение серий	Третья цифра справа	2	2	2	5	2	2
	Седьмая цифра справа	8	0	1	0	3	4
Пример обозначений		8000200	200	1000200	2500	3003200	4004200

Таблица 8.2. Условные обозначения подшипников

Характеристика подшипника	Обозначение
Шариковый радиальный	0
Шариковый радиальный сферический	1
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2
Роликовый радиальный со сферическими роликами	3
Роликовый радиальный с длинными цилиндрическими или игольчатыми роликами	4
Роликовый радиальный с витыми роликами	5
Шариковый радиально-упорный	6
Роликовый конический	7
Шариковый упорный, шариковый упорно-радиальный	8
Роликовый упорный, роликовый упорно-радиальный	9

К — конструктивные изменения деталей подшипников;

Л — сепаратор из латуни;

М — подшипники роликовые с модернизированной канавкой;

Н — кольцевая проточка и отверстия для смазки на наружном кольце роликовых сферических подшипников с наружным диаметром до 200 мм;

Р — детали подшипников из теплостойких сталей.

Подшипники закрытого типа имеют обозначения при заполнении соответствующей смазкой:

С1 — ОКБ122-7, С2 — ЦИАТИМ-221, С3 — ВНИИНП-210, С4 — ЦИАТИМ-221С, С5 — ЦИАТИМ-202, С6 — ПФМС-4С, С7 — ВНИИНП-211, С8 — ВНИИНП-235, С9 — Л3-31, С10 — № 158, С11 — ВНИИНП-262, СИОЛ, С12 — ВНИИНП-233, С13 — ВНИИНП-281, С14 — Л3-31-3К, С15 — ВНИИНП-207, С16 — ВНИИНП-246, С17 — ЛИТОЛ-24, С18 — ВНИИНП-233, С19 — ВНИИНП-286, С20 — ВНИИНП-274.

К характеристике подшипника добавляются буквы, обозначающие:

У — дополнительные технические требования к шероховатости обработки деталей, к радиальному зазору и осевой игле и т. д.;

П — покрытия — свинцование, анодирование, кадмирование и т. д.;

Х — кольца и тела качения или только кольца, в том числе только одно кольцо из цементируемой стали;

Ш — специальные требования к подшипнику по уровню шума (вибраций);

З — детали подшипников из стали ШХ со спецприсадками (ванадий, кобальт и др.);

Ю — все детали подшипника или часть деталей из нержавеющей стали;

Я — детали подшипников из редко применяемых материалов (твердых сплавов, стекла, керамики и т. д.).

Слева от обозначения подшипника цифры и буквы обозначений: 0, 6, 5, 4, 2 — классы точности подшипников по ГОСТ 520—71;

I — первая степень точности шариковых подшипников по ГОСТ 3635—78;

НР, УР — классы точности отремонтированных подшипников по ОСТ 37.006.003—75.

Посадки. Качество ремонта и надежность подшипникового узла отремонтированного электродвигателя зависят от правильности выполнения посадки подшипников качения.

Для соединения шариковых и роликовых подшипников с валами и корпусами электродвигателей в соответствии с ГОСТ 3325—55 устанавливаются посадки и их обозначения согласно табл. 8.3.

В соответствии с СТ СЭВ 144—75 «Единая система допусков и посадок СЭВ. Поля допусков и рекомендуемые посадки» допуск — это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разницы между верхним и нижним отклонением. Допуски ЕСДП СЭВ стандартизированы в виде 19 рядов, называемых квалитетами (или степенями точности).

диаметров и ширины подшипников

кая	Средняя				Тяжелая		Нормальные внутренние диаметры
5	3 или 6				4		9
Особо узкая	Узкая	Нормальная	Широкая	Особо широкая	Узкая	Широкая	Неопределенная
3	3	3	6	3	4	4	9
8	0	1	0	3	0	2	0
8000300	300	1002300	3600	3056300	400	2086400	900

Таблица 8.3. Наименования посадок и их обозначения

Посадка	Обозначения посадки
Для тонкостенных корпусов	Рт
Для подшипников:	
глухая	Гп, Г1п
тугая	Тп, Т1п
напряженная	Нп, Н1п
плотная	Пп, П1п
скользящая	Сп, С1п, С3п
движения	Дп, Д1п
ходовая	Хп

Каждый квалитет обозначается порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска: 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ..17.

В зависимости от характера требуемого соединения поля допусков валов выбирают по системе отверстия, а поля допусков отверстий корпусов — по системе вала по СТ СЭВ 144—75. Для подшипников классов точности 0, 6 — Г, Т, Н, П, С, Д, СЗ, для тонкостенных корпусов — Рт по табл. 8.4.

Параметр шероховатости посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов при посадке, предусмотренной ГОСТ 3325—55, должен соответствовать табл. 8.5.

Допустимые отклонения от правильной геометрической формы посадочных поверхностей валов и корпусов (рис. 8.1 и 8.2) не должны превышать значений, указанных в табл. 8.6—8.9.

При вычислении отклонений по табл. 8.6 и 8.7 полученные значения округляют от целых.

Разность диаметров посадочных поверхностей в крайних сечениях на рис. 8.1 и 8.2 не более значений, указанных в табл. 8.6 и 8.7.

Режимы работы шариковых и роликовых подшипников характеризуются расчетной долговечностью, указанной в табл. 8.10.

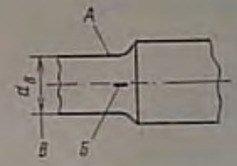


Рис. 8.1. Схема размеров, контролируемых на валу:

А — посадочная поверхность; *Б* — биение заплечиков (см. табл. 8.6); *В* — овальность (см. табл. 8.6 и 8.7)

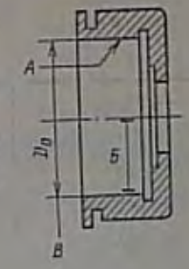


Рис. 8.2. Схема контролируемых размеров стакана корпуса:

А — посадочная поверхность; *Б* — биение заплечиков отверстий корпусов (см. табл. 8.9); *В* — овальность (см. табл. 8.6)

Посадки на вал и в корпус в зависимости от вида нагружения должны соответствовать: для радиальных шариковых и роликовых подшипников — указанным в табл. 8.11, для радиально-упорных шариковых и роликовых подшипников, применяемых на электродвигателях, — Г, Т, Н, П — на вал и в корпус и Рт — в корпус; для упорных шариковых и роликовых подшипников всех типов — П.

Выбор посадок для нормального и тяжелого режима работы в зависимости от диаметра и типа подшипника, применяемого на электродвигателе, при циркуляционном погружении колец производится по табл. 8.12.

Посадка шариковых и роликовых подшипников в корпус электродвигателя — С.

Таблица 8.4. Поля допусков отверстий корпусов

Номинальные диаметры D, мм	Предельное отклонение отверстия корпуса, мкм	
	верхнее	нижнее
50—80	—21	—51
80—120	—24	—59
120—150	—28	—68
150—180	—28	—68
180—250	—33	—79
250—260	—36	—88
260—315	—36	—88
315—360	—41	—98
360—400	—41	—98
400—500	—45	—108

Таблица 8.5. Допустимый параметр шероховатости

Посадочная поверхность	Класс точности шариковых и роликовых подшипников	При номинальном диаметре, мм	
		до 80	80—500
		Параметр шероховатости R_a поверхности по ГОСТ 2789—73, мкм, не более	
Валы	0	1,25	2,5
	6 и 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
Отверстия корпусов	0	1,25	2,5
	6,5 и 4	0,63	1,25
Торцы заплечиков валов и корпусов	0	2,5	2,5
	6,5 и 4	1,25	2,5

Таблица 8.6. Допустимые отклонения

Посадочное место валов и отверстий корпусов электродвигателей	Допускаемое отклонение			
	по овальности		по конусности (разность диаметров в крайних сечениях посадочной поверхности)	
	Классы точности			
	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4
	не более			
Подшипники качения, предусмотренные ГОСТ 3325—55	половины допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности	четверти допуска на диаметр посадочной поверхности в любом сечении	половины допуска на диаметр посадочной поверхности	четверти допуска на диаметр посадочной поверхности

Таблица 8.7. Допустимые отклонения от правильной геометрической формы посадочных поверхностей валов под посадки шариковых и роликовых подшипников на закрепительных или закрепительно-стяжных (буксовых) втулках

Класс обработки	Допустимое отклонение	
	по овальности	по конусности (разность диаметров в крайних сечениях посадочной поверхности)
	не более	
В3, В3а, В4, 8, 9, 10, 11	четверти допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности	четверти допуска на диаметр посадочной поверхности

Таблица 8.8. Биение заплечиков валов

Номинальный диаметр валов	Биение, мкм, не более для шариковых и роликовых подшипников классов точности			
	0	6	5	4
До 50	20	10	7	4
50—120	25	12	8	6
120—250	30	15	10	8
250—315	35	17	12	—
315—400	40	20	13	—

Таблица 8.9. Биение заплечиков отверстий корпусов

Номинальный диаметр отверстий в корпусах, мм	Биение, мкм, не более для шариковых и роликовых подшипников классов точности			
	0	6	5	4
До 800	40	20	13	8
80—120	45	22	15	9
120—150	50	25	18	10
150—180	60	30	20	12
180—250	70	35	23	14
250—315	80	40	27	16
315—400	90	45	30	—
400—500	100	50	33	—

Таблица 8.10. Долговечность подшипников

Режим работы	Расчетная долговечность, ч
Легкий	Более 10 000
Нормальный	5000—10 000
Тяжелый	2500—5000

Таблица 8.11. Рекомендуемые посадки

Вид нагружения колец	Посадка	
	внутреннего кольца на вал	наружного кольца в корпус
Местное	$П_1$, П, $С_1$, С, Д, Х	$П_1$, П, $С_1$, С, $С_2$, Д
Циркуляционное	$Г_1$, $Т_1$, $Н_1$, $П_1$, Г, Т, Н, П	$Г_1$, $Т_1$, $Н_1$, Г, $Р_т$, Т, Н
Колебательное	$П_1$, П	$П_1$, П

Таблица 8.12. Посадки шариковых и роликовых подшипников на валы

Диаметр, мм				Посадка
Радиального подшипника		Радиально-упорного подшипника		
шарикового	роликового	шарикового	роликового	
До 100	До 45	До 100	До 100	$Н_1$, Н, П
Более 100	До 100	Более 100	Более 180	$Т_1$, Т
	До 250		До 250	$Г_1$, Г

8.2. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

Для осмотра подшипника выполняется частичная разборка электродвигателя в соответствии с последовательностью, приведенной в разд. 5.

Состояние смазки, находящейся в подшипнике, характеризует условия его эксплуатации: потемневшая и пересохшая смазка свидетельствует о необходимости ее замены и сокращении периодичности замены. Нормальная работа подшипников обеспечивается при смене смазки через 4000 ч работы электродвигателя, но не реже 1 раза в год. В зависимости от условий эксплуатации (повышенная запыленность и высокая температура окружающей среды, влажность) периодичность замены смазки может быть уменьшена до 3 мес (например электродвигатели привода мельничных вентиляторов ТЭС). При обнаружении в смазке стружки от сепараторов следует устранить причину ее образования и при необходимости заменить подшипник.

Удаление отработавшей смазки из подшипника выполняют деревянной лопаткой, а затем промывают подшипник бензином, используя для слива бензина и смазки устанавливаемый под подшипник противень.

Для обеспечения чистоты промывки подшипник вращают за наружное кольцо или сепаратор. Окончательную промывку подшипника следует производить бензином, смешанным с маслом, для предотвращения коррозии рабочих поверхностей. Промытый подшипник следует обертывать плотной упаковочной бумагой или защитной пленкой. Использовать для этих целей полотно или какую-либо ткань не рекомендуется из-за их гигроскопичности и возможности пропускания пыли.

Подшипники качения становятся непригодными к дальнейшей эксплуатации из-за абразивного и усталостного износа, коррозии тел качения и рабочих поверхностей колец, разрушения сепараторов. При дефектации подшипникового узла обращают внимание на радиальные и осевые зазоры, увеличение которых по сравнению с допустимыми свидетельствует об износах.

Радиальный зазор подшипников проверяют при нагрузке 150 Н (15 кгс). Пластину щупа заводят между телом качения и поверхностью внутреннего кольца в нижней его части. Замеренный зазор сравнивают с допустимым. Допустимые зазоры в подшипниках приведены в табл. 8.13.

Таблица 8.13. **Допустимые зазоры в радиальных однорядных подшипниках**

Внутренний диаметр подшипника, мм	Зазор, мкм	
	наибольший	наименьший
Шарикоподшипники		
80—100	40	16
100—120	46	20
120—140	53	23
140—160	58	23
Роликоподшипники		
80—100	80	35
100—120	90	40
120—140	100	45
140—160	115	50

Проверка осевого люфта шарикоподшипника проводится перемещением наружного кольца в осевом направлении. Если зазоры превышают допустимые или имеет место большой осевой люфт, то подшипник необходимо заменить. Кроме того, проверяют состояние тел качения, колец и сепараторов, состояние и размеры посадочных поверхностей вала и корпуса, качество установки подшипника, центровку корпуса относительно вала, легкость вращения и наличие шума при этом. В подшипниках не должно быть выкрашивания беговых дорожек колец и тел качения, трещин и отколотых буртов. У сепараторов проверяют качество клепки, наличие трещин и следов истирания.

Работу подшипников проверяют, вращая наружное кольцо. Подшипник должен вращаться легко, свободно, с медленной остановкой, без стука, рывков и заеданий. Рывки свидетельствуют о наличии в подшипниках твердых частиц; резкое торможение указывает на малый радиальный зазор; стук — на вмятины и коррозионные раковины на телах и дорожках качения или на большие зазоры в гнездах сепараторов. В зоне нагружения все тела вращения должны вращаться. При этом сепаратор не должен задевать или касаться поверхности наружного или внутреннего кольца. Одной из причин разрушения сепаратора является относительный перекос колец. Шарики однорядных радиальных и радиально-упорных шарикоподшипников при этом перекатываются с различным смещением относительно оси симметрии желоба и имеют различные линейные скорости. Это приводит к износу, а затем к разрыву сепаратора. На дорожках качения не должно быть следов неравномерного истирания и подплавления, матовой поверхности и лунок, которые могут образовываться из-за высокой вибрации электродвигателя. Матовая поверхность и следы неравномерного истирания свидетельствуют о загрязнении смазки и коррозии.

К дальнейшей эксплуатации не допускаются подшипники, если у них обнаружены: забоины, вмятины и шелушения на дорожках и телах качения; трещины на кольцах, телах качения и сепараторах; сколы на кольцах и телах качения; цвета побежалости на кольцах или телах качения; сепараторы с нарушениями клепкой и сваркой, с недопустимым провисанием и неравномерным шагом окон; продольные лыски на роликах; тугое вращение или чрезмерно большой зазор.

При дефектации подшипникового узла проверяют правильность установки стопорного кольца и плотность посадки внутреннего кольца подшипника на вал. Посадка кольца определяется двумя способами: перемещением вручную внутреннего кольца и (если оно не перемещается) ударами молотка по медной выколотке по внутреннему кольцу.

Плотность посадки наружного кольца подшипника в корпус проверяется приложением усилия: если корпус легко снимается с кольца, это свидетельствует о слабой посадке и наоборот. При нормальной посадке корпус капсулы снимают ударами молотка массой 1 кг.

При замене подшипника следует придерживаться правил, соблюдение которых обеспечивает надежную работу подшипникового узла: усилие монтажа и демонтажа должно передаваться через кольцо, сопряженное с натягом, и должно совпадать с осью вала или корпуса. Нельзя ударять молотком непосредственно по подшипнику, а должна применяться выколотка из мягкого металла.

Монтаж и демонтаж подшипников осуществляют одним из трех способов: термическим, прессовым или ударным. Применяется и их сочетание.

Усилие распрессовки подшипника определяют по формуле, кгс:

$$P = \frac{Hf E \pi B}{2N},$$

где H — натяг, см; f — коэффициент трения скольжения между сопрягаемыми поверхностями (при напрессовке $f = 0{,}12 \div 0{,}15$, а при распрессовке $f = 0{,}3$); E — модуль упругости; B — ширина кольца, см; N — коэффициент, зависящий от диаметральных размеров колец, определяемый по формуле:

$$N = \frac{1}{(1 - d/d_1)^2},$$

где d — внутренний диаметр кольца; d_1 — диаметр беговой дорожки кольца.

После снятия подшипника тщательно осматривают (с использованием 5—10-кратной лупы) посадочное место вала, на котором не должно быть задиров или блестящей полированной поверхности, свидетельствующей о недостаточности натяга. Восстановление необходимого натяга осуществляется путем наплавки вала, металлизацией или установки втулки.

Металл на вал наплавляют электродуговой сваркой наложением продольных швов с перекрытием друг друга. Перед наложением последующего шва предыдущий должен быть зачищен от шлака. Наплавление швов должно производиться последовательно диаметрально для предотвращения изгиба вала, так как наложенный валик (шов) вызывает нагрев и, как следствие, удлинение и деформацию изгиба вала. Часть швов, равномерно расположенных по окружности, должна быть длиннее, чем посадочное место, для уменьшения напряжения в металле из-за изменения структуры. После наплавки до необходимого диаметра производят токарную обработку и доведение посадочного места вала до требуемого размера (шлифовку).

Металлизация посадочного места вала осуществляется путем нанесения на восстанавливаемую поверхность распыленного металла, находящегося в расплавленном состоянии. Этот способ имеет преимущество по сравнению с электродуговой наплавкой, так как не вызывает структурных изменений и внутренних напряжений в металле. Но сцепление напыленного слоя с валом и прочность этого слоя значительно ниже, чем при электродуговой наплавке.

После механической обработки вала проверяют диаметр в трех сечениях по длине посадочной поверхности и в трех диаметральных направлениях, отстоящих одно относительно другого по окружности под углом 120°. Размеры вала не должны превышать допусков, указанных на чертеже завода-изготовителя. Определяют среднеарифметическое значение замеров в каждом сечении, а затем определяют овальность и конусность посадочной поверхности. Овальность определяется как разность наибольшего и наименьшего диаметров в одном сечении, а конусность посадочной поверхности вала не должна превышать $^1/_2$ допуска на диаметр.

Индикатором проверяют биение заплечиков. При диаметре вала до 120 мм биение заплечиков не должно превышать 25 мкм, а при диаметре 120—250 мм — не более 30 мкм. Заплечики валов и галтели обрабатывают с шероховатостью поверхности, соответствующей шероховатости посадочных мест вала. Высота заплечиков должна быть равной половине толщины внутреннего кольца подшипника, а радиус галтели, проверяемый радиусомером, должен быть несколько меньшим, чем радиус фаски подшипника. Параметры шероховатости R_a посадочных мест и заплечиков должны быть не более 2,5—1,25 мкм.

Аналогичные замеры, а также определение овальности и конусности выполняют и для корпуса. После проведения замеров посадочные места смазывают минеральным маслом или консистентной смазкой.

Посадка подшипников выбирается в зависимости от частоты вращения электродвигателя. При 1500 об/мин и ниже применяется напряженная посадка подшипников на вал и плотная в корпусе или торцевом щите. Как правило, при частоте вращения 3000 об/мин применяются обеспечивающие меньший натяг плотная посадка на вал и посадка скольжения в корпусе или торцевом щите, но некоторые заводы-изготовители применяют плотную посадку на вал и посадку скольжения в корпусе или торцевом щите при частоте вращения 1500 об/мин и ниже.

Предельные отклонения диаметра вала и отверстия в корпусе при различных видах посадки приведены в табл. 8.14 и 8.15.

При необходимости замены лабиринтного уплотнения или крышки подшипника и при отсутствии этих деталей заводского изготовления их изготовляют в условиях мастерской.

Подшипники, предназначенные для замены демонтированных, перед установкой промывают в смеси бензина с маслом, удаляя ан-

Таблица 8.14. **Предельно допустимые отклонения диаметра вала ротора электродвигателя**

Номинальный диаметр вала, мм	Отклонения внутреннего диаметра подшипника, мкм		Напряженная посадка, мкм				Плотная посадка, мкм			
			Предельное отклонение диаметра вала		Натяг		Предельное отклонение диаметра вала		Натяг	Зазор
	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее	максимальный	минимальный	верхнее	нижнее		
80—120	0	—20	+26	+3	46	3	+12	—12	32	12
121—180	0	—25	+30	+4	55	4	+14	—14	39	14
181—250	0	—30	+35	+4	65	4	+16	—16	46	16

Таблица 8.15. **Предельно допустимые отклонения диаметра отверстия в капсуле**

Номинальный диаметр вала, мм	Отклонение наружного диаметра подшипника, мкм		Плотная посадка, мм				Посадка скольжения, мкм			
			предельное отклонение диаметра отверстия		наибольшая разница в диаметрах отверстия и подшипника		Предельное отклонение диаметра отверстий		Наибольшая разница в диаметрах отверстия и подшипника	
	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее	натяг	зазор	верхнее	нижнее	натяг	зазор
80—120	0	—15	+23	—12	12	38	+35	0	0	50
121—150	0	—18	+27	—14	14	45	+40	0	0	58
151—180	0	—25	+27	—14	14	52	+40	0	0	65
181—200	0	—30	+30	—16	16	60	+45	0	0	75

тикоррозионную смазку. Заводы-изготовители подшипников поставляют их покрытыми антикоррозионной смазкой и завернутыми во влагонепроницаемую бумагу. Эта смазка и упаковка сохраняют подшипники от коррозии не менее 1 года при соблюдении правил хранения. У промытых подшипников проверяют легкость вращения, радиальный зазор и выявляют наличие дефектов (следы коррозии, состояние сепараторов).

Следы незначительной коррозии устраняют вручную или шлифовальной машинкой с применением мелкозернистой пасты ГОИ или порошка окиси хрома, смешанного с минеральным маслом. На посадочных и торцевых поверхностях колец устраняют коррозию мелкозернистым наждачным полотном, смоченным в минеральном масле. Зачистку шлифовальной бумагой рабочих поверхностей подшипника (дорожек качения на кольцах и телах качения) производить нельзя. При глубоких следах коррозии на рабочих поверхностях подшипник к установке непригоден.

Перед установкой подшипника проверяют состояние посадочной поверхности и при обнаружении на ней забоин запиливают и шлифуют эти места.

Для предотвращения деформации посадочного места вала перед установкой подшипник нагревают до 100 °С в масляной ванне (нагрев масла осуществляется электронагревателями). Подшипник в ванне должен укладываться на решетку, установленную на 60—70 мм выше нагревателей и дна ванны, для предохранения его от перегрева и загрязнения. Масляная ванна должна быть оборудована крышкой во избежание воспламенения паров масла.

Нагретый подшипник с помощью технологического приспособления извлекается из ванны и в теплостойких рукавицах вручную устанавливается на вал. Если подшипник не устанавливается свободно на посадочное место, то его необходимо продвигать по валу ударами молотка через выколотку или трубу из мягкого металла, приставляемую к внутреннему кольцу. При посадке на место подшипник фиксируется от смещения стопорными кольцами, при этом внутреннее кольцо подшипника должно прилегать к заплечикам вала плотно без зазора. Подшипник заполняют смазкой (после остывания его до температуры окружающей среды) и производят сборку подшипникового узла. Смазка должна заполнять не более $^2/_3$ свободного объема капсулы подшипника при частоте вращения 750 об/мин и ниже и $^1/_3$—$^1/_2$ при частоте вращения 1000—3000 об/мин. Смешивать смазки разных марок не рекомендуется, так как они могут при этом терять свои свойства. Смазкой заполняют промежутки между телами качения и канавки уплотнений в крышках подшипников. Во время сборки не следует оставлять подшипник на длительное время открытым во избежание попадания в него пыли и посторонних предметов.

Для нормальной эксплуатации подшипников необходимо применять смазки тех марок, которые рекомендуются заводами-изготовителями. В случае отсутствия смазки рекомендованной марки к употреблению может быть принята смазка, у которой допустимая рабочая температура не ниже 100 °С (по ГОСТ 183—74* предельно допустимая температура подшипников качения электродвигателей равна 100 °С).

При опробовании электродвигателя после ремонта с заменой подшипника или замене смазки обращают внимание на: температурный режим, шум, надежность работы уплотнительных устройств. В период опробования допускается нагрев корпусов капсул на 40 °С выше температуры окружающей среды. Если нагрев корпуса превышает 40 °С, то остановив электродвигатель, выясняют и устраняют причину перегрева. Причиной перегрева может быть избыток смазки (при консистентной смазке) в подшипнике.

После приработки подшипников и при достижении установившегося температурного режима (см. § 13.2) они прослушиваются стетоскопом для окончательного суждения о качестве ремонта подшипникового узла. Ровный, слегка жужжащий без стука шум свидетельствует о нормальном состоянии подшипника. Высокий тон шума указывает на малый зазор подшипника и работу его без смазки. Сильные стуки свидетельствуют о загрязнении подшипника твердыми частицами, а скрежет может быть в результате задевания сепаратора за детали вала или корпуса. Шум, периодически появляющийся и меняющийся, свидетельствует о неудовлетворительной балансировке.

8.3. РЕМОНТ И РЕГУЛИРОВКА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Ниже рассмотрены ремонт и регулировка подшипников скольжения электродвигателей с горизонтальным валом (ЭДГВ) и электродвигателей с вертикальным валом (ЭДВВ).

Технические требования на ремонт подшипников скольжения приведены в табл. 8.16.

Дефектация. Поступающие в ремонт сборочные единицы и детали при необходимости промывают в ванне керосином или соляркой для очистки от грязи и масла и протирают насухо. Мелкие и средние детали промываются в кипящем 10 %-ном водном растворе каустической соды в течение 5—20 мин с последующей промывкой в горячей воде. Очищенные детали проходят дефектацию.

Необходимость ремонта наплавленных баббитом деталей вызывается утонением слоя баббита; отставанием, растрескиванием и выкрашиванием баббита; подплавкой или полной выплавкой баббита; рисками и задирами на рабочей поверхности баббита; забоинами и механическими повреждениями баббита.

При утонении и хорошем сцеплении оставшегося слоя баббита с основой производится наплавка дополнительного слоя с припусками на механическую обработку. Если толщина оставшегося слоя менее 0,8 мм, требуется полная замена баббита.

При отставании, растрескивании или выкрашивании баббита применяется частичное или полное удаление слоя баббита до металла основы с частичной перенаплавкой или полной перенаплавкой или перезаливкой. Если трещины и выкрашивания сосредоточены на двух-трех участках площадью не более 40—50 % общей площади баббита и если после удаления баббита с этих участков оставшийся баббит сохраняет плотную связь с основой, производится частичная наплавка, если же трещины охватывают более 50 % площади, требуется полная перенаплавка или перезаливка.

При нарушении связи баббита с основным металлом вырезаются отставшие места и, если их площадь не превышает 40—50 %, производится частичная наплавка. При площади отставания баббита более 50 % производится полная переплавка (перезаливка).

При подплавке и выплавке баббита при эксплуатации во всех случаях необходима полная замена баббита, так как в результате высоких нагревов ослабилась связь баббита с металлом основы и неизбежны структурные изменения в слое баббита, понижающие надежность подшипникового узла.

При наличии рисок, задиров, забоин и других механических повреждений поверхностного слоя баббита применяется заплавка дефектов с последующей зачисткой этих мест.

Дефектация проводится следующими методами:

1) осмотром поверхностного слоя баббита,

2) сверлениями слоя баббита сверлом диаметром 5—6 мм на различных участках детали и сравнением действительной толщины баббита с указанной в чертежах.

Контрольные сверления производят в наиболее нагруженных участках детали, на которых имеется наибольший износ. Контрольные отверстия не должны попасть на «ласточкин хвост» или пробку.

Проверка прочности сцепления баббита с основным металлом производится обстукиванием подвешенной детали легкими ударами латунного молотка по наружной поверхности вкладыша. Чистый звук без дребезжания и глухих тонов свидетельствует о плотной связи баббита с основой.

После дефектации детали сортируют на три группы ремонта:

1-я группа — детали, требующие удаления всего слоя баббита для полной перенаплавки (перезаливки),

2-я группа — детали, требующие удаления части слоя баббита до основного металла для частичной наплавки,

3-я группа — детали с утоненным вследствие износа слоем баббита, требующие доплавки или заплавки.

Если неизвестна марка баббита, которым была залита или наплавлена поступившая в ремонт деталь, производится химический анализ для определения марки баббита.

В каждой группе выделяются детали, залитые баббитом одной марки, на деталь должна быть навешена бирка с указанием характера ремонта и марки баббита.

Необходимость ремонта шеек валов, втулок направляющих подшипников и вращающихся дисков опорных подшипников вызывается нарушением геометрических размеров (эллипсность, конусность), появлением рисок, задиров, забоин.

Подшипники скольжения ЭДГВ. При ремонте масляной камеры подшипника контролируют ее плотность с помощью керосина и мела. Обнаруженные трещины в корпусе заваривают. Течь масла в местах соединений устраняют заменой прокладок и подтяжкой болтов.

Измеряют щупом толщиной 0,05 мм плотность прилегания верхней крышки к корпусу подшипника. При протяжке щуп в плоскости прилегания крышки к корпусу подшипника должен «закусывать». При наличии сквозных поперечных рисок, забоин пришабривают плоскости разъема.

Проверяют состояние смотровых окон в верхних крышках подшипников на отсутствие трещин в накладках и прокладках. Поврежденные накладки и прокладки заменяют.

Проверяют состояние подводящих и сливных патрубков на отсутствие трещин, сколов смотровых стекол, разрывов уплотнительных прокладок.

Щупом толщиной 0,1 мм проверяют сопряжения сферических поверхностей вкладыша и корпуса подшипника. Щуп должен «закусывать». Плотность прилегания должна быть не менее 70 % поверхности.

Обнаруженные дефекты удаляют пришабриванием, после чего проверяют по краске плотность соприкосновения вкладыша с расточкой в корпусе подшипника и устанавливают правильный натяг. Натяг, создаваемый крышкой подшипника на вкладыш, должен быть 0,1 мм.

Для временной эксплуатации допускается установка прокладки толщиной 0,05 мм между крышкой подшипника и верхним полувкладышем, если натяг окажется больше 0,1 мм.

Изоляция подшипника. Проверяют на отсутствие механических повреждений (разрывов, смятий). Зачищают места соединения изолирующих прокладок, при необходимости просушивают.

Измерение сопротивления изоляции производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм. Измерения производят при поднятом конце вала, противоположном изолированному подшипнику, и между шейкой вала и вкладышем. Измеряют сопротивление изоляции между корпусом подшипника и корпусом электродвигателя.

Ремонт смазочных колец. Состояние смазочных колец проверяют мерительным инструментом с ценой деления не ниже 0,05 мм; измеряют эллипсность, она допускается не более 0,05 мм. Забоины и царапины удаляют зачисткой и рихтовкой. Проверяют кольца на нарушение концентричности в местах разъема. При нарушении концентричности места разъема подгоняют опиловкой. Неконцентричность допускается не более 0,05 мм.

Проверяют контровку винта крепления в месте разъема. Для исключения самопроизвольного вывинчивания соединительного винта его закернивают. В случае повреждения резьбы соединительных винтов винты заменяют.

Лабиринтные уплотнения. Внешним осмотром проверяют наличие трещин в корпусе, забоин, вмятин. В случае обнаружения дефектов трещины заваривают в среде аргона с последующей опиловкой. При невозможности устранения дефекта заменяют уплотнение.

Проверяют размеры расточки уплотнения (выработка, смятие усиков масляных канавок). Вмятины канавок восстанавливают продороживанием зубцов фасонным шабером. При зна-

Таблица 8.16. Возникающие дефекты, технические требования на ремонт и рекомендуемые способы устранения обнаруженных дефектов

Наименование детали или сборочной единицы	Возможный дефект	Методика контроля	Технические требования	Рекомендуемый способ устранения дефекта
Подшипниковый узел	Перегрев вкладыша (сегмента) подшипника	Измерение температуры вкладыша (сегмента) термометром сопротивления или термопарой, зачеканенной в баббит	Температура баббита вкладыша (сегмента) не должна превышать +80 °С	Разборка подшипника для определения состояния зазоров и проверки расхода охлаждающей воды, состояния маслоохладителей. Регулировка зазоров, чистка маслоохладителей, ремонт
	Перегрев масла в подшипнике при циркуляционной смазке	Измерение температуры масла ртутными термометрами на сливном патрубке	Температура масла не должна превышать +65 °С	Регулировка расхода масла через подшипник и расхода воды через маслоохладитель. Чистка маслоохладителя
	Наличие в масле грязи, шлама	Внешний осмотр. Взятие пробы масла, проверка его состояния	Характеристики должны соответствовать ГОСТ на масла, рекомендуемые заводом-изготовителем	Замена масла
	Смазочные кольца не вращаются или вращаются неравномерно	Внешний осмотр	Вращение кольца должно быть плавным (без остановов и замедлений)	Разборка, ремонт или замена смазочных колец
	Качание вкладыша в расточке корпуса	Внешний осмотр	Качание вкладыша не должно превышать 0,03 мм. Натяг (зазор) вкладыш должен соответствовать значениям, приведенным в табл. 8.17	Шабровка расточки корпуса по сферической поверхности вкладыша или по калибру
	Увеличение зазора между сегментами и втулкой направляющих подшипников (ЭДВВ)	Измерение зазора щупом по периметру сегмента и сбоку в трех-четырех точках или между сухарем и гнездом подшипника	Односторонний зазор должен быть 0,1—0,15 мм, а суммарный по двум диаметрально противоположным сегментам — 0,2—0,3 мм	Регулировка зазора путем установки дополнительных прокладок под сухарь сегмента или замена сегментов с изношенным баббитовым слоем
	Снижение сопротивления изоляции сегментов (подшипников)	Измерение сопротивления изоляции мегаомметром на напряжение 1000 В при приподнятом конце вала, противоположном изолированному подшипнику	Сопротивление изоляции сегментов подшипника должно быть не ниже 0,3 МОм	Чистка и сушка прокладок. При необходимости замена изоляционных прокладок
	Течь масла через неплотности соединений и трещин в корпусе	Контроль на маслоплотность масляной камеры (ванны) с помощью керосина и мела	Отсутствие течи масла в местах соединений сливных и подводных патрубков. Отсутствие трещин в корпусах	Заварка трещин корпусов. Подтяжка болтов соединения. Замена уплотнительных прокладок

	Увеличение осевого разбега ротора (см. рис. 8.3)	Измерение осевого разбега ротора с помощью пластинчатых щупов между торцами вкладышей и галтелями вала	Допустимый разбег ротора не более 4 мм	Наплавка и проточка вкладышей упорного подшипника
	Наличие сквозных поперечных рисок, забоин на поверхности в плоскости прилегания верхней крышки подшипника к его корпусу	Внешний осмотр. Измерение плотности прилегания крышки к корпусу подшипника с помощью щупа толщиной 0,05 мм	Отсутствие сквозных поперечных рисок, забоин. При перемещении щупа 0,05 мм в плоскости прилегания крышки к корпусу подшипника он должен «закусывать»	Шабрение плоскостей разъема
	Нарушение зазора по сферическим поверхностям корпуса подшипника и вкладыша	Измерение зазора с помощью свинцовых прокладок (см. рис. 8.4)	Зазор между сферическими поверхностями корпуса и вкладыша в верхней точке должен быть не более 0,1 мм	Шабрение разъема корпуса подшипника. Установка прокладки (калиброванная фольга) между сферическими поверхностями крышки подшипника и верхнего полувкладыша для временной эксплуатации (до первого капитального ремонта)
	Нарушение зазоров между валом и полувкладышами	Измерение зазоров с помощью свинцовых прокладок и щупа (см. рис. 8.5)	Зазор между шейкой вала и полувкладышами должен быть вверху не более 0,47 мм, по бокам не более 0,235 мм	Наплавка или перезаливка вкладыша с последующей обработкой по шаблону
Вкладыш подшипника	Наличие рисок, задиров и забоин на рабочей поверхности баббита. Наличие раковин, пористостей, инородных включений	Органолептический контроль. Внешний осмотр. Контроль с помощью лупы 10-кратного увеличения	Отсутствие рисок, задиров и забоин на рабочей поверхности. Отсутствие раковин, пористостей, инородных включений	Шабрение поверхностей. Разделка дефектных мест. Напайка или наплавка баббитом с последующим шабрением по шейке вала
	Отслаивание баббита	Простукивание по корпусу вкладыша латунным молотком массой 0,5 кг. Проверка керосином	При простукивании звук должен быть «чистым»	Наплавка баббита, если общая площадь отслаивания не превышает 15 %, в противном случае — перезаливка вкладыша с последующей обработкой
	Изменение размеров наплавленного слоя	Измерение мерительным инструментом с ценой деления 0,01 мм	Размеры должны быть не менее значений, указанных в чертежах завода-изготовителя, износ не должен превышать 1,5 мм	Наплавка или перезаливка вкладыша
	Неконцентричность в местах разъема	Соединить полувкладыши, установить контрольные штифты. Легкими ударами свинцового молотка убедиться в смещении полувкладыша по горизонтальному разъему	Допускается некоцентричность, измеренная как разность двух диаметров вблизи мест разъема, не более 0,05 мм	Соединить полувкладыши болтами и устранить некоцентричность шабрением или заменить вкладыши. Райберовка отверстий, проверка штифтов, установка новых штифтов

Продолжение табл. 8.16

Наименование детали или сборочной единицы	Возможный дефект	Методика контроля	Технические требования	Рекомендуемый способ устранения дефекта
	Нарушение плотности между верхним и нижним полувкладышами подшипника в плоскости разъема	Измерение зазоров с помощью щупа толщиной 0,05 мм	Между верхним и нижним полувкладышами подшипника не должен проходить щуп толщиной 0,05 мм	Шабрение поверхностей в плоскости разъема
	Нарушение плотности прилегания нижнего полувкладыша подшипника к шейке вала	Проверка по краске	Соприкосновение шейки вала по всей длине нижнего полувкладыша подшипника должно иметь дугу с центральным углом 45—60°, при этом на поверхности соприкосновения должно быть не менее двух-трех пятен на 1 см²	Шабрение нижнего полувкладыша по шейке вала
	Ухудшение сопряжения сферических поверхностей вкладыша и корпуса подшипникового щита	Измерение с помощью свинцовых прокладок. Проверка с помощью краски	Зазор должен быть не более 0,1 мм. Площадь прилегания должна быть не менее 70 % общей площади прилегания	Пришабрить поверхности крышки в плоскости разъема. Установить прокладки толщиной 0,05 мм между крышкой подшипника и верхним полувкладышем для временной эксплуатации
	Эллипсность, забоины, царапины. Нарушение концентричности в местах разъема	Органолептический контроль, измерение эллипсности мерительным инструментом с точностью не ниже 0,05 мм	Отсутствие забоин, царапин. Эллипсность не более 0,05 мм. Неконцентричность в местах разъема не более 0,05 мм	Зачистка забоин, царапин. Рихтовка, подгонка мест разъема. Замена винта. Кернение
	Плохо законтрен винт крепления разъема	Внешний осмотр	Контровка должна исключить самопроизвольное вывинчивание соединительного винта	Надежно законтрить винт
Уплотнительные прокладки	Смятие, разрыва	Внешний осмотр	Отсутствие повреждений, смятий, разрывов	Заменить прокладки
Подшипниковые щиты	Наличие забоин и вмятин глубиной более 5 мм, трещины в щитах	—	Отсутствие забоин, вмятин глубиной более 5 мм. Отсутствие трещин	Заварить трещины, пришабрить, зашпаклевать забоины и вмятины
Сегмент направляющего подшипника (ЭДВВ)	Значительные натиры, износ баббита, нарушение геометрических размеров скосов под масляный клин	Проверка плотности прилегания сегмента по втулке. Проверка щупом входного зазора под масляный клин по втулке, проверка геометрических размеров скоса	Площадь касания сегмента по втулке не менее 80 % поверхности трения, количество точек касания должно быть не менее 2—3 на 1 см². Скосы должны соответствовать чертежу	Пришабрить по втулке, заменить сегмент
	Раковины и пористость баббита	Внешний осмотр	Отсутствие участков с раковинами и пористостью	*Пришабрить по втулке, наплавить, заменить сегмент*

	Нарушение плотности стыка между баббитовой заливкой и телом сегмента	Смачивание керосином, простукивание латунным молотком массой 0,5 кг	Отставание баббита не допускается	То же
Сегмент подпятника (ЭДВВ)	Значительные натиры, износ баббита, нарушение геометрических размеров скоса под масляный клин	Проверка плотности прилегания к контрольной плите. Проверка щупом входного зазора под масляный клин по плите, проверка геометрических размеров скоса	Отсутствие натиров, износ баббита не более 1,5 мм, скос под масляный клин должен соответствовать чертежу, площадь касания не менее 80 % поверхности трения, количество точек касания 2—3 на см²	Пришабрить по контрольной плите, наплавить, заменить сегмент
	Раковины и пористость баббита	Внешний осмотр	Отсутствие участков с раковинами и пористостью	Заменить сегмент, наплавить с последующим шабрением по контрольной плите
	Нарушение плотности стыка между баббитовой заливкой и телом сегмента	Смачивание керосином, простукивание латунным молотком	Отставание баббита не допускается	Наплавить с последующим шабрением, заменить сегмент
Опорные винты подпятника	Нарушение сферической поверхности, повреждение резьбы	Внешний осмотр, проверка резьбомером	Не допускаются забоины и наклепы на сферической поверхности и повреждение резьбы	Восстановить сферическую поверхность на токарном станке, прогнать резьбу плашкой
Медная прокладка	Смятие, излом прокладки	То же	Отсутствие вмятин и изломов прокладки	Заменить прокладки
Втулка подпятника	Забоины на внутреннем торце по месту контакта с валом и по наружному торцу в месте контакта со стопорным кольцом	Внешний осмотр	Забоины и риски на рабочей поверхности и внутреннем торце не допускаются	Расчеканить шариком, зачистить мелкой наждачной бумагой с маслом, прошлифовать пастой ГОИ
	Нарушение перпендикулярности торца втулки	Проверка перпендикулярности на токарном станке с помощью специальной оправки (см. рис. 8.6)	Допустима неперпендикулярность 0,03 мм	Проточить на токарном станке с помощью специальной оправки
	Снижение изоляции диска относительно втулки	Измерение мегаомметром на напряжение 500 В	Изоляция диска относительно втулки должна быть не ниже 0,3 МОм	Заменить изоляционные прокладки болтовых соединений и штифтов кольца
Вращающийся диск	Забоины, риски на рабочей поверхности	Внешний осмотр	Забоины и риски на рабочей поверхности не допускаются	Зачистить мелкой наждачной бумагой, смоченной турбинным маслом. Прошлифовать пастой ГОИ. При крупных повреждениях проточить на станке

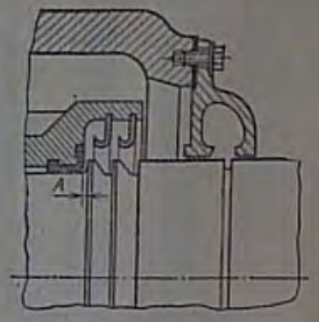


Рис. 8.3. Схема измерения осевого разбега:

A — осевой разбег

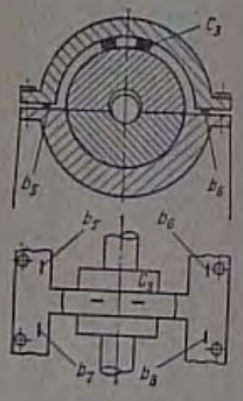


Рис. 8.4. Схема измерения зазора (натяга) между верхним вкладышем и крышкой подшипника

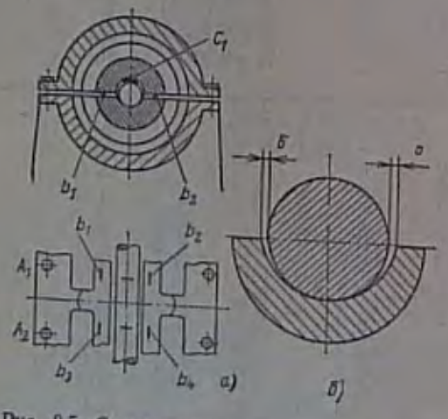


Рис. 8.5. Схема измерения зазора между валом и полувкладышами:

а — верхний зазор; *б* — боковой зазор

чительном износе усиков лабиринтное уплотнение заменяют. Щупом толщиной 0,1 мм измеряют плотность прилегания в плоскости разъема. В стыке между половинками уплотнения не должен проходить щуп.

