

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/10.12.2019.T.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МЕЛИҚЎЗИЕВ МИРКОМИЛ ВОХИДЖОН ЎҒЛИ

**ШАҲАРЛАР ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИ ПАРАМЕТРЛАРИНИ
ТАНЛАШ УСУЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.05.02 – Электротехника. Электр энергия станциялари, тизимлари. Электротехник
мажмуалар ва қурилмалар.**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора
философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Мелиқўзиев Миркомил Воҳиджон ўғли

Шаҳарлар электр таъминоти тизими параметрларини танлаш усуллари ва алгоритмларини такомиллаштириш..... 3

Мелиқузиев Миркомил Воҳиджон угли

Совершенство методов и алгоритмов выбора параметров систем электроснабжения городов..... 21

Melikuziev Mirkomil Voxidjon ugli

Improvement of methods and algorithms for selecting parameters of the city power supply system 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКАУНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/10.12.2019.T.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МЕЛИҚЎЗИЕВ МИРКОМИЛ ВОХИДЖОН ЎҒЛИ

**ШАҲАРЛАР ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИ ПАРАМЕТРЛАРИНИ
ТАНЛАШ УСУЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.05.02 – Электротехника. Электр энергия станциялари, тизимлари. Электротехник
мажмуалар ва қурилмалар.**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестациялаш комиссиясида В2020.3.PhD/T1829 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва "ZiyoNet" Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Таслимов Абдурахим Девқонович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Гайибов Тўлқин Шерназарович
техника фанлари доктори, профессор

Бердишев Абдурахим Сулайманович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Навоий давлат кончилиқ институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/10.12.2019.T.03.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил "1" декабр соат 13⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй. Тел./факс: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32, e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

Диссертацияси билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (174 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 227-03-41.

Диссертация автореферати 2020 йил "19" ноябр кuni тарқатилди.

(2020 йил "19" ноябр даги 11 рақамли реестр баённомаси).



Қ.Р.Аллаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор,
академик

О.Х.Ишназаров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, техника фанлари
доктори, катта илмий ходим

И.М.Ибадуллаев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда шаҳарлар электр таъминоти тизимини ривожлантиришга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, шаҳарлар электр таъминоти тизими ва тақсимловчи электр тармоқлари элементларини лойиҳалаш ва танлаш усулларини такомиллаштириш катта аҳамиятга эга. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларнинг электр таъминоти тизимларида технологик исрофларни камайтириш масалалари, электр энергияси истеъмолининг сезиларли ўсишида электр таъминоти тизимининг ишончилигини таъминлаш, ресурсларни тежовчи технологияларни жорий этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда¹. Шу билан бирга, шаҳар электр таъминоти тизимини лойиҳалаш, реконструкция ва модернизация қилиш, ишлатишда оптимал параметрларни қўллаш орқали тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал конфигурациясини тузиш ҳамда уларга сарфланадиган умумий харажатларни қисқартириш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Жаҳонда кўплаб хорижий давлатларнинг энергетика стратегиясига мувофиқ, электр тармоқларини ривожлантириш, мавжуд электр тармоқлари объектларини лойиҳалаштириш ва қуриш, модернизация ва реконструкция қилишга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, халқаро стандартларга жавоб берадиган электр тармоқларини лойиҳалаш ва қуришнинг замонавий тамойилларини акс эттирувчи фан-техника ечимларини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар устувор ҳисобланади. Шу билан бирга, шаҳар электр таъминот тизимини оптимал қуриш учун лойиҳалаш жараёнини автоматлаштириш ва умумий харажатларни сезиларли даражада қисқартириш ҳамда электр тармоқларида электр энергияси исрофларини камайтиришни таъминлайдиган параметрларни танлаш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикамизда иқтисодиётнинг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланган электр энергетика тизимини жадал ривожлантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу эса электр тармоқларининг асосий параметрларини танлашда замонавий ёндашувдан фойдаланишга алоҳида аҳамият касб этади. Электр таъминоти тизимларининг асосий қисми бўлган тақсимловчи электр тармоқларини оптимал лойиҳалаш ва қуриш усулларини қўллаш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегиясида, жумладан, « ... иқтисодиётнинг энергия ва ресурс сифимдорлигини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежовчи технологияларни кенг татбиқ этиш, ишлаб чиқариш унумдорлигини ошириш ... »² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал параметрларини аниқлаш учун назарий ва илмий тадқиқотлар ўтказиш ҳамда тақсимловчи

¹ www.sciencedirect.com, www.scopus.com, www.literature.rockwellautomation.com

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги Фармони

электр тармоқларининг параметрларини лойиҳалаш ва уларни амалга ошириш бўйича тегишли тавсиялар ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016 йил 23 ноябрдаги ПҚ-2661–сон “2017 — 2021 йилларда паст кучланишли электр тармоқларини янада модернизация қилиш ва янгилаш дастури тўғрисида” ги Қарори, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракат стратегияси тўғрисида” ги Фармони, 2018 йил 23 октябрдаги ПҚ-3981-сон “Электр энергетикаси тармоғини жадал ривожлантириш ва молиявий барқарорлигини таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида” ги Қарорларни ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация иши қисман хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республикада фан ва технологияларни ривожлантириш устивор йўналишларига мослиги. Ушбу тадқиқот Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия-ресурс тежамкорлиги» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда шаҳарлар электр таъминоти тизимида электр энергия самарадорлигини ошириш ва ундан оқилона фойдаланиш, электр таъминоти тизимларида умумий харажатларни қисқартириш бўйича йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан California Institute of Technology (АҚШ), University of Michigan (АҚШ), Universitat der Bunderwehr Hambur (Германия), Dresden University of Technology (Германия), Познан политехника университети (Польша), Миллий тадқиқот университети (Россия), Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университети (Россия), К.Д.Памфилова номидаги коммунал хўжалиги Академияси (Россия), «ГИПРОКОММУНЭНЕРГО» (Россия), Харьков коммунал қурилиши институти (Украина), мамлакатимизда Тошкент давлат техника университети ва “O’ZENERGOINGINIRING” АЖ (Ўзбекистон) ҳамда бошқаларда кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Электр энергетика тизимлари, шаҳарлар, саноат корхоналари ва қишлоқ хўжалиги электр таъминоти тизимлари элементларининг параметрларини танлаш каби йўналишда илмий тадқиқотлар масалалари ва муаммолари бир қатор чет эл олимлари, жумладан И.С.Бессмертный, М.Д.Каменский, Y.Y.Yang, В.Г.Сербиновский, В.М.Холмский, В.А.Козлов, В.Д.Лордкипанидзе, В.А.Веников, К.С.Hindi, L.Lopis, И.М.Маркович, Ю.Н.Астахов, В.А.Строев, А.А.Глазунов, Э.Н.Зуев, Б.И.Кудрин, Т.Б.Лещинская, Д.Д.Карасев, И.Г.Гордиевский, В.И.Свешников, А.Н.Киселев, С.А.Гордин, С.Н.Ефентьев, Р.В.Солопов ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган.

Республикаимизда энергетика ва электр таъминоти тизимлари элементларини лойиҳалаш ва уларнинг параметрларини танлаш усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш масалаларига йўналтирилган илмий-

амалий тадқиқотларга қўйидаги олимлар Х.Ф.Фазилов, Т.Х.Насиров, Қ.Р.Аллаев, Т.Ш.Гайибов, Р.А.Ситдиқов, А.Д.Гаслимов ва бошқалар бу соҳада турли йилларда ўз тадқиқотларида ушбу масалаларни ҳал қилишга катта ҳисса қўшганлар ва ижобий натижаларга эришилган. Ушбу тадқиқотларнинг аксарияти энергетика тизими ҳолат параметрларини оптимал танлаш усулларини такомиллаштириш билан боғлиқ.

Сезиларли муваффақиятларга қарамай, мавжуд тадқиқот усулларининг камчилиги шаҳарлар электр таъминоти тизими тармоқларининг параметрларини чегараланишларни ҳисобга олиб танлаш асосида тизимни оптимал лойиҳалаш ва қуриш бўйича имкониятларни етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда шаҳарлар электр таъминоти тизими параметрларини танлаш усуллари ва алгоритмларини такомиллаштириш масалалари атрофлича кўриб чиқилиб, унинг ечимлари таклиф этилган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация иши бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети “Электр таъминоти” кафедрасининг илмий-тадқиқот ишлари режасидаги “Саноат корхоналари ва шаҳарларнинг электр таъминоти тизимида электр энергиядан оқилона фойдаланиш, электр таъминоти тизимларини оптималлаштиришнинг янги усулларини ишлаб чиқиш” мавзуси ва № 21/16 рақамли “0,4-6-10 кВ кучланишли электр тармоқларида электр энергия исрофлари таҳлили” (2016-2017 й.й.) мавзусидаги илмий тадқиқот иши доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади шаҳарлар электр таъминоти тизимининг оптимал параметрларини танлаш, уларнинг ўзгариш қонуниятларини ўрганиш ва танланган параметрлар асосида шаҳарлар электр таъминоти тизими оптимал конфигурациясини қуриш алгоритминини ишлаб чиқиш ва амалиётга тадқиқ қилишдан иборат.

Тадқиқот иши вазифалари:

шаҳар электр таъминоти тизими тармоқлари параметрларининг ҳолати таҳлили асосида ушбу тармоқларнинг тизимли моделини ишлаб чиқиш;

шаҳар электр таъминоти тизими тармоқларини умумий харажатлари ва техник чегараланишларининг математик ифодаларини ишлаб чиқиш;

шаҳар электр таъминоти тизими тармоқларининг параметрларини чегараланишларга ва бирламчи маълумотларга ўзгаришини таҳлил қилиш;

шаҳар электр таъминоти тизими тармоқларининг параметрларини оптимал қийматлари бўйича илмий асосланган тавсиялар бериш;

шаҳар электр таъминоти тизими оптимал параметрларини ҳисобга олган ҳолда уларнинг оптимал конфигурацияси алгоритминини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти сифатида шаҳар электр таъминоти тизимининг 0,38 ва 10 кВ ли тақсимловчи электр тармоқлари олинган.

Тадқиқот предмети шаҳар электр таъминоти тизими тармоқларини лойиҳалашда, қуришда, янгилашда ва ишлатишда қўлланиладиган оптимал параметрлар ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида моделлаштириш усуллари, классик оптималлаштириш усуллари, энг кичик квадратлар усули, мезонли таҳлил ва дастурлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

шаҳарлар электр таъминоти тизими элементларининг параметрларини танлаш имконини берувчи умумий харажатлар ҳамда техник чегараланишларнинг математик ифодалари ишлаб чиқилган;

электр юклама зичлигининг қиймати кенг ораликда ўзгарганда шаҳар тақсимловчи электр тармоқлари кабелларини ягона кесим юзаси билан қуриш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқлиги исботланган;

шаҳарлар электр таъминоти тизими параметрларини оптималлаштириш асосида трансформатор подстанциясининг оптимал қуввати ва кабел линиясининг узунлигини электр юклама зичлигига боғлиқ ҳолда аниқлаш имконини берувчи математик ифодалари таклиф этилган ҳамда параметрларнинг оптимал қийматлари бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган;

шаҳарлар электр таъминоти тизимининг танланган параметрларини ҳисобга олувчи унинг оптимал конфигурациясини қуриш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

шаҳар тақсимловчи электр тармоғининг оптимал конфигурациясини аниқлашнинг қоидалари аниқланган;

тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал параметрларини шакллантириш қонуниятларини ўрганиш имконини берувчи умумий харажатларнинг математик ифодалари ишлаб чиқилган;

танланган параметрларга эга бўлган тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал конфигурациясини қуриш алгоритми ва дастури ишлаб чиқилган;

электр юклама зичлиги ва шаҳарлар тақсимловчи электр тармоқ схемаларига қараб, электр энергия исрофларини сезиларли даражада камайтириш имконини берувчи электр тармоқлари параметрларининг оптимал қийматлари таклиф этилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги оптималлаштириш усуллари (мезонли таҳлил ва дастурлаш) ни амалда қўллаш, тақсимловчи электр тармоқларини моделлаштириш, оптимал параметрларини танлаш тадқиқотлари ва уларнинг амалиётга жорий этилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, танланган параметрлар ва умумий харажатларнинг математик ифодалари, тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал конфигурациясини тузиш ва ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш билан тавсифланади. Бу эса замонавий оптималлаштириш усуллари ёрдамида чегараланишларни ҳисобга олган ҳолда тақсимловчи электр тармоқлари параметрларини илмий жиҳатдан аниқлашга имкон беради.

Оптимал параметр қийматларидан фойдаланиб ишлаб чиқилган усул ва тавсияларнинг амалий аҳамияти, уларнинг 0,38-10 кВ тақсимловчи электр

тармоқларини лойиҳалаш, қуриш, модернизациялаш ва уларни ишлатишда фойдаланишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Шаҳарлар электр таъминоти тизими тармоқларининг оптимал параметрлари ва конфигурациясини аниқлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Тошкент шаҳри ва вилоятида паст кучланишли электр тармоқларини лойиҳалашда оптимал параметрлар “Ўзэнергоинжиниринг” АЖ да жорий этилган («Ўзбекистон миллий электр тармоқлари» АЖ нинг 2020 йил 25 сентябрдаги №01-04-07/3397 сонли маълумотномаси). Натижада йилига 115050000 сўмлик иқтисодий самарадорликни олиш имконини берган;

оптимал параметрларнинг қийматлари бўйича тавсиялар Тошкент шаҳридаги мавжуд электр тармоқларини янгилашда ва қайта қуришда “Ўзэнергоинжиниринг” АЖ да жорий этилган («Ўзбекистон миллий электр тармоқлари» АЖ нинг 2020 йил 25 сентябрдаги №01-04-07/3397 сонли маълумотномаси). Натижада тавсия этилган тармоқ параметрларидан фойдаланиш белгиланган ҳудуд учун электр энергиясининг йиллик исрофини 390000 кВт·соатга камайтириш имконини берган;

танланган параметрларга эга бўлган тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал конфигурациясини қуриш дастури “Ўзэнергоинжиниринг” АЖ да жорий этилган («Ўзбекистон миллий электр тармоқлари» АЖ нинг 2020 йил 25 сентябрдаги №01-04-07/3397 сонли маълумотномаси). Натижада 0,38 кВ ли тақсимловчи электр тармоқ кабел линиясининг умумий узунлиги 15 км (13%) га қисқарган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 17 та илмий иш чоп этилган. Диссертация ишининг асосий илмий натижалари Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссияси томонидан тавсия этилган маҳаллий журналларда 2 та, хорижий журналларда 2 та мақола, Scopus маълумотлар баъзасига кирган журналларда 1 та ва конференцияларда 3 та мақолалар чоп этилган, шу билан бирга 4 та ЭҲМ учун дастурга гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, эълон қилинган ишлар рўйхати, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 114 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларнинг тараққиётини устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган шунингдек, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот

натижалари амалиётга жорий қилинган, чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи **“Шаҳар электр таъминоти тизимини лойиҳалаш ва оптимал куриш масалаларининг умумий ҳолати”** деб номланган бобида, шаҳар электр таъминоти(ШЭТ) тизимининг замонавий ҳолати таҳлили, ШЭТ тизимини оптимал лойиҳалашнинг умумий масаласи, шаҳар тақсимловчи электр тармоғини куриш параметрлари ва схемаларини оптималлаштириш таҳлили, ШЭТ тизими тармоқларининг оптимал конфигурациясини аниқлашнинг қоидалари тўғрисидаги маълумотлар келтирилган. ШЭТ тизими оптимал параметрларини танлаш муаммосига, жумладан кабел линияларнинг стандарт кесим юзалари қиймати ва сони, трансформатор подстанция (ТП) кувватини танлашга бағишланган илмий ишлар таҳлили келтирилган.