Выявленные дефекты устраняют шабрением поверхностей в плоскости разъема и в плоскости прилегания.

Вкладыши. Проверяют вкладыш на отсутствие следов наклепа на опорных поверхностях. Обнаруженные следы наклепа удаляют опиловкой, после чего проверяют по краске плотность прилегания вкладыша с расточкой в корпусе подшипника. Площадь соприкосновения должна быть не менее 70 %.

Осматривают рабочую поверхность вкладыша на отсутствие наклепа, задиров и забоин. В случае обнаружения этих дефектов производят шабрение рабочей поверхности.

С помощью лупы 10-кратного увеличения проверяют вкладыш на отсутствие раковин, пористостей и инородных включений. Допускается неглубокая ситовидная пористость площадью не более 5 % поверхности вкладыша. Обнаруженные дефектные места разделывают и напаивают или наплавляют баббит, после чего пришабривают по валу.

След работы шейки вала должен располагаться на нижнем полувкладыше равномерно по всей длине дугой с центральным углом 60—70°. При этом на поверхности соприкосновения должно быть не менее двух-трех пятен на 1 см².

Проверяют торцы вкладыша на отсутствие торцевой выработки. При необходимости этот дефект устраняют наплавкой торцов вкладыша с последующей обработкой.

Плотность прилегания баббита к телу вкладыша проверяют простукиванием вкладыша легкими ударами латунного молотка. Звук должен быть чистым, без дребезжания и глухих токов.

Проверяют вкладыш на отслаивание баббита с помощью керосиновой пробы. Отслаивание баббита не допускается.

Проверяют плотность прилегания половинок вкладышей в разъеме. Между полувкладышами не должен проходить щуп толщиной 0,05 мм. В противном случае пришабривают плоскости разъема полувкладышей.

Проверяют вкладыши на неконцентричность в местах разъема, для чего, соединив полувкладыши и установив контрольные штифты, наносят легкие удары свинцовым молотком, чтобы убедиться в смещении полувкладыша по горизонтальному разъему. Затем измеряют штихмасом неконцентричность как разность двух диаметров вблизи мест разъема, которая допускается не более 0,05 мм. Если неконцентричность больше допустимой, необходимо устранять ее пришабриванием вкладыша в сборочном виде по валу или же по оправке, а также необходимо проверять штифты и отверстия под штифты. При необходимости производят райберовку отверстий под штифты и установку новых штифтов.

Проверяют наличие зазора между верхним полувкладышем подшипника и шейкой вала ротора, а также боковые зазоры.

Зазор между верхним полувкладышем и валом, а также боковые зазоры должны быть не более указанных в табл. 8.17.

Зазор измеряют с помощью свинцовой проволоки диаметром 1 мм, длиной 40—50 мм и мерных пластинок толщиной 0,5 мм. Боковые

Таблица 8.17. Зазоры и натяги подшипников скольжения

Диаметр шейки вала, мм	Зазор, мм				Натяг на самоустанавливающейся вкладыш, мм		Натяг-зазор на «жесткий» вкладыш, мм	
	верхний		боковой					
	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный
100	0,25	0,35	0,15	0,2	0,05	0,1	—	0,03
125	0,3	0,4	0,2	0,25	0,05	0,1	—	0,03
150	0,35	0,5	0,25	0,30	0,07	0,15	0,03	0,05
200	0,5	0,65	0,3	0,35	0,07	0,15	0,03	0,05
250	0,6	0,75	0,35	0,4	0,1	0,2	0,05	0,05
300	0,7	0,85	0,4	0,45	0,1	0,2	0,05	0,05

зазоры измеряют щупом. При этом ротор должен быть установлен на подшипниках. Если при проверке окажется, что верхний зазор больше допустимого, то его уменьшают перезаливкой вкладыша с последующей обработкой. Уменьшить вертикальный зазор можно еще спиливанием плоскости разъема верхней и нижней половин вкладыша и пришабриванием их по плите с плотностью прилегания около двух пятен на 1 см². В этом случае необходимо ставить между крышкой корпуса подшипника и вкладышем прокладку, обеспечивающую определенное сопряжение вкладыша с корпусом подшипника.

Если зазор между верхним полувкладышем подшипника и шейкой вала необходимо увеличить, верхний полувкладыш подшипника пришабривают до обеспечения требуемого зазора. Если для обеспечения требуемого зазора такой обработки произвести невозможно, для увеличения зазора в качестве временной меры устанавливают в стыке обеих половин вкладыша прокладки, которые вырезают из стали толщиной 0,1—0,2 мм. Прокладки должны иметь одинаковую толщину по всей длине и не должны закрывать карманов, отверстий для болтов и шпилек, а также отверстий для прохода масла. В этом случае ставят прокладки и в стыки обеих половин корпуса подшипника. Такой метод увеличения верхнего зазора допускается только для временной эксплуатации.

Боковые зазоры при необходимости увеличивают шабрением. Для уменьшения боковых зазоров вкладыши необходимо наплавить или перезалить.

Подшипники скольжения ЭДВВ. Сегмент направляющего подшипника. Осматривают сегмент. Проверяют отсутствие значительных натиров (износ баббита должен быть не более 1,5 мм), геометрические размеры скосов для масляного клина. При необходимости подшабривают сегменты по втулке или шаблону. Площадь касания должна составлять не менее 80 % поверхности трения. Количество точек касания должно быть 2—3 на 1 см². Проверяют сегмент по втулке с помощью краски или графита.

Проверяют отсутствие раковин и пористости баббита. При необходимости наплавляют и шабрят сегмент.

Проверяют сцепление баббита с основным металлом:

а) простукивают поверхность баббита легкими ударами латунного молотка; звук должен быть чистым, без дребезжания и глухих тонов;

б) смачивают 2—3 раза в течение 15—20 мин керосином торцы сегмента по всей линии прилегания баббита; насухо протирают и смазывают меловой обмазкой (одна часть мела на две части воды); после высыхания обмазки слегка простукивают поверхность латунным (деревянным) молотком; на меловой обмазке должны образоваться жирные пятна.

При отслаивании баббита производят наплавку с последующим шабрением по втулке или заменяют сегмент.

Сопротивление изоляции сегмента относительно корпуса должно быть не ниже 0,3 МОм. При необходимости заменяют изоляционные прокладки, если обезжиривание и чистка не дают положительных результатов. Покрывают сегмент эмалью ВЛ-515, исключая поверхность трения.

Сегмент подпятника опорного подшипника. Осматривают сегмент, проверяют так же, как сегмент направляющего подшипника, но при необходимости подшабривают сегменты по притирочной плите.

Проверяют сцепление баббита с основным металлом, как и у сегмента направляющего подшипника.

Покрывают сегмент эмалью ВЛ-515, исключая поверхность трения.

Опорные винты подпятника. Осматривают сферическую поверхность опорного винта и резьбу. При необходимости восстанавливают сферическую поверхность винта на токарном станке, а резьбу плашкой. При необходимости заменяют винты.

Медные прокладки. Осматривают прокладки, проверяют отсутствие вмятин и излома. При необходимости заменяют их.

Втулка подпятника. Проверяют отсутствие забоин и рисок на рабочих поверхностях, верхнем и внутреннем торцах. Измеряют сопротивление изоляции втулки относительно вращающегося диска.

При сопротивлении изоляции менее 0,3 МОм отсоединяют диск от втулки, заменяют изоляционные прокладки стяжных болтов, проверяют диск лекалом, соединяют диск со втулкой, равномерно обжимая болты.

При сопротивлении изоляции 0,3 МОм и более и отсутствии внешних дефектов прокладки и диска проверяют затяжку стяжных болтов.

Устанавливают втулку на токарном станке, приняв меры предосторожности при ее транспортировке.

Проверяют параметры втулки в следующем порядке:

а) укрепляют и выставляют на станке оправку по контрольной поверхности и торцу с точностью до 0,08 мм (рис. 8.6).

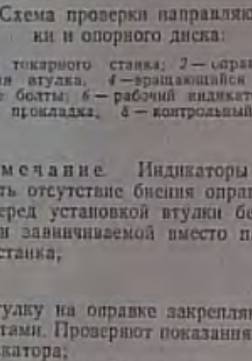


Рис. 8.6. Схема проверки направляющей втулки и опорного диска:

1 — патрон токарного станка; *2* — оправка; *3* — направляющая втулка; *4* — вращающийся диск; *5* — прижимные болты; *6* — рабочий индикатор; *7* — изоляционная прокладка; *8* — контрольный индикатор

Примечание. Индикаторы должны показывать отсутствие биения оправки, проточенной перед установкой втулки без переустановки или завинчиваемой вместо патрона токарного станка.

б) втулку на оправке закрепляют натяжными болтами. Проверяют показания контрольного индикатора;

в) проверяют рабочими индикаторами радиальное и торцевое биение втулки и вращающегося диска;

г) проверяют угольником перпендикулярность рабочего торца вращающегося диска его цилиндрической поверхности. Отклонение допустимо не более 0,03 мм по ширине диска.

При необходимости (при биении и неперпендикулярности торца более 0,03 мм) производят проточку втулки с последующей шлифовкой и проверкой перпендикулярности торца.

Вращающийся диск. Проверяют поверхность диска лекалом. Зачищают забоины и риски на рабочей поверхности наждачной бумагой, смоченной турбинным маслом, и прошлифовывают пастой ГОИ. При крупных повреждениях протачивают диск на станке.

Наплавка и заливка баббитовых подшипников. При ремонте средних и крупных подшипников методом стационарной заливки баббитом вкладышей получается значительный угар наиболее ценных компонентов сплава и требуются большие припуски для механической обработки, в связи с чем структура баббита оказывается недостаточно плотной и во многих случаях необходимы дополнительная накатка и наклеп для уплотнения металла, особенно в тяжело нагруженных подшипниках. Поэтому все большее распространение получает метод наплавки, который заключается в послойном нанесении валиков баббита на поверхность вкладыша. Особенно этот метод применим при ремонте вкладышей с утоненным вследствие естественного износа, но плотно прилегающим к основе слоем баббита, так как в этом случае возможна наплавка на утоненный слой баббита без его выплавки.

Наплавка производится присадочными прутками баббита, расплавленными как обычным ацетилено-кислородным (или пропан-бутановым), так и водородным пламенем.

Основным недостатком ацетилено-кислородной наплавки является высокая температура пламени, что ведет к перегреву баббита и ухудшению его механических и антифрикционных свойств. Поэтому предпочтительнее применение пропан-бутанового пламени, которое благодаря более низкой температуре обеспечивает лучшую структуру наплавляемого слоя, а водородного пламени, при котором практически устраняется окисление наплавленного слоя баббита, так как наплавка ведется в восстановительной среде (водородном пламени). Сущность восстановительного характера водородного пламени заключается в следующем: смесь газов по объему состоит до 90 % из водорода и до 10 % из кислорода; эти 10 % кислорода обеспечивают полное сгорание только 20 % водорода, остальные 70 % водорода являются избыточными и образуют вокруг расплавленного баббита защитную среду, препятствующую проникновению кислорода к расплавленному металлу, чем предотвращается его окисление.

Сгорание водорода происходит в обычной кислородно-ацетиленовой горелке. К кислородному штуцеру подается кислород или сжатый воздух, к ацетиленовому — водород. При работе для снижения температуры водородного пламени (700—800 °С), особенно при наплавке баббита на небольшие детали, вместо кислорода подают сжатый воздух; температура факела водородно-воздушного пламени на 200—300 °С ниже температуры водородно-кислородного пламени. Эти сравнительно низкие температуры водородного пламени обеспечивают отсутствие перегрева баббита при наплавке.

Структура баббита, наплавленного в струе водородного пламени, более мелкозернистая и плотная, и износостойкость его выше. Характерным свойством баббита, наплавленного водородным пламенем, является высокая твердость (НВ=45÷55). Следствием этого является ускорение приработки и уменьшение износа наплавленного баббита.

Кроме того, при наплавке в струе водородного пламени вместо дорогостоящего баббита Б-83 успешно может быть применен дешевый (25 % стоимости баббита Б-83) баббит БН, имеющий высокие антифрикционные свойства, но не применяемый при заливке вследствие сложности технологии его расплавления и заливки. Технология наплавки водородным пламенем баббита БН не отличается от технологии наплавки баббитом Б-83.

Метод наплавки не применим для неразъемных цилиндрических вкладышей большей длины и малого диаметра ($l \geqslant 100$ мм, $d \leqslant 60$ мм) и нерационален при наплавке баббита большей толщины (15—20 мм) вследствие большей длительности процесса, чем при заливке.

Для восстановления поверхности скольжения необходимо произвести удаление старого слоя баббита. При удалении старого баббита

Б-83 деталь укладывают в противень и нагревают газовой горелкой с тыльной стороны до температуры 240—270 °С, после чего баббит сам отваливается или удаляется легкими ударами молотка.

При ремонте деталей, залитых баббитами с низким содержанием олова с толщиной слоя до 2 мм, удаление старого баббита можно производить путем сплавления его пламенем, направленным непосредственно на баббит.

Частичное выплавление баббита. При отставании баббита в отдельных местах удаляется не только отстающий баббит, но и плотно связанный с основой на 20—25 мм от границ отставания.

При наличии единичной трещины баббит выплавляют до основного металла, захватывая 8—10 мм с обеих сторон и по концам трещины.

При наличии групповых трещин границы выплавляемого участка должны захватывать 10—12 мм от крайних трещин.

При выкрашивании баббита выплавляется участок на 12—15 мм больше во все стороны участка выкрашивания.

При наличии дефектных мест в деталях со слоем баббита менее 2 мм баббит выплавляется полностью.

Лужение детали. Лужение необходимо для защиты металла от окисления, что обеспечивает надежное соединение баббита с металлом основы.

В качестве полуды применяют: припой ПОС-30, если деталь покрывается баббитом Б-16; баббит Б-83, если деталь покрывается баббитом Б-83.

Очищают поверхность детали стальной щеткой, удаляют заусенцы, зачищают забоины, обдувают деталь сжатым воздухом.

После очистки от грязи и ржавчины деталь обезжиривают, для чего опускают ее в ванну на 10—20 мин с подогретым до 70—80 °С 10—15 %-ным раствором каустической соды с добавкой 2—3 г мыла или жидкого стекла либо с кипящим 25—30 %-ным раствором кальцинированной соды. После обезжиривания промывают деталь в горячей (80—100 °С), а затем в холодной проточной воде. На обезжиренной и промытой поверхности вода должна равномерно растекаться. Если вода собирается отдельными каплями, процесс обезжиривания повторяют. К обезжиренной поверхности не следует прикасаться руками.

Для чугунных деталей, бывших длительное время в эксплуатации, вместо обезжиривания применяют выжигание в печи или на горне при температуре 300—400 °С в течение 20—30 мин.

При наличии окисленных пятен деталь подвергают травлению: протирают поверхность бензином; с помощью волосяной кисти протирают окисленные места 15—25 %-ной соляной кислотой; при необходимости очищают темные пятна металлической щеткой; промывают в 10 %-ном растворе каустической или кальцинированной соды для удаления остатков кислоты, а затем промывают деталь в теплой воде. Сразу после травления наносят на поверхность детали волосяной кистью флюс в виде хлористого цинка (травленой соляной кислоты) с растворенным в нем хлористым аммонием в количестве 50 г на 1 л раствора. Если отдельные места не покрываются флюсом, деталь промывают водой и отправляют на повторное обезжиривание.

Для чугунных деталей сразу после травления перед флюсованием смазывают поверхность раствором 5—15 г/л медного купороса и 5—15 г/л серной кислоты 2—3 раза кистью, после чего промывают проточной водой.

Нагревают деталь в электропечи или с помощью газовой горелки до температуры плавления полуды (для ПОС-30 до 230 °С, для Б-83 до 350 °С). Поверхность покрывают флюсом волосяной кистью, припудривают порошком нашатыря и натирают прутком полуды до полного покрытия поверхности тонким слоем полуды. Облуженную поверхность протирают паклей до получения ровной блестящей поверхности.

Желтоватая окраска полуды свидетельствует о том, что полуда окислилась. В этом случае ее удаляют и производят повторное лужение, для чего деталь вновь посыпают нашатырем и натирают прутком полуды. Если на отдельных участках полуда не покрыла поверхность, эти места следует заново зачистить металлической щеткой, нагреть горелкой, покрыть хлористым цинком и хлористым аммонием и залудить до полной ликвидации непролуженных участков.

В целях предохранения полуды от окисления луженая поверхность обрызгивается водным раствором нашатыря и деталь передается на заливку (наплавку).

Заливка деталей баббитом. Детали, заливаемые баббитом, могут быть как цельными цилиндрической или плоской формы, так и разъемными цилиндрическими из двух половинок. У разъемных деталей больших размеров каждую половинку заливают отдельно, мелкие и средние детали предварительно собирают вместе, как показано на рис. 8.7.

В плоскости разъема между половинками детали прокладывают стальные прокладки толщиной 0,5—1 мм, изолируемые полосками влажного асбеста, после чего деталь стягивают хомутом. Заливка производится в специальных приспособлениях (рис 8.8 и 8.9). Приспособление состоит из шаблона в виде стального цилиндрического сердечника диаметром, равным внутреннему диаметру баббитовой заливки с учетом припуска на обработку, с приваренными планками для крепления и двух хомутов из полосовой стали, выгнутых по внешнему диаметру детали, с помощью которых сердечник соединяется болтами с половинкой детали.

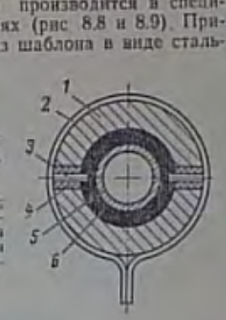


Рис. 8.7. Схема сборки вкладышей под заливку:

1 — вкладыш; *2* — хомут; *3* — металлическая прокладка; *4* — асбестовая прокладка; *5* — шаблон (сердечник); *6* — заливаемый слой баббита

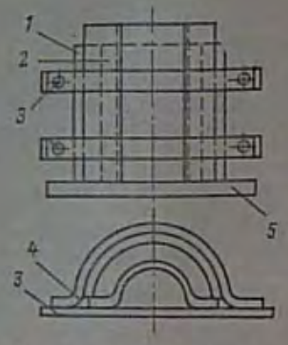


Рис. 8.8. Схема приспособления для заливки половины детали:

1 — вкладыш (половинка); *2* — шаблон (сердечник); *3* — планка; *4* — хомут; *5* — основание

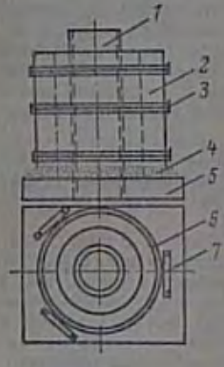


Рис. 8.9. Схема приспособления для заливки цельной детали:

1 — шаблон (сердечник); *2* — вкладыш; *3* — проволочные бандажи; *4* — обмазка; *5* — основание; *6* — асбестовый лист; *7* — планка для крепления

Все места соединения приспособления с деталью, граничащие с расплавленным баббитом, прокладывают асбестовым шнуром или уплотняют асбестовой прокладкой во избежание утечки баббита. Со стороны верхнего торца вкладыша укладывают асбестовую прокладку и нагруженную металлическую планку для образования прибыли высотой до 10 мм.

В корпус вкладыша вкладывают металлический стержень (отрезок трубы), который плотно вставляют в сквозное отверстие в основании приспособления, на которое устанавливают деталь и производят заливку. Корпус вкладыша обертывают тонким листовым асбестом, закрепленным проволочными бандажами. Вкладыш фиксируют на основании тремя планками и после окончательной установки обкладывают в нижней части формовочной землей или замазкой, состоящей из трех частей огнеупорной глины, трех частей песка, одной части асбеста в порошке и воды до консистенции густой сметаны.

Прорезь для смазочного кольца рекомендуется заполнять формовочной землей для уменьшения расхода баббита и устранения необходимости в последующем выпиливании баббита.

Шаблон (сердечник) до сборки приспособления должен быть подогрет до 420—450 °С. Поверхность его, соприкасающаяся с расплавленным баббитом, должна быть предварительно покрыта меловой обмазкой.

Время на сборку приспособления должно быть сокращено до минимума, чтобы предварительно подогретые вкладыши и сердечник не охладились.

Температура вкладыша, подготовленного к заливке, должна быть 270—300 °С; температура сердечника — не ниже 400 °С. Температура проверяется контактной термопарой или при помощи тонкой баббитовой палочки, которая должна оплавляться при прикосновении к детали. Если температура детали или сердечника ниже требуемой, то необходимо подогреть их газовой горелкой.

Выбор марки баббита производится с учетом произведения удельного давления p на окружную скорость v.

Удельное давление

$$p = \frac{P}{dl},$$

где P — радиальная нагрузка подшипника, кгс; d — диаметр подшипника, см; l — длина подшипника, см.

Окружная скорость

$$v = \frac{\pi dn}{100 \cdot 60},$$

где d — диаметр подшипника, см; n — частота вращения, об/мин.

Произведение pv не должно превышать допустимого значения, приведенного в табл. 8.18.

Плавка баббита производится в глубоком тигле. Чушки баббита погружают в тигель, нагретый до 400—500 °С, и расплавляют такое количество баббита, которое требуется для заливки подготовительных вкладышей. Количество баббита подсчитывают по геометрическим размерам детали с учетом припуска на обработку, прибыль, усадку и угар (табл. 8.19).

Температура баббита должна быть доведена до 400—410 °С для баббита Б-83 и до 440—470 °С для баббита Б-16, после чего производится рафинирование баббита и с его поверхности снимаются шлаки и окислы.

Таблица 8.18. Марки баббитов и условия их применения

Марка баббита	Характеристика нагрузки	p, Па·10⁶ (кгс/см²)	v, м/с	pv, (Па·10⁶) м/с	Назначение
Б-83	Спокойная	150	50	750	Подшипники, работающие при больших частотах вращения и средних нагрузках
Б-16	Спокойная	100	30	300	Малые нагрузки

Таблица 8.19. Припуск баббита

Диаметр шейки вала, мм	Припуск на обработку (на сторону), мм	Припуск на прибыль к массе литья, %	Линейная усадка, %	Угар, %
160	3—5	10	0,5—0,65	2
200	5—8	10—15	—	—
300	8—10	10—20	—	—
Более 300	10—15	10—20	—	—

Рафинирование производят сухим нашатырем, вводимым в тигель при помощи дырчатого колокольчика. При этом баббит тщательно перемешивают, шлаки и окислы удаляют шумовкой. Для рафинирования 100 кг расплавленного баббита нужно 50—75 г сухого нашатыря.

После рафинирования поверхность расплавленного баббита покрывают слоем измельченного просеянного сухого древесного угля с целью предохранения баббита от окисления.

Перед заливкой удаляют из тигля уголь, шлак и окислы шумовкой и перемешивают баббит в тигле в вертикальном направлении в течение 1 мин до дна стальным прутом.

Набирают баббит из тигля мерным ковшом, предварительно подогретым до 450 °С. Баббит заливается непрерывной короткой и широкой струей, температура заливаемого баббита должна быть 400—410 °С для баббита Б-83 и 440—470 °С для баббита Б-16. После усадки баббита доливают прибыль.

В целях предотвращения возникновения газовых пор немедленно по окончании заливки перемешивают залитый баббит нагретым стальным прутом диаметром 1—3 мм в вертикальном направлении. Перемешивание ведут почти до затвердения баббита, когда на пруте начнет намораживаться баббит. Не допускается перемешивание баббита в горизонтальном направлении.

Остывание баббита должно происходить снизу вверх. Для этого слегка подогревают верхнюю часть вкладыша в приспособлении горелкой и при необходимости охлаждают нижнюю часть струей сжатого воздуха. После полного остывания баббита разбирают приспособление и проверяют качество заливки, затем срубают прибыль и наплывы баббита острым зубилом. Обрубку производят в направлении от баббита к корпусу детали.

Наплавку баббита производят сварочной головкой СЧ-18 или ГС-53 с наконечником № 4—6 для пропан-бутанового пламени. Пламя должно быть восстановительное, т. е. с небольшим избытком горючего газа.

Баббитовые присадочные прутки, отлитые в угловой стали, должны быть длиной 400—700 мм и иметь в сечении прямоугольный треугольник с катетом 10—20 мм.

Вкладыш подогревают до 50—60 °С, но не выше 80—100 °С. При перегреве принимают меры к снижению температуры (например, охлаждают деталь струей сжатого воздуха).

Подготовленный для наплавки вкладыш зажимают в поворотных тисках (рис. 8.10). Кромки наплавляемого слоя ограждают щитками для предотвращения растекания расплавленного баббита. Щитки могут быть из мокрого асбестового картона толщиной 3—5 мм, который наклеивают на торец холодного вкладыша до наплавки. Масляные каналы и отверстия заделывают размоченным в воде асбестом.

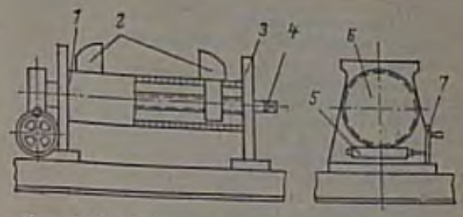


Рис. 8.10. Поворотные тиски для зажима детали при наплавке:

1 — тиски; *2* — губки; *3* — стойка; *4* — винт; *5* — червяк; *6* — червячное колесо; *7* — маховичок

Наплавку цилиндрических поверхностей производят полосами, которые должны занимать нижнее горизонтальное положение, что достигается вращением маховика поворотных тисков.

Рис. 8.11. Схема наплавки баббита. Номерами указана последовательность наложения наплавляемых участков

Толщина наплавляемого слоя за один раз должна быть не более 5—6 мм, при большей толщине применяется многослойная наплавка (рис. 8.11). Перед наплавкой последующего слоя предыдущий зачищается металлической щеткой до блеска. Общая толщина наплавляемого слоя баббита должна быть больше чистового размера на значение припуска для механической обработки согласно табл. 8.20.

Таблица 8.20. Припуск на механическую обработку

Диаметр шейки вала, мм	Припуск на механическую обработку (на сторону), мм
До 100	1
До 200	1,5
До 400	2
Более 400	2,5

Укладывать на наплавляемую поверхность присадочные прутки горизонтально и расплавлять их категорически запрещается.

Технология водородной наплавки. Регулировку пламени горелки выполняют следующим образом.

Открывают клапан редуктора на кислородном или воздушном баллоне и доводят давление в шланге до 50 кПа при закрытом кислородном клапане на горелке. Открывают кран подачи водорода на водяном предохранительном затворе, открывают клапан подачи водорода горелки на один оборот и зажигают струю водорода. Пламя должно иметь длину 140—180 мм.

Открывают на пол-оборота кислородный клапан на горелке и регулируют пламя. Длина факела кислородно-водородного пламени должна быть в пределах 200—250 мм, а воздушно-водородного — 170—220 мм. Пламя должно быть ровным, бесшумным. Цвет пламени желтоватый, с беловатым оттенком. У наконечника не должно быть голубоватого язычка, свидетельствующего об избытке кислорода и высокой температуре пламени.

Для того чтобы потушить горелку, закрывают клапан подачи водорода, продувают горелку кислородом или воздухом несколько раз, открывая на пол-оборота и закрывая клапан. По окончании работ закрывают клапан редуктора на баллоне и кран на водяном предохранительном затворе.

При наплавке слоя баббита толщиной менее 2 мм применяют наконечники № 0 и 1; при большей толщине соответственно увеличивается номер наконечника.

Наплавка баббита на поверхность с полностью удаленным слоем баббита. Пламенем горелки прогревают луженую поверхность до исчезновения водяной пленки на наплавляемой поверхности. Прогревают первый участок (см. рис. 8.12) размером 15—20 мм до начала

Рис. 8.12. Схема доплавки на утонченный слой баббита:

1 — старый слой; *2* — доплавляемый баббит; номерами указана последовательность наложения полос

плавления (вспотевания) полуды, располагая сопло горелки на расстоянии 10—15 мм от поверхности. Опускают присадочный пруток сквозь пламя горелки на середину прогретого участка, не доводя его до поверхности на 8—10 мм. Направляют пламя горелки на нижнюю часть прутка и сплавляют часть баббита, достаточную для покрытия участка диаметром 15—20 мм. Поднимают пруток на 15—20 мм от поверхности, перемещают горелку на 8—10 мм вправо по направлению наплавки и дугообразным движением пламени прогревают до расплавления полуды соседний с наплавленным участком. Скорость перемещения пламени 3—5 мм в секунду.

Опускают пруток, сплавляют баббит с прутка и одновременно оплавляют полуду на следующем участке вдоль наплавления наплавки. В таком порядке наплавляют полоску баббита по всей длине вкладыша или сегмента, затем наплавляют следующую полосу (см. рис. 8.12).

При наплавке смежной полосы для обеспечения сцепления ее с ранее наплавленной необходимо расплавить боковую кромку наплавленной полосы на ширину 2—3 мм.

Наплавка баббита на деталь с утонченным слоем баббита. После обезжиривания детали зачищают поверхность баббита металлической щеткой до блеска. Горелкой прогревают поверхность детали вдоль первой полосы наплавки (рис. 8.12) до температуры 120—130 °С.

Пламенем горелки у края поверхности расплавляют баббит на участке диаметром 15—20 мм до образования на поверхности баббита вогнутой ванночки расплавленного металла. Наконечник горелки должен находиться на расстоянии 15—20 мм от поверхности баббита. Опускают присадочный пруток в пламя горелки на середину ванночки расплавленного баббита на расстояние 8—10 мм до поверхности ванночки. Движением горелки сверху вниз сплавляют баббит с прутка. Зигзагообразным движением горелки вдоль направления наплавки первой полосы сплавляют поверхность баббита, одновременно сплавляя с конца прутка баббит.

Контроль качества. Качество заливки или наплавки определяют наружным осмотром с целью обнаружения раковин, пористостей, инородных включений, отставания баббита, а также проверкой размеров наплавленного слоя. Вновь выполненная заливка или наплавка должны отвечать следующим требованиям:

поверхность баббита должна быть плотной, без раковин, трещин, инородных включений, тускло-серебристого цвета для баббита Б-16, светло-золотистого цвета для Б-83;

не должно быть пор, рассыпанных по всей поверхности;

баббит не должен отставать от основы;

излом баббита должен иметь мелкозернистое строение, однородное по всему сечению излома;

размеры должны соответствовать чертежу с припусками на обработку в соответствии с данными табл. 8.19 и 8.20.

Проверяют сцепление баббита с основным металлом легким простукиванием латунным молотком поверхности баббита подвешенной детали (звук должен быть чистым, без дребезжания и глухих тонов) или посыпают поверхность баббита железными опилками. При легком простукивании латунным молотком поверхности баббита опилки в местах отставания баббита подпрыгивают. Проверяют керосином (как указано выше).

Если при проверке будут обнаружены перечисленные дефекты, деталь бракуют и возвращают на переделку. Допускается исправление отдельных дефектов, если общая площадь дефектных мест не превышает 15 % поверхности детали.

Без исправления допускаются следующие незначительные дефекты: неглубокая ситовидная пористость площадью не более 5 % поверхности детали; газовые раковины без инородных включений диаметром до 2 мм и глубиной до 1,5 мм не более 5 шт., расположенные не на опорной поверхности и не менее чем на 30 мм от края детали и друг от друга.

Исправление дефектов производится путем разделки дефектных мест и напайки или наплавки баббитом.

Дефектные места в виде раковин и пор высверливают до здорового металла. Места отставания баббита вырубают острым зубилом металла корпуса детали. После вырубки место под напайку зачищают до металлического блеска, смачивают хлористым цинком (травленой соляной кислотой) и нагревают горелкой до начала оплавления поверхности баббитного слоя и полуды, после чего вводят присадочный пруток баббита Б-83.

Меры безопасности. Рабочее место для травления, лужения и заливки должно быть оборудовано вытяжной вентиляцией, а также проточной водой. Во время работы с кислотами следует пользоваться резиновыми перчатками, резиновым фартуком и защитными очками. При составлении растворов кислот разрешается лить только кислоту в воду, ни в коем случае не наоборот. При попадании кислоты на руки или лицо следует немедленно протереть пораженное место ватой, смоченной в нашатырном спирте, и обмыть с мылом в проточной воде.

При хранении и транспортировке баллонов с газом следует руководствоваться Правилами Госгортехнадзора СССР. Баллоны с жидким газом должны находиться в специальном шкафу, имеющем вентиляционные отверстия для естественной вентиляции в нижней и верхней частях шкафа.

В местах хранения и нахождения баллонов с газом должны быть плакаты: «огнеопасно», «с огнем не подходить».

Хранение в одном шкафу баллонов с жидким газом и кислородных баллонов запрещается, расстояние между ними должно составлять не менее 5 м.

Баллоны с жидким газом должны размещаться на расстоянии не менее 1 м от отопительных приборов, не менее 10 м от печей и других источников тепла с открытым огнем, не менее 5 м места производства работ.

Все соединения шлангов должны быть тщательно подтянуты, проверены обмыливанием на плотность и осмотрены не реже 1 раза в смену.

При работе не допускается попадание жидкого газа из баллона или горелки на вентиль кислородного баллона, кислородный редуктор и шланг. Не должно быть загрязнений жиром кислородного редуктора, шлангов и горелки.

Перед началом работы следует проверить подсос горелки и перед каждым зажиганием во избежание обратного удара в шланг и редуктор выпустить через горелку образующуюся в шланге смесь газа с воздухом. При появлении хлопков и обратных ударов пламени следует немедленно закрыть вентили, горелки охладить водой.

Для пуска кислорода в редуктор вентиль баллона следует открывать постепенно при полностью ослабленном регулировочном винте. Воздух и кислород должны поступать к горелке под давлением не более 50 кПа (0,5 кгс/см²).

При работе нескольких наплавщиков кислород или воздух в каждую горелку должен подаваться от отдельного баллона.

Оборудование и инструменты, применяемые при ремонте (переналавке) подшипников скольжения: электропечь для подогрева деталей типа Н-90; печь для наплавки баббита; кузнечный горн; сварочная головка СП-18 или ГС-58 с набором наконечников; кислородный редуктор типа РК-58; технические весы; ванна для обезжиривания, травления и промывки; поворотные тиски для крепления деталей; формы для заливки; тигли для наплавки баббита; ковши для заливки баббита; шумовка; дырчатый колокольчик; струбцины для крепления шаблонов; термопара с гальванометром; молоток латунный 0,2 кг; щетка металлическая; кисть волосяная.

Материалы, применяемые при ремонте (переналавке) подшипников скольжения: баббит марки Б-83, ГОСТ 1320—74; баббит марки Б-16, ГОСТ 1320—74; припой ПОС-30, ГОСТ 21930—76; хлористый цинк, ГОСТ 7345—78; хлористый аммоний (нашатырь), ГОСТ 2210—73, соляная кислота; серная кислота, ГОСТ 2184—77; сода каустическая (натр едкий), ГОСТ 2263—79; сода кальцинированная, ГОСТ 5100—73; медный купорос, ГОСТ 19347—74; мыло хозяйственное, ГОСТ 790—69; жидкое стекло, ГОСТ 13078—61; бензин, ГОСТ 1012—72; керосин, ГОСТ 4753—68, пропан-бутан (или ацетилен) в баллонах, ГОСТ 5457—75; кислород в баллонах, ГОСТ 5583—78; воздух в баллонах, ГОСТ 11882—73; ацетон, ГОСТ 2768—79; асбест листовой, ГОСТ 12871—67; асбест шнуровой, ГОСТ 1779—83; асбест в порошке, ветошь обтирочная, ГОСТ 5354—79; пакля, ГОСТ 16183—77; глина формовочная, ГОСТ 3226—77; мел молотый.

8.4. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для подшипниковых узлов электродвигателей с подшипниками качения и скольжения следует применять смазку, рекомендуемую заводом-изготовителем. Замена рекомендованной смазки другой допускается, если ее характеристики (температура каплеобразования, пенетрация и допустимая температура применения) аналогичны характеристикам рекомендованной смазки.

Консистентные смазки подразделяются на кремнийорганические кальциевые, натриево-кальциевые и литиевые.

Кремнийорганическую кальциевую смазку ЦИАТИМ-221 применяют для работы при повышенных температурах, так как она имеет высокую химическую стойкость, но ее слабые противоизносовые свойства препятствуют применению в тяжело нагруженных подшипниках.

Натриево-кальциевая смазка 1-13 находит применение в подшипниках электродвигателей, имеющих средние частоты вращения и температуру не более 100 °С.

Широкое распространение получили литиевые смазки ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-202, ЦИАТИМ-203 вследствие их водостойкости и

Таблица 8.21. Смазки консистентные для подшипников качения

Смазка	ГОСТ	Температура каплеобразования, °С	Условия работы подшипников
Солидол жировой	1033—79	90	Не выше 75 °С
Универсальная тугоплавкая водостойкая смазка 1-13	ОСТ 38-01-145-80	120	Не выше 90 °С при повышенной влажности
Универсальная тугоплавкая, константин жировой:			
УТ-1	1957—73	130	Не выше 115 °С, работа в сухих помещениях
УТ-2	1957—73	150	Не выше 135 °С, работа в сухих помещениях
ЦИАТИМ-203	8773—73	150	Высокие удельные нагрузки
ЦИАТИМ-201	6267—74	170	Повышенная влажность на открытом воздухе 50—100 °С
ЦИАТИМ-221	—	200	То же

Таблица 8.22. Масла для подшипников скольжения

Система смазки	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Режим работы	Марка масла
Комбинированная и принудительная	250—8000	250—1000	Любой	Турбинное 30(УТ), ГОСТ 32—74
		1000 и выше		Турбинное 22(Л), ГОСТ 32—74
				Турбинное Тп-30, ГОСТ 9972—74
		До 250	Нереверсивный	Индустриальное 45, ГОСТ 20799—75
Кольцевая	До 1000	250—1000	Нереверсивный с частыми пусками	Индустриальное 45, ГОСТ 20799—75
		1000 и выше	Нереверсивный с редкими пусками	Индустриальное 20 или 30, ГОСТ 20799—75

возможности применения в большом диапазоне температур.