Олдиндан танланган оптимал параметрлар билан ШЭТ тизими тармоқларининг оптимал конфигурациясини куриш кетма-кетлиги таклиф этилган: оптимал кувватли ҳар бир ТП дан таъминланадиган гуруҳ истеъмолчиларини ажратиш ва ТП (ҳар бир гуруҳ электр юкламалар марказлари) ўрнини аниқлаш; ҳар бир ТП оралиғида 1000 В гача бўлган тармоқни куриш (ҳар бир чиқувчи линия орқали таъминланадиган юкламаларнинг кичик гуруҳларга ажратиш билан 1000 В гача оптимал ўтказувчанлик қобилияти ва ҳар бир линия конфигурациясини куриш); дастлабки гуруҳлаш шартларини ўзгартириш ҳамда ТП жойлари ва 1000 В гача бўлган тармоқ конфигурациясини аниқлаш; оптимал ўтказувчанлик қобилиятига эга бўлган ўрта кучланиш тармоғининг ҳар бир тақсимловчи линиясидан таъминланадиган ТП гуруҳларини ажратиш ва ҳар бир линия конфигурациясини куриш; гуруҳлашни дастлабки нуктасининг бошланғич шартларини ўзгартириш ва умумий узунликнинг минимумига жавоб берадиган ўрта кучланиш тармоғининг конфигурациясини аниқлаш.

Диссертациянинг **“Шаҳар электр таъминоти тизими тармоқларининг математик ифодалари”** деб номланган иккинчи боби шаҳар тақсимловчи электр тармоқларига сарфланадиган умумий харажатлар, тақсимловчи электр тармоқ параметрларига қўйиладиган техник чегараланишларнинг математик ифодаларини ишлаб чиқишга бағишланган.

Бир таъминлаш манбаси(ТМ) доирасидаги ўрта кучланишли (ЎК) ва паст кучланишли (ПК) линиялар, ТПларга сарфланадиган харажатлар ҳамда техник чегараланишларнинг математик ифодалари энг кичик квадратлар усули ёрдамида шакллантирилган.

ШЭТ тизими топологик моделлари таҳлилинини умумлаштириш асосида шаҳар электр таъминоти тизими линияларининг умумий узунлигини танланган оптимал параметрлар билан аниқлаш ифодаси таклиф қилинган.

Кўрилаётган ҳудуд доирасида 1000 В гача(ПК) бўлган тармоқларнинг умумий харажатларининг математик ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Z_{\Sigma ПК} = A_1 \cdot S_{ТП}^{1,42} \cdot M_{ПК}^{-1,17} \cdot F_{ПК}^{-1} + A_2 \cdot S_{ТП}^{-0,25} \cdot M_{ПК}^{0,5} + A_3 \cdot S_{ТП}^{-0,25} \cdot M_{ПК}^{0,5} \cdot F_{ПК}, \quad (1)$$

Кўрлаётган ҳудуд доирасида трансформатор подстанциясининг умумий харажатларининг математик ифодаси қуйидагича бўлади:

$$Z_{\Sigma TP} = A_4 \cdot S_{TP}^{-1} + A_0, \quad (2)$$

Кўрилаётган ҳудуд доирасида ўрта кучланишли(ЎК) тармоқларнинг умумий харажатларининг математик ифодаси қуйидагича бўлади:

$$Z_{\Sigma \check{Y}K} = A_5 \cdot M_{\check{Y}K}^{0,5} \cdot S_{TP}^{-0,25} + A_6 \cdot M_{\check{Y}K}^{0,5} \cdot S_{TP}^{-0,25} \cdot F_{\check{Y}K} + A_7 \cdot S_{TP}^{1/12} \cdot F_{\check{Y}K}^{-1}, \quad (3)$$

бунда A_0, \dots, A_7 – ЎК ва ПК тармоқ, ТП учун тегишли бўлган умумлаштирилган коэффициентлар; $F_{\check{Y}K}$, $F_{ПК}$ – ЎК ва ПК тармоқ кабел линияларининг кесим юзалари, мм²; $M_{\check{Y}K}$, $M_{ПК}$ – бир ТМ дан ва бир ТП дан чиқувчи ЎК ва ПК тармоқ кабел линиялари сони; S_{TP} – ТП нинг қуввати, кВА; σ – ТП шинасига келтирилган электр юклама зичлиги, мВА/км².

Асосий техник чегараланишлар, жумладан ЎК ва ПК тармоқ кабелларини қизиши бўйича, ушбу тармоқларда рухсат этилган кучланиш йўқотилиши бўйича ва ўрта кучланиш тармоқларда кабелларнинг термик бардошлилиги билан аниқланадиган қисқа туташув токиннинг рухсат этилган қиймати бўйича чегараланишларнинг математик ифодалари қуйидаги ифодалар билан аниқланади:

– Ўрта кучланишли тармоқлар учун

$$\left. \begin{aligned} A_{\text{чез.3}} M_{\check{Y}K}^{-1} \cdot F_{\check{Y}K}^{-0,6} &\leq 1 \\ A_{\text{чез.4}} \cdot S_{TP}^{-0,03} \cdot M_{\check{Y}K}^{-1,28} \cdot F_{\check{Y}K}^{-1} &\leq 1 \\ A_{\text{чез.5}} \cdot F_{\check{Y}K}^{-1} &\leq 1 \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

– Паст кучланишли тармоқлар учун

$$\left. \begin{aligned} A_{\text{чез.1}} \cdot S_{TP} \cdot M_{ПК}^{-1} \cdot F_{ПК}^{-0,55} &\leq 1 \\ A_{\text{чез.2}} \cdot S_{TP}^{1,53} \cdot M_{ПК}^{-1,28} \cdot F_{ПК}^{-1} &\leq 1 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

бунда $A_{\text{чез.1}}, \dots, A_{\text{чез.5}}$ – ПК ва ЎК тармоқлар учун дастлабки маълумотларни ўз ичига олувчи чегараланишлардаги умумлаштирилган коэффициентлар.

Диссертациянинг “**Шаҳар электр таъминоти тизими параметрларини оптималлаштириш**” деб номланган учинчи бобида тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал параметрларини техник чегараланишларни ҳисобга олиб ва олмасдан аниқлаш, тармоқ параметрларини оптимал қийматлардан четга чиқиши таҳлили ва уларнинг қийматлари бўйича тавсиялар келтирилган.

Мезонли таҳлил усули ёрдамида оптималлаштиришнинг қуйидаги асосий вазифалари ечилади: оптималлаштирилаётган параметрларнинг иқтисодий мақсадга мувофиқ қийматларини аниқлаш; умумий харажатларнинг тенг иқтисодий зоналарини тармоқ параметрларининг

иктисодий кийматлардан оғишида ва умумлаштирилган коэффициентларнинг (дастлабки маълумотлар хатолигининг таъсири) ўзгаришига параметрларнинг сезгирлигини тадқиқ қилиш.

Шаҳар тақсимловчи электр тармоқларининг тўлиқ техник иқтисодий модели 1000 В гача ва ўрта кучланишли тармоқлар ҳамда ТП ларнинг умумий харажатларини ўз ичига олади. Барча чегараланишларни ҳисобга олган ҳолда умумий харажатларнинг мақсадли функциясини оптималлаштириш мураккаб ва фақат сонли усуллар ёрдамида компютерлардан фойдаланиб ечиш мумкин. Мураккаб кўппараметрли масалаларни сонли усуллар ёрдамида ечишда оптимал параметрларнинг ўзгариш қонуниятларини аниқлаш мураккаб. Шу билан бирга, техник-иктисодий моделларни оддий аналитик усуллар ёрдамида дастлабки таҳлил қилиш, айрим ҳолларда оптимал параметрларни аниқлаш имконини беради. Бундан ташқари, ушбу таҳлил қабул қилинган моделларнинг реал тармоқларга мувофиқлиги даражасини баҳолаш ва моделларга ўзгартириш киритиш имконини беради.