Характеристики консистентных смазок приведены в табл. 8.21, рекомендуемые масла для подшипников скольжения — в табл. 8.22.

Расход масла (турбинного или индустриального) через подшипники при принудительной системе смазки должен регулироваться в соответствии с требованиями завода-изготовителя. При отсутствии этих данных он регулируется таким образом, чтобы температура масла на сливе из подшипника не превышала 65 °С. Например, для двигателей серий АТД-2 мощностью 1000—2500 кВт расход масла составляет $0{,}27 \cdot 10^{-3}$ м³/с, а мощностью 3200—5000 кВт $0{,}60 \cdot 10^{-3}$ м³/с. Эти расходы даны на оба подшипника при давлении в системе смазки 30—50 кПа (0,3—0,5 кгс/см²).

Раздел девятый

РЕМОНТ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

9.1. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Существующие способы очистки систем охлаждения можно разделить на механические, пневматические, гидродинамические и химические. При большом загрязнении и закупорке внутреннюю поверхность трубок воздухоохладителей прочищают шомполом. Диаметр шомпола должен быть на 1,5—2 мм меньше внутреннего диаметра трубки. Не рекомендуется чистить трубки металлическими ершами, так как это может привести к повреждению трубок и образованию течи, следует использовать капроновые ерши, которые хорошо очищают поверхность, не повреждая ее. Воздухоохладитель можно чистить также сильной струей воды с помощью гидропистолета и струей воды с воздухом.

Эффективным способом очистки трубок охладителей является гидродинамический способ с использованием высоконапорной установки, разработанной и изготовленной государственным союзным заводом по механической и химической очистке котельных установок «Котлоочистка» [21]. В процессе истечения воды через отверстия насадки формируются строго направленные струи воды высокого давления, которые эффективно разрушают отложения. Рабочее давление воды для различных насадок подбирают в зависимости от характера и свойств отложений при начале очистки. Наружное оребрение на трубках продувают сухим сжатым воздухом. Загрязненные и замасленные ребра воздухоохладителя промывают горячей водой. Восстанавливают поврежденное оребрение трубок воздухоохладителей.

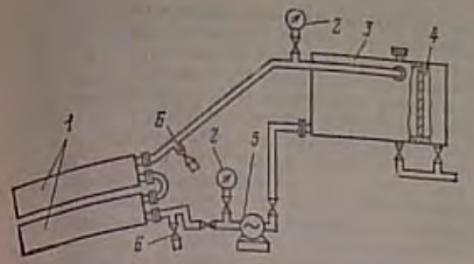


Рис. 9.1. Схема кислотной промывки воздухоохладителей

1 — воздухоохладитель; *2* — манометры; *3* — бак растворный; *4* — бак пеноотбора; *5* — насос; *6* — патрубки для химического анализа

Кислотную промывку применяют для очистки внутренних полостей латунных трубок воздухоохладителей от отложений неорганического происхождения. Для этого собирают схему (рис. 9.1). Для предотвращения образования воздушных пробок воздухоохладители устанавливают под углом к горизонтали 10—15°. Растворный бак заполняют водой. Вместимость бака должна обеспечивать заполнение воздухоохладителя и соединительных трубопроводов. Для нейтрализации трехвалентного железа и перевода его в двухвалентное в промывочный раствор вводят тиосульфат натрия в количестве, в 10 раз превышающем по массе количество трехвалентного железа в растворе соляной кислоты. Исходные данные получают по результатам анализов, проведенных химлабораторией. Включив насос *5*, прокачивают раствор через воздухоохладители в течение 10 мин. В раствор вливают соляную кислоту до получения 1 %-ного раствора. Затем в процессе прокачивания раствора поддерживают его постоянную концентрацию путем периодического добавления в раствор соляной кислоты. Промывку продолжают до тех пор, пока в растворе после очередного добавления кислоты и через 30 мин после продолжения промывки процентное содержание соляной кислоты сохраняется постоянной в течение 30 мин.

Затем берут пробу из растворного бака для определения содержания меди в растворе. Содержание меди в растворе, как правило, не превышает 100 мг на 1 л раствора. Для обеспечения нейтрализации в трубной системе соляной кислоты в раствор вводят кальцинированную соду по массе до получения щелочной реакции раствора. Затем открывают вентиль для подачи воды в раствор и дренажный вентиль. Прокачку ведут до полного удаления раствора. Водой промывают систему и воздухоохладитель в течение 30 мин. Разобрав схему для промывки, демонтируют крышки воздухоохладителей и индивидуально промывают все трубки чистой водой.

9.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И РЕМОНТ МАСЛО- И ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

После очистки проводят гидравлические испытания воздухоохладителей избыточным давлением 196—245 кПа (2—2,5 кгс/см²) в течение 5—10 мин, если отсутствуют другие указания завода-изготовителя. Маслоохладители испытывают на отсутствие течи давлением воды 196—245 кПа (2—2,5 кгс/см²) в течение 10 мин.

Перед испытаниями из воздухоохладителя пускают воздух. Течи и отпотевания при гидравлических испытаниях недопустимы. Обнаруженные течи в местах вальцовки устраняют путем дополнительной подвальцовки, при этом разрешается заглушить поврежденные трубки обеих сторон трубных стенок металлическими конусными пробками (конусность пробки 1 : 100). Допустимое количество выведенных из работы трубок в воздухоохладителе определено в инструкции завода-изготовителя электродвигателя. При отсутствии таких данных разрешается глушить до 2 % количества трубок на один ход и до 1,5 % при числе ходов более одного. В воздухоохладителе при числе трубок на ход менее 50 не допускается заглушать более одной трубки на ход и более двух трубок на воздухоохладитель.

Выявить дефектную трубку из трубок, расположенных в средней части воздухоохладителя, довольно сложно. Рекомендуется поочередно опрессовывать те трубки, в которых возможна течь.

Резиновые прокладки, потерявшие эластичные свойства, заменяют при сборке новыми. После сборки и подсоединения напорного и сливного трубопроводов в масло- и воздухоохладитель подают воду под рабочим давлением и проверяют отсутствие течей по фланцам.

9.3. РЕМОНТ СИСТЕМЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА АВ-8000/6000УЗ

Для контроля гидравлической плотности и прочности ротор опрессовывают давлением воды 6860 кПа (70 кгс/см²) в течение 30 мин. Течи в радиальных трубках устраняют подтяжкой гаек. Если имеется течь около бандажного узла и точное местонахождение ее установить невозможно, то бандаж снимают.

После остывания короткозамыкающего кольца (после снятия бандажа) давление воды поднимают до 6860 кПа (70 кгс/см²) и отыскивают течь. Обнаруженное место течи устраняют подпайкой припоем ПСр-45.

Течи в местах пайки стержней короткозамыкающими кольцами устраняют после установки ротора в вертикальное положение.

Крейцмейселем удаляют втулку на стержнях, имеющих течь. Для предупреждения повреждения стержня удары по крейцмейселю должны быть направлены вдоль оси в сторону короткозамыкающего кольца.

В местах восстановления пайки снимают фаску размером 4×45 и обезжиривают поверхность. Близко расположенные резиновые уплотняющие кольца перед пайкой удаляют из радиальных узлов. Пайку выполняют ацетиленовой горелкой № 5 или 6 припоем ПСр-45 с использованием флюса № 209.

После пайки и сборки резиновых уплотнений проводят гидравлические испытания системы ротора давлением 6860 кПа (70 кгс/см²) в течение 30 мин и после этого собирают бандажные узлы. При контрольных испытаниях расход воды через ротор должен быть не менее 40 м³/ч при частоте вращения 0 и 2960 об/мин. В первом случае давление воды на входе должно быть 196 кПа (2 кгс/см²), во втором — 392 кПа (4 кгс/см²).

При осмотре системы охлаждения статора особое внимание обращают на состояние охлаждающих и соединительных элементов: трубок, штуцеров и коллекторов. Элементы системы водяного охлаждения не должны иметь трещин, коррозии и следов нагрева. Места соединительных трубок, которые из-за касания ребер поперечной стенки корпуса статора оказались частично перетертыми, разрезают, устанавливают хомут и пропаивают припоем ПСр-15. При пайке трубок с хомутиками предусматривают меры по предупреждению затекания припоя внутрь трубок.

При ремонте проверяют отсутствие закупорки всех 25 рядов охлаждающих сегментов. Для этого вывинчивают штуцера на напорном или сливном коллекторе и сегменты продувают воздухом и промывают водой. Закупоренный сегмент исключают из схемы охлаждения (шунтируют) и соединительные трубки соседних сегментов спаивают.

Герметичность системы водяного охлаждения статора проверяют давлением воды 980 кПа (10 кгс/см²) в течение 30 мин. При обнаружении в сегментах течи и невозможности устранения ее вышедший из строя сегмент исключается из гидравлической системы.

Статор считается выдержавшим испытания, если отсутствуют течи и отпотевания, а измеренный расход воды через статор не менее 5 м³/ч при давлении воды на входе в статор 490 кПа (5 кгс/см²).

Количество отключенных (зашунтированных) охлаждающих сегментов статора не должно превышать 10 % общего количества сегментов. Количество зашунтированных сегментов в одном ряду не ограничивается. В рядах с 6-го по 20-й допускается отключать сегменты, расположенные в аксиальном направлении на одной прямой, если между ними есть работающие сегменты. Отключение двух и более охлаждающих сегментов, расположенных в аксиальном направлении на одной прямой в рядах с 1-го по 5-й и с 21-го по 25-й, не допускается. Если эти условия не выполняются, то необходима замена сегментов с частичной или полной перешихтовкой активной стали статора.

В период ремонта рекомендуется измерять гидравлическое сопротивление системы охлаждения активной стали статора и полученное значение сравнить с результатом предыдущего измерения. После гидравлических испытаний воду сливают из статора и продувают его сухим сжатым воздухом под давлением 294 кПа (3 кгс/см²) до полного удаления воды из каждой параллельной ветви статора в отдельности путем отсоединения их от коллектора. После продувки параллельные ветви присоединяют к коллекторам.

Для устранения неплотности в месте соединения штуцера с коллектором устанавливают шайбу из фторопласта, свинца или другого уплотняющего материала.

9.4. РЕМОНТ ВЕНТИЛЯТОРОВ-НАЕЗДНИКОВ

После демонтажа электродвигатель обдува транспортируют в ремонтную мастерскую и устанавливают на рабочем месте слесаря. Снимают крыльчатку вентилятора (рис. 9.2) и замеряют воздушный зазор в четырех диаметрально противоположных точках. Если воздушный зазор выше, чем в заводском исполнении, у двухполюсных электродвигателей на 25 % и более и у электродвигателей с большим числом полюсов на 15 % и более, то электродвигатель отбраковывают.

Отвертывают болты, крепящие подшипниковые щиты. Устанавливают электродвигатель на стол разборочного стенда конструкции Центрального конструкторско-технологического бюро по ремонту электрооборудования (ЦКТБЭР) и закрепляют его (рис. 9.3). Двигатель устанавливают рабочим концом вала к подвижной стойке.

Устанавливают пиноли подвижной и неподвижной стоек разборочного стенда по высоте в соответствии с габаритом или высотой оси вращения электродвигателя. Включив движение стола влево, выпрессовывают левый подшипниковый щит с наружного кольца подшипника и правый подшипниковый щит из станины статора. Для замены подшипников устанавливают упорную вилку между левым подшипником и корпусом электродвигателя, включают движение стола вправо. При этом выпрессовывается правый подшипниковый щит с наружного кольца подшипника и левый подшипник с вала ротора. Затем устанавливают упорную вилку между правым подшипником и корпусом двигателя и включают движение стола влево. При этом выпрессовывается правый подшипник с вала.

После вывода пиноли стоек разборочного стенда из центров вала электродвигателя поворачивают стол с электродвигателем на 60—90°, снимают крышки подшипников, подшипниковые щиты и подшипники.

Выводят ротор из расточки статора и отвертывают зажимное устройство, крепящее статор электродвигателя к столу стенда. При ремонте подшипниковых узлов следует руководствоваться рекомендациями, изложенными в разд. 8. Ротор и статор очищают от грязи и пыли. Обмотку статора покрывают эмалью ГФ-92-ХС. После выполнения электрических

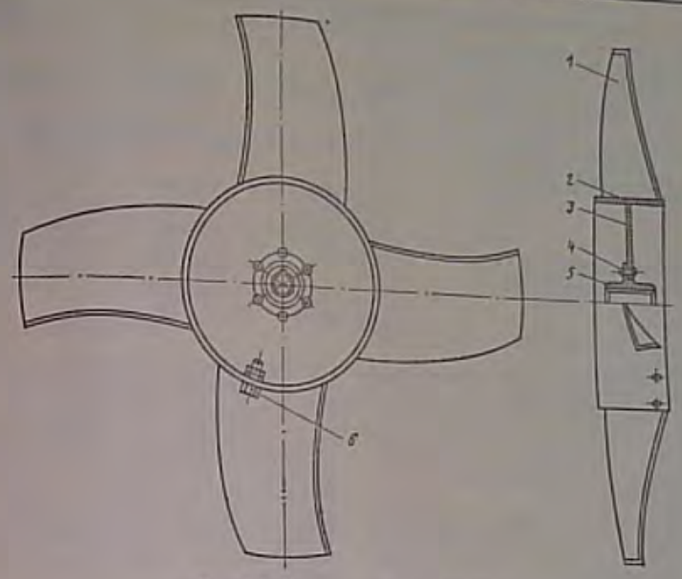


Рис. 9.2 Крыльчатка вентилятора:

1 — лопатка; *2* — цилиндр; *3* — диск; *4* — заклепка; *5* — ступица; *6* — балансировочный груз (болт М8 с гайками)

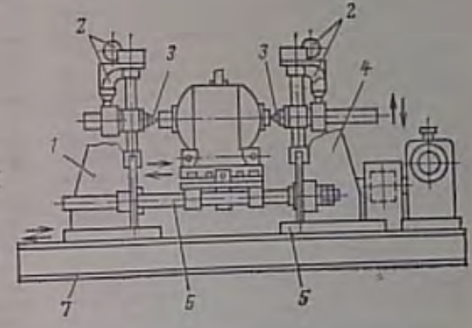


Рис. 9.3. Стенд для разборки электродвигателей:

1 — стойка подвижная; *2* — электропривод; *3* — пиноль; *4* — стойка неподвижная; *5* — стол поворотный; *6* — направляющая; *7* — рама

испытаний в объеме [19] и устранения дефектов электродвигатель собирают. Крыльчатку вентилятора и шпонку осматривают и проверяют отсутствие дефектов. Дефектные крыльчатки заменяют резервными. После замены крыльчатки электродвигатель с крыльчаткой подвергают статической и динамической балансировке. После опробования на холостом ходу и под нагрузкой электродвигатель устанавливают на рабочее место.

Раздел десятый

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

10.1. РЕКОНСТРУКЦИЯ СТАТОРОВ

Реконструкция крепления обмотки статора. Мероприятиями, повышающими надежность и жесткость крепления обмоток статоров и придающими им монолитность, могут быть следующие:

применение формопласта (препрега) для заполнения зазоров между катушками обмотки в местах установки дистанционных колодок, между обмоткой и бандажными кольцами, а также в качестве прокладок, уложенных в пазовую часть обмотки. В последнем случае прокладки препрега должны быть предвари-

Таблица 10.1. Основные свойства шнуров для вязки бандажей крепления лобовых частей обмотки статора

Шнур	Разрывное усилие, кН (кгс)	Относительное удлинение, %	Количество двойных перегибов на 180°
Лавсановый диаметром, мм:			
3	0,833 (85)	25	—
4	1,137 (116)	34	180 000
5	1,421 (145)	60	412 000
Стеклянный ШЭС диаметром 3 мм	0,862 (88)	14	242
Льнопеньковый диаметром, мм:			
2	0,412 (42)	9	1883
2,5	0,441 (45)	11	—

тельно покрыты фторопластовой пленкой для предотвращения их прилипания;

замена шнуровых бандажей из льнопенькового шнура бандажами из пропитанного эпоксидным составом лавсанового (стеклолавсанового) шнура или термоусадочной ленты с применением цепной вязки;

установка дополнительных распорок на выходе из паза катушек обмотки, замена деталей крепления обмотки, изготовленных из дерева, стеклотекстолитовыми;

применение в качестве подклиновых прокладок из гофрированного стеклотекстолита;

установка дополнительных кронштейнов и бандажных колец;

применение магнитных клиньев, уменьшающих динамические усилия на лобовые и пазовую части обмотки;

формующийся материал и эпоксидный состав для пропитки лавсанового шнура имеют в своем составе связующее горячего отверждения. В результате последующей запечки лобовым частям обмотки придается монолитность и высокие вибрационные характеристики. ВНИИЭИМ разработал и совместно с предприятием «Мосэнергоремонт» внедрил препрег холодного отверждения, имеющий следующие свойства: он не требует запечки, время годности его не ограничено, время отверждения можно регулировать в зависимости от требований технологического процесса.

Для получения бандажа, плотно облегающего сопрягаемые детали, необходим эластичный шнур, усаживающийся при нагреве. Этим условиям удовлетворяет лавсановый шнур, усадка которого увеличивается с ростом температуры и достигает 6 % при 120 °С. Основные свойства шнуров для вязки бандажей по данным [22] приведены в табл. 10.1.

Пропитка лавсанового шнура эпоксидными составами горячего отверждения перед его установкой и последующая термообработка при температуре 100 °С повышает механическую прочность бандажа на 50—60 %. Усадка лавсанового шнура после 2 ч выдержки при температуре 80 °С составляет 1,5 %, при 100 °С — 3 %, при 120 °С — 6 %, при 160 °С — 13 %.

Стеклолавсановый шнур ШСЛ имеет сердечник из стеклянных нитей и лавсановую оболочку.

Предприятие «Каунасэнергоремонт» в качестве материала для бандажей применяет термоусадочные ленты ЛНТЖ-80, ПАН-80, ЛТЖ-25, которые рекомендованы ВНИИЭИМ [6]. Лента представляет собой жгут шириной 24—72 мм. Термоусадочная лента дает усадку по длине до 12 % с напряжением усадки 11,3 МПа (115 кгс/см²) при повышении температуры до 160 °С. Ширина ленты подбирается в зависимости от зазоров между катушками или стержнями в лобовых частях. При бандажировке надежно закрепляется конец ленты, чтобы вязка при усадке ленты не развязывалась.

Способность препрега формироваться по месту установки при температуре окружающей среды и низких давлениях позволяет избежать при укладке обмотки зазоров между катушками, стержнями и деталями крепления. После запечки прокладки прочно соединяются с сопрягаемыми поверхностями, создавая монолитные, жесткие системы в лобовой части обмотки статора.

Механическая прочность препрега ниже, чем стеклотекстолита СТЭФ, но достаточна для применения в конструкции крепления лобовых частей мощных электродвигателей. В качестве исходного материала используют препрег марки АП-70-151А, ППМ-5М, ППЛ-Э или ППЛ-П.

Препрег марок ППМ и АП на основе рубленого стеклохолста, полиэфирного связующего и различных наполнителей имеет недостаточно хорошую формуемость и способность к подпрессовке. У препрега ППЛ-Э и ППЛ-П в качестве основы использована стеклоткань трикотажной частичной структуры, которая легко изменяет толщину под действием небольшого давления.

На основе эпоксидного связующего разработан препрег ППЛ-Э, на основе полиэфирной смолы — препрег ППЛ-П с наибольшим сроком хранения (6 мес). Для предотвращения вытекания полиэфирного связующего в препрег ППЛ-П введены тальк и слюда. В табл. 10.2 приведены свойства препрега по [31]. Срок гарантии препрега установлен заводами-изготовителями в зависимости от марки 3—6 мес со дня изготовления. По истечении указанного срока препрег перед применением подлежит испытанию и считается годным при соответствии всех показателей изложенным в технических условиях.

В качестве прокладок между верхним и нижним рядами стержней обмотки и между обмоткой и бандажными кольцами целесообразно использовать формующийся материал в

Таблица 10.2. Основные свойства препрега

Показатели	Препрег			Материал ФМЦ
	ППЛ-Э	ППЛ-П	ППМ-5М	
Содержание связующего, %	40—50	35—40	—	—
Продолжительность отверждения при температуре 100 °С, ч	24	2—3	4—6	2
Формуемость при удельном давлении 0,1 МПа (1,02 кгс/см²)	20—30	20—30	3—5	40—50
Деформационная стойкость при нагревании под нагрузкой по Мартенсу, °С	112	108	—	120
Удельная ударная вязкость кДж/м²	65—70	75—80	50	15—20
Разрушающее напряжение, МПа (кгс/см²):				
при статическом изгибе	95 (969)	110 (1122)	150 (1530)	65—70 (663—714)
при сжатии	80—85 (784—833)	95—100 (931—980)	150 (1470)	98—100 (960—980)
Удельное объемное сопротивление, Ом·м	$8 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{11}$
Электрическая прочность, В/м	20	18	10	12

цилиндрической оболочке (ФМЦ), который представляет собой цилиндрическую стеклотрикотажную оболочку диаметром 25—50 мм, заполненную препиксом на основе рубленого стекловолокна, полиэфирной смолы и минеральных наполнителей.

Дистанционные распорки в лобовых частях перед установкой изолируют препрегом и пропитанной лаком ЭР1-30 стеклотканью. Каждая дистанционная распорка подбирается по толщине таким образом, чтобы, обернутая препрегом и стеклотканью, она плотно входила в зазор между катушками или стержнями. Бандаж накладывается шнуром, сложенным в две нитки. Шнур предварительно пропитывают эпоксидным составом и сушат на воздухе при температуре 20 °С не менее 24 ч.

Для обеспечения большей динамической стойкости и механической прочности предприятие «Ростовэнергоремонт» устанавливает дополнительный бандажный пояс (рис. 10.1).

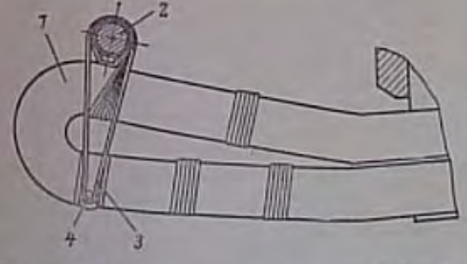


Рис. 10.1. Бандажный пояс крепления лобовых частей обмотки статора электродвигателя типа ДАЗО 13-50-4 конструкции предприятия «Ростовэнергоремонт»

1 — катушка; *2* — бандажное кольцо; *3* — радиальная стяжка; *4* — кольцевой бандаж

Предприятие «Харьковэнергоремонт» в зависимости от конструктивного исполнения электродвигателя и выявленных дефектов выполняет следующие мероприятия:

замену кронштейнов кронштейнами более жесткой конструкции и установку дополнительных кронштейнов;

усиление крепления кронштейнов к нажимным фланцам увеличением диаметра крепежных болтов или приваркой кронштейнов к нажимным фланцам;

крепление бандажных колец стеклотекстолитовыми гребенками, которые выполняются с изменением конструкции кронштейнов;

установку межслоевых кольцевых прокладок между катушками, вязку верхних сторон катушек к бандажным кольцам;

установку стеклобандажных поясов (бандажных колец) для электродвигателей, не имеющих бандажных колец, в связи с малым вылетом лобовой части обмотки (рис. 10.2);

усиление крепления межкатушечных соединений установкой дополнительных распорок.

ПРП «Ростовэнерго» при перемотках электродвигателей для повышения надежности кор-

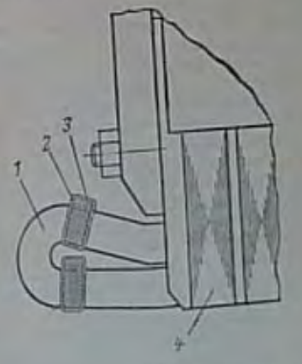


Рис. 10.2. Установка стеклобандажных поясов конструкции предприятия «Харьковэнергоремонт» на электродвигателе типа СДСЗ-2000-100: *1* — катушка; *2* — стеклобандажный пояс; *3* — бандаж шнуровой; *4* — активная сталь статора

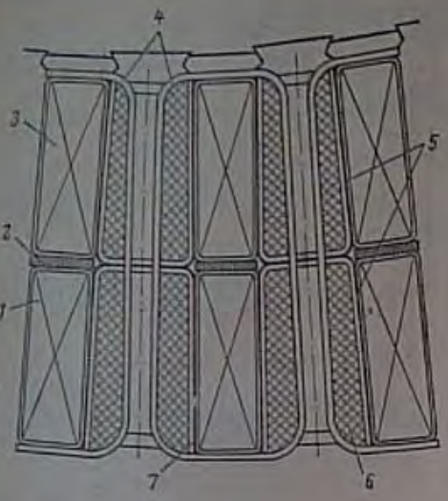


Рис. 10.3. Установка дополнительных распорок на выходе из паза обмотки статора электродвигателя ДВДД-215/39-12-16

1, 3 — катушка обмотки статора; *2* — стеклотекстолитовая прокладка; *4* — шнуровой бандаж; *5* — препрег; *6* — распорка; *7* — лавсановая пленка

пусной изоляции обмотки статора в местах выхода катушки из паза устанавливают распорки *6* (рис. 10.3).

Существующая конструкция крепления катушек и стержней в пазу с помощью клиньев и плоских стеклотекстолитовых прокладок не обеспечивает требуемой надежности, поэтому особое внимание при ремонте необходимо уделить закреплению обмотки в пазу. Катушки и стержни в пазу должны плотно прилегать друг к другу по всей длине пазовой части, обеспечивая постоянное давление на паз в радиальном направлении.

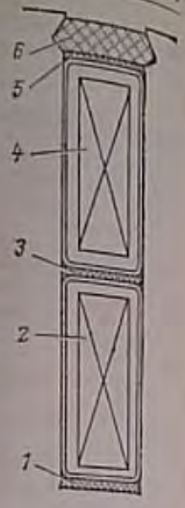
В пазы статора целесообразно устанавливать стеклопластиковые клинья, изготовляемые методом протяжки смоченного связующим стекложгута через нагреваемую фильеру. Технология изготовления этих клиньев предложена Харьковским филиалом ВНИИЭИМ. Используемые в настоящее время пазовые клинья из гетинакса или стеклотекстолита имеют недостатки. Изготовление клиньев из листового материала значительно увеличивает их стоимость, снижает прочностные показатели клина из-за прорезания поперечных армирующих нитей при механической обработке, вызывает большие потери из-за отходов. Стеклопластиковый клин имеет значительно большее удельное давление на обмотку при заклиновке, так как коэффициент трения его о ласточкин хвост пакета стали значительно меньше.

Плотное закрепление обмотки в пазу достигается за счет применения препрега, который прокладывают между нижним стержнем и дном паза, между верхним и нижним стержнями и между верхним стержнем и пазовым клином (рис. 10.4). Для предупреждения смещения препрега под клин укладывают прокладку из стеклотекстолита. Для предотвращения прилипания прокладки препрега, укладываемые в пазы, покрывают фторопластовой пленкой. Применение формующегося материала в пазу позволяет уложить катушки и стержни на дно паза, друг к другу и к пазовому клину без зазоров. Такая укладка обеспечивает минимальную вибрацию, так как стержень плотно без зазоров прилегает всей плоскостью ко дну паза. Надежное закрепление обмотки обеспечивается также применением волнистого стеклотекстолита, который обеспечивает постоянное давление на обмотку и сохраняет волну при эксплуатации. Прокладки изготовляют из листа стеклотекстолита поперек направления волны максимальной длины.

Рис. 10.4. Установка прокладок препрега в пазовую часть обмотки статора

1, 3, 5 — прокладки препрега; *2, 4* — катушки обмотки; *6* — пазовый клин

Рис. 10.5. Магнитный клин конструкции ХО ВНИИЭИМ



После окончания работ, связанных с применением материалов, требующих термообработки, обмотку запекают, контролируют температуру обмотки штатным термометром (при его наличии) и временно установленными термопарами.

Применение магнитных клиньев пазов статора улучшает основные энергетические характеристики электродвигателей за счет уменьшения магнитного сопротивления воздушного зазора и потерь, снижения температуры обмотки и активной стали статора и повышения КПД. Однако в зависимости от магнитной проницаемости материала пазового клина уменьшается пусковой ток и соответственно пусковой момент электродвигателя.

Харьковское отделение ВНИИЭИМ разработало конструкцию и изготовило магнитные клинья, заполненные внутри смесью железного порошка ПЖ4С2 и эпоксидного компаунда (рис. 10.5). Стеклопластиковая оболочка, выполняющая роль армировки, изготовлена из однонаправленного ровинга марки РВН. Профиль клина получают путем протяжки через фильеру композиции из стеклопластиковой оболочки с наполнителем. Характеристики клиньев представлены в табл. 10.3.

Для определения эффективности магнитных клиньев на электродвигателях были выполнены испытания и измерения. Результаты проведенных испытаний асинхронного электродвигателя типа ВА-12-41-4 (P=500 кВт, n=1480 об/мин) с текстолитовыми и магнитными клиньями, являющегося приводом конденсатного насоса блоков 300 МВт, приведены в табл. 10.4.

Таблица 10.3. **Основные характеристики магнитных клиньев конструкции ХО ВНИИЭИМ**

Разрушающее напряжение при статическом изгибе перпендикулярно волокнам, МПа (кгс/см²)	310 (3038)
Ударная вязкость перпендикулярно волокнам, кДж/м²	78
Удельное поверхностное сопротивление, Ом .	$4 \cdot 10^{12}$
Магнитная проницаемость при напряжении 10^5 А/м	4,2

Таблица 10.4. **Результаты испытаний электродвигателя типа ВА-12-41-4 с немагнитными и магнитными клиньями**

Параметры	Клинья	
	немагнитные	магнитные
КПД	91,8	93,2
cos φ	0,84	0,86
Кратность:		
пускового тока	5,85	5,5
пускового момента	1,1	1,04
минимального момента при скольжении 0,9	0,71	0,92
Превышение температуры обмотки статора, °С	62,8	59,6

Повышение надежности активной стали статора. При эксплуатации электродвигателей наблюдаются случаи повреждения активной стали статора. В зависимости от вида и объема повреждения выполняется ремонт активной стали статора, связанный в отдельных случаях с удалением части зубца активной стали. По технологии, описанной в разд. 6, на место удаленной части зубца устанавливается заполнитель из стеклотекстолита, что ухудшает энергетические характеристики электродвигателя из-за перераспределения магнитного потока. В этом случае в рядом расположенных с ремонтным участком зубцах стали значительно увеличивается напряженность магнитного поля.

При наличии стеклотекстолитовых заполнителей магнитная проводимость зубцов уменьшается, вызывая несимметрию магнитного поля. При этом увеличивается ток намагничивания и нагрев обмотки статора. В результате пульсаций появляются дополнительные потери мощности в активной стали статора и ротора, что способствует дополнительному нагреву активных частей электродвигателя. Вследствие этого увеличиваются общие потери мощности, уменьшается КПД и ухудшаются характеристики момента и пусковые характеристики электродвигателей. Следовательно, в качестве заполнителя целесообразно применять материал, по магнитным характеристикам близкий к материалу сердечника статора. Этим материалом является магнитодиэлектрик, представляющий собой смесь ферромагнитного порошка с различными технологическими добавками.

Отраслевой лабораторией аэродинамики и теплопередачи в электрических машинах (ОЛАТЭМА) Харьковского авиационного института разработаны и изготовлены стекломагнитодиэлектрические пластины из магнитодиэлектрической массы, армированной слоями стеклоткани, которая служит для улучшения механических свойств материала. Ферромагнитная диэлектрическая масса (ФМДМ) состоит из следующих компонентов, части по массе:

Фурано-эпоксидная смола марки 41/ФАЭД-13	100
Гексаметилендиамин кристаллический	10—15
Порошок железный марки ПЖ2М2	300—400

Полученный ферромагнитный материал обладает стойкостью к мгновенным тепловым ударам с перепадом температуры от 200 до 0 °С, к воздействию растворов солей, кислот, щелочей, масел, спиртов, керосина и бензина.

Перед установкой на место удаленной части зубца заполнитель предварительно подгоняют, чтобы он плотно ложился между обмоткой и сталью. При этом до установки заполнителя и после испытывают активную сталь на нагрев. Заполнитель устанавливают на эпоксидном компаунде холодного отверждения с добавлением железного порошка.

10.2. РЕКОНСТРУКЦИЯ РОТОРОВ

Повышение надежности роторов электродвигателей типа АВ-8000/6000УЗ. Цель реконструкции состоит в обеспечении постоянного давления на резиновые уплотняющие кольца путем использования тарельчатых пружин и металлических шайб независимо от их усадки (рис. 10.6). Тарельчатые пружины при относительно малых габаритах позволяют обеспечить постоянно действующее осевое усилие.

При проработке проекта реконструкции ПРП «Росэнерго» были рассмотрены четыре варианта применения тарельчатых пружин по ГОСТ 3057—79 двух типов: II-1-2-40×20×2×1 и II-1-2-40×25×2,5×0,8, изготовленных из рессорно-пружинной стали марки 60С2А (пружины класса II, типа I, второй группы точности, наружным диаметром 40 мм, внутренним диаметром 20 и 25 мм при толщине металла 2 и 2,5 и высоте внутреннего конуса 1 и 0,8 мм соответственно).

При окончательном выборе лучшего варианта учитывалась необходимость получения максимально возможного значения осевого перемещения пружин при сжатии для компенсации усадки резины с одновременным большим осевым усилием.

На рис. 10.7 показаны результаты испытаний четырех вариантов пружин. Лучшие результаты дает вариант 2.

До установки в ротор каждая пружина подвергалась заневоливанию (статическому

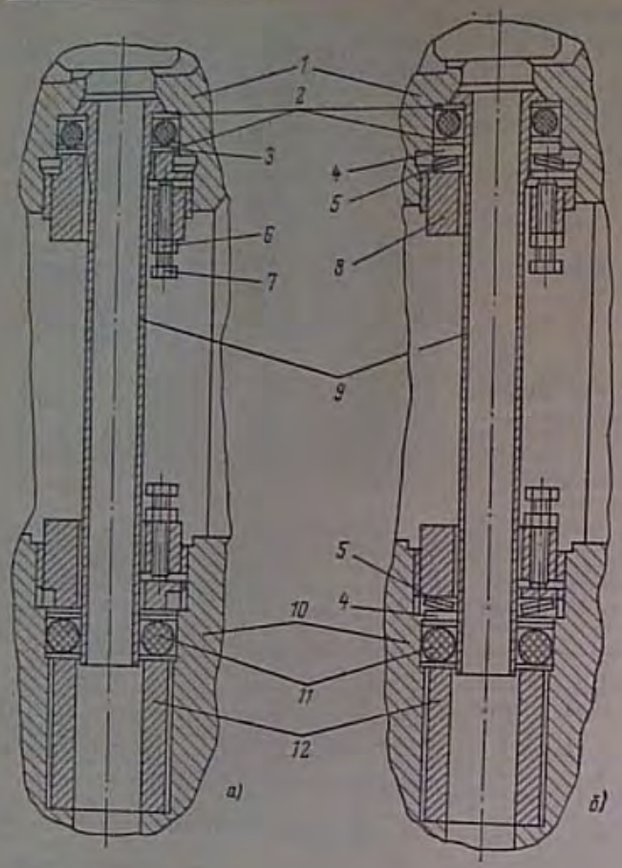


Рис. 10.6. Радиальный водоподвод ротора электродвигателя типа АВ-8000/6000У3

а — реконструированный в соответствии с циркуляром Гидроуправления; *б* — реконструированный по предложению автора; *1* — короткозамыкающее кольцо; *2* — шайбы фторопластовые; *3* — шайбы латунные; *4* — шайбы из немагнитной нержавеющей стали 1Х18Н9Т; *5* — пружины тарельчатые 11-1-2-40Х20Х2Х1 по ГОСТ 3057—79; *6* — гайка М6; *7* — болт М6; *8* — гайка М48Х2; *9* — трубка; *10* — вал; *11* — уплотняющее кольцо; *12* — вкладыш

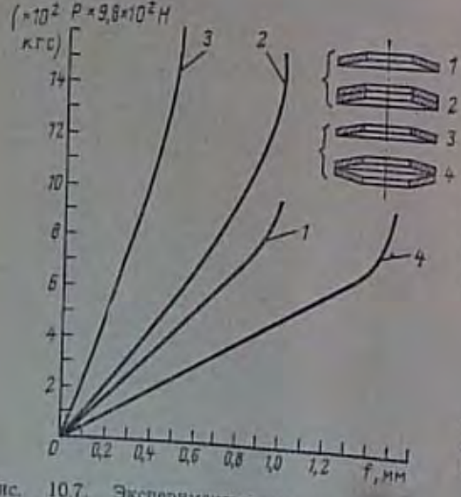


Рис. 10.7. Экспериментальные зависимости осевой деформации от приложенной силы *P* для четырех вариантов установки тарельчатых пружин (*1—4*):

1 — установка одной пружины типа 11-1-2-40Х20Х2Х1; *2* — установка двух пружин того же типа; *3* — установка одной пружины типа 11-1-2-40Х25Х2,5Х0,5; *4* — установка двух пружин того же типа

испытанию в сжатом состоянии до полного соприкосновения поверхностей в течение 12 ч. После снятия нагрузки пружины не имели трещин, надрывов и следов остаточной деформации. Пружины должны иметь антикоррозионное покрытие по ГОСТ 9.073—77.

Установка тарельчатых пружин предотвращает образование течей из-за усадки резиновых колец и тем самым повышает надежность работы электродвигателя, снижает затраты труда при плановых ремонтах за счет увеличения межремонтного периода до 4—5 лет.

10.3. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Модернизация подшипниковых узлов электродвигателей серии АТД мощностью 500—600 кВт разработана Львовским филиалом ЦКБ Союзэнергоремонт (ЛФ ЦКБ).

В заводском исполнении для предотвращения попадания масла в электродвигатель предусмотрены лабиринтные уплотнения, отлитые заодно с конусом. В процессе эксплуатации происходит выработка баббита вкладыша и соответственно латунных уплотнений, что увеличивает зазор между ними и валом. Установка уплотнений с минимальными зазорами по валу возможна при системе их крепления,

обеспечивающей регулировку радиального положения относительно ротора. Предлагаемая реконструкция дает возможность использовать разъемные уплотнения с уменьшенными зазорами, с большим числом уплотняющих канавок и осуществлять их установку в зависимости от внутреннего диаметра вкладыша опорного подшипника.

Начальный двусторонний зазор между уплотнениями и валом уменьшен до 0,2—0,44 мм (в заводском исполнении он равен 0,5—0,74 мм). Вследствие отсутствия доступа к уплотнениям после установки подшипника на вал электродвигателя регулировку положения их относительно вала в зависимости от расточки вкладыша выполняют по шаблону

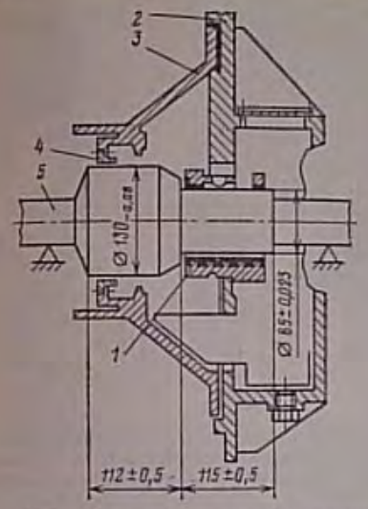


Рис. 10.8. Установка съемного уплотнения электродвигателей мощностью 500—630 кВт:

1 — подшипник; *2* — щит; *3* — конус; *4* — съемное уплотнение; *5* — шаблон вала ротора

конца вала (рис. 10.8). Для улучшения работы уплотнений в корпусе подшипника выполняется отверстие диаметром 20 мм, соединяющее картер подшипника с окружающей средой, увеличивается диаметр отверстий трубок конуса для подачи избыточного давления воздуха в зону разрежения и диаметр отверстия для стока масла из уплотнений в картер.

Предлагаемая реконструкция дает возможность производить замену изношенных уплотнений новыми и позволяет регулировать радиальное положение уплотнений относительно вала ротора. В процессе реконструкции обрабатывают конус, изготовляют промежуточное кольцо, которое запрессовывают в расточку конуса. Вновь изготовленные уплотнения крепятся к промежуточному кольцу болтами.

10.4. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Повышение эффективности системы охлаждения электродвигателей типа АВ-15-44-16К. Электродвигатели вертикального исполнения используются в качестве привода циркуляционных насосов блоков 200 МВт ТЭС. Тепловые испытания, проведенные ЛФ ЦКБ на Бурштынской ГРЭС, показали неудовлетворительное тепловое состояние активных частей электродвигателей в летний период эксплуатации вследствие высокой температуры окружающего воздуха в помещении береговой насосной. Причиной этого являются отсутствие вентиляции помещения и конструктивные исполнения электродвигателей.