ПК, ТП ва ЎК ли тармоқлар харажатларидан иборат тақсимловчи тармоқнинг умумий харажатларининг Z_{Σ} мақсадли функцияси ташкил этади:

$$Z_{\Sigma} = Z_{ПК\Sigma} + Z_{ТП\Sigma} + Z_{\check{Y}К\Sigma} = A_1 \cdot S_{ТП}^{17/12} \cdot M_{ПК}^{-7/6} \cdot F_{ПК}^{-1} + A_2 \cdot S_{ТП}^{-1/4} \cdot M_{ПК}^{1/2} + A_3 \cdot S_{ТП}^{-1/4} \cdot M_{ПК}^{1/2} \cdot F_{ПК} + A_4 \cdot S_{ТП}^{-1} + A_5 \cdot M_{\check{Y}К}^{1/2} \cdot S_{ТП}^{-1/4} + A_6 \cdot M_{\check{Y}К}^{1/2} \cdot S_{ТП}^{-1/4} \cdot F_{\check{Y}К} + A_7 \cdot M_{\check{Y}К}^{-7/6} \cdot F_{\check{Y}К}^{-1} \cdot S_{ТП}^{1/2} + A_0, \quad (6)$$

Минимал нуқта учун $F_{ПК}$, $M_{ПК}$, $F_{\check{Y}К}$, $M_{\check{Y}К}$ ва $S_{ТП}$ параметрлар бўйича (6) функциянинг хусусий ҳосилаларини нолга тенглаб, қуйидагиларни оламиз:

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial F_{ПК}} = 0, \quad -A_1 \cdot S_{ТП}^{17/12} \cdot M_{ПК}^{-7/6} \cdot F_{ПК}^{-2} + A_3 \cdot S_{ТП}^{-1/4} \cdot M_{ПК}^{1/2} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial M_{ПК}} = 0, \quad \frac{-7}{6} \cdot A_1 \cdot S_{ТП}^{17/12} \cdot M_{ПК}^{-13/6} \cdot F_{ПК}^{-1} + \frac{1}{2} \cdot A_2 \cdot S_{ТП}^{-1/4} \cdot M_{ПК}^{-1/2} + \frac{1}{2} \cdot A_3 \cdot S_{ТП}^{-1/4} \cdot M_{ПК}^{-1/2} \cdot F_{ПК} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial F_{\check{Y}К}} = 0, \quad -A_7 \cdot M_{\check{Y}К}^{-7/6} \cdot S_{ТП}^{1/2} \cdot F_{\check{Y}К}^{-2} + A_6 \cdot M_{\check{Y}К}^{1/2} \cdot S_{ТП}^{-1/4} = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial M_{\check{Y}К}} = 0, \quad \frac{1}{2} \cdot A_5 \cdot M_{\check{Y}К}^{-1/2} \cdot S_{ТП}^{-1/4} + \frac{1}{2} \cdot A_6 \cdot M_{\check{Y}К}^{-1/2} \cdot S_{ТП}^{-1/4} \cdot F_{\check{Y}К} - \frac{7}{6} \cdot A_7 \cdot M_{\check{Y}К}^{-13/6} \cdot F_{\check{Y}К} \cdot S_{ТП}^{1/2} = 0, \quad (10)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial S_{ТП}} = 0, \quad \frac{17}{12} \cdot A_1 \cdot S_{ТП}^{5/12} \cdot M_{ПК}^{-7/6} \cdot F_{ПК}^{-1} - \frac{1}{4} \cdot A_2 \cdot S_{ТП}^{-5/4} \cdot M_{ПК}^{-1/2} - \frac{1}{4} \cdot A_3 \cdot S_{ТП}^{-5/4} \cdot M_{ПК}^{1/2} \cdot F_{ПК} - A_4 \cdot S_{ТП}^{-2} - \frac{1}{4} \cdot A_5 \cdot M_{\check{Y}К}^{1/2} \cdot S_{ТП}^{-5/4} - \frac{1}{4} \cdot A_6 \cdot M_{\check{Y}К}^{1/2} \cdot S_{ТП}^{-5/4} \cdot F_{\check{Y}К} + \frac{1}{12} \cdot A_7 \cdot S_{ТП}^{-11/12} \cdot M_{\check{Y}К}^{-7/6} \cdot F_{\check{Y}К}^{-1} = 0, \quad (11)$$

Олинган тенгламалардан қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$F_{ПК}^o = \frac{A_1^{1/2}}{A_3^{1/2}} \cdot \left(\frac{S_{ТП}^o}{M_{ПК}^o} \right)^{5/6} = \frac{3}{4} \cdot \frac{C_2}{C_3} = \frac{3}{4} \cdot \frac{K_{ПКo}}{K_{ПКF}}, \quad (12)$$

$$\frac{S_{ТП}^o}{M_{ПК}^o} = \left(\frac{3 \cdot A_2}{4 \cdot A_1^{1/2} \cdot A_3^{1/2}} \right)^{6/5}, \quad (13)$$

$$F_{\check{Y}K}^o = \frac{A_7^{1/2}}{A_6^{1/2}} \cdot \frac{S_{\text{ТП}}^{o1/6}}{M_{\check{Y}K}^{o5/6}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{A_5}{A_6} = \frac{3}{4} \cdot \frac{K_{\check{Y}K\sigma}}{K_{\check{Y}KF}}, \quad (14)$$

$$\left(\frac{S_{\text{ТП}}^o}{M_{\text{ПК}}^{o5}}\right)^{1/6} = \frac{3 \cdot A_5}{4 \cdot A_6^{1/2} \cdot A_7^{1/2}}, \quad (15)$$

$$A_{\text{ПК}} \cdot S_{\text{ТП}}^{5/4} - A_{\check{Y}K} \cdot S_{\text{ТП}}^{17/20} - A_T = 0, \quad (16)$$

$$\begin{aligned} A_{\text{ПК}} &= 0,74 \cdot (A_1 \cdot A_3)^{0,3} \cdot A_2^{0,4} \\ A_{\check{Y}K} &= 0,45 \cdot (A_6 \cdot A_7)^{0,7} \cdot A_5^{0,4}, \\ A_T &= A_4 \end{aligned} \quad (17)$$

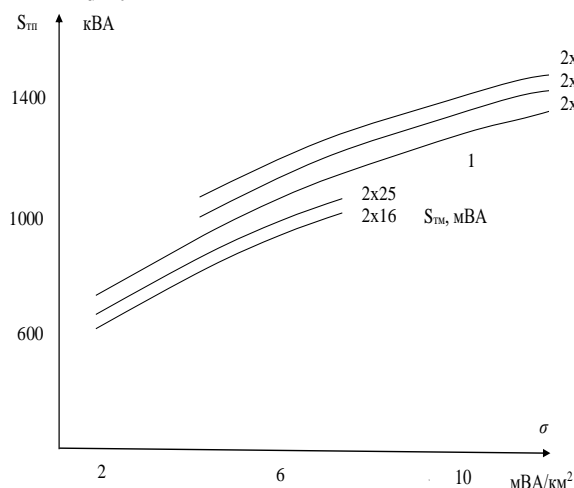
Қабул қилинган дастлабки маълумотларда таъминлаш манбаининг куввати $S_{\text{ТМ}} = 56$ (2x40) мВА га тенг бўлганда бир трансформаторли ТП тармоқларнинг сиртмоқ схемаси учун тақсимловчи электр тармоғининг оптимал параметрлари қийматлари 1 – жадвалда келтирилган. Оптимал параметрлар қийматларини электр юкламаларининг зичлигига боғлиқлиги 1, 2, 3 – расмларда кўрсатилган.

1 – жадвал.

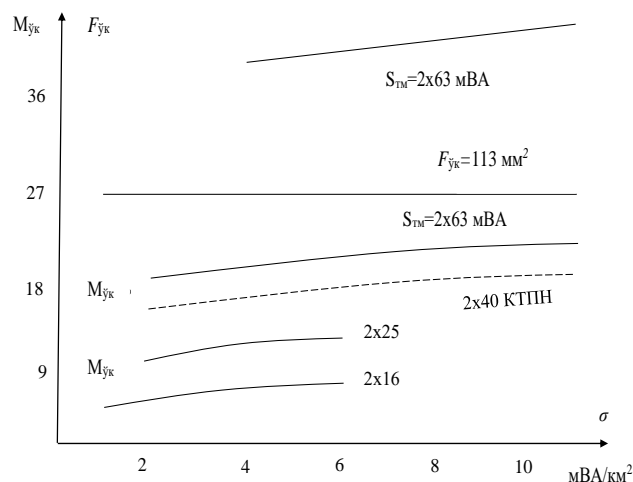
Шаҳар тақсимловчи тармоғининг оптимал параметрлари (6-ифода). Бир трансформаторли ТП сиртмоқ схемали тармоқ, $S_{\text{ТМ}} = 56(2x40)$ мВА.