Забор охлаждающего воздуха осуществляется двумя вентиляторами: верхний вентилятор нагнетает воздух в электродвигатель из надземной части насосной через верхнюю крестовину; нижний вентилятор — из подземной части насосной через нижнюю крестовину. Горячий воздух выбрасывается через вентиляционные окна в обшивке статора в подземную часть насосной. Близкое расположение зон забора холодного и выброса горячего воздуха приводит к их перемешиванию и к ухудшению условий охлаждения электродвигателей.

Исследование направления потоков воздуха, проходящего через нижний вентилятор, показало, что после прохождения лобовых частей обмотки статора часть нагретого воздуха выбрасывается в вентиляционные окна в обшивке электродвигателя, а другая его часть опять засасывается в электродвигатель, смешиваясь с холодным воздухом, поступающим из подземной части насосной. Эти явления вызывают увеличение температуры охлаждающего воздуха и активных частей электродвигателей.

Для упорядочения потоков охлаждающего воздуха ЛФ ЦКБ предложило устанавливать на всасе нижнего вентилятора диффузор (см. рис. 10.9). Ограниченный зазор между диффузором и вентилятором уменьшает перетоки и рециркуляцию нагретого воздуха и обеспечивает больший расход охлаждающего воздуха из подземной части насосной, что приводит к уменьшению рабочей температуры активных частей электродвигателя.

Диффузор устанавливают на нижней крестовине электродвигателя и закрепляют болтами к приваренным кронштейнам. Для возможности установки диффузора без разборки электродвигателей диффузор выполнен разъемным.

В зимний период эксплуатации забор воздуха низкой температуры из подземной части насосной может привести к отпотеванию обмотки. Для предотвращения этого предусмотрена возможность демонтажа диффузора с целью обеспечения рециркуляции нагретого воздуха.

Модернизация систем охлаждения возбудителей. Опыт эксплуатации электромашинных возбудителей типа ВТ-1600 АРВ турбогенераторов типа ТГВ-300 и исследования температурного состояния, выполненные Центральной научно-исследовательской электротехнической лабораторией (ЦНИЭЛ) Киевэнерго, показали, что через вентиляционные каналы сердечника якоря циркулирует недостаточное количество охлаждающего воздуха из-за большого зазора между торцом сердечника якоря и диффузором. Для перераспределения охлаждающих потоков на Трипольской ГРЭС выполнена реконструкция системы вентиляции возбудителя с уменьшением на ½ зазора между торцом диффузора и торцом якоря. После реконструк-

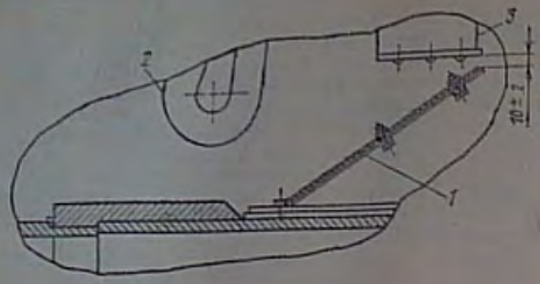


Рис. 10.9. Реконструкция системы вентиляции электродвигателей типа АВ-15-44-16К:
1 — диффузор; *2* — обмотка статора; *3* — вентилятор

ции при номинальном токе нагрев обмотки якоря снизился: в средних пакетах более чем на 30 °С, в крайних пакетах на 15—20 °С. Реконструкция системы вентиляции привела также к снижению температуры стали и обмоток главных и добавочных полюсов статора на 2—5 °С.

С целью увеличения мощности возбудителя типа ВТ-120-3000 при повышении номинальной мощности турбогенератора ТВ2-30-2 после его модернизации выполнен разомкнутый цикл вентиляции возбудителя по проекту, разработанному ЦКБ Союзэнергоремонт. При модернизации демонтированы воздухоохладители и выполнены отверстия в стенках кожуха со стороны магнитной системы и коллектора. Переход на разомкнутый цикл увеличил мощность возбудителя на 15 %.

Повышение надежности системы охлаждения статора электродвигателей типа АВ-8000/6000УЗ. Для более жесткого крепления, предотвращающего вибрацию, смещение, перетирание о ребра жесткости и наддомы трубок в местах их выхода из силуминовых сегментов, целесообразно закрепить трубки группами по 5 шт., обернув их полосами препрега шириной 30 мм. Для крепления применяют стеклотекстолитовые распорки и шнуровые бандажи из лавсанового шнура.

10.5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ

Повышение надежности крепления петушков якоря возбудителя типа ВТ-1600 АРВ. С целью повышения надежности якоря возбудителя турбогенераторов типа ТГВ-300 предприятие «Харьковэнергоремонт» изменило крепление петушков (рис. 10.10). С этой целью устанавливают дополнительные колодки *1* с одновременным уменьшением количества колодок *2* с целью предотвращения скопления токопроводящей пыли. Колодки *2* устанавливают через 26—27 колодок *1*, а отверстия диаметром 7 мм в колодке *2* сверлят по месту технологического углубления в колодке.

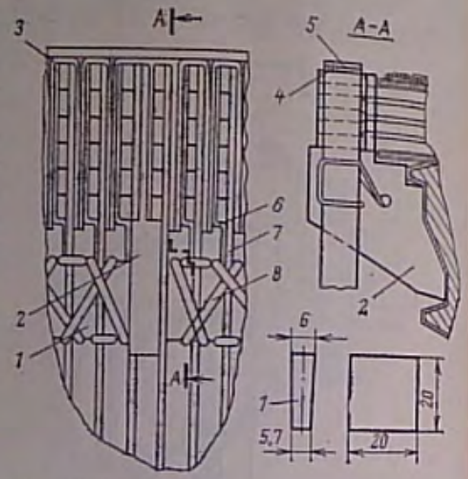


Рис. 10.10. Реконструкция крепления петушка якоря возбудителя ВТ-1600АРВ по предложению предприятия «Харьковэнергоремонт»:
1 — колодка; *2* — изоляционная прокладка; *3, 4* — наездник; *5, 8* — бандаж; *6* — скоба; *7* — петушок

Колодки *1* перед установкой пропитывают в натуральной олифе. До пропитки колодки сушат при температуре 105—110 °С в течение 3 ч. Затем горячие колодки загружают в натуральную олифу при температуре (75±5)°С и пропитывают в течение 8 ч при температуре (75±5)°С. Вынув клинья из пропиточной ванны, дают стечь олифе и промывают в бензине. После предварительной сушки на сетке в течение 0,5 ч загружают колодки в печь и сушат при температуре 60—70 °С в течение 1 ч, а затем при 100—105 °С — 5 ч. После 2 ч пребывания клиньев при температуре 100 °С из колодок не должна выделяться олифа. После выгрузки и остывания клинья устанавливают на якорь.

Раздел одиннадцатый

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И СПЕЦИАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

11.1. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ СРЕДСТВА, ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗБОРКИ И СБОРКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для вывода роторов применяют скобы (рис. 11.1 и табл. 11.1). Разработчик: Львовский филиал ЦКБ Союзэнергоремонта (ЛФ ЦКБ).

Приспособление для разработки и сборки электродвигателей без грузоподъемного механизма (рис. 11.2) состоит из двух швеллеров *1*, прикрепленных с двух сторон к рым-болтам. Вдоль швеллеров перекатываются ролики *2*, к которым подвешены грузовые ленты *4* для подшипниковых щитов *5* и ротора *7*. Высоту подвески можно изменить, вращая гайки *3*. Для перемещения ротора на конец вала надевают удлинительную трубу *6*.

Приспособление для вывода ротора электродвигателей мощностью до 2000 кВт при помощи удлинителя показано на рис. 11.3.

После снятия торцевых щитов и выемки вкладышей подшипников статор электродвигателя вместе с ротором поднимают на 200—250 мм от фундаментной рамы *4* и устанавливают на подкладки. Стул подшипника

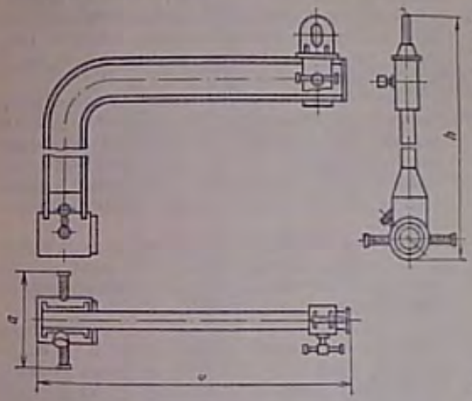


Рис. 11.1. Скоба

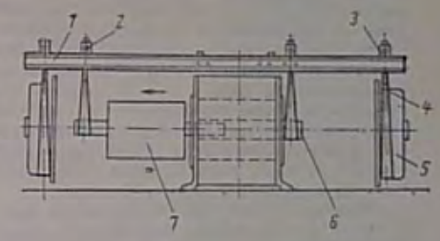


Рис. 11.2. Приспособление для разборки и сборки электродвигателей без грузоподъемного механизма

Таблица 11.1. Скобы

Тип электродвигателя	Грузоподъемность, Н	Габариты, мм			Масса, кг
		длина	высота	ширина	
А-112-4М; А-113-4М, АР-500/600	70	1120	1295	390	51
ДАЗО 13-42-8, ДАЗО 13-55-10, ДАЗО 13-57-6; А-13-59-4А; А-13-52-8; А-12-41-4	190	1120	1615	410	73
ДАЗО 1910-12, ДАЗО 1916-8/10 ДАЗО 1910-12, ДАЗО 1916-8/10	370 820	1700 2120	2100 2440	540 700	269 520

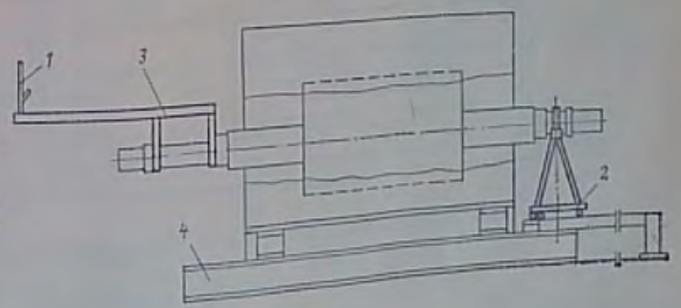


Рис. 11.3. Приспособление для вывода ротора электродвигателей мощностью до 2000 кВт при помощи удлинителя

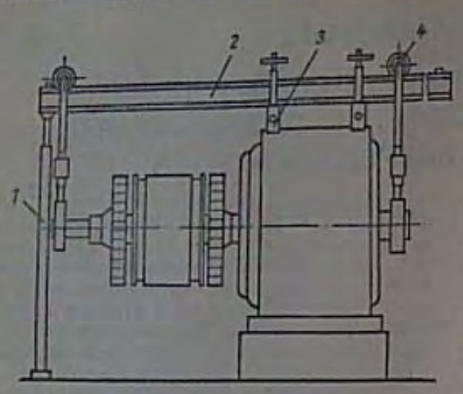


Рис. 11.4. Приспособление для вывода ротора при помощи двутавровой балки:

1 — стойка; *2* — балка; *3* — винтовой домкрат; *4* — каток

задней крышки убирают и под вал ротора подводят тележку *2*, установленную своими катками на направляющие из швеллерных балок. Со стороны полумуфты укрепляют удлинитель *3* в виде швеллера с хомутами. Удлинитель застропливают на крюк *1* и приподнимают конец ротора. Затем, перемещая крюк в направлении выемки ротора и помогая движению тележки, под вторым концом ротора при помощи ломиков из тали, выводят ротор до тех пор, пока строп не дойдет до торца статора.

Приспособление для вывода ротора (рис. 11.4) состоит из одной двутавровой балки № 12. Закрепление балки на статоре производят прижимной скобой. Балку укладывают на опорные скобы, установленные на статор над рымами. Затем устанавливают прижимные скобы и через отверстия в опорных и прижимных скобах и на рымах пропускают штифты. Ввертыванием болтов, упирающихся в балку, прижимные скобы вместе со штифтами приподнимают вверх до тех пор, пока штифты не упрутся в верхнюю часть рымов. При дальнейшем ввертывании болтов балка и опорные скобы будут прижаты к статору. На балку, закрепленную на статоре, с обоих концов устанавливают катки с талрепами. Под длинный выступающий конец балки устанавливают подпорную стойку, высота которой может изменяться выдвижением внутренней трубы. Вверху талрепа закреплен кольцевой захват для надевания на концы ротора. Вращением катков или нажатием на талрепы ротор выдвигают из статора. Масса балки 50 кг, длина 3,5 м.

Приспособление для разборки электродвигателя без грузоподъемного механизма (рис. 11.5) закрепляется на корпусе статора с использованием рымов или отверстий для крепления торцевых крышек. Оно состоит из двух швеллерных балок № 12, по концам и у рымов стянутых болтами. Расстояние между балками (40—60 мм), необходимое для подвески винтовых домкратов, создается при помощи установки распорных трубок на концах балок и прокладок у рымов.

Болты, стягивающие балки у рымов, одновременно служат для закрепления балок на статоре. Для большей устойчивости балок под ними на корпусе статора устанавливают подкладки или применяют отжимные винты. Под длинный конец балки устанавливается стойка.

Винтовые домкраты подвешены к тележкам. Тележка перемещается по верхним полкам балок на катках из шарикоподшипников. Масса балки 34 кг; длина 3,5 мм.

Приспособление для вывода ротора электродвигателей серии ДАЗО 12-го и 13-го габаритов (рис. 11.6) состоит из двух стоек *1*, на которых установлены балки *2*, по которым передвигаются грузовые ролики *3*. Для возможности съема полумуфты и вывода ротора разворачивают электродвигатель на фундаменте.

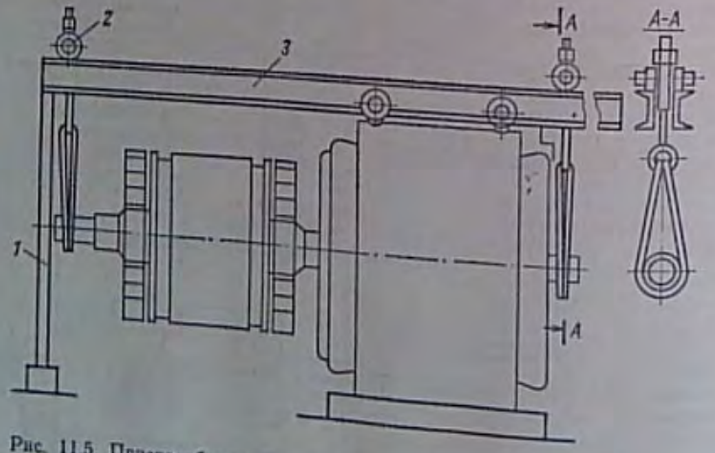


Рис. 11.5. Приспособление для разборки электродвигателей без грузоподъемного механизма:

1 — стойка; *2* — каток; *3* — балка

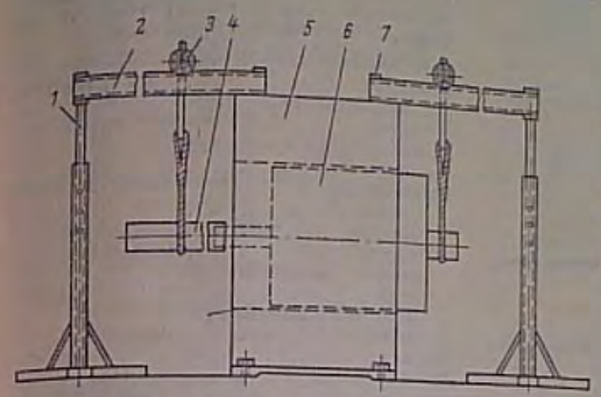


Рис. 11.6. Приспособление для вывода ротора электродвигателей серии ДАЗО 12-го и 13-го габаритов.

1 — стойка; *2* — балка; *3* — ролик грузовой; *4* — удлинитель; *5* — статор; *6* — ротор; *7* — накладка

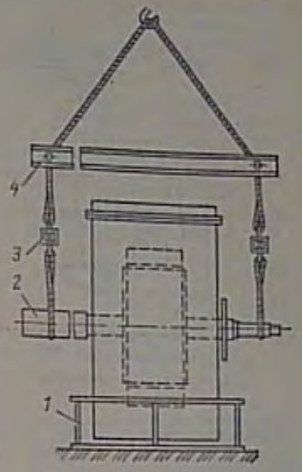


Рис. 11.7. Приспособление для вывода ротора электродвигателей серии ДАЗО 15-го и 19-го габаритов:

1 — рама опорная; *2* — удлинитель; *3* — болт регулировочный; *4* — траверса

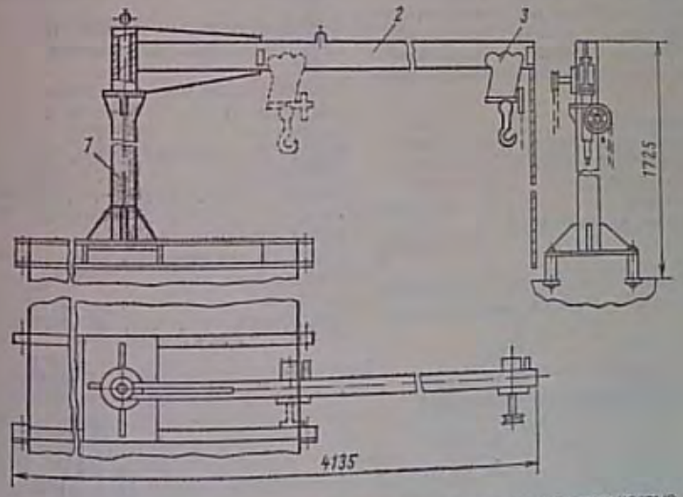


Рис. 11.8. Приспособление для демонтажа и монтажа щитов грузоподъемностью 200 кгс.

1 — стойка; *2* — балка; *3* — подвеска

Приспособление (рис. 11.7) предназначено для вывода ротора электродвигателей серии ДАЗО 15-го и 19-го габаритов при помощи удлинителя *2* и траверсы *4*. Траверсу изготовляют из двух швеллеров № 18. Применение траверсы с регулировочными болтами *3* позволяет точно выставить ротор в горизонтальном положении.

Приспособление для демонтажа и монтажа щитов (рис. 11.8), предназначенное для электродвигателей серии ДАЗО 19-го габарита, устанавливается сверху электродвигателя и крепится при помощи болтов. Его техническая характеристика приведена ниже:

Грузоподъемность при максимальном вылете, Н	20
Высота подъема, мм	5000
Максимальный вылет крюка, мм	2840
Минимальный вылет крюка, мм	860
Угол поворота консоли	360°
Поворот консоли	Вручную

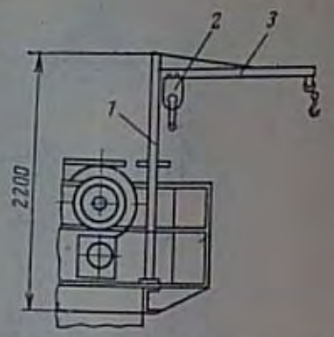


Рис. 11.9. Кран консольный поворотный грузоподъемностью 210 кгс:
1 — стойка; 2 — подвеска; 3 — балка

Продолжение

Усилие при повороте консоли (с грузом), Н	1,5
Профиль поворотной консоли	Двутавр № 16
Механизм подъема	Таль ручная
Грузоподъемность тали, Н	100
Масса крана в сборе, кг	230
Разработчик	ЛФ ЦКБ

Кран консольный поворотный (рис. 11.9) предназначен для съема электродвигателей вентиляторов-наездников воздухоохлаждающей установки электродвигателей СДСЗ-2000-100. Техническая характеристика крана приведена ниже:

Грузоподъемность, Н	21,6
Максимальный вылет крюка, мм	1480
Высота подъема крюка, мм	5170
Угол поворота консоли	255°
Поворот консоли	Вручную
Усилие поворота консоли, Н	1,6
Разработчик	ЛФ ЦКБ

Кран-тележка (рис. 11.10) предназначен для монтажа и демонтажа, а также транспортировки двигателей, насосов, редукторов и другого оборудования массой до 1000 кг.

Механизм подъема кран-тележки состоит из двух роликов, блока с крюком, цепным стропом и ручной лебедки. Колеса с ободами из вулканизированной резины. Устойчивость крана-тележки обеспечивается аутригерами.

Грузоподъемность, Н	100
Привод	Ручной
Максимальный вылет стрелы, мм	900
Высота подъема крюка над уровнем пола, мм	1200
Габариты, мм:	
длина	1400
ширина	750
высота	1500
высота платформы от пола	318
рабочее положение аутригера	600
Масса, кг	318
Разработчик	Мосэнерго (чертеж № ТО-3456)

Тележка с подъемником ручная (рис. 11.11) предназначена для механизации демонтажа электродвигателей маслонасосов ПЭН и для транспортировки электродвигателей маслонасосов ПЭН к месту ремонта. Техническая характеристика тележки приведена ниже:

Грузоподъемность тележки, Н	40
Грузоподъемность подъемника, Н	21
Тяговое усилие при номинальном грузе, Н	2
Число колес	4
Длина (без дышла), мм	2000
Ширина, мм	1000
Высота, мм	1450
База, мм	1400
Колея передних колес, мм	400
Колея задних колес, мм	900
Ширина колес, мм	100
Масса, кг	207
Разработчик	ЛФ ЦКБ

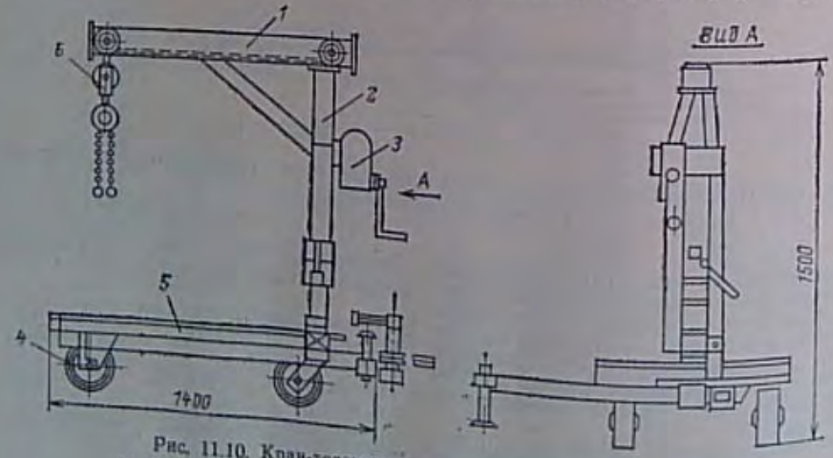


Рис. 11.10. Кран-тележка грузоподъемностью 1000 кгс:
1 — балка; 2 — стойка; 3 — привод; 4 — колесо; 5 — рама; 6 — подвеска

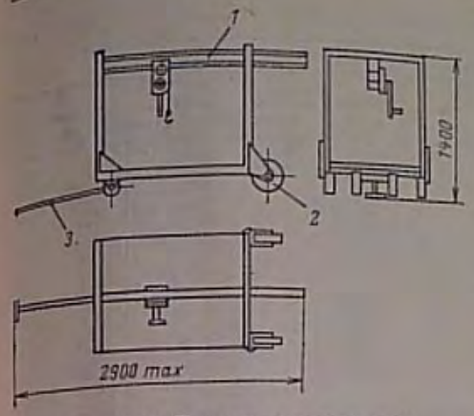


Рис. 11.11. Тележка с подъемником:
1 — рама; 2 — колесо; 3 — дышло

Тележка-прицеп (рис. 11.12) предназначена для транспортировки двигателей ДАЗО 1916 и ДАЗО 1914 в собранном виде:

Грузоподъемность, Н	2600
Тяговое усилие при номинальном грузе, Н	273
Число колес	6 (2 передних, 4 задних)
Длина (без дышла), мм	4130
Ширина, мм	3400
Высота, мм	800
База, мм	3390
Колея передних колес, мм	1980
Колея задних колес, мм	2130
Ширина колес, мм	220
Дорожный просвет, мм	288
Радиус поворота (по внешнему габариту переднего колеса), мм	4100
Максимальная удельная нагрузка на дорожное покрытие, Па	$29 \cdot 10^3$
Масса без груза, кг	2640
Разработчик	ЛФ ЦКБ

Тележка-прицеп (рис. 11.13) предназначена для транспортировки электродвигателей АНЗ 16-36-12 и АНЗ 16-44-12 в сборе. Перевозка двигателей допускается только на территории ГРЭС по бетонной дороге со скоростью не более 5 км/ч. Техническая характеристика тележки-прицепа приведена ниже:

Грузоподъемность, Н	1000
Тяговое усилие при номинальном грузе, Н	100
Число колес	4
Длина (без дышла), мм	3030
Ширина, мм	2440
Высота, мм	850
База, мм	2520
Ширина колес, мм	220
Радиус поворота тележки, мм	3000
Максимальная удельная нагрузка на дорожное покрытие, Па	$1,7 \cdot 10^4$
Масса, кг	916
Разработчик	ЛФ ЦКБ

Стальные канаты применяют для подъема тяжелых грузов и изготовления стропов. Все применяемые канаты должны соответствовать действующим ГОСТ и иметь сертификат (свидетельство) об испытаниях.

Допустимую нагрузку определяют с учетом максимально допустимого коэффициента запаса прочности К, который для грузовых и стреловых канатов грузоподъемных машин соответственно равен:

С ручным приводом	4
С машинным приводом и режимом работы:	
легким	5
средним	5,5
тяжелым	6
Расчалки	3,5

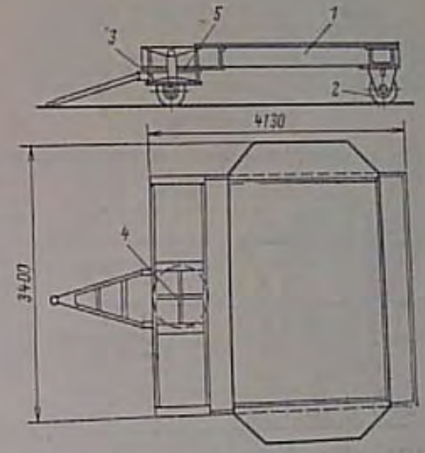


Рис. 11.12. Тележка-прицеп грузоподъемностью 26 000 кгс:
1 — рама задняя; 2 — колесо; 3 — рама передняя; 4 — палец; 5 — диск

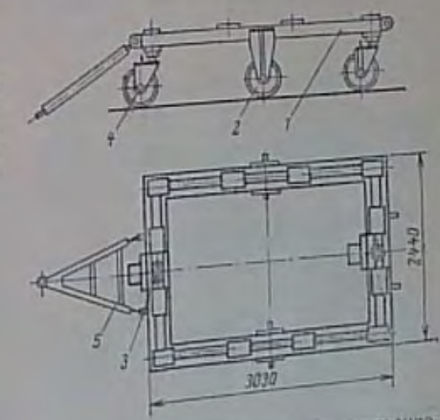


Рис. 11.13. Тележка-прицеп грузоподъемностью 10 000 кгс:
1 — рама; 2 — колесо; 3 — палец; 4 — ось колес; 5 — дышло

Таблица 11.2. Диаметр каната для стропа

Масса поднимаемого груза, кг	Диаметр каната при числе ветвей										
	1	2					4				
	—	Угол между ветвями, град					Угол между ветвями, град				
	—	0	15	30	45	60	0	15	30	45	60
1000	13	8,7	8,7	11	11	13	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
2000	17,5	13	13	18	16,5	17,5	8,7	8,7	11	11	12
3000	22,5	15,5	15,5	15,5	17,5	22,5	11	11	11	13	15,5
4000	25	17,5	17,5	16,5	19,5	25	18	13	13	15,5	17,5
5000	—	19,5	19,5	19,5	22,5	28	13	10	15,5	15,5	19,5
6000	—	22,5	19,5	22,5	25	—	15,5	15,5	15,5	17,5	22,5
7000	—	22,5	22,5	22	28	—	17,5	17,5	17,5	19,5	22,5
8000	—	—	—	—	—	—	17,5	17,5	19,5	19,5	25,5
9000	—	—	—	—	—	—	19,5	19,5	19,5	22,5	25
10 000	—	—	—	—	—	—	19,5	19,5	19,5	22,5	28
12 000	—	—	—	—	—	—	22,5	22,5	22,5	25	31
15 000	—	—	—	—	—	—	25	25	25	28	33,5
20 000	—	—	—	—	—	—	28	28	31	31	39
25 000	—	—	—	—	—	—	31	31	33,5	36,5	42

Таблица 11.3. Кольцевые стропы

Диаметр каната, мм	Длина стропа, м	Длина заплетки, мм	Число проколов при заплетке: каждой прядью	Число проколов при заплетке: половинным числом прядей или всеми прядями половинного сечения	Длина каната без учета заплетки, мм	Общая длина заготовки, мм	Масса 1 м стропа, кг	Разрывное усилие каната, Н	Номинальная грузоподъемность стропа, Н	Нагрузка на строп при испытании, Н
31	15	670	5+5	1+1	25 510	32 100	105,3	2×4410	1470	1340
39	12	1000	5+5	1+1	22 570	27 000	143,5	2×7140	2380	2975
39	20	1000	5+5	1+1	38 570	43 000	230,3	2×7140	2380	2975
39	30	1000	5+5	1+1	58 570	63 000	345,3	2×7140	2380	2975
44,5	20	1150	5+5	1+1	39 308	42 308	293,4	2×9280	3140	3920

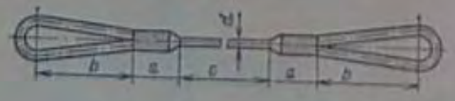


Рис. 11.14. Строп петлевой

Диаметр каната для петлевого стропа (рис. 11.14) выбирают по табл. 11.2. Размеры стропов и допускаемые на них нагрузки указаны в табл. 11.3.

11.2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖА И УКЛАДКИ ОБМОТКИ СТАТОРА

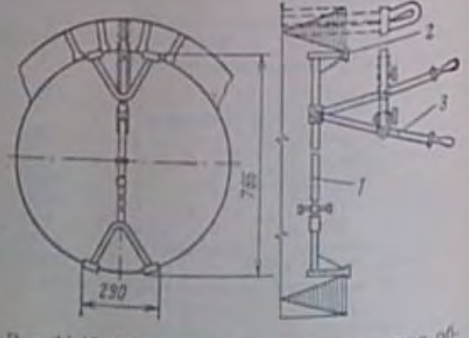


Рис. 11.15. Приспособление для извлечения обмотки из статора электродвигателей:
1 — упор; *2* — стойка переводная; *3* — рычаг

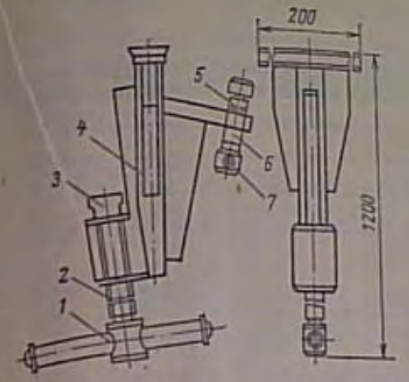


Рис. 11.16. Домкрат для укладки статорной обмотки:
1, 7 — рукоятки; *2, 6* — винты; *3, 5* — наконечники; *4* — корпус

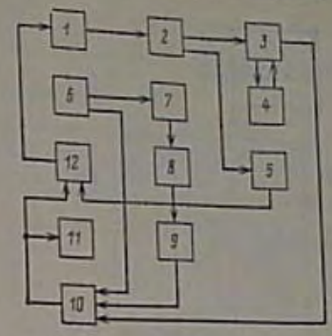


Рис. 11.17. Технологическая схема ремонта электродвигателей:
1 — разборочно-сборочный участок; *2* — участок очистки и демонтажа обмоток; *3* — участок ремонта активной стали; *4* — слесарно-механический участок; *5* — участок ремонта термопластовой изоляции; *6* — заготовительный участок; *7* — участок изготовления секций; *8* — участок пропитки; *9* — участок сушки; *10* — участок укладки; *11* — участок покраски; *12* — участок испытаний

Таблица 11.4. Технические характеристики приспособлений для извлечения обмотки статора

Тип электродвигателя	Усилие извлечения обмотки (стержня) из паза, Н	Усилие на рукоятке рычага, Н	Максимальная удельная нагрузка башмака на расточку, Н/мм	Длина рычага, мм	Габариты, мм: длина	ширина	высота	Масса приспособления, кг	Максимальная масса извлекаемой обмотки, кг
ДАЗО 13-42-8; ДАЗО 13-55-10; ДАЗО 13-67-6; ДАЗО 14-69-6	8	1,4	0,35	1000	1020	290	786	10	20
ДАЗО 15-69-8/10	10	1,6	0,4	1000	1120	290	1040	11,2	18
ДАЗО 1910-12	11	1,86	0,5	1000	1020	290	1694	12	23

Раздел двенадцатый

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

12.1. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В электромашиностроении для обмоток статоров и роторов крупных электродвигателей применяют медь (ГОСТ 434—78, СТ СЭВ 226—75); для обмоток короткозамкнутых роторов электродвигателей мощностью до 250—320 кВт находит применение алюминий (ГОСТ 11069—74, СТ СЭВ 951—78).

Применяемые в основном для электротехнических целей марки меди имеют обозначение М1 (Cu 99,9)* и М1р ** (Cu 99,9р) (99,9 % чистой меди, а остальные — примеси).

Электрическое сопротивление проволоки, изготовленной из алюминия марок А72Е и А5Е, должно быть не более:

0,0277 Ом·мм²/м — для марки А7Е и 0,0280 Ом·мм²/м — для марки А5Е.

В качестве обмоточных проводов применяют:

провода нагревостойкие со стекловолокнистой изоляцией:

по ГОСТ 7019—80:

ПСД — медный, изолированный двухслойной обмоткой из стеклянных нитей с подклейкой и пропиткой глифталевым лаком;

ПСД-Л — то же, с поверхностным лаковым слоем;

ПСДТ — медный, изолированный двухслойной обмоткой из тонких стеклянных нитей с подклейкой в пропиткой глифталевым лаком;

ПСДТ-Л — то же, с поверхностным лаковым слоем;

ПСДК — медный, изолированный двухслойной обмоткой из стеклянных нитей с подклейкой и пропиткой кремнийорганическим лаком;

---

* В скобках даны обозначения по СТ СЭВ 226—75.

** Буквой «р» обозначается раскисленная медь.

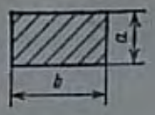


Таблица 12.1. Номинальные размеры и расчетные сечения обмоточных прямоугольных медных неизолированных проводов

b, мм	Сечение при a, мм												
	0,90	1,00	1,08	1,16	1,25	1,35	1,45	1,55	1,68	1,81	1,95	2,1	2,26
2,1	1,72	1,89	2,06	2,23	2,42	2,63	2,84	3,07	3,32	3,59	—	3,62	
2,26	1,86	2,05	2,23	2,41	2,62	2,84	3,07	3,32	3,59	3,83	—	—	4,63
2,44	2,03	2,23	2,43	2,62	2,84	3,08	3,33	3,6	3,89	4,21	4,55	4,64	—
2,63	2,2	2,42	2,63	2,84	3,08	3,34	3,60	3,8	4,21	4,55	4,92	5,04	5,45
2,83	2,38	2,62	2,35	3,07	3,33	3,61	3,89	4,2	4,54	4,91	5,31	5,46	5,92
3,05	—	2,84	3,08	3,33	3,6	3,91	4,21	4,55	4,91	5,31	5,74	5,93	6,41
3,28	—	3,07	3,33	3,60	3,89	4,22	4,55	4,91	5,30	5,73	6,19	6,41	6,93
3,53	—	3,32	3,6	3,89	4,2	4,56	4,91	5,3	5,72	6,18	6,67	6,93	7,52
3,8	3,25	3,59	3,89	4,2	4,54	4,92	5,3	5,72	6,17	6,67	7,2	7,5	8,11
4,1	—	3,89	4,22	4,55	4,92	5,33	5,74	6,19	6,68	7,21	7,79	8,13	8,79
4,4	—	4,19	4,54	4,89	5,29	5,73	6,17	6,65	7,18	7,75	8,37	8,76	9,46
4,7	—	4,49	4,87	5,24	5,67	6,14	6,61	7,12	7,79	8,3	8,96	9,39	10,1
5,1	—	4,89	5,3	5,71	6,17	6,68	7,19	7,75	8,36	9,02	9,74	10,2	11
5,5	—	5,29	5,73	6,17	6,67	7,22	7,77	8,37	9,03	9,75	10,5	11,1	11,9
5,9	—	5,69	6,16	6,63	7,17	7,76	8,35	8,99	9,7	10,5	11,3	11,9	12,8
6,4	—	6,19	6,7	7,21	7,79	8,49	9,07	9,77	10,6	11,4	12,3	12,9	14
6,9	—	6,69	7,24	7,79	8,42	9,11	9,79	10,6	11,4	12,3	13,3	14	15,1
7,4	—	7,19	7,78	8,37	9,04	9,78	10,5	11,3	12,6	13,3	14,2	15	16,2
8	—	7,79	8,43	9,07	9,79	10,6	11,4	12,3	13,2	14,4	15,4	16,3	17,6
8,6	—	8,39	9,08	9,77	10,6	11,4	12,3	13,2	14,2	15,5	16,6	17,6	18,9
9,3	—	—	9,83	10,58	11,4	12,4	13,3	14,3	14,4	16,6	17,9	19	20,5
10	—	—	—	11,4	12,3	13,3	14,3	15,4	16,6	17,9	19,3	20,5	22,1
10,8	—	—	—	—	—	14,4	15,5	16,6	17,9	19,3	20,9	22,2	23,9
11,6	—	—	—	—	—	15,5	16,6	17,9	19,3	20,8	22,4	23,9	25,7
12,5	—	—	—	—	—	—	17,9	19,4	20,8	22,4	24,2	25,8	27,8
13,5	—	—	—	—	—	—	—	20,8	22,5	24,2	26,1	27,9	30
14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	24,2	26,1	28	30	32,3

Продолжение табл. 12.1

b, мм	Сечение при a, мм										
	2,44	2,63	2,83	3,05	3,28	3,53	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5
2,1												
2,26												
2,44	5,37											
2,63	5,94	6,44										
2,83	6,43	—	7,53									
3,05	6,96	7,54	8,15	8,72								
3,28	7,52	8,15	8,8	9,51	10,3							
3,53	8,13	8,8	9,51	10,3	11,1	12						
3,8	8,79	9,51	10,3	11,1	12	—	13,9					
4,1	9,52	10,3	11,1	12	13	14	15,1	15,9				
4,4	10,2	11,1	12	12,9	13,9	15	16,2	17,1	18,5			
4,7	11	11,9	12,8	13,8	14,9	1,61	17,4	18,4	—	21,2		
5,1	11,9	12,9	13,9	15,1	16,2	17,5	18,9	20	21,5	—	25,1	
5,5	12,9	14,6	15,1	16,8	17,5	18,9	20,4	21,7	23,3	25	27,2	
5,9	13,9	15	16,2	17,5	18,9	20,3	21,9	23,3	25,1	26,8	29,2	34,3
6,4	15,1	16,3	17,6	19	20,5	22,1	23,8	25,3	27,3	29,2	31,7	37,1
6,5	16,3	17,7	19	20,6	22,1	23,9	25,7	27,4	29,5	31,5	34,3	39,8
7,4	17,6	19	20,4	22,1	23,6	25,6	27,6	29,4	31,7	33,9	36,8	43,1
8	19	20,5	22,1	23,9	25,7	27,7	29,9	31,9	34,3	36,7	39,9	46,4
8,6	20,5	22,1	23,8	25,7	27,7	29,9	32,2	34,4	36,9	39,5	43	50,3
9,3	22,2	24	25,8	27,9	30	32,3	34,8	37,2	40	42,8	46,5	54,1
10	23,9	25,8	27,8	30	32,3	34,8	37,5	40,1	43,1	46,1	50,1	58,5
10,8	25,9	27,9	30,1	32,4	34,9	37,6	40,5	43,4	46,6	49,9	54,2	62,9
11,6	27,8	30	32,3	34,9	37,5	40,5	43,6	46,7	50,1	53,6	58,3	67,9
12,5	30	32,4	34,9	37,6	40,5	43,6	47	50,4	54,1	57,9	62,9	73,4
13,5	32,4	35	37,7	40,7	43,8	47,2	50,8	54,5	58,5	62,6	68	78,9
14,5	34,9	37,6	40,5	43,7	47,1	50,6	54,6	58,6	62,9	67,3	74,1	

ПСДК-Л — то же, с поверхностным лаковым слоем;

ПСДКТ — медный, изолированный двухслойной обмоткой из тонких стеклянных нитей с подклейкой и пропиткой кремнийорганическим лаком;

ПСДКТ-Л — то же, с поверхностным лаковым слоем;

по ТУ 16.505.498—73:

ПСОТ — медный, изолированный однослойной обмоткой из тонких стеклянных нитей с подклейкой и пропиткой кремнийорганическим лаком;

по ТУ 16.505.529—73:

ПНСД — медный, изолированный двухслойной обмоткой из стеклянных нитей с подклейкой и пропиткой кремнийорганическим лаком;

провода обмоточные с бумажной изоляцией:

по ГОСТ 16512—80Е:

ПБ — медный, изолированный лентами кабельной бумаги;

ПБУ — медный, изолированный лентами кабельной уплотненной бумаги;

провода обмоточные с волокнистой изоляцией:

по ГОСТ 16513—79Е:

ПСД — медный, изолированный двухслойной обмоткой из хлопчатобумажной пряжи;

АПБД — то же алюминиевый;

по ТУ 16.505.357—78:

ПШД — медный, изолированный двухслойной обмоткой из натурального шелка;

провода обмоточные с эмалево-волокнистой изоляцией:

по ТУ 16.505.353—77:

ПЭТВСД — медный, с эмалевой изоляцией, с допустимой температурой 130 °С с двухслойной обмоткой из стеклянных нитей с подклейкой и пропиткой глифталевым лаком;

по ТУ 16.705.074—79:

ПЭТКСОТ — медный, с эмалевой изоляцией, с температурой 155 °С с однослойной обмоткой из тонких стеклянных нитей с подклейкой и пропиткой кремнийорганическим лаком.

Таблица 12.2. Медные одножильные провода

Марка	ГОСТ, ТУ	Элементы конструкции	Длительно допустимая температура эксплуатации, °С	Класс нагревостойкости	Преимущественная область применения
ПВКФ-б	ТУ 16.505.565—74	Провод установочный с изоляцией из кремнийорганической резины в оболочке из фторксилоксановой резины	—60÷155	Н	Номинальное напряжение 6000 В частотой до 400 Гц в условиях агрессивной среды и масел
ПРГ-б	ТУ 16.505.439—73	Провод установочный с резиновой изоляцией	—40÷120	В	Номинальное напряжение 6000 В частотой до 60 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел
ПВБЛ	ГОСТ 16036—79	Провод выводной с изоляцией из резины на основе бутилкаучука в оплетке из лавсановой нити	—40÷105	А	Номинальное напряжение (переменное) до 660 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел
ПВВТ	ГОСТ 16036—79	Провод выводной с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката теплостойкий	—40÷105	А	Номинальное переменное напряжение 380 В частотой до 400 Гц в условиях агрессивных сред, масел и дизельного топлива
ПВКФ	ГОСТ 16036—79	Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины во фторксилоксановой оболочке	—60÷155	Н	Номинальное переменное напряжение 380 и 600 В частотой до 400 Гц в условиях агрессивной среды и смазочных масел
ПВФС	ГОСТ 16036—79	Провод выводной с изоляцией из фторксилоксановой резины	—60÷155 —60÷150	Н	Номинальное переменное напряжение 660 В частотой до 400 Гц и 1140 В частотой до 60 Гц в условиях агрессивных сред, масел и дизельного топлива

Таблица 12.3. Соотношение между единицами измерения систем СИ и СГСМ

Характеристика	Обозначение	Единица измерения СИ	Единица измерения СГСМ	Соотношение единиц
Абсолютная магнитная проницаемость	μ_a	Гн(генри)/м(метр)	—	—
Магнитная проницаемость	μ	—	Гс(гаусс)/Э(эрстед)	—
Напряженность поля	H	А(ампер)/м(метр)	Э(эрстед)	$1\frac{А}{м}=1256\cdot10^{-2}$ Э
Магнитный поток	Φ	Вб(вебер)	Мкс(максвелл)	1 Вб = 10^8 Мкс
Магнитная индукция	B	Тл(тесла)	Гс(гаусс)	1 Тл = 10^4 Гс
Удельные потери в магнитном материале	P	Вт(ватт)/кг(килограмм)	Вт(ватт)/кг(килограмм)	—
Максимальная удельная магнитная энергия	W_M	Дж(джоуль)/м³(куб. метр)	Эрг(эрг)/см³ (куб. см)	$1\frac{Дж}{м^3}=10\frac{Эрг}{см^3}$

В табл. 12.1 приведены номинальные размеры и расчетные сечения прямоугольных медных неизолированных проводов, применяемых для изготовления обмоток.

Провода силовые гибкие для выводных концов электрических машин и аппаратов. Медные изолированные одножильные провода (табл. 12.2) предназначены для выводных концов электрических машин и аппаратов на номинальное переменное напряжение 660, 1140 и 6000 В частотой соответственно 400 и 60 Гц.

12.2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СТАЛИ

Тонколистовая электротехническая сталь (ГОСТ 21.427.1—83), применяемая для электрических машин, изготовляется толщиной 0,28; 0,3; 0,35 и 0,5 мм в виде рулонов шириной 750, 860 и 1000 мм, листов и резаной ленты.

В соответствии с ГОСТ 21427.1—83 листовая электротехническая сталь выпускается размерами:

	Длина, мм, при ширине 750	860	1000
При толщине 0,35 мм	1500	—	2000
» » 0,5 мм	1500	1500	2000

Электротехническую сталь подразделяют:

а) по структуре и виду прокатки на классы:

1 — горячекатаная изотропная,
2 — холоднокатаная изотропная,
3 — холоднокатаная анизотропная с ребровой структурой;

б) по содержанию кремния на:

0 — до 0,4 % включительно (нелегированная);
1 — 0,4—0,8 %;
2 — 0,8—1,8 %;
3 — 1,8—2,8 %;
4 — 2,8—3,8 %;
5 — 3,8—4,8 %;

в) по основной нормируемой характеристике на группы:

0 — удельные потери при магнитной индукции 1,7 Тл и частоте 50 Гц ($P_{1,7/50}$);

1 — удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 50 Гц ($P_{1,5/50}$);

2 — удельные потери при магнитной индукции 1 Тл и частоте 400 Гц ($P_{1,0/400}$) для горячекатаной стали и удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 400 Гц ($P_{1,5/400}$) для холоднокатаной анизотропной стали;

6 — магнитная индукция в слабых магнитных полях при напряженности поля 0,4 А/м ($B_{0,4}$);

7 — магнитная индукция в средних магнитных полях при напряженности поля 10 А/м (B_{10}).

Соотношение между единицами измерения систем СИ и СГСМ приведено в табл. 12.3.

12.3. ЛАКИ, ЭМАЛИ, КОМПАУНДЫ, И РАСТВОРИТЕЛИ

Лаки электротехнические представляют собой растворы пленкообразующих веществ (смол, битумов, высыхающих масел и др.) в быстроиспаряющихся растворителях. Электроизоляционные лаки подразделяются на покровные, пропиточные и клеящие. Основные характеристики этих лаков приведены в табл. 12.4 (см. с. 224).

Эмали представляют собой лаки с введенными в них пигментами (мелкий порошок неорганического происхождения) с целью повышения твердости покрытия, влагостойкости, нагревостойкости. По режиму сушки их разделяют на эмали печной и воздушной сушки. Характеристики эмалей, применяемых при ремонте электрических машин, приведены в табл. 12.5 (см. с. 226).

Удельный расход лаков и эмалей на одно покрытие поверхности составляет, г/дм²:

Лак № БТ-99 и 57	3,5
Лаки № 56	0,4
Эмали ГФ-92-ХС, ГФ-92-ХК, ГФ-92-ГС, 1495, ЭП-91	6

Таблица 12.6. Растворители и разбавители

Растворитель и разбавитель	ГОСТ	Плотность, кг/м³, не более	Температура: кипения при р = 1 кгс/см² (0,1 МПа), °С	вспышки, °С, не менее	самовоспламенения, °С	замерзания, °С, не более
Ацетон	ГОСТ 2603—79	790—792	55,5—57	—20	500	—94
Бензин авиационный Б-70	ГОСТ 1012—72	—	40—180	—30	230—260	—60
Бензин «калоша»	ГОСТ 443—76	730	80—120	—30	230—260	—
Бензол	ГОСТ 8448—78Е	879	79,9—80	11	580	+5,4
Дихлорэтан	ГОСТ 1942—74	1250—1260	82—85	Плохо горит	413	—36
Керосин	ГОСТ 4753—68	840	310	40	—	—
Кеилол	ГОСТ 9949—76	870	141	24	500	—92
Сольвент каменноугольный	ГОСТ 1928—79	870	120—160	21	—	—
Спирт-ректификат этиловый	ГОСТ 5962—67	778	78	12	404	—114
Спирт этиловый технический	ГОСТ 17299—78	788	78	—	—	—
Спирт бутиловый (бутанол технический)	ГОСТ 5208—81	815	118	28—35	366	—80
Скипидар	ГОСТ 1571—82	850—880	155—180	30—32	252	—
Уайт-спирит	ГОСТ 3134—78	795	165—200	33	258	—
Хлорбензол	ГОСТ 646—73	1100	130—132	28—32	—	—45
Этилцеллозольв	ГОСТ 8313—76	940	130—137	49	—	—
Этилацетат технический	ГОСТ 8981—78	897—900	75—78	—7	505	—99
Толуол	ГОСТ 14710—78	856—866	109	7	550	—92

Количество лака, необходимое для покрытия деталей и сборочных единиц электродвигателей после ремонта (покрытия ротора, расточки статора и лобовых частей), определяется по формуле, кг,

$$a = Dl(a_1 + na_2),$$

где D — диаметр расточки, м; l — длина активной стали, м; $a_1 = 12$ — для первого покрытия; $a_2 = 8$ — для второго и последующих покрытий; n — число покрытий более одного.

Удельный расход бакелитового лака и лака ЭРП-30 для окраски изделий из прессованной бумаги, гетинакса, текстолита, стеклотекстолита, применяемых при ремонте электродвигателей, на одно покрытие 2,2 г/дм².

Удельный расход, г/дм², лака для покрытия активной стали статоров и роторов электродвигателей и создания лаковой пленки толщиной до 0,013 мм составит:

Толщина стали, мм	Лак (содержание нелетучих), %: № 202 (45 %)	№ 302 (60 %)
0,5	1,5	1,1
0,35	2,1	1,5

Основные технические характеристики наиболее распространенных в настоящее время растворителей и разбавителей, применяемых при ремонте электродвигателей, приведены в табл. 12.6.

12.4. ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для изоляционных и технологических целей при ремонте электродвигателей используют материалы, состоящие из волокон неорганического и органического происхождения. Эти материалы применяются как в непропитанном состоянии (характеристика их приведена в табл. 12.7 и 12.8 — см. с. 228 и 232), так и в пропитанном (лаками, маслами, компаундами) состоянии (табл. 12.9 — см. с. 230).

Органическим волокнистым материалам характерна значительная пористость и гигроскопичность, малая нагревостойкость и электрическая прочность.

Неорганические волокнистые материалы имеют грубую структуру, жестки, обладают высокой нагревостойкостью и меньшей гигроскопичностью.

Волокнистые материалы получают в результате пропитки тканей электроизоляционными лаками, образующими после высыхания на поверхности ткани эластичную пленку. Электрические свойства лакотканей обусловливаются в основном свойствами пропиточных электроизоляционных лаков. Волокнистая основа — ткань определяет главным образом механические характеристики. Лакоткань применяют в виде лент, разрезанных под углом 45°, а стеклоткани — под углом 15° к оси ткани.

Таблица 12.4. Электрические лаки

Обозначение	ГОСТ или ТУ	Технические характеристики: Основные компоненты	Растворитель и разбавитель	Температура сушки, °С	Время сушки, ч
					Покров
БТ-99	ГОСТ 8017—74	Битум, канифоль, льняное масло, скипидар	Ксилол, сольвент или смесь с уайт-спиритом (1 : 1)	18—22	3
57	ТУ НЛ 9МЛЭО «Электросила»	То же	Уайт-спирит, бензин	20	2
56	То же	» »	То же	20	2
					Пропиточ
БТ-980 БТ-987 БТ-988	ГОСТ 6244—70	» »	Толуол, сольвент или смесь с уайт-спиритом (1 : 1)	110	10 6 3
ГФ-95	ГОСТ 8018—70	Глифталевая смола, растительное масло	Смеси ксилола, сольвента с уайт-спиритом, а также скипидар	105	1,5
ПЭ-933	ТУ 6-10-714—75	Полиэфир и эпоксидная смола с отвердителями	Смеси этилцеллозольва и толуола в соотношении 35 : 65	150	2
ЭФ-ЭБС, ЭФ-3	ТУ 6-02-753—78	Полиметилфенилсилоксановая смола	Смесь бензина со скипидаром	200	2
ЭФ-5, ЭФ-5Т, ЭФ-5Б		То же	Бензин, толуол, этилцеллозольв	200	2
АС-9115	ТУ 16-504.036—76	Сополимер эфира метакриловой кислоты	—	20	20
КО-991-3	ТУ 6-02-756—76	Полиэтилфенилсилоксиловая смола с добавлением скипидара № 646	Бензин со скипидаром в соотношении 1 : 1	20	0,05
К-47	МРТУ 6-02-287—69	Полиметилфенилсилоксановая смола, этилцеллозольв	Этилцеллозольва	200	6—8
					Клеящие
БТ-95	ТУ 16-504.035—76	Битум, масло	Толуол, ксилол или смесь с уайт-спиритом (3 : 1)	20	16
ГФ-957	ТУ 16-504.027—74	Глифталевая смола	Спирт, бензол и толуол	20	3
КО-919	ГОСТ 16508—70	Полиорганосилоксановая смола	Толуол	—	—
Бакелитовый	ГОСТ 901—78	Резольная смола, спирт	Спирт-денатурат или спирт-сырец	18—23	1—2
Шеллачный	ТУ 84-229—76	Шеллак	Спирт	20	2

Электрические характеристики при 20 °С: Удельное объемное сопротивление, Ом·м	Электрическая прочность, МВ/м	Основные свойства	Назначение
ные лаки			
10^{12}	50	Прочный, эластичный лак, немаслостойкий, влагостойкий, воздушной сушки	Защитное покрытие для пропитанной изоляции лобовых частей обмоток и активной стали
10^{9}	—	Полупроводящий, воздушной сушки. В состав лака входит пигмент — сажа	Покрытие пазовой части стержней электрических машин напряжением выше 6 кВ
10^{9}	—	То же	То же
ные лаки			
10^{12}	60	Влагостойкий лак с пленкой черного цвета с легким отливом, обладающий низкой цементирующей способностью, немаслостойкий	Для пропитки эмалевых электроизоляционных материалов, а также обмоток нормального исполнения
10^{12}	55		
10^{12}	55		
10^{12}	70	Маслостойкий лак печной сушки светло-желтого цвета, кислотостойкий, маслостойкий, недостаточно влагостойкий	Для пропитки обмоток электрических машин. Можно применять как клеящий и покровный лак
10^{11}	75	Маслостойкий влагостойкий лак с высокой цементирующей способностью. Пленка лака от светло-желтого до светло-коричневого цвета	Для пропитки обмоток нагревостойкого исполнения класса F
10^{12}	65	Влагостойкий, недостаточно маслостойкий лак, обладает высокой пропитывающей способностью, повышенной нагревостойкостью	Для пропитки стеклолент и стеклотканей, а также подвижных и неподвижных обмоток электрических машин
10^{12}	65	Влагостойкий лак темно-коричневого цвета, нагревостойкий	Для лакировки листов электротехнической стали, пропитки обмоток
—	—	Без растворителя	Для пропитки электрических машин класса нагревостойкости F
—	65	Высокая пропитывающая способность, нагревостойкость, повышенная влаго- и водостойкость. Пленка лака имеет темно-коричневый цвет	Для пропитки обмоток электрических машин с изоляцией класса H
10^{12}	60	Влагостойкий, нагревостойкий лак от прозрачного до темно-коричневого цвета, недостаточно маслостойкий	Для лакировки листов электротехнической стали, пропитки обмоток
лаки			
10^{11}	70	Нагревостойкий, эластичный, немаслостойкий черного цвета лак с малым углом диэлектрических потерь	Для изготовления микаленты, изделий из нее, для покрытия лобовых частей обмоток статоров
—	30	Маслостойкий лак воздушной сушки светло-желтого цвета. Недостаточно влагостойкий. Обладает хорошей цементирующей способностью	Для склеивания слюды в микаленте
—	70		Для промазки катушек класса нагревостойкости H
	20	Пропиточный и клеящий лак, масло- и нагревостойкий, печной и воздушной сушки	Входит в состав микалентного лака, а также для склеивания электрокартона, тканей, бумаги и др.
—	—	Лак холодной сушки светло-желтого цвета, но для получения высокого качества нужна горячая сушка	Для промазки микаленты, клеефаллака при их применении

Обозначение	ГОСТ или ТУ	Технические характеристика: Основные компоненты	Растворитель и разбавитель	Температура сушки, °С	Время сушки, ч
ЭР1-30	По рецепту завода «Электросила»	Эпоксидная смола бакелитовый лак	Спирт, толуол	160	3—4
ЭР2-30	То же	То же	То же	160	3—4
ЭБ-70	По рецепту ХТГЗ	» »	Растворитель № 646	150	2—3
ЭБ-85	То же	» »	То же	130	2

Таблица 12.5. Эмали

Обозначение	ГОСТ или ТУ	Технические: Основа эмали	Растворитель или разбавитель	Температура сушки, °С	Время сушки, ч
ГФ-92-ГС	ГОСТ 9151—75	Масляно-глифталевый лак	Смесь уайт-спирита и бензола или толуола	105	3
ГФ-92-ХК	ГОСТ 9151—75	То же	Смесь толуола и бутилацетона (1 : 1)	20	20—24
ГФ-92-ХС	ГОСТ 9151—75	» »	Смесь уайт-спирита и бензола или толуола	20	20—24
1495	Л2463ХЭМЗ	Глифталевый лак и масляная разводка (олифа)	Бензин или смесь толуола, ксилола, бензола, сольвент	20	12—18
КО-936	ТУ 16-504.021—77	Кремнийорганический лак К-48 с двуокисью титана и железным суриком	Толуол	200	3
ЭП-91	ГОСТ 15943—80	Эпоксидная смола	Целлозольв	20	1
КО-935	ТУ 16-504.021—77	Полиорганосилоксановый лак К-54 с железным суриком и двуокисью титана	Толуол и сикатив № 63	120	2
КО-911	—	Полиорганосилоксановый лак К-65 с полиэтиленполиамином	Толуол	18—20	24

Продолжение табл. 12.4

Электрические характеристики при 20° С: Удельное объемное сопротивление, Ом·м	Электрическая прочность, МВ/м	Основные свойства	Назначение
—	—	Пропиточный и клеящий эпоксидно-резольный лак горячей сушки, влагостойкий. Составляется по рецепту перед употреблением	Для пропитки и промазки стеклоткани, используемой для изготовления стеклотекстолита
—	—	То же	Для изготовления виткового прокладочного материала
—	—	» »	Для склеивания межвитковой изоляции катушек ротора в пазовой части
—	—	Пропиточный и клеящий эпоксидно-резольный лак горячей сушки, влагостойкий. Составляется по рецепту перед употреблением	Для склеивания межвитковой изоляции катушек ротора в лобовой части

Электрические характеристики: Стойкость к маслу, влаге и другим воздействиям	Электрические характеристики при 20 °С: Удельное объемное сопротивление, Ом·м	Электрическая прочность, МВ/м	Основные свойства	Назначение
Маслостойкая, дугостойкая	10^{11}	30	Покровная эмаль печной сушки с твердым механическим прочным покрытием серого цвета	Для защитного покрытия неподвижных и вращающихся частей электродвигателей
Бензостойкая, маслостойкая, дугостойкая	10^{10}	30—35	Покровная эмаль воздушной сушки. Пленка гладкая твердая красного цвета	То же
Маслостойкая	10^{11}	30	Покровная эмаль воздушной сушки, обладает хорошей адгезионной способностью	Для защитного покрытия неподвижных частей электрических машин, покрытия обмоток невлагостойкого исполнения
Маслостойкая, механически прочная	10^{10}	10—25	Пленка без отлипа, твердая	Для антикоррозионного покрытия металла
Влаго- и маслостойкая	10^{11}	30	Кремнийорганическая покровная эмаль печной сушки розового цвета	Для покрытия неподвижных и вращающихся частей электрических машин
Водостойкая	10^{12}	—	Эпоксидная электроизоляционная эмаль печной сушки тропического усиленно влагостойкого и химически стойкого исполнения	Для защитного покрытия лобовых частей обмоток методом окунания или распыления не менее чем в два слоя
Маслостойкая	10^{11}	40	Повышенная твердость и нагревостойкость пленки розового и красно-коричневого цвета	Для покрытия лобовых частей обмоток с изоляцией класса Н, длительно работающих при 180 °С
То же	10^{10}	50	Высокие электроизоляционные свойства	Для отделочного покрытия лобовых частей катушек с рабочей температурой 180 °С

Таблица 12.7. Непропитанные волокнистые материалы

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, кг/м³	Толщина, мм	Ширина рулона или ролика, размеры листа, мм	Предел прочности при растяжении, кг/мм: в продольном направлении	Предел прочности при растяжении, кг/мм: в поперечном направлении	Электрическая прочность при 20 °С, МВ/м	Характеристика материала	Область применения
Бумага кабельная	ГОСТ 645—79Е	К-080 К-120 К-170	760	0,08 0,12 0,17	500 650 700	8,5 13 17,5	4 6 8,5	8—10	Плотная бумага натурального красного, синего цвета, гигроскопичная	Для временных технологических оберток статорной обмотки
Картон электроизоляционный	ГОСТ 2824—75	ЭВ	1100	0,1—3	1000*×1850**× ×3850	8,5	3,5	8	Гибкий, плотный, достаточно прочный и упругий материал. Поверхность картона чистая, гладкая	Временный защитный слой
Картон асбестовый	ГОСТ 2850—80	—	1000—1300	0,2—10	900×900 900×100 100×1000	12	6	2—3,5	Негорючий материал	Для защиты при работах с огнем. Один из компонентов при изготовлении замазок и наполнителей
Паронит	ГОСТ 481—80	ПОН	1500—2000	0,4—6	1200×1700	—	—	—	Гибкий листовой материал из асбеста, каучука и наполнителей	Для прокладок и уплотнения при температуре до 400 °С и давлении 40 — 50 кг/см² в среде пара и воды

Продолжение табл. 12.7

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, кг/м³	Толщина, мм	Ширина рулона или ролика, размеры листа, мм	Предел прочности при растяжении, кг/мм: в продольном направлении	Предел прочности при растяжении, кг/мм: в поперечном направлении	Электрическая прочность при 20 °С, МВ/м	Характеристика материала	Область применения
Стеклочулок	ТУ РСФСР 17-5873—77		1800	0,3—0,35	1—8***	—	—	—	Термостойкий и теплостойкий теплоизоляционный материал, изготовленный из нескольких сложенных вместе одинаковых асбестовых нитей или пряжи	Для защиты от огня
Трубка СТКСП	ТУ 16503-133—79	—		0,35—0,4						
Стеклоткань электроизоляционная	ГОСТ 8481—75	Э	—	0,06; 0,08; 0,1	600×1000	—	—		Неорганический нагревостойкий материал, получаемый из стеклянных волокон полотняным переплетением	Для изготовления лакотканей, пропитанных тканей, защиты от огня и теплоизоляции
		СЭ	—	0,2	600×1000	—	—	—		
Фибра	ГОСТ 14613—69	ФЭ	1100—1150	0,6—2,5	1100×1300	7,5	4,5	5—7	Бумага, обработанная водным раствором хлористого цинка	Для изготовления шайб путем вырезания и штамповки
Шнур асбестовый	ГОСТ 1779—72		1—1,3	3—25	—	—	—	—	Термостойкий материал	Для защиты от огня

* Ширина рулона.
** Размер листа.
*** Внутренний диаметр.

Таблица 12.9. Пропитанные волокнистые

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Толщина, мм	Ширина рулона, мм
Лакоткань электроизоляционная (Х — хлопчатобумажная; Ш — шелковая)	ГОСТ 2214—78Е	ЛХМ-105	0,15; 0,17; 0,2; 0,24; 0,3	700—930
		ЛШМ-105	0,08; 0,1; 0,12; 0,15	700—930
		ЛШМС-105	0,04; 0,05; 0,06; 0,10; 0,12; 0,15	700—930
		ЛХБ-105	0,17; 0,2; 0,24	700—930
Стеклолакоткань электроизоляционная	ГОСТ 10156—78Е	ЛСМ-105/120	0,15; 0,17; 0,20; 0,24	690—990
		ЛСММ-105/120	0,17; 0,2; 0,24	690—890
		ЛСЛ-105/120	0,15; 0,17; 0,20; 0,24	690—990
		ЛСКР-180	0,12; 0,05; 0,17; 0,2	690—790 890—990
		ЛСКЛ-155	0,12; 0,15	10; 15
Стеклоткань электроизоляционная латексная в роликах	ГОСТ 10156—78Е	ЛСЛ-р	0,15; 0,17; 0,20; 0,24	600—1000
Резиностекло	ТУ ЭОЭПП 503.094—59	РСК-1	0,23	250—750
	ТУ 35-ЭП75—62	РСК-2	0,11	250—750
Стеклолакоткань на кремнийорганической эмали	ВТУ МЭП ОАА 503.014—53	ЛСК-1	0,12—0,15	200—700
		ЛСК-2	0,2	
Резиновая самослипающаяся термостойкая ЛЭТСАР	ТУ 38-103-171-80	КФ-0,5	0,5	26
		КФ-0,25	0,25	26
		КП-0,2-29	0,25	29
		КП-0,2-38	0,25	38
		КП-0,2-48	0,25	48
		БП-0,2	0,25	26

материалы и ленты

Предел прочности при растяжении, кг/мм		Относительное удлинение при растяжении, %	Электрическая прочность при 20 °С (после растяжения), МВ/м	Характеристика материала	Область применения
на основе	под углом 45°				
4,5	3	6	4,5—9,5	Гибкий материал с высокими электроизоляционными свойствами	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
1—1,7	0,7	6	3—7	То же, но с малой усадкой и стойкостью к кратковременному повышению температуры	То же
1,4—2,5	0,9—1,7	6	6,5—9,3	То же	То же
7,5	4,5	6	5,7—7,1 6,5—8 7,6—9,2	» »	» »
10,5—17	—	6	4,5—6,7	Эластичный материал с высокими электроизоляционными свойствами, механически прочный нагревостойкий и влагостойкий	Для изоляции обмоток электрических машин напряжением выше 1000 В
13—15	—	6	6—9,2	То же, маслостойкий	То же
10,5—13	—	10	4,5—6,2	То же, но не маслостойкий	Для основной изоляции
15—17			5,6—8,4	То же	Изоляция обмоток электрических машин напряжением выше 1000 В
9; 10,5; 13; 17	—	10	1,6—3,3		То же
9; 10,5	—	—	3,5—4,9 0,8—0,9	» »	
3	1,8	12—10 8—7	4—4,5 5—5,5	» »	» »
3—10	—	8	Не нормируется	Эластичные материалы белого цвета (стеклоткань с пропиткой каучуком)	Для изоляции выводных концов нагревостойких электрических машин
4—12	—	8	1		Для изоляции лобовых частей нагревостойких электрических машин напряжением до 1000 В
3—3,5	—	30 25	2,4—4,4 2,5—6	Бесщелочная стеклоткань ЭСТБ, пропитанная теплостойкой эмалью ЛСК-1 (жесткая) и ЛСК-2 (мягкая) светло-красного и красного цвета	Для изоляции электрических машин нагревостойкого, влагостойкого и тропического исполнения
50	—	—	2	Лента на основе кремнийорганической резины. Самослипаемость при 20 °С. Нагревостойкость К — (красная) до 200 °С, Б — (белая) до 250 °С	При ремонте обмоток электродвигателей напряжением до 1000 В и выше

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Толщина, мм	Ширина рулона, мм
То же РЭТСАР	ТУ 38-103-172—80	А; Б	0,06—0,1	25
Лента полиэтилентерефталатная (лавсан)	ТУ 17-09-107—81	—	0,23	50—100
Лента фторопластовая (неориентированная)	ГОСТ 24222—80	—	0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,2; 2,3	50—100

Таблица 12.8. **Ленты непропитанные (ГОСТ 4514—78)**

Лента	Толщина ленты, мм	Ширина ленты, мм	Условное обозначение ленты	Разрывная нагрузка ленты, не менее, Н	Удлинение при разрыве ленты, %, не менее	Масса 100 м ленты, г	Характеристика ленты	Область применения
Киперная	0,45	8	К-8-1	130	9	155	Лента из хлопчатобумажной пряжи	При ремонте электродвигателей для временной технологической защиты изоляции обмоток и технологических нужд
		10	К-10-2	140	9	187		
		12	К-12-3	170	9	232		
		15	К-15-5	210	9	276		
		20	К-20-7	260	9	361		
		25	К-25-9	310	9	462		
		30	К-30-11	370	9	543		
		35	К-35-13	430	9	637		
		40	К-40-15	480	9	723		
		50	К-50-17	580	9	902		
Тафтяная	0,25	10	Т-10-18	90	8	100	То же, кроме Т-15-20, Т-20-24, Т-25-29, Т-30-31, на изготовление которых используются полиэфирные нити	То же, а также в качестве слоя изоляции обмоток электрических машин напряжением до 1000 В (при предварительной пропитке в электроизоляционном лаке)
	0,25	12	Т-10-19	110	8	120		
	0,16	15	Т-15-20	330	30	154		
	0,25	15	Т-15-21	130	8	152		
	0,25	20	Т-20-23	150	9	195		
	0,16	20	Т-20-24	400	30	195		
	0,25	25	Т-25-27	180	8	244		
	0,16	25	Т-25-29	500	30	239		
	0,16	30	Т-30-31	600	30	287		
	0,25	30	Т-30-32	210	8	291		
	0,25	35	Т-35-35	280	9	338		
	0,25	40	Т-40-38	260	8	384		
	0,25	50	Т-50-39	320	8	480		
Тафтяная разреженная	0,4	15	Тр-15-40	130	8	143	Лента из хлопчатобумажной пряжи	То же
		20	Тр-20-41	160		186		
		25	Тр-25-42	180		233		
		30	Тр-30-43	210		300		

Продолжение табл. 12.9

Предел прочности при растяжении, кг/мм: на основе	Предел прочности при растяжении, кг/мм: под углом 45°	Относительное удлинение при растяжении, %	Электрическая прочность при 20 °С (после растяжения), МВ/м	Характеристика материала	Область применения
100	—	—	20	Лента на основе стеклоткани марки Э и кремнийорганических каучуков. Самослипаемость при 15—35 °С в течение 48 ч	При ремонте обмоток электродвигателей напряжением до 1000 В и выше
45	—	—	22	Прозрачная лента из лавсана с повышенной прочностью на разрыв. Нагревостойкость 120 °С	То же
150	—	—	30	Лента на основе фторопласта. Нагревостойкость 250 °С	» »

Расчет потребности волокнистых материалов производится в следующей последовательности.

Длина ленты из хлопчатобумажной, стеклянной или асбестовой ткани или лакоткани, м,

$$A = \left(KL\frac{P}{t}n\right)C_1,$$

где K — коэффициент перекрытия ($K=0{,}6$ при изолировке вразбежку, $K=1$ при изолировке встык, $K=2$ при изолировке вполнахлеста); L — длина изолируемого участка, м; P — периметр изолируемого участка, мм; t — ширина ленты, мм; n — число слоев изоляции; C_1 — поправочный коэффициент на производственные отходы (до 1,15).

Масса микаленты, микашелка, кг,

$$Q = (gLPKn\delta\cdot 10^{-3})\,C_1,$$

где g — плотность материала, г/см³; δ — толщина материала, мм.

Масса формовочного, прокладочного и коллекторного миканита, кг,

$$Q = (gab\Delta\cdot 10^{-6})\,C_1\,C_2,$$

где a, b — развернутая длина и ширина изолируемого участка, мм; Δ — односторонняя толщина опрессованной и выпеченной изоляции, мм; C_2 — коэффициент, учитывающий опрессовку изоляции и равный для формовочного миканита 1,25, прокладочного миканита 1,15, коллекторного миканита 1,1.

Масса картона (фибры), кг,

$$Q = (g\delta abn\cdot 10^{-6})\,C_1.$$

12.5. СЛЮДЯНЫЕ, СЛЮДИНИТОВЫЕ И СЛЮДОПЛАСТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Слюдяные электроизоляционные материалы изготовляют на основе двух видов слюды — мусковита и флогопита или смеси этих видов слюды. После склеивания листы подвергают опрессовке при 140—160 °С.

Мусковит — бесцветная, прозрачная с розовым оттенком слюда, допускающая рабочую температуру 500—600 °С, предел прочности при растяжении 170—360 МПа (17—36 кг/мм²); электрические параметры: удельное объемное сопротивление $\rho=10^{13}$ Ом·см; диэлектрическая проницаемость $\varepsilon=6{,}8$, электрическая прочность в масле $E_{пр}=140\div180$ кВ/мм; тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta=0{,}0001\div0{,}0003$ (при действии поля перпендикулярно слоям).

Флогопит — слюда темного цвета с различными оттенками (золотистым, коричневым, янтарным), допускающая рабочую температуру до 900—1000 °С, предел прочности при растяжении 160—210 МПа (16—21 кг/мм²), электрические параметры: $\rho=10^{12}$ Ом·см; $\varepsilon=6{,}7$; $E_{пр}=100\div160$ кВ/мм; $\operatorname{tg}\delta=0{,}0005$.

Основные виды миканитов — коллекторный, прокладочный, формовочный, гибкий.

Коллекторный миканит — твердый листовой материал.

В марках коллекторного миканита буквы и цифры обозначают: К — коллекторный, Ф — на слюде флогопит, Ш — на шеллачной смоле; Г — на глифталевой смоле; С — специальный; А — на неорганическом связующем аммофосе.

Прокладочный и формовочный миканит — твердый листовой материал.

В марках прокладочного и формовочного миканита буквы и цифры обозначают: П — прокладочный; Ф — формовочный; М — на слюде мусковит; Ф — на слюде флогопит; С — на смеси слюд; Г — на глифталевой смоле; Ш — на шеллачной смоле; К — на кремнийорганической смоле; буква А указывает на пониженное содержание связующего (5—12 %). Прокладочный миканит содержит 80—95 % слюды и 20—5 % клеящего вещества.

Таблица 12.10. Слюдяные материалы

Материалы	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, кг/м³	Толщина, мм	Вид поставки (размеры, мм)	Электрическая прочность, МВ/м	Характеристика материала	Область применения
Миканит гибкий	ГОСТ 6120—75	ГМС, ГФС, ГМЧ, ГФЧ, ГМСО ГФСО, ГМЧО, ГФЧО, ГФК ГМ-Б5, ГФ-Б5, ГМЧ-ББ, ГФЧ-ББ	2000	0,15—0,95 0,3—0,5 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5	450×600	21—28 16—23	Листовой материал, обладающий гибкостью при комнатной температуре, оклеенный или неоклеенный бумагой. Содержание связующего вещества 10 — 25 %. Нагревостойкость 130 °С (ГФК—180 °С)	В качестве пазовой межвитковой изоляции в электрических машинах
Микафолий	ГОСТ 3686—77	МФГ-Б, МФШ-Б, ММГ-Б, ММШ-Б МФП-Т, МФП-С, МФК-Т, МФК-С ММГ-Т, ММГ-С, МФГ-С ММК-Т, ММК-С	1300—1500	0,15; 0,20; 0,25; 0,3; 0,20; 0,25; 0,30 0,15; 0,20; 0,30 0,15; 0,2; 0,3	Рулоны: 500±10; 700±20 Листы: 490×1000±±20; 680×1000±±20	Средняя: Ф—14,5; М—17,5 Средняя—16,5	Материал, состоящий из одного или нескольких (двух-трех) слоев слюды, склеенных между собой и подотном бумаги (толщиной 0,05 мм), со стеклотканью, со стеклосеткой с помощью шеллачного, глифталевого или кремнийорганического лака. Содержит 45 — 60 % слюды, 17—32 % клеящих веществ, остальное — бумага и летучие вещества	Для пазовой и межвитковой изоляции статорных и роторных обмоток электрических машин напряжением выше 1000 В

Микалента	ГОСТ 4268—75	ЛФЧ-Б ЛФЧ-ББ ЛМЧ-ББ ЛФС-ББ ЛФС-ТБ ЛМС-ББ ЛФС-ТТ ЛМЧ-ТБ, ЛМС-ББ	1700—1800	0,08 0,1; 0,13; 0,17 0,1; 0,13; 0,17 0,1; 0,13; 0,17 0,1; 0,13; 0,17 0,1; 0,13; 0,17; 0,2 0,17; 0,21 0,15; 0,17	Ролики: 10; 15; 20; 23; 25; 30; 35	18—21 12—20 16—20	Гибкий при комнатной температуре электроизоляционный материал. Нагревостойкость 130 °С	Для изоляции стержней и секций в электродвигателях напряжением выше 1000 В
Стекломикалента	ГОСТ 4268—75	ЛФК-Т ЛФК-ТТ ЛФК-ТС ЛМК-ТТ ЛМК-ТС		0,08; 0,13; 0,15 0,1; 0,17; 0,13 0,13; 0,21; 0,15 0,15 0,13; 0,15		16 13	То же, нагревостойкость 180 °С	То же
Лакостекломинанит	ТУ 16-503.107—77	ГФТ-Т-ЛСБ ГФТ-Т-ЛСЭ ГФТ-Т-ЛСП ГФТ-Т-ЛСК	1800	0,35 0,5 0,35 0,5	850×680±1(850×780±15 850×880±1(	13 18 20 18; 20	Материал, состоящий из двух и более слоев щипаной слюды, одного слоя стеклоткани и одного слоя стеклолакоткани, склеенных между собой электроизоляционными лаками	Корпусная изоляция стержней и межрядная изоляция обмоток электрических машин классов нагревостойкости В, F и Н
Микаполотно	ТУ 16-503.039—69	ПМЧШБ, ПФЧШБ, ПМСШБ, ПФСШБ ПМЧХБ, ПФЧХБ, ПМСХБ, ПФСХБ ПМЧХХ, ПФЧХХ, ПМСХХ, ПМЧТТ, ПФСХХ, ПМСТТ	1800	0,14—0,17 0,3 0,4	Рулон	10—13	Гибкий в холодном состоянии материал, обладает повышенной механической прочностью. Нагревостойкость до 130 °С	В электрических машинах в качестве корпусной изоляции, а также междуфазной изоляции при напряжении до 660 В

Таблица 12.11. Слюдинитовые материалы

Материал	ГОСТ или ТУ	Марка	Толщина, мм	Вид поставки (размеры, мм)	Электрическая прочность, МВ/м (при 20 °С)	Характеристика материала	Область применения
Слюдинит коллекторный	ГОСТ 12127—78	КСШ	0,45; 0,50; 0,55; 0,6; 0,7 0,75—1,2	400×1000	32—34 28—29	Твердый прессованный материал в холодном и горячем состоянии. Нагревостойкость 130 °С	В электрических машинах постоянного тока
Слюденит гибкий	ГОСТ 10715—76	ГСП $Г_1$СП $Г_2$СП $Г_1$СК $Г_2$СК	0,15—0,5 0,1—0,15 0,2—0,5 0,1—0,15 0,2—0,5	500×800	14—17 13 21 13 21	Листовой материал, обладающий гибкостью при комнатной температуре	Для изготовления различных гибких изоляционных прокладок, допускающих изгибание в холодном состоянии
Стеклослюдинит формовочный	ТУ 16.503.079—76	ФСКН-1	0,10; 0,12 0,10; 0,12; 0,15	250×350 100×350	33—38 28—33	Листовой материал, допускающий формирование при нагреве до 60—90 °С. Нагревостойкость 200—300 °С	Для изготовления фасонных изоляционных деталей для электрических машин нагревостойкого исполнения
Непропитанная слюдинитовая лента	ТУ 16.503.030—80	ЛС25-ТТ; ЛС25-ТТ-УП-2,5 ЛС25-СТ; ЛС25-СТ-УП-2,5 ЛС25-ТБл; ЛС25-ТБл-УП-2,5 ЛС25-ТБм; ЛС25-ТБм-УП-2,5 ЛС25-ТП; ЛС25-ТП-УП-2,5 ЛС40-ТТ; ЛС40-ТТ-УП-2,5 ЛС40-СТ-УП-2,5 ЛС40-ТБм;	0,11 0,9 0,11 0,09 0,9 0,13 0,15 0,13	Ролики и рулоны шириной 15—800 мм	Средняя 20	Гибкий при комнатной температуре рулонный материал. Нагревостойкость 130 и 155 °С. Разрывная удельная нагрузка (Н/см ширины ленты) составляет 60—120 Н/см. У лент марок ЛСТ-40СТ и ЛС-40ТТ — 190 — 240 Н/см	Для изготовления изоляции обмоток статоров и роторов в электрических машинах напряжением выше 1000 В

		ЛС40-ТБм-УП-2,5 ЛС40-ТП ЛС40-ТП-УП-2,5 ЛС40-СП ЛС40-СП-УП-2,5	 0,11 0,13 0,1 0,13	 18—20	 12 18—20		
Пропитанная слюдинитовая лента	ГОСТ 13184—78	ЛСК-ТТ; ЛСК-СС	0,15; 0,17	Ролики шириной 15; 20; 23; 25; 30; 35 и 100 мм	1—1,2*	То же. Диаметр роликов 100 мм. Разрывная удельная нагрузка в основном 45—72 Н/см. У лент марок ЛСК-110-ТПл и ЛСК-СС — 100—145 Н/см, а у лент ЛСК-ТТ толщиной 0,15 — 0,17 мм — не менее 240 Н/см	То же
		ЛСЭП-934-ТПл; ЛСЭП-934-ТПлА	0,09; 0,1; 0,13		3—3,2*		
		ЛС-ЭП-ТПЛ	0,09; 0,1		1,2—1,4*		
		ЛС-ЭП-ТПлА	0,11; 0,13		1—1,2*		
		ЛС-110-СПл ЛСК-110-ТПл	0,08; 0,09; 0,1; 0,11; 0,15		1—1,2*		
		ЛСЭК-5-СПл; ЛСЭК-5-ТПл	0,13; 0,15		1—1,2*		
		ЛСК-110-СТ; ЛСК-110-ТТ	0,11; 0,13		1—1,2*		
		ЛСЭК-5-СТ; ЛСЭК-5-ТТ	0,11; 0,15; 0,17		1—1,2*		
		ЛСК-110-СТ; ЛСК-110-ТТ	0,2; 0,25		1—1,2*		
		ЛСК-110-БПл	0,08; 0,10; 0,13; 0,15		1—1,2*		
		ЛСЭП-934-СПл; ЛСЭП-934-СПлА	0,11; 0,13		3—3,2*		
Стеклолакоткань	ТУ 16.503.011—67	ЛСК-1 ЛСК-2	0,12—0,2		2,4—4,4* 2,5—6*	Эластичный материал, имеющий относительное удлинение: ЛСК-1—1 %, ЛСК-2—4 %	Применяется в качестве изоляции в электрических машинах

* Пробивное напряжение, кВ. Большие значения относятся к лентам с большей толщиной.