σ , мВА/км ²	2	4	8	12
$S_{\text{ТП}}$, кВА	317	452	579	655
$M_{\text{ПК}}$	5,4	8,9	14,5	19,3
$F_{\text{ПК}}^o$, мм ²	104	104	104	104
$M_{\check{Y}K}$	18	19,4	20,8	21,7
$F_{\check{Y}K}^o$, мм ²	113	113	113	113
$l_{\text{ПК}}$, км	1,919	1,907	1,657	1,481
$l_{\check{Y}K}$, км	18,356	10,644	5,768	3,706

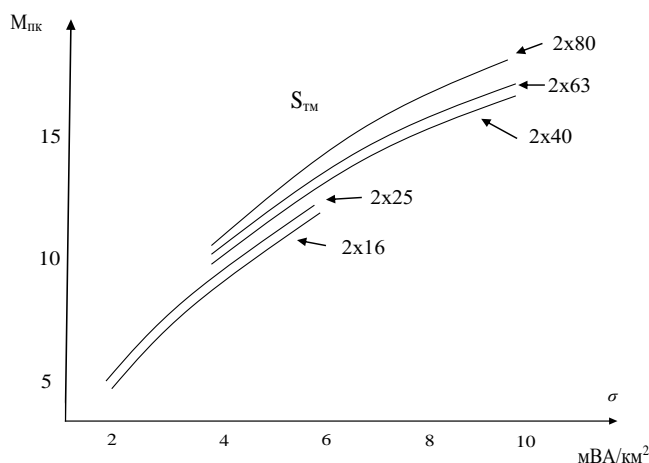
Натижаларнинг таҳлили, юклама зичлиги кенг оралиқда ўзгарганда, 1000 В гача ва ўрта кучланишли шаҳар тақсимловчи тармоқларини битта кабел кесим юзаси билан қуриш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқлигини кўрсатди. Бунда, турли юклама зичликларидagi худудларда ушбу тармоқларни ТП ($M_{\text{ПК}}$) ва ТМ ($M_{\check{Y}K}$) дан чиқувчи линияларнинг турли оптимал сони билан амалга ошириш керак.



1-расм. ТП оптимал қуввати қийматларининг электр юклама зичлигига боғлиқликлари (бир трансформаторли ТП).



2-расм. 10 кВ ли таксимловчи тармоқ оптимал кесим юза қийматлари ва чиқувчи линиялар сонининг электр юклама зичлигига боғлиқлиги.



3-расм. 1000 В гача бўлган тармоқ оптимал параметрларининг электр юклама зичлигига боғлиқлиги (бир трансформаторли ТП сиртмоқ схемаси).

ТП нинг оптимал қуввати учун соддалаштирилган аналитик ифода олиш учун функция (16) Тейлор қаторига ёйилади. Бунда қабул қилинган соддалаштиришни ҳисобга олган ҳолда қуйидаги ифодани олиш мумкин:

$$S_{III}^o = \left(\frac{A_T}{A_{ПК}}\right)^{0,8} + 0,9 \cdot \frac{A_T^{0,48} \cdot A_{yc}}{A_{ПК}^{1,48}}, \quad (18)$$

(18) ифода ёрдамида S_{III} ни ҳисоблаш натижалари 2-жадвалда келтирилган ва улар (16) тенгламани сонли ечимидан олинган натижаларга мос келади.

(17) ва (18) га мувофиқ, $A_{ПК}$, A_{yc} , ва A_T коэффициентларини ҳисобга олиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$S_{III}^o = \frac{1,27 \cdot C_4^{0,8} \cdot \sigma^{0,52}}{(C_1 \cdot C_3)^{0,24} \cdot C_2^{0,32}} + \frac{0,6 \cdot C_4^{0,48} \cdot C_5^{0,4} \cdot (C_6 \cdot C_7)^{0,3} \cdot S_{TM}^{0,25} \cdot \sigma^{0,462}}{(C_1 \cdot C_3)^{0,444} \cdot C_2^{0,592}}, \quad (19)$$

Манбадан чикувчи линиялар сонининг оптимал қийматларини (13) ва (15) ифодалардан куйидагича ифодалаш мумкин:

$$M_{ПК}^o = 1,41 \cdot \frac{A_1^{0,6} \cdot A_3^{0,6}}{A_2^{1,2}} \cdot S_{ПТ}^o = 1,41 \cdot \frac{(C_1 \cdot C_3)^{0,6}}{C_2^{1,2}} \cdot \sigma^{0,2} \cdot S_{ПТ}^o, \quad (20)$$

$$M_{ЎК}^o = 1,33 \cdot \frac{(A_6 \cdot A_7)^{0,6}}{A_5^{1,2}} \cdot (S_{ПТ}^o)^{0,2} \cdot S_{ТМ} = 1,33 \cdot \frac{(C_6 \cdot C_7)^{0,6}}{C_5^{1,2}} \cdot (S_{ПТ}^o)^{0,2} \cdot S_{ТМ}, \quad (21)$$

(19) ифодадан кўриниб турибдики, ТП дан чикувчи 1000 В гача бўлган линиялар сонининг оптимал қиймати ТП қувватининг оптимал қийматига караганда юклама зичлигига кўпроқ боғлиқ бўлади. Юклама зичлиги ортиб бориши билан $M_{ПК}$ нинг оптимал қиймати, $S_{ПТ}$ қийматидан тезроқ ортади.

Соддалаштирилган (18), (20) ва (21) ифодалар бўйича оптимал параметрларни ҳисоблаш натижалари 2-жадвалда келтирилган.

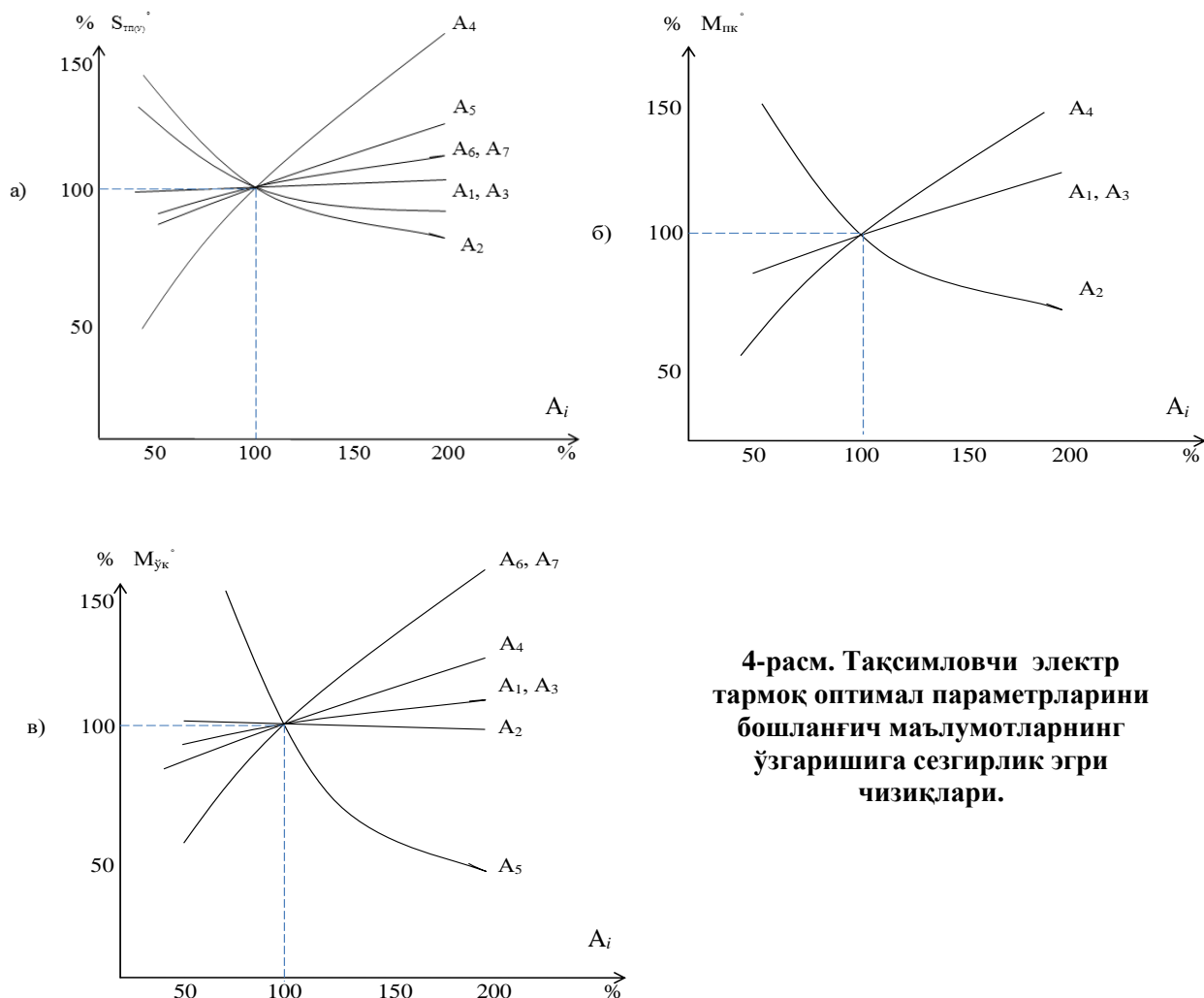
2-жадвал

$S_{ТМ}$, мВА		2x40 (сиртмоқ схемалар)				2x40 (икки магистралли схемалар)			
σ , мВА/км ²		2	4	8	12	8	16	24	32
$S_{ПТ}$, кВА	Аналитик ифода бўйича	320	454	580	658	1009	1435	1763	2041
	Сонли ифода бўйича	317	452	579	655	1000	1429	1757	2035
$M_{ПК}$		2,7	4,4	7,2	9,5	7,8	12,8	17,0	20,9
$M_{ЎК}$		15,7	16,9	18,0	18,9	11,0	12,0	12,5	12,8
$F_{ПК}$, мм ²		104	104	104	104	90	90	90	90
$F_{ЎК}$, мм ²		113	113	113	113	94	94	94	94
$l_{ПК}$, км		1,078	1,041	1,872	1,741	1,069	1,052	1,036	1,03
$l_{ЎК}$, км		18,762	11,585	7,013	5,116	6,389	4,321	3,419	2,891

Демак, электр юклама зичлигини ошиши билан $M_{ПК}$ нинг қиймати, бир томондан, $S_{ПТ}$ ($S_{ПТ}=\varphi(\sigma)$) га пропорционал ўсиб боради, иккинчи томондан, $M_{ПК} \sim \sigma^{0,2}$ га пропорционал равишда қўшимча ошади. Бунда электр энергия исрофини ошиши нисбатан камаяди ва (12) ифоданинг таркибий қисмлари ўртасида янги “мувозанат” ҳолат ўрнатилади. (21) ифодадан $M_{ЎК}$ оптимал қийматининг таъминот манбаси қувватига боғлиқлиги ва бу параметр $S_{ПТ}$ га, демак σ га боғланганлигини кўриш мумкин.

ТП нинг мақбул қувватининг дастлабки маълумотларнинг ўзгаришига боғлиқлигини аниқлаш учун (16) тенглама A_1, \dots, A_7 коэффициентларини $\pm 50\%$ оралиғида ўзгартириш асосида ечилади. $S_{ПТ}$ нинг A_i нинг ўзгаришига боғлиқлиги (4-расмга қаранг) шуни кўрсатадики, $S_{ПТ}$ оптимал қийматига энг катта таъсир ТП қувватига боғлиқ бўлмаган харажатлар ($K_{ТПО}$) қиймати билан аниқланадиган A_4 коэффициентнинг ўзгариши билан аниқланади.

Шундай қилиб, ЎК тармоқ кабелни кесим юзаси ва ушбу кучланишдаги чиқувчи линиялар сонини, таъминот манба қувватининг берилган ўзгармас қийматида, σ ни ўзгаришининг барча оралиғида бир хил деб қабул қилиш мумкин. Бунда, таъминот манбаи қуввати ўзгарганда $M_{\text{ўк}}$ (21) ифодага кўра аниқланиши керак.



4-расм. Тақсимловчи электр тармоқ оптимал параметрларини бошланғич маълумотларнинг ўзгаришига сезгирлик эгри чизиқлари.

Икки трансформаторли ТП да 1000 В гача тармоқларнинг икки магистрал схемалари учун ҳар бир линиянинг кесим юзасини ($F_{\text{ПК}}$ параметрини) унификациялаш (бир хил қилиш) имконияти таҳлил қилинди. Юклама зичлиги 5 дан 30 мВА/км² гача ўзгарганда $F_{\text{ПК}}$ кесим юзасининг оптимал қиймати 120-185 мм² стандарт қийматлар оралиғида, яъни фақат бир ёки икки поғонага ўзгаради. 12-16 мВА/км² гача юклама зичлигида $F_{\text{ПК}}=2 \times 120$ мм², 16 мВА/км² дан юқори юклама зичликлари учун эса 2×150 мм² кесим юзаларини қўллаш мақсадга мувофиқдир. 30 мВА/км² ёки ундан юқори юклама зичликларида оптимал параметрларни қўшимча таҳлил қилиш талаб этилади.

Икки магистралли тармоқ схемалари учун ТП оптимал қувватини қуйидагича қабул қилиш мумкин: $\sigma=5-12$ мВА/км² оралиқда ўзгарганда, – ТП

учун 2x630 кВА ёки 2x400 кВА; $\sigma=10-30$ мВА/км² ораликда ўзгарганда – ТП учун 2x1000 кВА ёки 2x630 кВА.

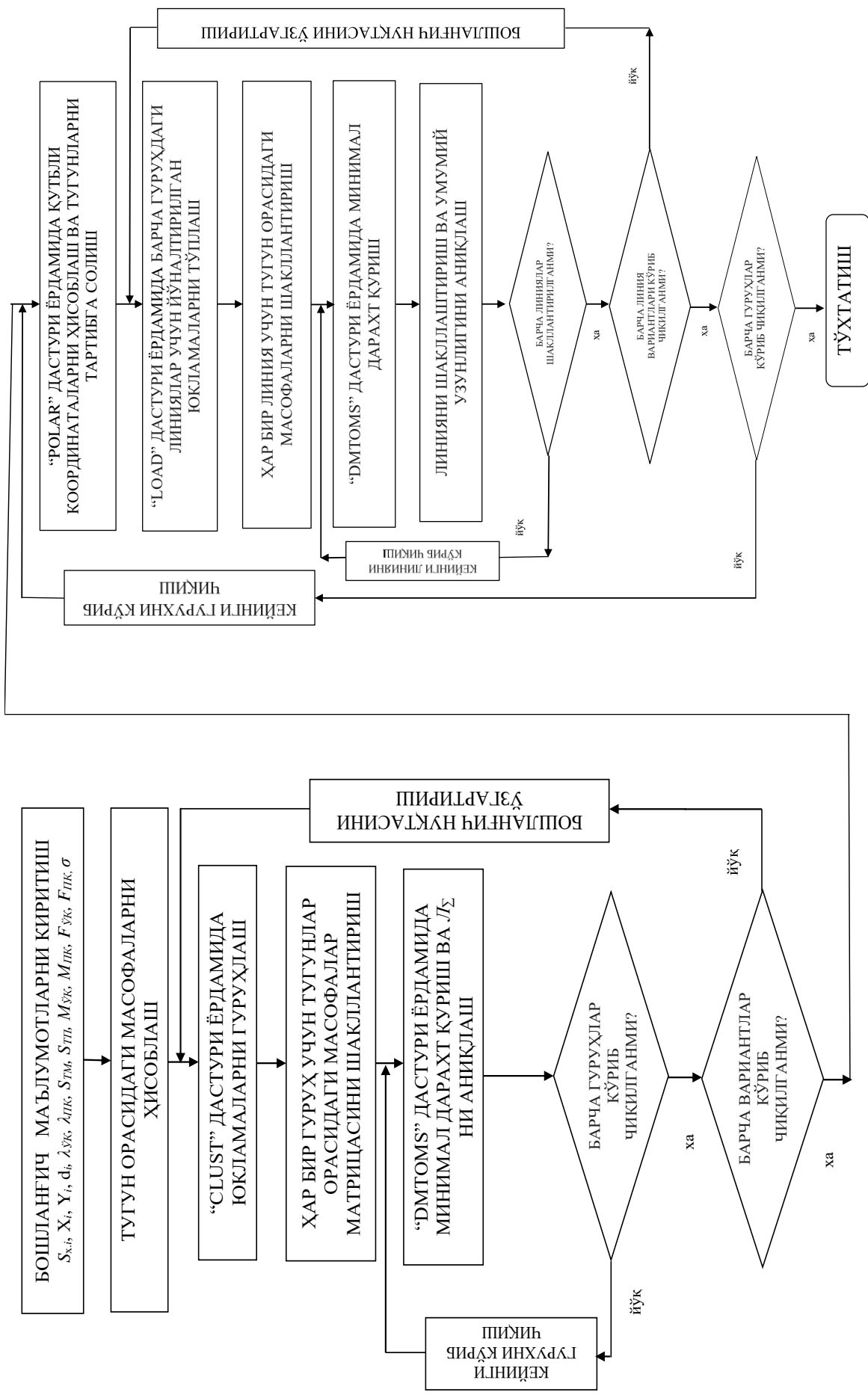
Кучланиши 1000 В гача бўлган икки магистралли линиянинг бири орқали узатиладиган оптимал қувват 200-250 кВА ораликда бўлади. Бу танланган 120 ёки 150 мм² кабел кесим юзаларининг авариядан кейинги қизиш шарти бўйича рухсат этилган қийматдан паст (20-30% га) бўлади.