Гибкий миканит — листовой материал, обладающий гибкостью при комнатной температуре.

В марках гибкого миканита буквы и цифры обозначают: Г — гибкий; М — на слюде мусковит; Ф — на слюде флогопит; С — на светлом масляно-глифталевом лаке; Ч — на черном масляно-битумном лаке; О — оклеенный бумагой.

Гибкий стекломиканит — листовой материал, гибкий при комнатной температуре.

В марках гибкого стекломиканита буквы и цифры обозначают: $Г_1$ — гибкий, оклеенный с двух сторон; Ф — на слюде флогопит; К — на кремнийорганическом лаке; Г — на масляно-глифталевом лаке; Э — на полиэфирно-эпоксидном лаке; I — повышенная электрическая прочность; П — нормальная электрическая прочность.

Микафолий — рулонный или листовой электроизоляционный материал, формируемый в нагретом состоянии (стеклоткань или стеклосетка в рулонах шириной не менее 50 мм — на бумаге, 700 мм — на стеклоткани и на стеклосетке и в листах размером 500×1000 и 700×1000 мм).

В марках микафолия буквы обозначают: М — микафолий; М — (вторая буква) на слюде мусковит; Ф — на слюде флогопит; Г — на глифталевом лаке; Ш — на шеллачном лаке; П — на полиэфирном лаке; К — на кремнийорганическом лаке; Б — на бумаге; Т — на стеклоткани; С — на стеклосетке.

Микалента — рулонный электроизоляционный материал, гибкий при комнатной температуре. Состоит из одного слоя листочков щипаной слюды (мусковит или флогопит), склеенных между собой и оклеенных с одной или двух сторон тонкой (20—25 мкм) микалентной бумагой, стеклотканью или стеклосеткой. В качестве клеящих лаков применяют масляно-битумные (черные), масляно-глифталевые (светлые), кремнийорганические и растворы каучуков.

В микаленте содержится 30—55 % слюды, 15—30 % клеящего вещества, не более 6 % летучих веществ, остальное — бумага или стеклоткань. Микаленту выпускают в роликах диаметром 110 мм, шириной 10, 15, 20, 23, 25, 30 и 35 мм.

В марках микаленты буквы обозначают: Л — лента; М — на слюде мусковит; Ф — на слюде флогопит; Ч — на маслино-битумном лаке; Р — на растворе каучука; Б — оклеена с одной стороны микалентной бумагой; ББ — оклеена с двух сторон микалентной бумагой; ТТ — оклеена с двух сторон стеклотканью; СС — оклеена с двух сторон стеклосеткой; ТБ — оклеена с одной стороны стеклотканью, а с другой — микалентной бумагой.

Слюдинитовые электроизоляционные материалы получают из слюдинитовой бумаги, предварительно обработанной каким-либо лаком или смолой, путем нанесения отходов слюды, полученных при изготовлении материалов на основе щипаной слюды. Номенклатура применяемых при ремонте электродвигателей слюдинитовых материалов приведена в табл. 12.11.

Буквы в марках коллекторного слюдинита, изготовляемого в листах длиной и шириной 400—1000 мм, обозначают: С — слюдинит; Ш — на шеллачном лаке; К — коллекторный.

Буквы в марках формовочного нагревостойкого стеклослюдинита, изготовляемого в листах 350×350 мм, обозначают: Ф — формовочный; С — стеклослюдинит; К — на кремнийорганическом лаке; Н — нагревостойкий. Цифры: 1 — на стеклоткани толщиной 25 мкм; 2 — на стеклоткани толщиной 43 мкм.

Гибкий слюдинит — листовой материал с размером листа 500×600 мм, получаемый склеиванием листов слюдинитовой бумаги с последующим горячим прессованием на полиэфирном или кремнийорганическом лаке.

В марках гибкого слюдинита буквы и цифры обозначают: С — слюдинит; Г — гибкий неоклеенный; $Г_1$ — гибкий, оклеенный стеклотканью с одной стороны; $Г_2$ — гибкий, оклеенный стеклотканью с двух сторон; П — полиэфирный лак; К — кремнийорганический лак; Н — нагревостойкий; 25 и 40 — толщина применяемой лавсановой пленки в микронах.

Непропитанная слюдинитовая лента — гибкий рулонный материал, состоящий из слюдинитовой бумаги, на которую с двух сторон с помощью раствора натурального каучука наклеивают подложку из стеклянной ткани или с одной стороны подложку из стеклянной ткани, а с другой стороны полиэтилентерефталатную пленку, лавсановую или микалентную бумагу.

В марках слюдинитовой непропитанной ленты буквы и цифры обозначают: Л — лента; С — слюдинитовая; Т — ткань стеклянная; С — сетка стеклянная; БЛ — бумага лавсановая; БМ — бумага микалентная; П — пленка полиэтилентерефталатная; УП — с ускорителем; 25 и 40 — толщина стеклосетки или стеклоткани в микронах.

Ленты выпускаются в роликах и рулонах шириной 15—800 мм.

Пропитанная слюдинитовая лента — гибкий при комнатной температуре рулонный материал, изготовленный из слюдинитовой бумаги с обклейкой с двух сторон подложками из стеклянных тканей, полиэтилентерефталатной пленки, стеклосетки, микалентной бумаги и и комбинации их друг с другом.

Эти материалы пропитывают эпоксидно-полиэфирным лаком (ЭП-934), кремнийорганическим или эпоксидно-полиэфирным лаком и компаундами (К-110 или ЭК-5).

В марках пропитанной слюдинитовой ленты, выпускаемой шириной 15, 20, 23, 25, 30, 35 и 100 мм в рамках диаметром 100±10 мм, буквы обозначают: Л — лента; С — слюдинитовая; С (на втором месте) — односторонняя подложка из сетки; Б — подложка из микалентной бумаги; Пл — подложка из полиэтилентерефталатной пленки; СС — двусторонние подложки; Т — односторонняя подложка из стеклоткани; А — пониженное содержание летучих веществ в ленте.

Слюдопластовые материалы (табл. 12.12) получают путем склеивания и прессования листов слюдопластовой бумаги, которую получают из отходов слюды в результате механического дробления частиц. Слюдопластовые материалы по сравнению с слюдинитовыми обладают большей механической прочностью, но менее однородны, так как состоят из больших частиц.

Таблица 12.12. Слюдопластовые электроизоляционные материалы

Материал	Марка	ГОСТ или ТУ	Толщина, мм	Электрические характеристики при 20 °С		Характеристика материала	Область применения
				Удельное объемное сопротивление, Ом	Электрическая прочность, МВ/м		
Слюдопласт гибкий	ГИФГ	ТУ 21-25-34—69	0,2; 0,3; 0,4; 0,5	10^{13}—10^{15}	18—25	Нагревостойкость 130 °С	Для изготовления изоляции роторных стержней, пазовой и междуфазной изоляции
Стеклослюдопласт композиционный	ГИП-ТС	ТУ 16-503.052—78	0,25; 0,3	10^{11}	2,5—7,4	Гибкий электроизоляционный материал. Нагревостойкость на триэтиленглифталевом лаке (ГИТ-ТС; ГИТ-Т-ЛСБ и др.) 130 °С, на эфирно-эпоксидном (ГИП-ТС, ГИП-СС и др.) — 155 °С, на кремнийорганическом (ГИК-СС; ГИК-ТС и др.) — 180 °С	Для изготовления изоляции электрических машин
	ГИП-ТС(в)		0,35; 0,4; 0,45				
	ГИП-СС(в) ГИК-ТС(в) ГИК-СС(в)		0,45; 0,55		8,5—11,5		
	ГИТ-Т-ЛСБ ГИП-С-ЛСБ ГИП-Т-ЛСБ(в) ГИП-Т-ЛСП(в)		0,35; 0,43; 0,55; 0,46	10^{12} 10^{11}	5—11,5 8,7—10,7		
	ГИК-Т-ЛСК(в)						
	ГИП-Т-ЛСБ(в)		0,55	10^{11}	10,5—14,5		
	ГИП-ЛСБ-ЛСЛ(в) ГИП-ЛСК-ЛСЛ(в)						
Слюдопласт-фолий	ИФГ-Б; ИФГ-БП ИФГ; ИФГ-П	ГОСТ 19760—74	0,15; 0,2; 0,3 0,15	10^{10} 10^{11}	5,5—23 6—25	Нагревостойкость 130 °С	Для изготовления изоляции роторных стержней и др.
Слюдопласт-лента*	ЛИФЧ-ББ ЛИФГ-ББ	ГОСТ 19758—78	0,11 0,13**	10^{11} 10^{10}	22—25 18—19	Нагревостойкость 130 °С	Для изготовления витковой и корпусной (совместно с миканитом) изоляции электрических машин

* Пробивные напряжения, кВ. Большие значения относятся к образцам с большей толщиной.
** Удельная нагрузка на разрыв (Н/см ширины ленты) составляет 220—250 Н/см.

Таблица 12.13. Слоистые электроизоляционные материалы

Наименование материала	ГОСТ или ТУ	Марка	Плотность, кг/м³	Толщина, мм	Размеры листа	Предел прочности МПа (кгс/см²) при статическом изгибе	Предел прочности МПа (кгс/см²) при растяжении	Электрическая прочность при 20° С средняя (перпендикулярно слоям), МВ/м	Характеристика материала	Область применения
Асбогетинакс	ТУ 16-503.007—67	А-1	1600	2—10	800×1350	11	8	8	Листовой слоистый материал, получаемый горячим прессованием асбестовой бумаги на основе бакелитовой смолы	Для работы на воздухе при температуре до 130 °С в электрических машинах
Асботекстолит	ГОСТ 5—78	А	1500—1700	6—36	От 450×600 до 1000×2480	108 (1100)	—	8—15	На основе асбестовой ткани и термореактивной смолы	Для распорок и клиньев
		Б				88 (900)				
		Г	1400—1600	32—110		83 (850)	—	—		
Гетинакс электротехнический	ГОСТ 2718—74	I	1350—1450	0,2—50*	650×930	10	8	15	Гетинакс поддается механической обработке: распиловке, сверлению, точению, фрезерованию	Для изготовления изоляционных деталей крепления обмоток; распорок, клиньев, колодок, шайб, рамок, пазовых клиньев, прокладок и др.
		II	1350—1450	0,4—50*	700×930	10	8	15		
		III	1300—1400	5—50*	550×100	10	7	13		То же, но в условиях повышенной влажности
		IV	1280—1380	2—50*	650×930; 700×930; 930×1030; 930×1430					
Стеклотекстолит	ТУ 16-503.042—75	СТКМ	1600—1800	0,5; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6	Ширина 450—980	136,8 (1600)	—	10	Листовой слоистый прессованный материал, состоящий из сложенных правильными слоями полотнищ бесщелочной стеклянной ткани, пропитанной раствором смолы М-1. Цвет от светло-серого до темно-серого	Для изготовления электроизоляционных деталей для длительной работы при температуре до 200 °С
		СТКМ-С	1650—1850	1,8; 2,0; 2,3 2,5	Длина 600—1480	176 (1800)	—	12		
Стеклотекстолит электротехнический листовой ГОСТ 12652—74	ГОСТ 12652—74	СТ	1600—1850	1,5—30*	Не менее 450×600	93 (950)	68,6 (700)	12 (при 90 °С)	Стеклотекстолит изготовляется из стеклоткани и термореактивных электроизоляционных связующих марок СТ, СТ-Б; СТ-I-фенолформальдегидная смола резольного типа; СТ-II — смола резольного типа; СТЭФ, СТЭФ-I — эпоксидная смола; СТК — кремнийорганическая смола. Стеклотекстолит допускает механическую обработку и штамповку толщиной до 1 мм	Для изготовления пазовых клиньев и клиньев в лобовых частях обмоток роторов и статоров, изоляционных шайб, рамок и других деталей крепления обмоток
		СТ-Б		0,5—30*		98 (1000)	73 (750)			
		СТ-I	1600—1900	1,5—30*		294 (3000)	107 (1100)	20 (при 90 °С)		
		СТ-II		0,5—30*			215 (2200)			
		СТЭФ-I	1600—1800	0,5—30*						
		СТК		0,5—30*						
Текстолит электротехнический листовой	ГОСТ 2910—74	А	1300—1450	0,5—50**	Не менее 450×600	7—8	3,5—4,5	6 (при 90 °С)	Слоистый прессованный материал, состоящий из двух и более слоев хлопчатобумажной ткани, пропитанной термореактивной смолой. Текстолит всех марок допускает механическую обработку: обточку, фрезеровку, распиловку, сверление и штамповку толщиной до 2 мм	Для изготовления деталей, работающих в трансформаторном масле или в среде воздействия минеральных масел. Пазовые клинья и прокладки, распорки, клинья, колодки, изоляционные шайбы, рамки и другие детали крепления обмоток
		Б	1300—1450	0,5—50**	Не менее 450×600	8—9,5	4,5—5,5	4,5 (при 90 °С)		

* 0,2—0,4 мм с интервалом 0,05 мм; 0,4—2 мм с интервалом 0,1 мм, далее 2,3; 2,5; 2,8; 3; 3,3 3,8; 4,3; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; 7,3; 7,5; 7,5—15 м с интервалом 0,5 мм; 15—50 мм с интервалом 1 мм, кроме 41, 43, 45, 47, 49.

** 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,5; 2,8; 3, 3,5 3,8; 4; 4,3; 4,5; 5; 5—15 мм с интервалом 0,5 мм; 15—50 мм с интервалом 1 мм (кроме 23, 27, 29), далее 20, 32, 33, 35, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50.

Таблица 12.14. **Состав и основные свойства припоев**

Марка	Состав, % по массе	ГОСТ или ТУ	Температура плавления, °С	Предел прочности при растяжении, МПа	Область применения	Флюс	
						Марка	Компоненты в массовых долях
Мягкие							
ПОС-40	Олово 39—41; свинец 61—59	ГОСТ 21931—76	238	38	Для пайки и лужения проволочных бандажей	КЭ	Канифоль 25—30; спирт этиловый 75—70
ПОС-30	Олово 30; свинец 70	ГОСТ 21931—76	255	36	Для пайки обмоток электродвигателей до 1000 В	КС	Канифоль 24; стеарин 1; спирт этиловый 75
ПОС-61	Олово 60—61; свинец 40—39	ГОСТ 21931—76	190	43	Для полуды концов стержней секций и пайки схем обмоток электродвигателей с изоляцией класса В	—	Канифоль 40; бензин 50; керосин 10
ПОС-90	Олово 79—91; свинец 11—9	ГОСТ 21931—76	220	40	Для пайки и лужения с образованием коррозионно-стойких швов и покрытий	ВТС	Вазелин 66; триэтаноламин 6,5; кислота салициловая 6,3; спирт этиловый 21,2
П300	Цинк 50; кадмий 40	ГОСТ 21931—76	300	35	Для пайки деталей и токоведущих частей из алюминиевых сплавов	КМ-1	Хлористый калий 45; хлористый барий 20; хлористый натрий 20; фтористый барий 15
ПК60Ц40	Цинк 40; кадмий 60	ГОСТ 21931—76	310	69	То же	КМ-1	То же
АВИА-1	Олово 55; кадмий 20; цинк 25	ГОСТ 21931—76	200	70	То же, но при более низкой температуре плавления	КМ-1	То же
АВИА-2	Олово 40; кадмий 20; цинк 25	ГОСТ 21931—76	250	72	То же	КМ-1	То же

Твердые							
ПСр-72	Серебро 72; медь 28	ГОСТ 19738—74	779	360	Для пайки токоведущих деталей из меди, латуни, бронзы. Швы обладают большой механической прочностью и проводимостью	Борнофтористый	Борный ангидрид 35; калий фтористый 42; фтороборат калия 23
ПСр-45	Серебро 45; медь 30 цинк 25		725	300	Для пайки деталей из стали, меди, бронзы, никеля и серебра. Швы обладают повышенной механической прочностью и стойкостью к коррозии	—	Бура 50; борная кислота 35; калий фтористый 15
34-А	Алюминий 66; медь 28; кремний 6	ГОСТ 4515—81	525	180	Для пайки изделий из алюминия и его сплавов; места пайки обладают повышенной механической прочностью	—	Натрий фтористый 10; цинк хлористый 8; литий хлористый 32
А	Медь 1,5; олово 40; цинк 58,5		425	80	Для пайки и лужения алюминевых проводов	—	Без флюса
МФ-3	Фосфор 7; медь 93		707	210	Для пайки схем статорных обмоток	284	Борный ангидрид 23—25
ПМЦ-36	Медь 36, цинк 64		825	200	Для пайки малоответственных деталей из меди, латуни, бронзы	284	Фтористый калий обезвоженный 33—37; фтороборат калия 40—44
ПМФ-7	Фосфор 3; медь 97		750	120	Для пайки проводников статорных обмоток	284	То же
ПМФОЦр-6-4-0,03	Фосфор 5,3—6,3; олово 3,5—4,5; цирконий 0,01—0,05; сурьма 0,05; висмут 0,002; железо 0,1; цинк 0,1; свинец 0,01; остальное медь	ТУ 48-21.663.79	700	—	Для пайки меди и медных сплавов	ПФ-209	Борный ангидрид 33—37; фтористый калий обезвоженный 40—44; фтороборат калия 21—25

Таблица 12.15. **Присадочные материалы и флюсы для сварки и пайки**

Материал	Назначение	Материал	Назначение
Латунная проволока марки Л62 с флюсом БМ-1	Для сварки простых латуней (Л62, Л68 и т. п.) и наплавки их на черные металлы ацетилено-кислородным пламенем	Флюс АН-А-201	Для газовой сварки алюминиево-магниевых сплавов и алюминия высокой и технической чистоты
Самофлюсующаяся присадочная проволока марки ЛКБ062-02-004-05	Для бесфлюсовой газовой сварки латуни. Обеспечивает высокие механические свойства сварочного соединения	Флюс АН-А-203	Для газовой сварки алюминиево-марганцевых сплавов и алюминия высокой и технической чистоты
Латунная проволока марки ЛК62-02	Для наплавки на черные металлы. Можно применять для газофлюсовых процессов наплавки с использованием в качестве горючего ацетилена или пропан-бутана	Флюс ВАМИ	Для газовой сварки алюминия и алюминиевых сплавов
		Флюс 34-А	Для пайки алюминия и его сплавов припоями типов 34-А и 35-А с температурой плавления 500 °С и выше. Рекомендуется для соединений, которые после пайки можно промывать водой
Припой ЛОК-59 1-03	Для пайки стали, меди и для пайки-сварки чугуна		
Стальная сварочная проволока марок СВ-12ГС, СВ-08ГС, СВ-08Г2С	Для газовой сварки низкоуглеродистой и низколегированной сталей пропан-бутано-кислородным пламенем с использованием жидкого горючего	Флюс ФПСН-2	Для низкотемпературной пайки-сварки чугуна латунными припоями

Таблица 12.16. **Состав и основные свойства клеев**

Марка	Примерный состав	Назначение	Основы процесса склеивания
		Клеи горячего отверждения	
БФ-2, БФ-4	Спиртовые растворы синтетических смол	Склеивание металлов, пластмасс, стекол в различных сочетаниях. Клеевые швы водо- и маслостойкие при температуре от —60 до +60 °С	На поверхности кистью наносится тонкий слой клея, который подсушивается при комнатной температуре в течение 1 ч. Клей наносится в один-два слоя, каждый слой подсушивается в течение 1 ч. После выдержки последнего слоя склеиваемые поверхности совмещают и выдерживают при давлении 0,5—0,6 МПа в течение 1 ч при 150 °С
БФР-2, БФР-4	Композиция на основе смолы ФР-200 (модифицированной). Жидкий однокомпонентный клей	То же, но при температуре от —60 до +180 °С	То же, но выдержка при давлении 1—2 МПа в течение 2 ч при 175 °С
Д-23 (эпоксидный)	*Композиция на основе диановой смолы ЭДЛ, дициандиамида и пылевидного кварца*	То же. Клеевые швы обладают хорошими электроизоляционными свойствами, водо- и маслостойкие при температуре от —60 до +130 °С, стойки к кислотам и щелочам	Наносят один слой клея и выдерживают при давлении 0,05 МПа в течение 3 ч при 180 °С
		Клеи холодного отверждения	
ВК-32-2	Композиция на основе бакелитового лака ИФ и резиновой смеси	Склеивание пластмасс с металлами. Клеевые швы водо- и маслостойкие при температуре от —60 до +120 °С	Клей, приготовленный в день применения, наносят одним слоем и выдерживают при 20 °С в течение 10 мин. Склеиваемые поверхности совмещают и выдерживают при давлении 0,05 МПа в течение 20—24 ч при (25±5) °С
Д-6, Д-9 (эпоксидный)	Композиция на основе диановой смолы ЭД-6 и отвердителей	То же, но при температуре от —60 до +80 °С	Клей приготовляют смешением указанных компонентов, наносят один слой и выдерживают при 20 °С 20 мин. Склеиваемые поверхности совмещают и выдерживают при давлении 0,1 МПа в течение 24—30 ч при (25±5) °С

Таблица 12.17. **Резина и резиновые изделия**

Материал	ГОСТ	Марка (тип)	Плотность, кг/м³	Размеры, мм	Предел прочности при разрыве, кг/см²	Относительное удлинение при разрыве, %	Общая характеристика	Область применения
Пластины резиновые и резинотканевые	ГОСТ 7338—77	Т	1200	Длина 250—1000, ширина 250—800; толщина 2; 3; 4; 6; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 30; 40; 50; 60	40—60	200—300	В зависимости от стойкости к бензину резина МБ подразделяется на марки А и Б. Нагревостойкость 30—90 °С	Уплотнение воздухо- и маслоохладителей, изготовление других уплотняющих прокладок
		МБ (А)	1200		60—95	200—250	То же, но нагревостойкость 30—50 °С	
		МБ (Б)	1200		45—70	200—400	То же	
Шнур резиновый круглого и прямоугольного сечения	ГОСТ 6467—79	2	1200	Диаметр или размеры сторон 2—50	40—60	—	Мягкая средней и повышенной твердости	Для уплотнения корпусов подшипников, щитов и др.
		4	1200	Шнур прямоугольного сечения, высота 3—25 мм, ширина 6—60 мм	40—60	—	В зависимости от твердости резины шнуры подразделяются на мягкие, средней и повышенной твердости. Нагревостойкость от —30 до +90 °С	

Слюдопластовые материалы или слюдопласт, так же как миканиты и слюдиниты, подразделяются на коллекторные, прокладочные, гибкие, композиционные. Кроме того, выпускаются слюдопластофолий и слюдопластолента. Буквенные обозначения слюдопластовых материалов аналогичны обозначениям слюдинитовых.

12.6. СЛОИСТЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Слоистые электроизоляционные пластмассы (пластики) (табл. 12.13) изготовляют из чередующихся слоев наполнителей (бумаги или ткани), пропитанных связующим (бакелитовые, эпоксидные, кремнийорганические смолы и их композиции).

12.7. ПРИПОИ, ФЛЮСЫ, КЛЕИ

Припои, применяемые при пайке проводников, подразделяются на мягкие (температура плавления до 400 °С) и твердые (температура плавления выше 500 °С (табл. 12.14), обладающие более высокой механической прочностью и электропроводностью. Флюсы и присадочные материалы, применяемые для пайки и сварки стали, чугуна, меди, алюминия и других материалов, приведены в табл. 12.15.

Основные характеристики клеев холодной и горячей сушки приведены в табл. 12.16, а резиновых изделий — в табл. 12.17.

Раздел тринадцатый

ИСПЫТАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

13.1. НОРМЫ ИСПЫТАНИЯ

Периодичность испытаний находящихся в эксплуатации электродвигателей определяется периодичностью ремонта, устанавливаемой в соответствии с нормативами системы планово-предупредительных ремонтов (ППР), приведенными в разд. 15, и действующими «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей».

Заключение о пригодности электродвигателей к эксплуатации дается на основании сравнения результатов испытания с нормами, а также по совокупности результатов всех проведенных испытаний и осмотров, сопоставленных с предыдущими испытаниями. Кроме испытаний, предусмотренных нормами, электродвигатели должны пройти осмотр, проверку работы подшипниковых узлов, систем охлаждения и смазки согласно инструкциям по эксплуатации и ремонту.

В табл. 13.1 и 13.2 приняты следующие условные обозначения вида испытаний:

П — приемосдаточные испытания вновь вводимых в эксплуатацию электродвигателей и электродвигателей, прошедших восстановительный ремонт или реконструкцию;

Таблица 13.1. Допустимые значения сопротивления изоляции

Испытуемый элемент и допустимые сопротивления изоляции, МОм	Примечание
1. Обмотка статора (виды испытаний — П, К, Т, напряжение мегаомметра 2500 В) Для электродвигателей, находящихся в эксплуатации, допустимые значения сопротивления изоляции и отношение $R_{60''}/R_{15''}$ не нормируются, но должны учитываться при решении вопроса о необходимости их сушки Для вновь вводимых в эксплуатацию электродвигателей наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции и отношение $R_{60''}/R_{15''}$ приведены в § 13.2	Определение отношения $R_{60''}/R_{15''}$ обязательно только для электродвигателей мощностью более 1000 кВт на напряжение выше 3 кВ
2. Обмотка ротора (виды испытаний — П, К, Т, напряжение мегаомметра 1000 В, но при К и Т допускается 500 В) П — 0,2; К, Т не нормируется	Измерение производится у синхронных электродвигателей с фазным ротором мощностью более 1000 кВт на напряжение 3 кВ и выше
3. Термоиндикаторы с соединительными проводами (виды испытаний — П, К, напряжение мегаомметра 250 В) — не нормируется	—
4. Подшипники (виды испытаний — П, К, напряжение мегаомметра 1000 В) — не нормируется	Измерение производится у электродвигателей на напряжение 3 кВ и выше, подшипники которых имеют изоляцию относительно корпуса. Измерение производится относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах. В эксплуатации измерение производится при ремонтах с выемкой ротора

Таблица 13.2. Испытательное напряжение частотой 50 Гц обмоток электродвигателей переменного тока

Испытуемый элемент	Номинальное напряжение электродвигателя, кВ	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка статора электродвигателя мощностью, кВт (П):		
до 1000	Выше 0,1	$0{,}8(2\,U_{ном}+1)$, но не менее 1,2
1000 и более	До 3,3 включительно	$0{,}8(2\,U_{ном}+1)$
1000 и более	3,3—6,6	$0{,}8{\cdot}2{,}5\,U_{ном}$
1000 и более	Выше 6,6	$0{,}8(2\,U_{ном}+3)$
Обмотка статора (К)*:		
40 и более	0,4 и ниже	1
	0,5	1,5
	0,66	1,7
	2	4
	3	5
	6	10
	10	16
Обмотка ротора синхронных электродвигателей, предназначенных для непосредственного пуска, с обмоткой возбуждения, замкнутой на резистор или источник питания:		
П	—	8-кратное $U_{ном}$ системы возбуждения, но не менее 1,2 и не более 2,8
К	—	1
Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором (П, К)	—	$1{,}5\,U_{рот}$**, но не менее 1
Резистор цепи гашения поля синхронных электродвигателей (П, К)	—	2
Реостаты и пускорегулировочные резисторы (П, К)	—	$1{,}5\,U_{рот}$**, но не менее 1

* Испытание необходимо проводить при капитальном ремонте без смены обмоток сразу после останова электродвигателя до его очистки от загрязнений.

** $U_{рот}$ — напряжение на кольцах при неподвижном разомкнутом роторе и полном напряжении на статоре.

К — испытание при типовом капитальном ремонте электродвигателей;

Т — испытание при текущем ремонте электродвигателей.

Измерение сопротивления изоляции производится мегаомметром (табл. 13.1).

Испытание изоляции обмотки статора проводится повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам. Вид испытания — П. Испытание электродвигателей мощностью более 5000 кВт позволяет решить вопрос о возможности их включения без сушки.

По измеренному значению токов утечки определяется коэффициент нелинейности

$$K = \frac{I_{наиб}\,U_{наим}}{I_{наим}\,U_{наиб}},$$

где $I_{наиб}$, $I_{наим}$ — токи утечки при напряжениях соответственно $U_{наиб}$, $U_{наим}$; $U_{наиб}$ — полное испытательное напряжение (напряжение последней ступени); $U_{наим}$ — напряжение первой ступени.

Значение $U_{наиб}$ выбирается равным испытательному напряжению. Испытательное выпрямленное напряжение, кВ, $U_{исп} = 1{,}28 \times 2{,}5 U_{ном}$.

Значение $U_{наим}$ выбирается с таким расчетом, чтобы в интервале от 0 до $U_{наиб}$ было пять-шесть одинаковых ступеней напряжения, а $U_{наим}$ по возможности было близким к $0{,}5U_{ном}$.

При выдержке полного испытательного напряжения $U_{наиб}$ в течение 60 с определение тока утечки последней ступени считается одновременно и испытанием электрической прочности изоляции выпрямленным напряжением.

Испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц. Продолжительность приложения испытательного напряжения, значение которого приведено в табл. 13.2, — 1 мин.

Измерение сопротивления постоянному току. Измерения производятся практически при холодном состоянии машины. Для обмоток статора и ротора (синхронных электродвигателей и электродвигателей с фазным ротором) измерение производится у электродвигателей мощностью 300 кВт и более на напряжение 3 кВ и выше. Значения сопротивлений различных фаз обмотки не должны отличаться друг от друга или от ранее измеренных, или от заводских данных более чем на 2 %.

У реостатов и пусковых резисторов, установленных на электродвигателях на напряжение 3 кВ и выше, сопротивление измеряется на всех ответвлениях. Значения сопротивлений не должны отличаться от паспортных проектных или ранее измеренных значений более чем на ±10 %.

Измерение зазоров между сталью ротора и статора (П, К). Измерение зазоров следует производить у электродвигателя мощностью 100 кВт и более, если позволяет конструкция электродвигателя. Размеры воздушных зазоров в точках, расположенных по окружности ротора и сдвинутых относительно друг друга на угол 90°, или в точках, специально предусмотренных при изготовлении электродвигателя, не должны отличаться более чем на ±10 % среднего значения.

Измерение зазоров в подшипниках скольжения (П, К). Зазор в подшипниках скольжения не должен превышать допустимых размеров (табл. 13.3). Увеличение зазора более допустимых размеров указывает на необходимость выполнения регулировки (установки прокладок) или ремонта вкладыша.

Таблица 13.3. **Допустимые зазоры в подшипниках скольжения электродвигателя**

Номинальный диаметр вала, мм	Зазор, мм, при частоте вращения, об/мин		
	до 1000	1000—1500	выше 1500
51—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,2—0,4
81—120	0,08—0,16	0,12—0,235	0,23—0,46
121—180	0,1—0,195	0,15—0,285	0,26—0,53
181—260	0,12—0,225	0,18—0,3	0,3—0,6
261—360	0,14—0,25	0,21—0,38	0,34—0,68
361—600	0,17—0,305	0,25—0,44	0,38—0,76

Проверка работы электродвигателя на холостом ходу (ХХ) или с ненагруженным механизмом (П, К) производится у электродвигателей мощностью 100 кВт и более на напряжение 3 кВ и выше.

Значение тока ХХ для вновь вводимых электродвигателей не нормируется. Значение тока ХХ после капитального ремонта электродвигателей не должно отличаться более чем на 10 % от значения тока, измеренного перед ремонтом. Продолжительность проверки электродвигателей не менее 1 ч.

Измерение вибрации подшипников электродвигателя (П, К) производится у электродвигателей на напряжение 3 кВ и выше.

Допустимое значение вибрации на каждом подшипнике электродвигателя не должно превышать следующих значений:

Частота вращения, об/мин	3000	1500	1000	750 и ниже
Допустимая вибрация, мкм	50	100	130	160

Измерение разбега ротора в осевом направлении (П, К) производится у электродвигателей, выполненных на подшипниках скольжения. Осевой разбег не должен превышать 2—4 мм. Разбег ротора проверяется при капитальном ремонте электродвигателей или в случае выемки ротора.

Проверка работы электродвигателя под нагрузкой (П, К) производится при мощности, потребляемой электродвигателем из сети, но не менее 50 % номинальной. Продолжительность проверки не менее 1 ч и до 48 ч.

Гидравлическое испытание воздухоохладителя (П, К) производится избыточным давлением $(2—2,5)\cdot10^5$ Па (2—2,5 кгс/см²) в течение 5—10 мин, если отсутствуют другие указания завода-изготовителя.

Проверка исправности стержней короткозамкнутых роторов (К) производится у асинхронных электродвигателей мощностью 100 кВт и более при капитальном ремонте с выемкой ротора (см. § 7.2).

Испытание возбудителей синхронных электродвигателей (П, К). 1. Испытанию подвергается изоляция возбудителей. Испытательные напряжения приведены в табл. 13.4.

Таблица 13.4. **Испытательные напряжения частотой 50 Гц**

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ	Схема измерения
Обмотка возбудителя	$8U_{ном}$ возбуждения, но не ниже 1,2 и не выше 2,8	Относительно корпуса
Цепи возбуждения	1	То же
Реостат возбуждения	1	» »

Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

2. Измеряется сопротивление обмотки возбудителя постоянному току (в холодном состоянии возбудителя).

Допустимые отклонения значения измеренного сопротивления от заводских данных или от ранее измеренного значения 2 %.

13.2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Испытания и измерения электродвигателей, перечисленные в § 13.1, должны проводиться с соблюдением требований правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

Измерение сопротивления изоляции выполняется мегаомметрами на соответствующее напряжение (см. табл. 13.1). Снятие показаний мегаомметра для измерения абсолютного значения сопротивления изоляции следует проводить через 60 с после приложения напряжения ($R_{60"}$) или через 15 с ($R_{15"}$) — для измерения сопротивления изоляции при необходимости определения коэффициента абсорбции.

Коэффициент абсорбции определяется как отношение $R_{60"}/R_{15"}$ при 10—30 °С. Сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции для обмотки статора и ротора (синхронных и с фазным ротором) в эксплуатации не нормируются, но сравниваются со значениями предыдущих замеров. По разнице судят об изменениях состояния изоляции.

Для электродвигателей мощностью до 5000 кВт, у которых полностью или частично заменена обмотка статора, значение сопротивления изоляции должно быть не менее указанного в табл. 13.5.

Таблица 13.5. **Наименьшее значение сопротивления изоляции обмоток электродвигателей мощностью до 5000 кВт включительно**

Температура обмотки, °С	Сопротивление изоляции $R_{60"}$, МОм, при номинальном напряжении обмотки, кВ		
	3—3,15	6—6,3	10—10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

Для электродвигателей мощностью 5000 кВт и более наименьшее значение сопротивления изоляции определяется по формуле, МОм,

$$R_{60"} = \frac{U_{ном}}{1000 + 0{,}01S_{ном}},$$

где $U_{ном}$ — номинальное линейное напряжение, В; $S_{ном}$ — номинальная мощность, кВ·А.

Если сопротивление изоляции, вычисленное по этой формуле, будет менее 0,5 МОм, то наименьшее допустимое значение принимается равным 0,5 МОм.

Для температур ниже 75 °С (но не ниже 10 °С) наименьшее значение сопротивления изоляции обмоток определяется умножением значений, полученных по указанной формуле, на температурный коэффициент $K_т$, значения которого приведены ниже:

Температура, °С	75	70	60	50	40	30	20	10
$K_т$	1	1,2	1,7	2,4	3,4	4,7	6,7	9,4

При измерении сопротивления обмотки должны быть очищены от загрязнений и осевшей на них пыли продувкой сухим и чистым воздухом давлением не выше 2 кгс/см² и протерты чистой ветошью.

Измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателей, имеющих выведенные начала и концы фаз, производится для каждой фазы в отдельности, при этом остальные фазы соединяются с корпусом.

Методические указания по определению возможности включения электродвигателей переменного тока без сушки. Настоящие указания распространяются на все вводимые в эксплуатацию электродвигатели переменного тока — новые и прошедшие капитальный ремонт со сменой обмоток.

Вопрос о допустимости включения электродвигателей без сушки решается на основании рассмотрения результатов измерений сопротивления изоляции.

Если результаты измерений свидетельствуют о недопустимости включения электродвигателя без сушки, то его следует подвергнуть сушке или поместить на некоторое время в сухое помещение, после чего повторить измерение.

А. Электродвигатели мощностью выше 5000 кВт включаются без сушки при соблюдении следующих условий:

а) абсолютные значения сопротивления изоляции $R_{60"}$, измеренные при температуре не ниже 10 °С, должны быть не менее значений, указанных в § 13.2 для данной температуры;

б) коэффициент абсорбции $R_{60"}/R_{15"}$ при 10—30 °С должен быть не менее 1,3;

в) коэффициента нелинейности K, определяемого по зависимости токов утечки от испытательного напряжения, должен быть не более 3.

Б. Электродвигатели с водяным охлаждением обмоток статора включаются без сушки:

а) если конструкция электродвигателя позволяет измерять токи утечки каждой фазы в отдельности при остальных фазах, соединенных с корпусом и если соблюдаются все условия, указанные в п. А.

б) если конструкция электродвигателя не позволяет измерять токи утечки или не допускает измерять их отдельно для каждой фазы при остальных фазах, соединенных с корпусом, и если соблюдаются условия, указанные выше, но без определения коэффициента нелинейности.

Если конструкция электродвигателя допускает измерение токов утечки фазы обмотки статора только при условии отсутствия заземления остальных фаз этой обмотки, то результаты измерений токов утечки используют для обнаружения местных дефектов изоляции или местных увлажнений ее, а также в качестве исходных данных для дальнейшей эксплуатации электродвигателя. В этом случае по коэффициенту нелинейности затруднительно оценить общее увлажнение изоляции обмотки, поэтому он не нормируется.

В. Электродвигатели мощностью до 5000 кВт включительно на напряжение выше 1000 В включаются без сушки при соблюдении следующих условий:

а) абсолютные значения сопротивлений изоляции $R_{60"}$, измеренные при температуре не ниже 10 °С, должны быть не менее значений, указанных в табл. 13.5 для данной температуры.

б) коэффициент абсорбции $R_{60''}/R_{15''}$ при 10—30 °С должен быть не ниже 1,2.

Измерение токов утечки и определение коэффициента нелинейности для электродвигателей мощностью до 5000 кВт включительно не являются обязательными.

Электродвигатели на напряжение до 1000 В включаются без сушки, если сопротивление изоляции обмоток, измеренное при 10—30 °С, составляет не менее 0,5 МОм.

При испытании сопротивления изоляции обмоток электродвигателей повышенным напряжением частотой 50 Гц должны быть испытаны поочередно каждая электрически зависимая цепь или параллельная ветвь (при наличии полной изоляции между ветвями); при этом один полюс испытательного устройства соединяется с выводом испытуемой обмотки, а другой — с заземленным корпусом электродвигателя, с которым на все время испытаний данной обмотки соединяются все другие обмотки.