Шаҳар тумани турар-жой худуди учун кабеллар стандарт кесим юзаларининг чегараланган сонини қўллаб, уларда электр энергия исрофини камайиши ҳисобланган. Ҳисоблар шуни кўрсатадики, амалдаги меъёрларга асосланиб танланган 8-10 та стандарт кесим юзалари ўрнига иккитасини қўллаш, кабел линияларида электр энергия исрофини бир йилда 12-15% га камайишига олиб келади. Бунда 10/0,4 кВ ли ТП шинасидаги 1 кВт юклама учун электр энергия солиштирма исрофининг камайиши ўртача 20 кВт·соат/йил ни ташкил этади.

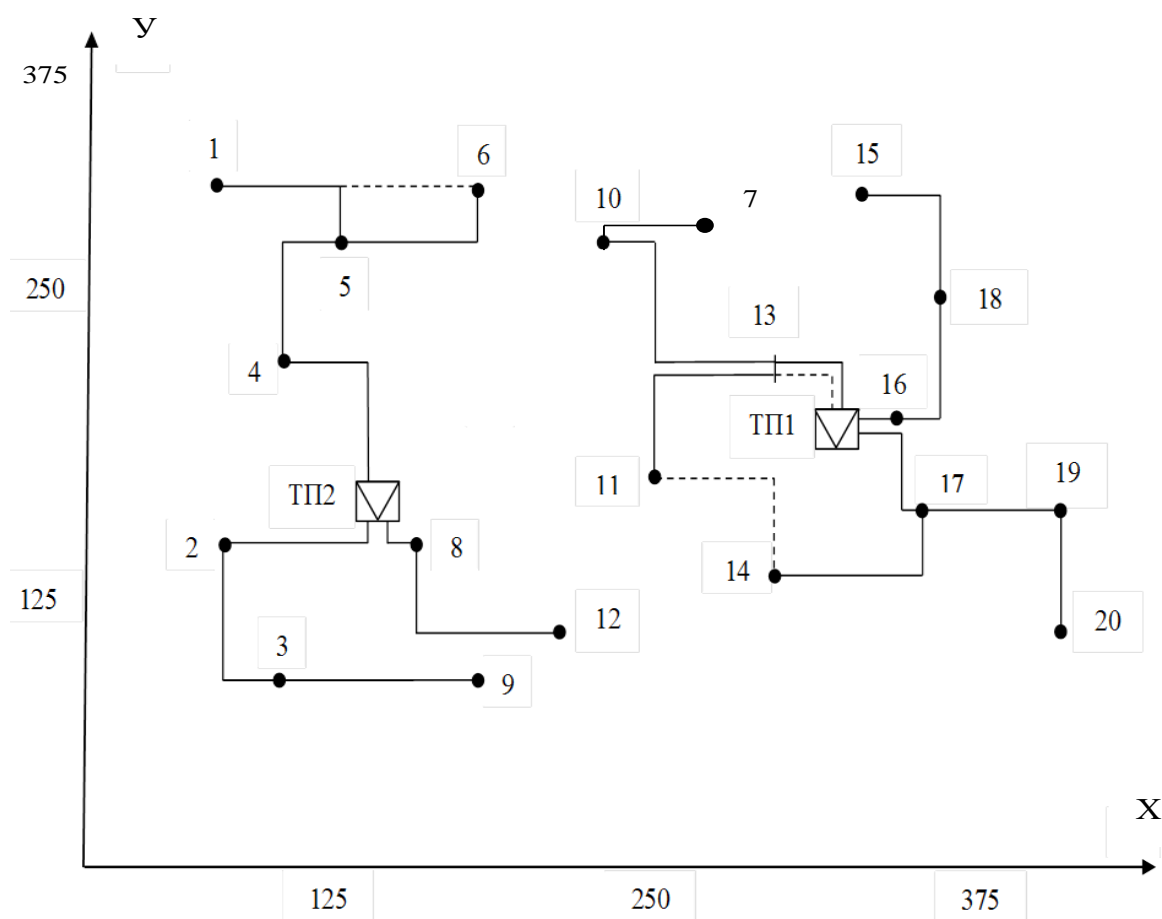
Диссертациянинг **“Шаҳар электр таъминоти тизимини оптимал лойиҳалаш алгоритмлари”** деб номланган тўртинчи бобида тақсимловчи электр тармоғининг оптимал параметрларини танлаш алгоритмлари, танланган параметрли тақсимловчи электр тармоғининг оптимал конфигурациясини куриш тамойиллари ва алгоритми ишлаб чиқилган. Таклиф этилган алгоритмлар асосида 0,38-10 кВ ли ШЭТ оптимал параметрларини танлаш ва тизимнинг оптимал конфигурациясини дастури яратилган.

Тақсимловчи электр тармоқлари оптимал параметрларининг танланган қийматларида, худуднинг кўриляётган майдонида тахминан бир хил электр юкламалар зичлигида, оптимал конфигурацияни аниқлаш вазифаси тармоқларнинг умумий узунлигини минималлаштиришга олиб келади. Шаҳар электр тармоқларини оптимал лойиҳалашнинг ишлаб чиқилган соддалаштирилган алгоритмларига мувофиқ тармоқларнинг параметрларини танлаш ва танланган параметрлар учун оптимал конфигурацияни тузиш усули ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган тамойиллар ва шаҳар тақсимловчи электр тармоқларини оптимал куриш алгоритмлари асосида тармоқларни оптимал лойиҳалашни алгоритми яратилди. Бу алгоритм уз ичига истеъмолчилар электр юкламаларини ҳисоблаш, оптимал параметрларни танлаш, тармоқларнинг оптимал конфигурацияси ва схемасини танлаш алгоритмларини олади. Танланган оптимал параметрлар билан шаҳар турар-жой биноларида истеъмолчиларнинг электр юкламаларини ҳисоблаш ва тақсимловчи электр тармоқларининг оптимал конфигурациясини куриш дастурлари амалга оширилди.

Оптимал параметрлари ўрнатилган 1000 В гача бўлган ва ўрта номинал кучланишли шаҳар тақсимловчи электр тармоқларининг конфигурациясини тузиш дастури алгоритми 5-расмда келтирилган. Алгоритмларнинг қўлланилиши назорат ҳисоблари ёрдамида текширилган ва 6-расмда кўрсатилган.



5-расм. Шаҳар тақсимловчи электр тармоғининг оптимал конфигурациясини аниқлаш дастурининг алгоритми.



6-расм. Шаҳар тумани тақсимловчи электр тармоғининг оптимал конфигурациясини ҳисоблаш.