Обмотки электродвигателей, соединенные между собой наглухо и не имеющие выведенных обоих концов каждой фазы или ветви, испытываются относительно корпуса без их разъединения.

Скорость подъема напряжения до одной трети испытательного значения допускается произвольной. Далее испытательное напряжение должно подниматься плавно со скоростью, допускающей визуальный отсчет по измерительным приборам, и по достижении установленного значения (см. табл. 13.2) поддерживаться неизменным в течение всего времени испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до значения не более одной трети испытательного и отключается.

Под продолжительностью испытания подразумевается время приложения полного испытательного напряжения, указанного в табл. 13.2.

До испытания изоляции и после повышенным напряжением частотой 50 Гц рекомендуется измерить сопротивление изоляции с помощью мегаомметра. За сопротивление изоляции принимается одноминутное значение измеренного сопротивления $R_{60''}$.

Схема испытания сопротивления изоляции повышенным напряжением переменного тока приведена на рис. 13.1.

Рис. 13.1. Схема испытания изоляции повышенным напряжением переменного тока:

АТр — автотрансформатор; *Тр1* и *Тр2* — испытательный и измерительный трансформаторы; *A, B, C* — фазы испытываемой обмотки; *R* — сопротивление; *ШР* — шаровой разрядник

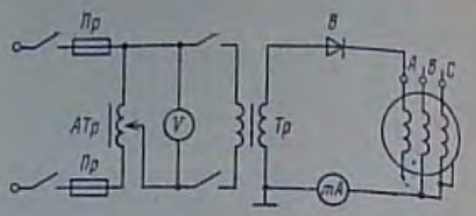


Рис. 13.2. Схема испытания изоляции повышенным напряжением с измерением тока утечки:

Тр — испытательный трансформатор; *В* — выпрямительное устройство; *mA* — миллиамперметр; *A, B, C* — фазы испытываемой обмотки

Испытание сопротивления изоляции обмотки статора повышенным напряжением с измерением тока утечки по фазам. Измерению токов утечки предшествует измерение сопротивления изоляции обмоток мегаомметром на напряжение 2500 В. Приложение повышенного выпрямленного напряжения к изоляции допускается в случае, если значения сопротивления изоляции $R_{60''}$ не менее допустимых значений, приведенных в табл. 13.5, а значения коэффициента абсорбции $R_{60''}/R_{15''}$ не ниже 1,2 электродвигателей мощностью до 5000 кВт и не ниже 1,3 — выше 5000 кВт.

Схема испытания изоляции повышенным напряжением с измерением тока утечки приведена на рис. 13.2.

Измерение должно производиться не менее чем в пяти точках с выдержкой напряжения в течение 1 мин на каждой ступени с отсчетом тока утечки через 15 и 60 с. Для измерения токов утечки должны использоваться измерительные приборы класса не ниже 1,5. Отклонение прибора должно быть не менее $^1/_{10}$ длины шкалы.

Перед измерениями токов утечки обмотки электродвигателя должно быть проверено отсутствие существенных токов утечки в испытательной схеме при полном испытательном напряжении.

Во избежание местных перегревов изоляции обмотки электродвигателя токами утечки выдержка напряжения на очередной ступени допускается лишь в том случае, если значение тока утечки на данной ступени напряжения не превышает значений, указанных в табл. 13.6.

Если ток утечки достиг указанных в табл. 13.6 значений, то следует снять напряжение с обмотки и попытаться выяснить и устранить причину повышенных токов утечки. Если осмотром и устранением местных дефектов изоляции или подсушкой (лампами или воздухоудувками) поверхностных увлажнений лобовых частей не удается устранить причину повышенных токов утечки, то к повторным испытаниям разрешается приступать только после принятия радикальных мер (сушки или длительной выдержки машины в сухом помещении) по устранению возможного увлажнения изоляции.

Указания по сушке — см. § 13.3.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току более 1 Ом производят одинарным мостом, а измерение сопротивления до 1 Ом — двойным мостом.

Таблица 13.6. Значения токов утечки, при которых не допускается дальнейшее проведение испытаний

Кратность испытательного напряжения по отношению к $U_{ном}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Ток утечки, мкА	250	500	1000	2000	3000	3500

Если мост отсутствует или не обеспечивает точности измерения выше 1 % измеряемого значения, то применяют метод амперметра-вольтметра с использованием приборов классов 0,2—0,5. Ток при измерении должен быть максимальным, но не выше 20 % номинального тока обмотки данного электродвигателя. За сопротивление обмотки принимают среднее значение нескольких (пяти-шести) измерений при разных токах. В расчет принимают только результаты измерений, которые отличаются друг от друга не более чем на 1 %.

Измерение в холодном состоянии производят при разности температур измеряемой обмотки и окружающей среды не более 3 %. Температура обмотки статора принимается равной среднему значению показаний термометров, установленных на статоре.

Ртутные или спиртовые термометры должны иметь цену деления не более 1 °С. Перед замерами проверяют и отбирают только те термометры, показания которых не отличаются друг от друга больше, чем это допустимо по классу их точности.

Измеренное сопротивление приводится к температуре 15 °С по формуле

$$R_2 = R_1 \frac{235 + t_2}{235 + t_1},$$

где R_1 — сопротивление, соответствующее температуре t_1; R_2 — сопротивление, соответствующее температуре t_2.

Проверка исправности стержней короткозамкнутых роторов осуществляется замером сопротивления постоянному току. При этом выявляются дефекты паек, трещины и обрывы стержней короткозамкнутой обмотки измерением активного сопротивления стержней прибором М-246. При измерениях используют игольчатые щупы, которые прижимают к кольцам стержней вблизи паек у короткозамыкающего кольца (вторые концы подсоединяют к прибору М-246).

При обрыве стержня в месте пайки прибор измерит активное сопротивление одного стержня, а при плохой пайке — промежуточное значение, зависящее от качества пайки. При исправных пайках и отсутствии трещин, обрывов прибор измерит полное сопротивление всех параллельно включенных стержней ротора. Если сопротивление стержня превышает нормальное значение в 1,5 раза, то качество пайки неудовлетворительное.

Схему проверки стержней ротора см. на рис. 7.7.

Проверка работы электродвигателя на холостом ходу. После проверки состояния изоляции и осмотра электродвигателя включают его на время, необходимое для достижения частоты вращения 30—40 % номинальной. При отсутствии ненормальных шумов включают электродвигатель в сеть на 5—10 мин, проверяя при этом, нет ли вибрации, посторонних шумов, утечек масла.

При нормальном состоянии всех узлов электродвигателя включают его на холостой ход при номинальной частоте вращения до стабилизации температуры обмоток и подшипников. Продолжительность испытания может быть 3—6 ч, но не менее 1 ч.

13.3. СПОСОБЫ СУШКИ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для удаления влаги из изоляции обмоток применяют сушку внешним нагревом, нагревом током от постороннего источника питания, потерями в активной стали и др. Способ сушки выбирается в зависимости от конструкции статора, степени увлажненности изоляции и наличия необходимого оборудования.

Перед сушкой электродвигатель осматривают на отсутствие посторонних предметов, продувают сухим сжатым воздухом давлением не более $2 \cdot 10^5$ Па (2 кг/см²), не применяя металлических наконечников, чтобы не повредить изоляцию обмоток.

Ориентировочным критерием выбора способа сушки является сопротивление изоляции обмотки. Если сопротивление изоляции статора не превышает 100 кОм, а обмотки ротора 20 кОм, то необходимо начать сушить их только путем внешнего нагрева, а продолжать сушку можно и нагревом током (когда сопротивление изоляции будет превышать вышеуказанные значения).

Скорость подъема температуры обмотки при любом методе сушки не должна превышать 4—5 °С/ч. Более резкое возрастание температуры может привести к местным перегревам отдельных частей электродвигателя и повреждениям изоляции, так как активная сталь, медь и изоляция обмоток имеют различные коэффициенты линейного расширения.

При нагреве способом пропускания тока через обмотку наибольшая температура в самом горячем месте обмотки или активной стали должна быть не более 80 °С (353 К) при измерении термометром, 100 °С (373 К) при измерении методом сопротивления и 90 °С (363 К) при измерении термометром сопротивления. При сушке током корпус электродвигателя должен быть заземлен.

При сушке внешним нагревом температура обмотки и активной стали не должна превышать 100 °С (373 К).

Изменение состояния изоляции контролируют по журналу, который ведется при сушке и в который записывают при каждом замере время, температуру обмотки, сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции. До достижения установившейся температуры замеры и запись указанных величин следует выполнять ежечасно, а при достижении установившейся температуры — через 2 ч.

Измерение температуры активной стали и обмоток производят термометрами сопротивления, ртутными термометрами, методом сопротивления. При измерении температуры ртутными термометрами следует обернуть головку термометра станиолью и покрыть ватой. Для измерения температуры воздуха применяют ртутные термометры.

В начале сушки сопротивление изоляции обмоток снижается, затем начинает возрастать до наступления постоянного значения. Сушку можно прекратить, когда сопротивление трех замеров остается практически постоянным (при сопротивлении и коэффициенте абсорбции не менее допустимых). Не следует прекращать сушку, когда сопротивление изоляции продолжает заметно повышаться (за исключением экстренных случаев).

При сушке сухим горячим, не содержащим пыли воздухом с применением воздуховодов вход и выход горячего воздуха целесообразно сохранить соответственно системе вентиляции электродвигателя.

Сушка электродвигателя постоянным током от постороннего источника применяется, когда сопротивление изоляции равно или больше 0,1 МОм.

Если обмотка статора имеет шесть выводов, то подключение ее к источнику постоянного тока выполняется в соответствии со схемой, приведенной на рис. 13.3, а если соединение схемы обмотки выполнено внутри электродвигателя, то по схеме, приведенной на рис. 13.4.

Ток, пропускаемый через обмотку для сушки, принимается, как правило, равным 50—70 % номинального.

При измерении сопротивления изоляции с обмоток должно быть снято напряжение, подаваемое при сушке, и должны быть приняты меры, препятствующие случайной подаче напряжения. При этом не рекомендуется снимать напряжение рубильником или автоматическим выключателем во избежание пробоя изоляции вследствие коммутационного перенапряжения. Снятие напряжения необходимо производить плавным снижением подводимого напряжения.

Для исключения погрешности, связанной с остаточными зарядами, а также несчастных случаев перед измерением сопротивления изоляции обмоток их следует кратковременно (в течение 1 мин) заземлять.

Сушка внешним нагревом применяется для сильно отсыревших обмоток электродвигателей всех типов и конструкций. Сушку осуществляют с помощью воздуходувок или электрокалориферов, мощность нагревателей которых выбирают в зависимости от объема электродвигателя, температуры окружающей среды и других факторов. Для электродвигателей мощностью до 500 кВт мощность воздуходувки может быть 15—20 кВт, а мощностью 500—1000 кВт — 20—40 кВт. Для электродвигателей, имеющих меньшую частоту вращения, при одинаковой мощности требуется большее количество нагретого воздуха. Подаваемый в электродвигатель нагретый воздух должен быть чистым. Регулирование температуры нагретого воздуха можно осуществлять изменением его расхода. При этом следят за равномерностью распределения температуры, не допуская перегрева отдельных частей обмотки (в верхней части статора и со стороны подачи нагретого воздуха). Во избежание неравномерности перегрева отдельных частей целесообразно устанавливать воздуходувки с обоих торцов статора электродвигателя. Для более равномерного распределения температуры и уменьшения потерь тепла электродвигатель целесообразно утеплять изоляционным материалом, используя листовой асбест или асбестовую ткань, при этом в верхней части изоляции необходимо оставлять отверстие, которое периодически необходимо открывать для выхода влажного воздуха. Схема сушки изображена на рис. 13.5.

Сушка потерями в активной стали статора осуществляется путем создания в ней потерь от переменного магнитного потока частотой 50 Гц. Необходимый магнитный поток создается намагничивающей обмоткой, наматываемой через расточку активной стали статора. Когда намотка намагничивающей обмотки непосредственно на активную сталь невозможна, то наматывают ее на активную сталь и корпус электродвигателя.

Для намагничивающей обмотки используется специальный изолированный провод (с отпайками) марки ПРГ или ПР. Сечение провода выбирается в соответствии с размерами активной стали (см. § 13.4, п. А).

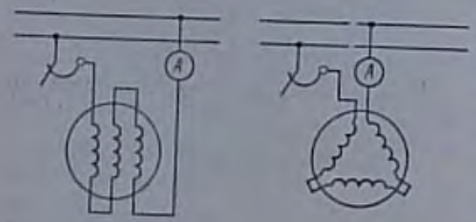


Рис. 13.3. Схемы подключения обмотки при шести выводах

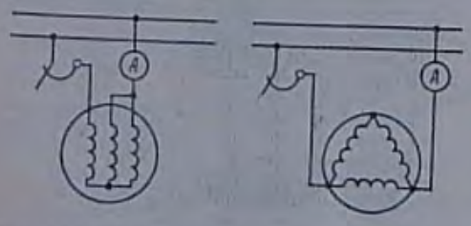


Рис. 13.4. Схемы подключения обмотки при трех (четырех) выводах

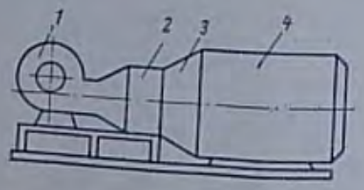


Рис. 13.5. Схема сушки электродвигателя нагретым воздухом:
1 — вентилятор; *2* — калорифер; *3* — диффузор; *4* — электродвигатель

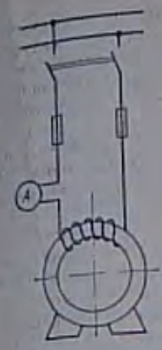


Рис. 13.6. Схема сушки потерями активной стали

Перед началом сушки проверяют активную сталь на отсутствие в ней посторонних металлических предметов, которые могут привести к замыканию пакета и оплавлению его. Индукция при подъеме температуры не должна превышать 0,8—1 Тл. При достижении необходимой для сушки температуры, индукцию необходимо уменьшить до 0,4—0,6 Тл. Регулирование индукции можно осуществлять изменением подводимого к намагничивающей обмотке напряжения или изменением числа ее витков (за счет отпаек). Подводимое напряжение прямо пропорционально повышению температуры активной стали, а с увеличением количества витков намагничивающей обмотки уменьшается индукция и понижается температура. Поскольку при сушке этим методом нагрев обмотки происходит от активной стали, температура лобовых частей обмотки несколько ниже, чем пазовой части. В целях выравнивания температур в обмотку статора подают переменный ток, соединив три фазы в разомкнутый треугольник, подавая напряжение от части намагничивающей обмотки. Напряжение, которое необходимо приложить к обмотке статора электродвигателя при последовательном соединении трех фаз, определяется по формуле

$$U = 3X_0\, U_{\text{ном,ф}} \frac{I_c}{I_{\text{ном}}},$$

где $U_{\text{ном,ф}}$ — номинальное фазное напряжение, В; X_0 — реактивное сопротивление нулевой последовательности обмотки статора, отн. ед.; I_c — коэффициент, учитывающий долю номинального тока $I_{\text{ном}}$ в обмотке статора, который принимают равным 0,2—0,4.

Схема сушки электродвигателя потерями в активной стали изображена на рис. 13.6.

13.4. ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ РЕМОНТАХ ОБМОТОК И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЯМ

Испытание электродвигателей с жесткими катушками или стержнями при полной смене обмоток.

А. Испытание активной стали статора электродвигателей мощностью 40 кВт и выше выполняется перед укладкой обмотки. Схему испытаний см. на рис. 13.7.

Потери в стали не должны превышать 5 Вт/кг.

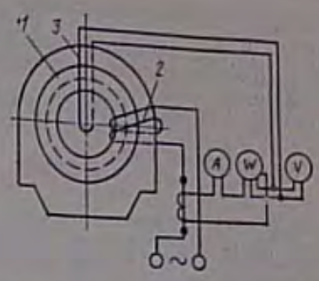


Рис. 13.7. Схема испытания активной стали:
1 — активная сталь; *2* — намагничивающая обмотка; *3* — контрольная обмотка

При наложении намагничивающей обмотки на активную сталь вместе с корпусом измеренные потери будут несколько больше, чем фактические потери в активной стали.

При индукции 1 Тл наибольший перегрев зубцов не должен превышать 45 °С, при этом наибольшая разность перегрева не должна превышать 30 °С.

У электродвигателей, имеющих диаметр расточки активной стали статора более 2 м, намагничивающая обмотка должна быть расположена равномерно по окружности статора.

Количество витков намагничивающей обмотки, укладываемой на активную сталь статора, определяется по формуле

$$w_{\text{нам}} = \frac{45U}{QB},$$

где U — напряжение, подаваемое на намагничивающую обмотку, В; Q — поперечное сечение спинки статора, см²; B — индукция, Тл.

Поперечное сечение активной стали определяется о формуле

$$Q = l_{\text{сп}}\, h_{\text{сп}},$$

где $l_{\text{сп}}$ — осевая длина спинки активной стали (рис. 13.8), см; $h_{\text{сп}}$ — высота спинки активной стали статора, см.

Значение $l_{\text{сп}}$ определяется по формуле:

$$l_{\text{сп}} = K\,(l - n_{\text{кан}}\, l_{\text{кан}}),$$

где K — коэффициент заполнения (для лакированной стали 0,93, а для стали, оклеенной бу-

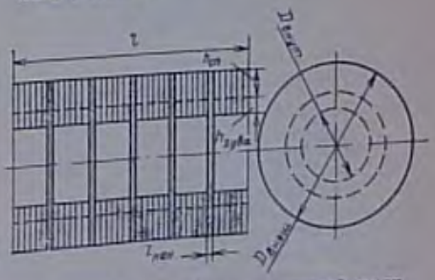


Рис. 13.8. Осевая длина активной стали

магой, 0,9); l — полная осевая длина активной стали статора с изоляцией и вентиляционными каналами; см; $h_{нав}$ — количество вентиляционных каналов, $l_{нав}$ — ширина вентиляционных каналов, см.

Значение $h_{сп}$ определяется по формуле:

$$h_{сп} = \frac{D_{внеш} - D_{внутр}}{2} - h_{зуба},$$

где $D_{внеш}$ — внешний диаметр активной стали статора, см; $D_{внутр}$ — внутренний диаметр активной стали статора, см; $h_{зуба}$ — высота зуба или глубина паза, см.

Приближенное значение тока в намагничивающей обмотке можно определить по формуле

$$I_{нам} = \frac{0{,}033\,(D_{внеш} - h_{сп})\,F}{w_{нам}},$$

где F — удельная МДС, равная 200—250 для повышенно- и высоколегированной сталей и 450—500 А/м для слабо- и среднелегированной сталей.

Полная мощность источника питания для подключения намагничивающей обмотки определяется по формуле, кВ·А,

$$S = 0{,}01 U_{ном} I_{нам}.$$

Число витков контрольной обмотки определяется из выражения

$$w_2 = w_1 \frac{U_2}{U_{ном}},$$

где U_2 — напряжение на зажимах контрольной обмотки.

Б. Измерение сопротивления изоляции обмоток производится у электродвигателей на напряжение до 0,66 кВ включительно мегаомметром на напряжение 1000 В, а на напряжение выше 0,66 кВ — мегаомметром на напряжение 2500 В. Допустимые значения сопротивления изоляции обмоток приведены в § 13.2.

В. Испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц в процессе укладки новой обмотки в пазы и соединения схемы обмотки проводится по этапам. Испытательное напряжение $U_{исп}$ в зависимости от мощности электродвигателя и его номинального напряжения приведено в табл. 13.7. $U_{исп}$ для стержней и катушек, изолированных миканитом без компаундирования, может быть снижено на 5%.

Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

Г. Испытание витковой изоляции обмотки импульсным напряжением высокой частоты. Принципиальная схема установки для испытания катушек приведена на рис. 13.9.

Испытательное напряжение витковой изоляции должно соответствовать приведенным в табл. 13.8 значениям.

Продолжительность испытания 5—10 с.

Д. Измерение сопротивления обмоток постоянному току выполняется аналогично изложенному в § 13.1 и 13.2.

Значение сопротивления обмоток не должно отличаться от нормированного значения более чем на 2% для электродвигателей напряжением 0,66 кВ и выше, а для электродвигателей напряжением до 0,5 кВ — не более 3%.

Испытание электродвигателей с жесткими катушками или со стержнями при частичной смене обмоток.

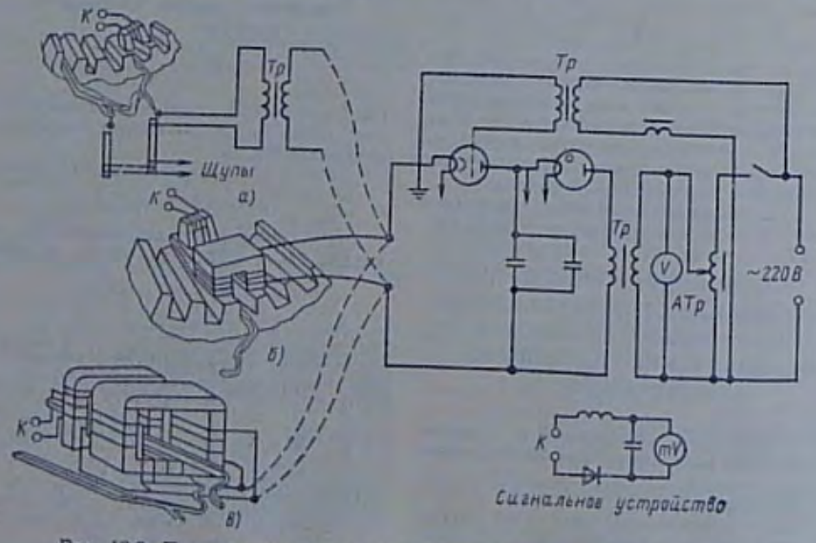


Рис. 13.9. Принципиальная схема установки для испытания катушек:
а — испытание катушек после укладки в пазы; *б* — испытание в условиях эксплуатации; *в* — испытание катушек до укладки в пазы; *К* — контакты сигнального устройства

Таблица 13.7. Испытательное напряжение частотой 50 Гц электродвигателей при ремонте обмотки статора

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ, электродвигателей на номинальное напряжение, кВ							
	до 0,5 включительно	2	3	6	10	3	6	10
	мощностью до 1000 кВт					мощностью выше 1000 кВт		
Катушка (стержень) перед укладкой	4,5	11	13,5	21,5	31,5	13,5	23,5	34
Обмотка, уложенная в пазы, до пайки межкатушечных соединений	3,5	9	11,5	18,5	29	11,5	20,5	30
Обмотка после пайки и изолировки соединений	3	6,5	9	15,8	25	9	18,5	27
Главная изоляция собранного электродвигателя (каждая фаза по отношению к корпусу при двух других заземленных, а у электродвигателей, не имеющих всех выводов каждой фазы, допускается испытывать всю обмотку относительно корпуса)	Но не ниже 1,5 кВ	5	7	13	21	7	15	23

Таблица 13.8. Импульсное испытательное напряжение витковой изоляции обмоток статора

Изоляция витков	Напряжение, В, на виток	
	до укладки секций в пазы	после укладки и бандажировки
Провод ПБО	210	180
Провод ПБД, ПДА, ПСД	470	360
Провод ПБД, изолированный по всей длине одним слоем бумажной ленты вполнахлеста	700	600
Провод ПДА и ПБД, изолированный слоем микаленты через виток	700	600
Провод ПДА и ПБД, изолированный одним слоем микаленты через виток с прокладками миканита в пазовой части между витками	1000	850
Голый провод, изолированный по всей длине витка одним слоем микаленты толщиной 0,13 мм вполнахлеста	1100	950
Провод ПБД, изолированный по всей длине витка одним слоем вполнахлеста шелковой лакотканью толщиной 0,1 мм	1400	1200
Провод ПБД и ПДА, изолированный по всей длине витка одним слоем микаленты толщиной 0,13 мм вполнахлеста или 1/3 нахлеста	1400	1200
Провод ПБД или ПДА, изолированный по всей длине витка одним слоем микаленты толщиной 0,13 мм вполнахлеста и сверху одним слоем хлопчатобумажной ленты впритык	2100	1800
Провод ПДА, изолированный по всей длине витка двумя слоями микаленты толщиной 0,13 мм вполнахлеста	2800	2400

А. Измерение сопротивления изоляции обмоток. Допустимые значения сопротивления изоляции приведены в табл. 13.1. Измерение производится у электродвигателей на напряжение до 0,66 кВ включительно мегаомметром на напряжение 1000 В, а на напряжение выше 0,66 кВ — мегаомметром на напряжение 2500 В. Методику проведения измерения изоляции — см. § 13.2.

Б. Испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц. Испытательное напряжение при частичной замене обмотки статора электродвигателя принимается в соответствии с табл. 13.9.

Методику проведения испытаний изоляции — см. § 13.2.

В. Измерение сопротивления обмотки постоянному току выполняется аналогично изложенному в § 13.1 и 13.2.

Измеренное значение сопротивления обмоток не должно отличаться от нормированного более чем на 3% для электродвигателей напряжением 0,5 кВ включительно и более чем на 2% для остальных электродвигателей.

Таблица 13.9. **Испытательное напряжение частотой 50 Гц электродвигателей при частичной замене обмотки статора**

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ
Запасные катушки (секции, стержни) перед закладкой в электродвигатель	$2{,}25U_{ном}+2$
То же после закладки в пазы перед соединением со старой частью обмотки	$2U_{ном}+2$
Оставшаяся часть обмотки	$2U_{ном}$
Главная изоляция обмотки полностью собранного электродвигателя	$1{,}7U_{ном}$
Витковая изоляция	По табл. 13.8

Таблица 13.10. **Испытательное напряжение частотой 50 Гц электродвигателей с фазным ротором при полной замене обмотки ротора**

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ
Стержни обмотки после изготовления, но до закладки в пазы	$2U_{ном}+3$
Стержни обмотки после закладки в пазы, но до соединения	$2U_{ном}+2$
Обмотка после соединения, пайки и бандажировки	$2U_{ном}+1$
Контактные кольца до соединения с обмоткой	$2U_{ном}+2{,}2$
Оставшаяся часть обмотки после выемки заменяемых катушек (секций стержней)	$2U_{рот}$, но не ниже 1,2
Вся обмотка после присоединения новых катушек (секций стержней)	$1{,}7U_{ном}$, но не ниже 1

Примечание. $U_{рот}$ — напряжение на кольцах при разомкнутой и неподвижной роторе и номинальном напряжении на статоре.

Таблица 13.11. **Испытательное напряжение частотой 50 Гц синхронных электродвигателей при полной замене обмоток**

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка ротора:	
П	$8U$ возбуждения электродвигателя, но не ниже 1,2 и не выше 2,8
К	$6U$ возбуждения электродвигателя, но не ниже 1

Испытания, проводимые при ремонтах обмоток роторов асинхронных электродвигателей с фазным ротором и обмоток роторов синхронных электродвигателей. Испытательное напряжение при полной замене обмотки ротора принимается согласно табл. 13.10.

При частичной замене обмотки после соединения, пайки и бандажировки значение испытательного напряжения принимается равным $1{,}5U_{рот}$, но не менее 1 кВ.

Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

Для роторов синхронных электродвигателей испытания проводятся по нормам, приведенным в табл. 13.11.

13.5. ТЕПЛОВЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Эксплуатационные испытания теплового состояния электродвигателей проводятся для проверки соответствия их паспортным данным и приводимому агрегату.

Требуемый режим работы испытуемого электродвигателя устанавливается заранее, замер исследуемых параметров производится в течение последних 2—3 ч до наступления установившегося теплового состояния.

В связи с неизбежными колебаниями нагрузки двигателей и температуры охлаждающей среды для расчетов принимают средние значения этих величин в установившемся тепловом режиме.

Сопротивление обмоток двигателей в нагретом состоянии, по значению которого определяют их рабочую температуру, замеряют лишь на отключенном и полностью остановленном электродвигателе. Но за время, протекающее от момента отключения до первого замера, температура обмотки изменяется и согласно ГОСТ 11828—75 требуется экстраполяция кривой остывания на момент отключения.

Для определения характера кривой остывания в начальный период первый замер сопротивления обмотки рекомендуется производить для машин мощностью свыше 100 кВт не позднее 2 мин после отключения. Дымососы, дутьевые и мельничные вентиляторы являются механизмами с большими инерционными массами и время свободного выбега у приводящих эти механизмы электродвигателей составляет 5—10 мин. Экстраполяция кривой остывания на момент отключения производится с учетом того, что эти двигатели имеют закрытое исполнение и процесс остывания их происходит медленно.

Объем испытаний:

а) измерение мощности, потребляемой электродвигателями из сети;

б) измерение нагрева активных частей обмотки и железа статора — для всех типов электродвигателей; обмотки ротора — только для синхронных электродвигателей мельниц.

в) измерение нагрева охлаждающегося воздуха и воды (для электродвигателей, имеющих воздухоохладители);

г) измерение перепада напора воды в воздухоохладителе;

д) измерение расхода охлаждающегося воздуха.

Последовательность испытаний:

а) в данном режиме на работающем электродвигателе измеряется потребляемая им мощность на течение времени, необходимого для достижения установившегося теплового состояния;

б) одновременно с измерением потребляемой мощности регистрируются параметры, характеризующие тепловое состояние испытуемого электродвигателя при данной нагрузке:

температура обмотки статора по заложенным термосопротивлениям;

температура железа статора по заложенным термосопротивлениям и по ЭДС термопар Х—К, закладываемых на время опыта в спинку статора;

напряжение и ток обмотки ротора, определяющие среднюю температуру ее в нагретом состоянии (для синхронных электродвигателей);

температура горячего и охлажденного воздуха в системе охлаждения (для электродвигателей ДАЗО — по внешнему и внутреннему циклам);

температура нагретой и холодной воды в сливной и напорной трубах охладителей (АТД, СДМЗ);

давление воды в напорной и сливной трубах охладителей (АТД).

В электродвигателях с водяными воздухоохладителями (АТД, СДМЗ и др.) измерение расхода воды через охладитель в условиях станции не производится. Суждение об эффективности работы воздухоохладителя делают по измерениям температуры воды на входе и выходе из него;

расход воздуха в системе охлаждения (АТД, СДМЗ, ДАЗО);

в) на отключенном электродвигателе в конце установившегося теплового состояния измеряется сопротивление обмотки статора в горячем состоянии (ДАЗО, АВ);

г) после длительного останова электродвигателя и остывания активных частей его до температуры окружающей среды измеряется среднее сопротивление обмотки статора и обмотки ротора синхронных двигателей практически в холодном состоянии.

В связи с тем, что у ряда электродвигателей отсутствуют изоляторы на выводах обмоток статора, для сохранения целостности изоляции выводов производят измерение сопротивления лишь одной фазы обмотки с помощью специальных игольчатых щупов.

Сравнивая полученные результаты с номинальными параметрами электродвигателей (допустимые перегревы активных частей и охлаждающей среды), можно сделать вывод о тепловом состоянии их и нормальной или ненормальной работе систем охлаждения.

Для двухскоростных электродвигателей испытания следует проводить на каждой частоте вращения.

Методические указания по проведению измерений

А. Измерение мощности, потребляемой электродвигателем. Потребляемая из сети мощность измеряется, как правило, методом двух ваттметров с измерением тока и напряжения.

Измерительные приборы следует подключать к измерительным цепям трансформаторов тока, установленным в шкафах КРУ 6 кВ.

Напряжение обмотки ротора синхронных электродвигателей измеряют непосредственно на кольцах с помощью металлических пластинчатых щупов.

Ток в обмотке ротора синхронного электродвигателя определяют по показаниям милливольтметра, подключенного к шунту в цепи ротора.

Б. Измерение нагрева активных частей электродвигателя и охлаждающей среды. Температура обмотки и железа активной стали статора в электродвигателях серий АТД, СДМЗ и др. измеряется по заложенным термосопротивлениям с помощью моста постоянного тока.

Средняя температура обмоток статора электродвигателей и обмотки ротора синхронных электродвигателей определяется по сопротивлению их в нагретом (рабочем) и холодном состояниях, измеренному методом амперметра-вольтметра. В качестве источника постоянного напряжения при измерении сопротивления обмотки ротора синхронного двигателя используется возбудительный агрегат, а в остальных случаях — аккумуляторная батарея.

Для учета падения температуры обмотки за время выбега производят ряд замеров в течение 15—30 мин после останова электродвигателя (ДАЗО, АВ). Полученные данные используются для экстраполяции сопротивления обмотки в момент отключения.

Превышение температуры обмотки (Δt, °С) (активной стали) над температурой охлаждающего воздуха в каждом режиме определяют по формуле

$$\Delta t = t_г - t_о,$$

где $t_г$ — температура обмотки (активной стали) в нагретом состоянии, °С; $t_о$ — температура охлаждающей среды, °С.

По значению превышения температуры обмотки в различных режимах строят зависимость этих превышений от квадратов токов. Это позволяет определить перегрев, соответствующий номинальному току, если приводимый агрегат не обеспечивает номинальную нагрузку.

Для двигателей серий АТД, СДМЗ и др. с водяными воздухоохладителями определяют перегрев, соответствующий номинальному току при температуре охлаждающей воды во время проведения измерения, а затем делают перерасчет на величину тока при температуре охлаждающей воды 33 °С.

Температуру активной стали статора в электродвигателях серий ДАЗО, АВ и др. измеряют с помощью термопар Х—К, закладываемых в спинку на глубину 5 мм, и потенциометра типа ПП-63.

Перегрев воздуха (воды) в системе охлаждения определяют по разности температур нагретого и холодного воздуха (воды).

Температуру воздуха измеряют термопарами, ртутными и спиртовыми термометрами.

Температуру охлаждающей воды измеряют с помощью ртутных термометров, устанавливаемых в металлические карманы с маслом в напорной и сливной трубах охладителей.

В. Измерение перепада напора воды в охладителях. Падение напора воды в воздухо- и маслоохладителях опреде-

Оставлять детали оборудования электродвигателей на перекрытиях и площадках разрешается на расстоянии не менее 1 м от края перекрытия или площадки и только в устойчивом положении.

Запрещается оставлять электродвигатели в поднятом состоянии, а также производить ремонтные работы под поднятыми электродвигателями.

При такелажных работах необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

запрещается использовать неисправное и неиспытанное оборудование;

крупный электродвигатель необходимо поднимать только с помощью специальной траверсы за четыре цапфы, приваренные в верхней части корпуса статора;

вертикальный ротор необходимо поднимать при помощи приспособления (хомута), которое надевается на вал и крепится запорным кольцом, или при помощи рым-болта, ввертываемого в торец вала;

крестовины поднимать за лапы, имеющие специально для этого предусмотренные отверстия;

втулку подпятника, сегменты подпятника, сегменты направляющих подшипников необходимо поднимать за рым-болты, ввернутые в специально для этого предусмотренные отверстия;

свободно лежащие на грузе предметы необходимо убрать.

На рабочей площадке электродвигателя должны быть восстановлены: ограждение вращающихся частей; лестницы, площадки и перила.

14.4. ПОКРАСОЧНЫЕ РАБОТЫ

Покрасочные работы производят только в окрасочных камерах, пользуясь защитными очками и спецодеждой.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, женщины во время беременности и кормления грудью, к покрасочным работам не допускаются. Рабочие, допускаемые к окрасочным работам, должны пройти предварительный медицинский осмотр, а затем периодически, не реже 1 раза в 6 мес, подвергаться медицинским осмотрам. Пребывание посторонних лиц в помещении окраски запрещается.

В помещении окраски запас лакокрасочных материалов не должен превышать количества, необходимого для суточного производства, и должен храниться в плотно закрытой таре. Запасы красок должны храниться в специальном помещении в закрытых огнестойких шкафах.

Помещение окраски должно иметь запасной выход непосредственно наружу или на лестничную клетку. Пол помещения окраски должен быть несгораемым, двери — огнестойкими или покрытыми жестью с асбестовой прокладкой. Все оборудование должно быть во взрывобезопасном исполнении. Все металлическое оборудование и приспособления, используемые при окраске пульверизатором, должны быть надежно заземлены. Отопление помещения окраски может быть только воздушное, водяное или паровое низкого давления. Очистка полов, стен и оборудования растворителем воспрещается.

Использованные промасленные тряпки и ветошь складывают в металлические ящики с крышками и к концу смены выносят из помещения окраски в специально отведенные места.

Окрасочные материалы относят к категории легко воспламеняющихся, поэтому в помещении окраски пользоваться открытым огнем и курить запрещено.

Прием пищи и хранение продуктов питания в помещении окраски воспрещается.

В помещении окраски должен быть исправный инвентарь: огнетушители ОП-5, ящик с песком, кошмы, лопаты. К пожарному инвентарю должен быть обеспечен беспрепятственный доступ. Пользоваться противопожарным инвентарем для других целей воспрещается.

Помещение сушильной камеры должно быть оснащено хорошей приточно-вытяжной вентиляцией.

В сушильном отделении категорически запрещается наличие открытого огня (курение, электросварка, пайка и пр.). Вокруг отделения должны быть вывешены плакаты: «Огнеопасно», «Курить воспрещается».

В сушильном отделении на видном и легкодоступном месте должны находиться исправные углекислотные огнетушители, ящики с песком, совковая лопата, кошма или асбестовое полотно и подсоединенный к пожарному водопроводу шланг со стволом.

14.5. СЛЕСАРНЫЕ И СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

На работу в электроцех принимаются лица не моложе 18 лет при наличии заключения медицинской комиссии о пригодности по состоянию здоровья к работе по ремонту электрического оборудования в условиях электростанций.

Периодичность медицинского освидетельствования устанавливается 1 раз в 2 года.

Слесарный ручной инструмент повседневного применения должен быть закреплен за рабочими для индивидуального или бригадного пользования. Работать неисправным инструментом запрещается. Рабочий, прежде чем приступить к работе, должен убедиться в полной исправности инструмента; правильности насадки молотка, кувалды, не расщеплен ли металл по краям молотка, кувалды. Бойки кувалд и молотков должны иметь гладкую, слегка выпуклую поверхность без косины, сколов, выбоин, трещин и заусенцев.

Ударный инструмент (зубила, крейцмейсели, бородки, просечки, керны и пр.) должен иметь гладкую затылочную часть без трещин, заусенцев, наклепа и скосов. На рабочем конце его не должно быть повреждений.

Зубило не должно быть короче 150 мм, длина оттянутой части его — 60—70 мм. Острие зубила должно быть заточено под углом 65—70°, режущая кромка должна представлять собой прямую или слегка выпуклую линию, а боковые грани в местах захвата их рукой не должны иметь острых ребер. При работах зубилом или другим ручным инструментом для рубки металла рабочие должны быть обеспечены предохранительными очками с небьющимися стеклами.

Лезвие отвертки подбирают так, чтобы оно входило без зазора в прорезь головки винта.

Гаечные ключи должны строго соответствовать размерам гаек и головок болтов. Губки гаечных ключей должны быть параллельны. Удлинение гаечных ключей вторыми ключами или трубами запрещается.

Ответственными за исправное состояние инструмента являются инструментальщик (кладовщик), выдающий инструмент, и рабочий, им пользующийся.

Проверка знаний и аттестация сварщиков проводятся в комиссиях, назначаемых приказом по предприятию.

Несложные и неответственные сварочные работы могут выполнять электрослесари или рабочие других специальностей, имеющие смежную профессию сварщика. Все сварщики должны ежегодно подвергаться проверке знаний правил техники безопасности и повторной аттестации.

Ремонтный персонал обязан знать и выполнять все правила противопожарной безопасности, знать местоположение противопожарных средств в цехе — пожарных кранов с шлангами, огнетушителей, ящиков с песком и другого инвентаря и уметь им пользоваться.

В местах производства сварочных работ запрещается применять и хранить огнеопасные материалы (бензин, ацетон, спирт и т. п.).

Сварщики и их подручные должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты согласно действующим нормам.

Место, где производится сварка, должно быть заранее подготовлено, горючие предметы удалены, принесены необходимые средства пожаротушения, а сварочные шланги уложены вдали от паропроводов и маслопроводов.

При выполнении электросварочных и паечных работ на статоре (пайка выводов, обмоток, приварка кронштейнов и др.) должны быть обеспечены следующие дополнительные мероприятия:

место пайки меди обмоток или вывода должно быть обезжирено;

с обеих концов место пайки должно быть обложено мокрым асбестом, с тем чтобы нагрев стальной части обмотки не вызывал их загорания;

работа по пайке и сварке электроклещами должна производиться в рукавицах.

14.6. РАБОТЫ НА ПРИСТАВНЫХ ЛЕСТНИЦАХ

Кратковременные работы на небольшой высоте разрешается производить с приставных переносных лестниц и стремянок, которые должны быть исправны.

Все переносные лестницы должны быть на учете, пронумерованы и иметь табличку с указанием, кому они принадлежат, и срока их проверки. Периодичность испытаний — один раз в 6 мес грузом массой 200 кг. По окончании работы лестницы должны храниться в специально отведенных местах.

Тетивы деревянных лестниц через каждые 2 м должны дополнительно скрепляться стяжными болтами диаметром не менее 8 мм.

Тетивы приставных лестниц и стремянок для обеспечения устойчивости должны расходиться книзу. Ширина приставной лестницы-стремянки вверху должна быть не менее 400, внизу — не менее 500 мм, а расстояние между ступеньками — не более 350 мм.

Концы деревянных тетив должны окантовываться стальными обоймами.

Для надежного опирания лестниц при установке на земле нижние концы тетив должны быть острыми (с окантовкой) или снабжены специальными упорами в виде стальных шипов.

При установке на гладких или шероховатых полях (плиточный, бетонный) нижние концы тетив должны быть снабжены резиновыми наконечниками или обиты резиной.

Длина приставной лестницы должна быть такой, чтобы можно было работать стоя на ступеньке, находящейся на расстоянии не менее 1 м от верхнего конца лестницы. Длина деревянной приставной лестницы (одной или сращенной) не должна превышать 5 м.

В случае недостаточной длины лестницы запрещается устраивать дополнительные опорные сооружения из ящиков, бочек и т. п., а также устанавливать приставные лестницы под углом более 75° без дополнительного крепления верхней части лестницы.

Сращивание деревянных приставных лестниц допускается только металлическими хомутами, накладками с болтами и т. п. Сращивание между собой более двух деревянных приставных лестниц не допускается.

14.7. РАБОТЫ С КОМПАУНДАМИ

Приготовление эпоксидных компаундов и нанесение их на изделия (размельчение и навеска исходных продуктов, смешивание компонентов, заливка и пропитка, отверждение смолы и др.) должны производиться на рабочих местах, оборудованных эффективной местной вытяжной вентиляцией. Местная вытяжная вентиляция должна быть устроена от термостатов, автоклавов и сушильных шкафов, в которых происходят разогрев, сушка смолы или отверждение эпоксидных компаундов.

Пылевые операции, связанные с обработкой изделий из эпоксидной смолы, необходимо производить также при оборудовании рабочих мест эффективной местной вытяжной вентиляцией.

Снятие излишков и подтеков неотвержденной эпоксидной смолы при ремонте обмоток следует производить бумагой, а затем ветошью, смоченной ацетоном или этилцеллозольвом. Для этой цели не допускается применение бензола, толуола, четыреххлористого углерода и других токсичных растворителей. Для сбора загрязненной смолой бумаги и обтирочного материала в помещении должны быть установлены металлические емкости с крышками. В конце рабочего дня или смены емкости очищают, а содержимое их сжигают.

Для нанесения эпоксидных смол и компаундов необходимо пользоваться кистями, шпателями, лопаткой и другими приспособлениями, снабженными защитными экранами (металлическими или из плотного картона) на ручке инструмента.

Удаление прилипшей к коже смолы или отвердителя рекомендуется производить мягкими бумажными салфетками с последующей промывкой кожи горячей водой жесткой щеткой с мылом. После мытья руки следует вытереть бумажным полотенцем, а затем смазать мягкой жирной мазью на основе ланолина, вазелина или касторового масла. При значительном загрязнении рук эпоксидной смолой для их очистки разрешается использовать этилцеллозольв или минимальное количество ацетона.

Применение для этой цели бензола, толуола, четыреххлористого углерода и других токсичных растворителей не допускается.

Для предупреждения контакта кожи рук с эпоксидными смолами и их отвердителями все работающие должны быть обеспечены полиэтиленовыми перчатками на бязевой подкладке или кожаными перчатками, а для выгрузки горячих изделий из сушильных камер (после отверждения или полимеризации) еще и суконными перчатками.

Раздел пятнадцатый

СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР) ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

15.1. ТЕРМИНОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В соответствии с ГОСТ 18322—78 при организации ремонта электродвигателей используется следующая терминология.

Ремонт — комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделия и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Капитальный ремонт — ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановления ресурса изделий с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Средний ремонт — ремонт, выполняемый для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса изделий с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния составных частей, выполняемых в объеме, установленном в нормативно-технической документации.

Текущий ремонт — ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.

Регламентированный ремонт — плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и объеме, установленном в эксплуатационной документации, независимо от технического состояния изделия в момент начала ремонта.

Ремонт по техническому состоянию — плановый ремонт, при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью в объеме, установленном в нормативно-технической документации, а объем и момент начала ремонта определяются техническим состоянием изделия.

Обезличенный ремонт — ремонт, при котором не сохраняется принадлежность восстановленных составных частей к определенному экземпляру изделия.

Необезличенный ремонт — ремонт, при котором сохраняется принадлежность восстановленных частей к определенному экземпляру изделия.

Агрегатный ремонт — обезличенный ремонт, при котором неисправные агрегаты (сборочные единицы) заменяются новыми или заранее отремонтированными.

Техническое обслуживание — комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении, транспортировании.

Система технического обслуживания и ремонта техники — совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему.

Периодичность технического обслуживания (ремонта) — интервал времени или наработка между данным видом технического обслуживания (ремонта) и последующим таким же видом или другим большей сложности.

Ремонтный цикл — наименьший повторяющийся интервал времени или наработка изделия, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической документации все установленные виды ремонта.

Трудоемкость ремонта — трудозатраты на проведение одного ремонта данного вида.

В соответствии с ГОСТ 2.101—68 (СТ СЭВ 364—76) принята следующая терминология.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии — изготовителе сборочными операциями.

Изделие — предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Под этим термином следует понимать электродвигатель, насос и т. п.

Запасная часть — составная часть изделия, предназначенная для замены находящейся в эксплуатации такой же части с целью поддержания или восстановления исправности или только работоспособности изделия.

В соответствии с ГОСТ 13377—75 применяется следующая терминология.

Технический ресурс (ресурс) — наработка объекта от начала эксплуатации или капитального ремонта до наступления предельного состояния.

Таблица 15.1. Структура ремонтного цикла

Тип электродвигателя	Виды ремонта по годам ремонтного цикла																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
АТД-200	Т	Т	ТК1	Т	Т	ТК1	Т	Т	ТК1	Т	Т	ТК1	Т	Т	ТК1	Т	Т	ТК1	Т	Т
АТД-4000/6000	Т	Т	К1	К1	К1	К1	Т	К1	Т	К1	К1	К1	К1	К1	К1	К1	К1	К1	К1	К1
2АЗМ-500/1000	Т	Т	Т	К2	К2	К2	Т	К2	Т	К2	К2	К2	Т	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
2АЗМ-800/1000	Т	Т	Т	К2	К2	К2	Т	К2	Т	К2	К2	К2	Т	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
2АЗМ-1000/1500	Т	Т	Т	К2	К2	К2	Т	К2	Т	К2	К2	К2	Т	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
2АЗМ-2500/6000	Т	Т	Т	К2	К2	К2	Т	К2	Т	К2	К2	К2	Т	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
2АЗМ-3550/6000	Т	Т	Т	К2	К2	К2	Т	К2	Т	К2	К2	К2	Т	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
ДАЗО-12-55-8	ТК2	К1	Т	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗО-13-50-4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗО-13-70-8	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗО-14-69-8/10	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗО-15-49-8/10	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗО-15-60-8/10	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗО-1911-10/12А	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗ-1810-6/4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАЗО2-17-79-6/4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАМСО-117-8	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДАМСО-158-8	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДПДА-215/64-16-20К	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДВДА-260/79-16-20У3	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ДВДА-290/79-20-24У3	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ВДП-170/44-16	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ВДП-170/34-16А	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
АВ-113-4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
АВ-400-1000	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
АВЦ-1600-1500У5	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
А-12-39-6	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
А-12-41-4	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
А-12-42-8А	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
А-12-52-4	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
А-13-46-6	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
А-13-52-8	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
А-13-68-8	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2	К2
А-101-4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
А-102-4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
А-112-4А	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
А-113-4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
А-114-4	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
А-114-6М	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
А-13-42-8	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
АНЭ-16-36-12	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
АТК-30-8-12	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
АОП-211/6-1973	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
АТК-30-6-1973	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
СДМЗ 29/49-60	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т
ВАО 5631-2837 I/I3	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т	ТК2	Т	Т

Средний ресурс до среднего (капитального) ремонта — средний ресурс от начала эксплуатации до его первого среднего или капитального ремонта.

Предельное состояние — состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена из-за неустранимого нарушения требований правил техники безопасности, или неустранимого ухода заданных параметров за установленные пределы, или неустранимого снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой, или необходимости проведения среднего или капитального ремонта.

Срок службы — календарная продолжительность эксплуатации объекта от ее начала или возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния.

В соответствии с инструкцией по организации ремонта оборудования электростанций и подстанций приняты следующие обозначения и объемы ремонта.

При капитальном ремонте энергооборудования производят разборку агрегата, подробный осмотр, измерения, испытания, анализы, исследования, устранение обнаруженных дефектов, восстановление и замену изношенных узлов и деталей, выполнение мероприятий по повышению надежности и экономичности эксплуатации, сборку, регулировку, наладку и испытание при пуске и сдаче в эксплуатацию.

В результате капитального ремонта должна быть обеспечена надежная работа агрегата в пределах установленного межремонтного периода с технико-экономическими показателями, соответствующими утвержденным нормативным характеристикам.

При текущем ремонте производят осмотр и чистку узлов и деталей, а также устранение незначительных дефектов, обнаруженных в процессе эксплуатации и ремонта.

В соответствии с технико-экономическими нормативами системы ППР оборудования электростанций для крупных электродвигателей принято две категории капитального ремонта:

капитальный ремонт 1-й категории ($К_1$) — профилактический ремонт с выводом ротора и вероятной частичной заменой обмотки статора и ремонтом или заменой отдельных составных сборочных единиц и деталей. Периодичность $К_1$ — 1 раз в 2—4 года;

капитальный ремонт 2-й категории ($К_2$) — ремонт с полной заменой обмотки статора и ремонтом или заменой отдельных составных сборочных единиц и деталей. Периодичность $К_2$ — 1 раз в 15—20 лет.

Замена обмотки при $К_1$ и $К_2$ предусматривается для электродвигателей, обмотки статора которых выполнены с ремонтопригодной изоляцией.

Текущий ремонт (Т) — ремонт без вывода ротора с заменой отдельных сборочных единиц и деталей. Периодичность Т — от одного до нескольких раз в год.

Периодичность капитальных и текущих ремонтов для различных типов электродвигателей приведена в табл. 15.1.

15.2. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Нормативно-технический документ (НТД) — документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований, обязательных для исполнения в определенных областях деятельности, разработанный и утвержденный в установленном порядке.

Стандарт — нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом.

Действующая в нашей стране государственная система стандартизации (ГСС) устанавливает единую организационно-методическую основу проведения работ по стандартизации на всех уровнях управления народным хозяйством: государственном (ГОСТ), отраслевом (ОСТ), республиканском (РСТ), предприятия (СТП).

По ГСС организуется деятельность министерств и ведомств, головных и базовых организаций по стандартизации в отраслях народного хозяйства, территориальных организаций по стандартизации, служб стандартизации на предприятиях и организациях. Это позволяет активно внедрять в промышленность все нижеприведенные комплексы стандартов.

Единая система технологической подготовки производства изделий машиностроения, приборостроения и средств автоматизации (ЕСТПП) устанавливает единый порядок разработки технологической документации и предусматривает широкое применение типовых технологических процессов, стандартной оснастки и оборудования. Основные положения ЕСТПП определяют единые общие принципы и методы технологической подготовки производства каждого уровня управления (общесоюзного, отраслевого, предприятия и объединения).

В ЕСТПП используются следующие системы:

система разработки комплекса стандартов на постановку изделий на производство, основные положения которой изложены в ГОСТ 15.001—73;

единая система конструкторской документации (ЕСКД), основные положения которой изложены в ГОСТ 2.601—2.609;

единая система конструкторской документации (ЕСКД);

система классификации и кодирования технико-экономической информации, используемой в технологической подготовке производства.

ЕСКД включает в себя государственные стандарты, определяющие единый порядок оформления и обращения конструкторской документации.

Номенклатура обязательных ремонтных документов по ЕСКД приведена в табл. 15.2.

Эти документы разрабатываются в соответствии с ОСТ 34-38-447—78 «Номенклатура и комплектность нормативно-технических конструкторских ремонтных документов».

По ОСТ 34-38-447—78 допускается не разрабатывать комплект технологических документов по ГОСТ 3.1108—74, если в составе комплекта ремонтных документов имеется руководство по капитальному ремонту, разработанное по ГОСТ 2.602—68.

На предприятиях Минэнерго СССР в соответствии с ОСТ 34-38-446—78 «Технические условия на капитальный ремонт. Правила построения, изложения и оформления. Порядок согласования, утверждения и регистрации» разрабатываются технические условия (ТУ) на капитальный ремонт оборудования электростанций, подстанций, тепловых и электрических сетей. Этот ОСТ устанавливает технические требования к деталям, сборочным единицам и оборудованию в целом при дефектации, ремонте и контроле после ремонта.

Перечень действующих ремонтных нормативно-технических и руководящих документов приведен в табл. 15.3.

Номенклатура и нормы расхода запасных частей по видам ремонта электродвигателей приведены в табл. 15.4.

Таблица 15.2. **Номенклатура обязательных ремонтных документов**

Наименование документа	Дополнительные указания
Общие технические условия на капитальный ремонт	Применяются совместно с техническими условиями на капитальный ремонт конкретного изделия
Технические условия на капитальный ремонт	Применяются совместно с руководством по капитальному ремонту конкретного изделия
Руководство по капитальному ремонту	—
Нормы расхода запасных частей	—
Нормы расхода материалов для ремонта	—
Ведомость документов для ремонта	—
Ремонтные чертежи	—

Таблица 15.3. **Перечень действующих ремонтных нормативно-технических и руководящих документов**

Документ	Утвердившая организация	Год утверждения
Руководящий технический материал. Система стандартизации в энергоремонте. Службы стандартизации (РТМ 34-38-004—77)	Минэнерго СССР	1977
Методические указания. Порядок внедрения стандартов. ЕСТД в энергоремонте (ОМУ 34-38-003—77)	То же	1977
Руководящий технический материал. Порядок разработки, согласования и утверждения стандартов предприятия (РТМ 34-38-002—77)	ВПО «Союзэнергоремонт»	1977
Система стандартизации в энергоремонте. Порядок разработки, согласования и утверждения руководящих нормативных документов (РДРТМ 34-38-008—78)	То же	1978
Система стандартизации в энергоремонте. Порядок внедрения и контроль за внедрением и соблюдением нормативно-технических и руководящих документов (РДРТМ 34-38-008—78)	» »	1978
Электродвигатели напряжением выше 1000 В мощностью от 100 кВт и выше. Общие технические условия на капитальный ремонт (ТУ 34-38-20186—82)	» »	1982
Электродвигатели напряжением до 1000 В мощностью 0,1—100 кВт. Общие технические условия на капитальный ремонт (ТУ 34-38-20185—82)	» »	1982
Роторы короткозамкнутые электродвигателей напряжением выше 1000 В. Общие технические условия на капитальный ремонт (ТУ 34-38-20187—82)	ВПО «Союзэнергоремонт»	1982
Руководство по капитальному ремонту электродвигателя А3-1600/6000	То же	1977
Руководство по капитальному ремонту электродвигателя ВДА-173/99-6-2АУ4	» »	1977
Руководство по капитальному ремонту электродвигателя АС5000/6000	» »	1977
Руководство по капитальному ремонту электродвигателя ДАЗ-1810-6	» »	1977

Таблица 15.4. **Номенклатура и нормы расхода запасных частей по видам ремонта**

Тип электродвигателя	Наименование запасных частей	Обозначение заводского чертежа или № стандарта	Количество в электродвигателе, шт.	Нормы расхода по видам ремонта, шт.		Стоимость единицы изделия, руб.
				K_1	K_2	
АТД-4000/6000	Клин пазовый	8ВК.783.101	216	216	216	0,94
	Катушка статора	5ВК.524.168	54	6	54	157
	Стержень ротора	8ВК.540.028.2	46	1	—	7
	Вкладыш подшипника	5ВК.263.068	2	—	2	460
	Ротор	5ВК.674.156	1	—	0,02	4825
ДАЗО12-55-8	Катушка статора	5БГ.524.455	72	7	72	36,46
	Клин пазовый	8БГ.783.331.1	144	72	144	0,5
	Клин пазовый	8БГ.783.332.1	72	36	72	0,5
	Изолятор	5БГ.780.003	4	1	4	1,6
	Стержень ротора	8БГ.540.202.09	28	2	3	0,69
	Стержень ротора	8БГ.540.202.06	58	3	6	0,62
	Кольцо короткозамыкающее	8БГ.548.124	2	0,3	0,3	21
	Подшипник 324	ГОСТ 8338—75	1	1	1	13
	Подшипник 2324	ГОСТ 8328—75	1	1	1	22
	Ротор	5БГ.674.552.05	1	—	0,02	1010
ДАЗО 13-70-8	Катушка статора	5БГ.524.318.11	72	7	72	49,6
	Клин пазовый	8БГ.783.287	144	72	144	0,5
	Клин пазовый	8БГ.783.295	72	36	72	0,5
	Клин пазовый	8БГ.783.300	72	36	72	0,7
	Изолятор	5БГ.780.003	4	1	4	1,6
	Стержень ротора	8БГ.540.186.3	28	2	3	1,36
	Стержень ротора	8БГ.540.186.6	58	3	6	1,26
	Кольцо короткозамыкающее	8БГ.548.212.1	2	0,3	0,3	25
	Подшипник 326	ГОСТ 8338—75	1	1	1	16
	Подшипник 2326	ГОСТ 8328—75	1	1	1	24,5
	Ротор	5БГ.674.639.8	1	—	0,02	1340
ДАЗО 14-49-6/8	Катушка статора	5ДВ.524.115	45	5	45	79
	Катушка статора	5ДВ.524.116	45	5	45	70
	Клин пазовый	8ДВ.783.189	180	90	180	0,7
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-04	180	90	180	0,7
	Кольцо короткозамыкающее	8ДВ.217.259	2	0,3	0,3	90
	Подшипник 3530	ГОСТ 5721—75	2	2	2	17,75
	Ротор	5ДВ.674.147	1	—	0,02	2800
ДАЗО 15-69-8/10	Катушка статора	5ДВ.524.099	54	5	54	96
	Катушка статора	5ДВ.524.104	54	5	54	83
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-10	216	108	216	0,7
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-16	324	162	324	0,7
	Стержень ротора	5ДВ.540.021	132	8	13	3,15
	Кольцо короткозамыкающее	8ДВ.217.238	2	0,3	0,3	86
	Подшипник 3530	ГОСТ 5721—75	2	2	2	17,15
	Ротор	5ДВ.674.137	1	—	0,02	3500
ДАЗО 1914-10/12А	Катушка статора	5ДВ.524.087	72	7	72	99
	Катушка статора	5ДВ.524.088	72	7	72	99
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-20	288	144	288	0,8
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-26	432	216	432	0,8
	Стержень ротора	8ДВ.540.012	120	6	12	6,5
	Кольцо короткозамыкающее	8ДВ.217.229	2	0,3	0,3	240
	Вкладыш	5ДВ.263.013-02	2	1	1	323
	Ротор	5ДВ.674.131	1	—	0,02	5400
ДАЗО 2-17-79-6	Катушка статора	5ДВ.524.194-15	108	11	108	71
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-24	216	108	216	0,7
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-26	216	108	216	0,8
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-20	216	108	216	0,8

Продолжение табл. 15.4

Тип электродвигателя	Наименование запасных частей	Обозначение заводского чертежа или № стандарта	Количество в электродвигателе, шт.	Нормы расхода по видам ремонта, шт.		Стоимость единицы изделия, руб.
				K_1	K_2	
	Стержень ротора	8ДВ.540.035	128	6	13	4,65
	Кольцо	8ДВ.217.340-01	6	3	6	2,4
	Кольцо	8ДВ.217.340-02	6	3	6	2,4
	Кольцо короткозамыкающее	8ДВ.217.238	2	0,3	0,3	86
	Подшипник 3534Е	ГОСТ 5721—75	2	2	2	26,3
	Ротор	5ДВ.674.331-20	1	—	0,02	4160
ДАЗО 2-18-59-10	Катушка статора	5ДВ.524.199-01	144	14	144	46,5
	Клин пазовый	8ДВ.783.189	288	144	288	0,7
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-08	288	144	288	0,7
	Стержень ротора	8ДВ.540.029-02	126	6	12	2,7
	Кольцо короткозамыкающее	8ДВ.217.288	2	0,3	0,3	357
	Вкладыш	5ДВ.263.013-02	2	1	1	226
	Ротор	5ДВ.674.335	1	—	0,02	4760
ДАЗО 2-18-76-8/10	Катушка статора	5ДВ.524.199-03	72	7	72	88
	Катушка статора	5ДВ.524.200-02	72	7	72	99
	Клин пазовый	8ДВ.783.189	288	144	288	0,7
	Клин пазовый	8ДВ.783.189-04	576	288	576	0,7
	Стержень ротора	8ДВ.540.029-05	126	6	12	4,15
	Кольцо короткозамыкающее	8ДВ.217.288	2	0,3	0,3	351
	Вкладыш	5ДВ.263.013.03	2	1	1	210
	Ротор	5ДВ.674.335-02	1	—	0,02	6800
ДВДА-215/64-16-20к	Катушка статора	5БП.524.293	72	7	72	96
	Катушка статора	5БП.524.294	72	7	72	96
	Сегмент подпятника	5БП.192.379	8	2	4	69
	Сегмент направляющего подшипника	5БП.192.376	4	2	4	59
	Клин пазовый	8БП.783.503	288	144	288	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.504	144	72	144	0,5
	Ротор	5БП.674.535	1	—	0,02	5660
ДВДА-260/99-16-20	Катушка статора	5БП.524.388	72	7	72	167
	Катушка статора	5БП.524.389	72	7	72	167
	Сегмент подпятника	5БП.192.219	8	2	4	124
	Сегмент направляющего подшипника	5БП.192.459.01	12	2	6	74
	Клин пазовый	8БП.783.599	288	144	288	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.600	144	72	144	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.600-01	144	72	144	0,5
	Ротор	5БП.674.641	1	—	0,02	17 600
ДВДА-260/99-20-24У4	Катушка статора	5БП.524.404	90	9	90	164
	Катушка статора	5БП.524.405	90	9	90	162
	Сегмент подпятника	5БП.192.219	8	2	4	124
	Сегмент направляющего подшипника	5БП.192.459-01	12	2	6	74
	Клин пазовый	8БП.783.608	180	90	180	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.608-01	180	90	180	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.608-02	360	180	360	0,5
	Ротор	5БП.674.696	1	—	0,02	18 200
АВ-14-31-12	Катушка статора	5БП.524.330	90	9	97	31
	Сегмент подпятника	5БП.192.506	8	2	4	30
	Подшипник 321	ГОСТ 8338—75	1	1	1	14,8
	Подшипник 236Г-1	ГОСТ 8338—75	1	1	1	16
	Клин пазовый	8БП.783.249-03	90	45	90	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.517	90	45	90	0,5
	Ротор	5БП.674.554-2	1		0,02	1560

Продолжение табл. 15.4

Тип электродвигателя	Наименование запасных частей	Обозначение заводского чертежа или № стандарта	Количество в электродвигателе, шт.	Нормы расхода по видам ремонта, шт.		Стоимость единицы изделия, руб.
				K_1	K_2	
АВ-15-36-8АМУ4	Катушка статора	5БП.524.288	84	8	93	38
	Сегмент подпятника	5БП.192.546	8	2	4	256,5
	Сегмент направляющего подшипника	5БП.192.585	8	2	4	59
	Клин пазовый	8БП.783.469	84	42	84	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.337-01	84	42	84	0,5
	Ротор	5БП.674.417	1	—	0,02	1910
АВ-17-31-12	Катушка статора	5БП.524.371	144	10	154	38
	Сегмент подпятника	5БП.192.379	8	2	4	69
	Сегмент направляющего подшипника	5БП.192.376	8	2	4	59
	Клин пазовый	8БП.783.383-2	288	144	288	0,5
	Ротор	5БП.674.531-01	1	—	0,02	2690
АВ-17-31-16к	Катушка статора	5БП.524.318	144	10	154	34
	Сегмент подпятника	5БП.192.379	8	2	4	69
	Сегмент направляющего подшипника	5БП.192.376	8	2	4	59
	Клин пазовый	8БП.783.383-2	288	144	288	0,5
	Ротор	5БП.674.531	1	—	0,02	2700
АВ-16-31-12к	Катушка статора	5БП.524.199	108	10	115	32
	Сегмент подпятника	5БП.192.294	8	2	4	60
	Сегмент направляющего подшипника	5БП.192.376	8	2	4	59
	Клин пазовый	8БП.783.383-2	108	54	108	0,5
	Клин пазовый	8БП.783.383-1	108	54	108	0,5
	Ротор	5БП.674.397	—	—	0,02	2060
АО2-21-49-16	Катушка статора	5БГ.524.397	216	10	216	41,56
	Клин пазовый	8БГ.783.385	432	216	432	0,5
	Вкладыш	5БС.263.016.01	1	—	1	350
	Вкладыш	5БС.263.016.02	1	—	1	350
	Стержень ротора	8БГ.548.245	180	9	9	5,2
	Ротор	5БГ.674.759	1	—	0,02	7800
А-12-39-6	Катушка статора	5БС.524.039	72	7	72	22,25
	Клин пазовый	8БГ.194.027	144	72	144	0,5
	Изолятор	5БГ.780.002	4	1	4	1,6
	Стержень ротора	8БГ.540.134	58	3	6	0,5
	Стержень ротора	8БГ.540.239.01	28	1	3	1,6
	Кольцо короткозамыкающее	8БГ.548.124	2	0,3	0,3	21
	Подшипник 2324	ГОСТ 8328—75	1	1	1	22
	Подшипник 324	ГОСТ 8338—75	1	1	1	13
	Ротор	5БГ.674.410	1	—	0,02	610
А-13-42-8	Катушка статора	5БС.524.066	72	7	72	25,86
	Клин пазовый	8БГ.194.032	144	72	144	0,5
	Стержень ротора	8БГ.540.130	58	3	6	0,86
	Стержень ротора	8БГ.540.240.06	28	1	3	1
	Кольцо короткозамыкающее	8БГ.548.130	2	0,3	0,3	20
	Подшипник 2326	ГОСТ 8328—75	1	1	1	24,5
	Подшипник 326	ГОСТ 8338—75	1	1	1	16
	Изолятор	5БГ.780.002	4	1	4	1,6
	Ротор	5БГ.674.397	1	—	0,02	639
АО2-21-49-16	Катушка статора	5БГ.524.397	216	10	216	41,56
	Клин пазовый	8БГ.783.385	432	216	432	0,5
	Вкладыш	5БС.263.016.01	1	—	1	350
	Вкладыш	5БС.263.016.02	1	—	1	350
	Стержень ротора	8БГ.548.245	180	9	9	5,2
	Ротор	5БГ.674.753	1	—	0,02	7900

Продолжение табл. 15.4

Тип электродвигателя	Наименование запасных частей	Обозначение заводского чертежа или № стандарта	Количество в электродвигателе, шт.	Нормы расхода по видам ремонта, шт.		Стоимость единицы изделия, руб.
				K_1	K_2	
АОВ2-14-41-4УЗ	Катушка статора	5БГ.524.370.3	60	6	60	31,58
	Клин пазовый	8БГ.783.398	120	60	120	0,5
	Изолятор	5БГ.780.002	4	1	4	1,6
	Стержень ротора	8БГ.540.205.01	23	1	2	2,7
	Стержень ротора	8БГ.540.205	47	2	4	2,7
	Кольцо короткозамыкающее	8БГ.548.226.1	2	0,3	0,3	23
	Подшипник 46330Л	ГОСТ 831—75	1	1	1	42
	Подшипник 2324	ГОСТ 8328—75	1	1	1	22
	Ротор	5БГ.674.757	1	—	0,02	1100

Единая система технологической документации (ЕСТД) содержит государственные стандарты, используемые при разработке технологической документации на ремонт электродвигателей и устанавливающие:

единые стадии разработки и виды технологической документации (ГОСТ 3.1102—81);

общие требования к технологической документации (ГОСТ 3.1102—81);

правила оформления документации общего назначения (ГОСТ 3.1104—81 и ГОСТ 3.1106—74);

правила оформления документов, применяемых при ремонте изделий (ГОСТ 3.1115—79)

ОСТ 34-38-445—78 устанавливает комплектность и обязательность применения форм технологических документов в зависимости от типа технологического процесса.

Технологические документы включают в себя графические и текстовые документы, которые отдельно или в совокупности определяют технологический процесс ремонта электродвигателя, контроль и перемещения сборочных единиц, комплектацию деталей, сборочных единиц, материалов, оснастки, технологических документов.

При разработке технологического процесса на ремонт электродвигателя по ГОСТ 3.1106—74 составляется ведомость технологических документов, в которую включаются (перечисляются) документы технологического процесса:

маршрутная карта (МК) (ГОСТ 3.1105—74, форма 2) — технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделий (включая контроль и перемещение, комплектацию деталей) по всем операциям различных видов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах в соответствии с установленными формами;

технологическая инструкция (ТИ) — технологический документ, содержащий описание приемов работы или технологических процессов изготовления или ремонта изделия, правил эксплуатации средств технологического оснащения, описание физических и химических явлений, возникающих при отдельных операциях. Составляется при необходимости;

ведомость оснастки (ВО) (ГОСТ 3.1105—74, форма 9) — технологический документ, содержащий перечень технологической оснастки, необходимой для выполнения данного технологического процесса (операции);

ведомость материалов (ВМ) (ГОСТ 3.1105—74, форма 10) — технологический документ, содержащий данные о заготовках, нормах расхода материалов, маршруте прохождения изготовляемого или ремонтируемого изделия и его составных частей;

карта технологического процесса дефектации (КТПД) (ГОСТ 3.1115—79, форма 5) — технологический документ, содержащий описание способов определения состояния оборудования перед ремонтом;

карта типового технологического процесса очистки (КТТПО) (ГОСТ 3.1115—79 форма 7) — технологический документ, содержащий описание способов очистки изделия перед ремонтом;

карта технологического процесса ремонта (КТПР) (ГОСТ 3.1115—79, форма 6) — технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия по всем операциям одного вида работ, выполняемых в одном цехе, в технологической последовательности с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных трудовых нормативах и технологических режимах.

Если технологический процесс полностью охватывает весь маршрут изготовления или ремонта данного изделия, то в этом случае КТП полностью заменяет МК и МК не разрабатывается.

ГСС включает в себя также государственные стандарты системы технического обслуживания и ремонта техники (СТОИРТ), которые устанавливают:

термины и определения основных понятий в области видов, методов и показателей технического обслуживания и ремонта изделий (ГОСТ 18322—78);

методы определения допустимого отклонения параметра технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса составных частей агрегатов машин (ГОСТ 21571—76);

порядок сбора и учета информации о ремонтопригодности технологичности при техническом обслуживании и ремонте изделий машиностроения (ГОСТ 20857—75).

общие требования к изделиям, сдаваемым в капитальный ремонт и выпускаемым из ремонта, а также порядок сдачи и выпуска изделий из ремонта (ГОСТ 19504—74);

порядок проведения работ по оценке качества отремонтированных изделий машиностроения, являющихся товарной продукцией предприятия (ГОСТ 20831—75);

общие правила и порядок обеспечения ремонтопригодности изделий всех отраслей промышленности, являющихся товарной продукцией предприятия (ГОСТ 20831—75);

общие правила и порядок обеспечения ремонтопригодности изделий всех отраслей промышленности, являющихся объектами технического обслуживания и ремонта, на всех стадиях их разработки (ГОСТ 23660—79).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алякритский И. П., Мандрыкин С. А.** Сушка электрических машин и трансформаторов. — М.: Энергия, 1974. — 72 с.

2. **Бажанов С. А., Воскресенский В. Ф.** Профилактические испытания изоляции оборудования высокого напряжения. — М.: Энергия, 1977. — 288 с.

3. **Справочник** монтажника тепловых электростанций: Технология монтажных работ/Под ред. В. П. Банника и Д. Я. Виницкого. 2-е изд. — М.: Энергоиздат, 1983. — 80 с.

4. **Технология** крупного электромашиностроения. Т. 3. Д. М. Блюменкранц. Крупные машины. 2-е изд. — Л.: Энергоиздат, 1981. — 304 с.

5. **Винников И. М.** Технология и расчеты при ремонте двигателей переменного тока. — М.: Энергия, 1970. — 224 с.

6. **Даучанскас А. Л., Белехин Л. В.** Применение термоусадочной ленты при ремонте электрических машин. — Энергетик, 1982, № 1, с. 15—16.

7. **Демидов Ю. В.** Установка для восстановления медной проволоки прямоугольного сечения. — Энергетик, 1979, № 8, с. 4—5.

8. **Жерве Г. К.** Промышленные испытания электрических машин. — Л.: Энергия, 1968. — 575 с.

9. **Кенжегулов Ж. К.** Электрическая печь элеваторного типа с водяным затвором. — Энергетик, 1977, № 3, с. 20—21.

10. **Иноземцев Е. К.** Ремонт мощных электродвигателей блочных электростанций. — М.: Энергия, 1975. — 104 с.

11. **Иноземцев Е. К.** Ремонт и эксплуатация электродвигателей с непосредственным охлаждением типа АВ-8000/6000УЗ. — М.: Энергия, 1980. — 112 с.

12. **Иноземцев Е. К.** Ремонтопригодность мощных электродвигателей блочных электростанций. — Электрические станции, 1980, № 1, с. 64—66.

13. **Иноземцев Е. К.** Планирование сроков замены изоляции обмоток статоров высоковольтных двигателей с учетом эксплуатационной надежности. — Промышленная энергетика, 1983, № 4, с. 8.

14. **Каминский М. Л.** Проверка и испытание электрических машин. — М.: Энергия, 1977. — 104 с.

15. **Каминский М. Л., Получанкин В. Г.** Монтаж электрических машин. — М.: Энергия, 1974. — 288 с.

16. **Коварский Е. М.** Ремонт электрических машин. — М. — Л.: Госэнергоиздат, 1960. — 263 с.

17. **Маршак Е. Л.** Ремонт и модернизация асинхронных двигателей. — М.: Энергия, 1970. — 280 с.

18. **Новиков М. П.** Основы технологии сборки машин и механизмов. 5-е изд. — М.: Машиностроение, 1980.

19. **Нормы** испытания электрооборудования. — М.: СПО ОРГРЭС, 1977. — 420 с.

20. **Нюрибег В.** Испытания электрических машин. — М.: Госэнергоиздат, 1959. — 336 с.

21. **Гидродинамический** способ очистки труб. — В кн.: Передовой опыт организации ремонтов оборудования электростанций. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1982. — 40 с.

22. **Преснов Ю. Л., Сушкова И. Т.** Новые электроизоляционные материалы для крепления лобовых частей статорных обмоток генераторов. — Электротехническая промышленность. Сер. Электрические материалы, 1974, вып. 3/44, с. 10—12.

23. **Слоним Н. М.** Испытания асинхронных электродвигателей при ремонте. — М.: Энергия, 1980. — 88 с.

24. **Сонин В. И.** Газотермическое напыление материалов в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1973. — 152 с.

25. **Соколов Р. И.** Ремонт крупных электродвигателей в условиях ТЭС и АЭС. — Электрические станции, 1980, № 2, с. 11.

26. **Соколов Р. И.** Ремонт электродвигателей атомных электростанций. — М.: Энергоиздат, 1982. — 104 с.

27. **Соколов Р. И.** Особенности ремонта электродвигателей с термореактивной изоляцией. — Электрические станции, 1983, № 3, с. 70.

28. **Соколов Р. И.** Модернизация асинхронных электродвигателей типа ДАЗО. — Энергетик, 1972, № 2, с. 28.

29. **Соколов Р. И.** Устранение попадания масла в электродвигатель типа ДАМСО. — Энергетик, 1973, № 3, с. 25.

30. **Соколов Р. И.** Централизованный ремонт электродвигателей. — Энергетик, 1975, № 3, с. 28.

31. **Композиционные** материалы для крепления лобовых частей статорных обмоток высоковольтных электрических машин/Н. А. Телешова, М. А. Голубенко, Э. И. Хофбауэр, В. Г. Огоньков, Е. Н. Ярошеня. — Электротехническая промышленность. Сер. Электротехнические материалы, 1981, вып. 9/134, с. 18—19.

32. **Уманцев Р. Б.** Конструкции и ремонт короткозамкнутых обмоток роторов крупных электродвигателей. — М.: Энергия, 1970. — 80 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Раздел первый. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 4

1.1. Классификация исполнений . . . 4
1.2. Особенности конструкции и способы охлаждения электродвигателей . . 5

Раздел второй. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 13

Раздел третий. ОБМОТОЧНО-РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 32

Раздел четвертый. СХЕМЫ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 103

Раздел пятый. РАЗБОРКА И СБОРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 135

5.1. Такелажные работы в условиях электростанций 135
5.2. Разборка электродвигателей . . . 136
5.3. Сборка электродвигателей . . . 137
5.4. Особенности разборки и сборки электродвигателей взрывозащищенного исполнения 139

Раздел шестой. РЕМОНТ СТАТОРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 139

6.1. Ремонт активной стали статора . 139
6.2. Ремонт обмотки статора . . . 142
6.3. Замена обмотки статора . . . 144
6.4. Изолировка катушек и стержней статора 151
6.5. Ремонт устройств теплового контроля 164
6.6. Ремонт обмотки статоров с термореактивной изоляцией 166

Раздел седьмой. РЕМОНТ РОТОРОВ . 168

7.1. Ремонт валов 168
7.2. Ремонт роторов с короткозамкнутой обмоткой 174
7.3. Ремонт роторов синхронных электродвигателей 178
7.4. Ремонт роторов электродвигателей с фазным ротором 179
7.5. Дефектоскопия и ремонт бандажных колец 180

Раздел восьмой. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 181

8.1. Условные обозначения и характеристики подшипников качения, применяемых в электродвигателях . . 181
8.2. Ремонт подшипниковых узлов с подшипниками качения 185
8.3. Ремонт и регулировка подшипников скольжения 183
8.4. Смазочные материалы для подшипников электродвигателей . . . 201

Раздел девятый. РЕМОНТ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ 202

9.1. Способы очистки систем охлаждения 202
9.2. Гидравлические испытания и ремонт масло- и воздухоохладителей . 203
9.3. Ремонт системы непосредственного водяного охлаждения электродвигателей типа АВ-8000/6000УЗ . 203
9.4. Ремонт вентиляторов-наездников . 204

Раздел десятый. МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 205

10.1. Реконструкция статоров . . . 205
10.2. Реконструкция роторов . . . 209
10.3. Реконструкция подшипниковых узлов 210
10.4. Модернизация системы охлаждения 211
10.5. Реконструкция возбудителей . . 212

Раздел одиннадцатый. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И СПЕЦИАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 213

11.1. Грузоподъемные средства, оборудование и приспособления для разборки и сборки электродвигателей 213
11.2. Приспособления для демонтажа и укладки обмотки статора . . 213

Раздел двенадцатый. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 219

12.1. Проводниковые материалы . . . 219
12.2. Электротехнические стали . . . 222
12.3. Лаки, эмали, компаунды и растворители 222

12.4. Волокнистые материалы . . . 223
12.5. Слюдяные, слюдинитовые и слюдопластовые материалы 233
12.6. Слоистые электроизоляционные материалы 246
12.7. Припои, флюсы, клеи 246

Раздел тринадцатый. ИСПЫТАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 246

13.1. Нормы испытаний 246
13.2. Общие методические указания по проведению испытаний и измерений 248
13.3. Способы сушки изоляции обмоток электродвигателей 251
13.4. Объем и нормы испытаний электродвигателей переменного тока при ремонтах обмоток и методические указания по испытаниям . . . 253
13.5. Тепловые эксплуатационные испытания электродвигателей . . . 256

Раздел четырнадцатый. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 259

14.1. Общие положения 259
14.2. Ремонт электродвигателей с выводом ротора 259
14.3. Такелажные работы 259
14.4. Покрасочные работы 259
14.5. Слесарные и сварочные работы . 260
14.6. Работы на приставных лестницах 260
14.7. Работы с компаундами . . . 261

Раздел пятнадцатый. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР) ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 262

15.1. Терминология системы технического обслуживания 262
15.2. Нормативно-технические документы по ремонту электродвигателей 264
Список литературы 270

СПРАВОЧНИК ПО РЕМОНТУ КРУПНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Редактор издательства *Л. В. Копейкина*
Художественные редакторы *В. А. Гозак-Хозак, Г. И. Панфилова*
Технический редактор *Н. П. Собакина*
Корректор *Г. А. Полонская*
ИБ № 735

Сдано в набор 19.04.85. Подписано в печать 12.08.85. Т-17950. Формат 70×108¹/₁₆. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 23,8. Усл. кр.-отт. 23,8. Уч.-изд. л. 30,94. Тираж 20 000 экз. Заказ № 187. Цена 2 р. 10 к.

Энергоатомиздат. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7