Назорат ҳисоблари ёрдамида куйидаги натижалар олинган: 1000 В гача бўлган линиялар узунлиги ТП₁ доирасида 387 м (7, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 истеъмолчилар); ТП₂ доирасида 313 м (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12 истеъмолчилар); Ҳар бир линия юкламаси 135, 125, 145 кВА (ТП₁), 150, 120, 105 кВА (ТП₂); ТП орасидаги масофа 167 м ни ташкил қилади. Ушбу алгоритмнинг шаҳар тумани ҳудуди учун қўлланилиши бир шаҳар тумани ҳудуди учун 15 км (13%) га кабел линияси узунлигини тежаш имконини берган.

Диссертация иловаларида шаҳарлар электр таъминоти тизими тармоқларининг топологик моделлари, ўрта ва паст кучланишли тармоқларда техник чегараланишларни ҳисобга олган ҳолда оптимал параметрларининг электр юклама зичлигига боғлиқ кўриниши жадваллари, шаҳар тақсимловчи электр тармоқларини тадқиқ қилишда фойдаланиладиган асосий бирламчи маълумотлар, такомиллаштирилган алгоритмлар бўйича ҳисоблашга оид мисоллар, дастурий воситалар, олинган натижалар тавсияларининг жорий этиш далолатномаси ва маълумотнома келтирилган.

ХУЛОСА

1. Шаҳарлар электр таъминоти тизими тармоқларининг умумий харажатлари ҳамда асосий техник чегараланишларнинг математик ифодалари энг кичик квадратлар усулини қўллаб ишлаб чиқилди. Натижада ушбу тармоқларнинг оптимал параметрларини танлаш ва уларнинг ўзгариш қонуниятларини тадқиқ қилиш имкони яратилди.

2. Шаҳарлар электр таъминоти тизимининг топологик моделлари асосида бир таъминот манбасига тўғри келадиган кабел линиялари узунлигининг математик ифодаси тармоқ параметрларига боғлиқ ҳолда таклиф этилди. Натижада бир таъминот манбасига тўғри келадиган шаҳар тумани ҳудуди учун кабел линиясининг оптимал узунлигини аниқлаш имкони яратилди.

3. Шаҳарлар электр таъминоти тизими умумий харажатларининг математик ифодаси асосида тармоқ параметрларини комплекс оптималлаштириш амалга оширилди. Натижада тармоқ схемалари ва электр юклама зичлигига боғлиқ ҳолда 0,38-10 кВ кучланишли электр тармоқларида ягона стандарт кесимдан (95 ёки 120 мм²) фойдаланишнинг иқтисодий томондан мақсадга мувофиқлиги исботланди (амалиётда кабелларнинг 8-10 та стандарт кесим юзалари ишлатилади).

4. Мезонли таҳлил усули ёрдамида шаҳарлар электр таъминоти тизими тармоқ параметрларини техник чегараланишларни ҳисобга олган ҳолда оптималлаштириш амалга оширилди. Натижада ТП оптимал қуввати математик ифодаси ва параметрлар бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди (электр юклама зичлиги $\sigma < 10$ мВА/км² бўлса: $S_{ТП}=630$ ва 1000 кВА, 0,38 кВ кучланишли кабел линия кесим юзаси – $F_{ПК}=120$ ва 150 мм²; 10 кВ кучланишли кабел линия кесим юзаси – $F_{ўК}=150$ ва 185 мм²; электр юклама зичлиги $\sigma \geq 10$ мВА/км² бўлса: $S_{ТП}=2 \times 1000$ кВА, 0,38 кВ кучланишли кабел линия кесим юзаси – $F_{ПК}=150$ мм²; 10 кВ кучланишли кабел линия кесим юзаси – $F_{ўК}=150$ мм²).

5. Шаҳар ҳудудида жойлашган истеъмолчиларнинг электр юкламасини ҳисоблаш ва тармоқнинг танланган параметрлари асосида унинг оптимал конфигурациясини куриш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Натижада ушбу алгоритмларнинг шаҳар тумани ҳудуди учун қўлланилиши кабел линиясини 15 км (13%) га тежаш имконини берган.

6. Шаҳарлар электр таъминоти тизимининг тармоқларида чекланган миқдордаги стандарт кабел кесимларидан фойдаланиб, шаҳар туман ҳудудларининг турли вариантлари учун кабел линияларида қувват исрофи ҳисобланди. Натижада йилига 115.050 млн.сўмлик (01.08.2019 тариф бўйича 1 кВт·соат электр энергия нархи 295 сўм) иқтисодий самарага эришилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК DSc.03/10.12.2019.Т.03.03 ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МЕЛИКУЗИЕВ МИРКОМИЛ ВОХИДЖОН УГЛИ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ВЫБОРА
ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ**

**05.05.02 – Электротехника. Электроэнергетические станции, системы.
Электротехнические комплексы и установки**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тошкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.3.PhD/T1829.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Таслимов Абдурахим Дехқонович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гайибов Тулкин Шерназарович
доктор технических наук, профессор

Бердишев Абдурахим Сулайманович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

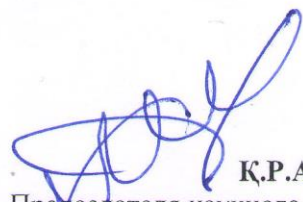
Навоийский государственный горный институт

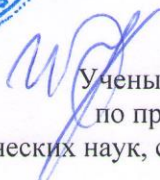
Защита диссертации состоится « 1 » декабря 2020 г. в 13⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/10.12.2019.T.03.03 при Ташкентском государственном техническом университете. Адрес: 100095, г Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32, e-mail: tstu_info@tdtu.uz.


С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер - 174). Адрес: 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 227-03-41.

Автореферат диссертации разослан « 19 » ноября 2020 года.
(протокол рассылки № « 11 » от « 19 » ноября 2020 года).




К.Р.Аллаев
Председателя научного совета
по присуждению ученой степени,
доктор технических наук, профессор, академик


О. Х. Ишназаров
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученой степени,
доктор технических наук, старший научный сотрудник


М.И.Ибадуллаев
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению
учёной степени, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется развитию систем электроснабжения городов. В этом направлении большое значение имеет совершенствование методов проектирования и выбора элементов системы электроснабжения городов и распределительных электрических сетей. Ведущее место занимают вопросы снижения технологических потерь в системах электроснабжения развитых стран, обеспечения надежности системы электроснабжения, внедрения ресурсосберегающих технологий при значительном росте потребления электроэнергии¹. В этой связи, одной из важных задач при эксплуатации проектировании, реконструкции и модернизации системы электроснабжения городов является формирование оптимальной конфигурации распределительных электрических сетей с применением оптимальных параметров и сокращение общих затрат.

В мире в соответствии с энергетической стратегией многих зарубежных стран в настоящее время ведутся научно-исследовательские работы по развитию электрических сетей, проектированию и строительству, модернизации и реконструкции существующих объектов электрических сетей. В связи с этим одной из важных задач является разработка научно-технических решений, отражающих современные принципы проектирования и строительства электрических сетей, отвечающих международным стандартам. Вместе с тем, для оптимального построения городской системы электроснабжения важным является автоматизация процесса проектирования и значительное сокращение общих затрат, а также выбор параметров, обеспечивающие снижение потерь электроэнергии в электрических сетях.

В нашей республике особое внимание уделяется ускоренному развитию электроэнергетической системы. Это придает особое значение использованию современного подхода при выборе основных параметров электрических сетей. Принимаются широкомасштабные меры по применению методов оптимального проектирования и строительства распределительных электрических сетей, являющихся основной частью систем электроснабжения. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы поставлена задача « ... снижение энергоэффективности и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение энергосберегающих технологий в целевые параметры снижения энергопотребления отраслей экономики ... »². Для реализации этих задач, в том числе определения оптимальных параметров распределительных электрических сетей, важным является проведение теоретических и научных исследований, а также разработка соответствующих рекомендаций по их

¹ www.sciencedirect.com, www.scopus.com, www.literature.rockwellautomation.com

² Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП №4947 «о стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

внедрению при проектировании и реализации параметров распределительных электрических сетей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-2661 от 23 ноября 2016 г. «О программе по дальнейшей модернизации и обновлению низковольтных электрических сетей на период 2017-2021 г.г.» и № ПП-3981 от 23 октября 2018 г. «О мерах по ускоренному развитию и обеспечению финансовой устойчивости электроэнергетической отрасли», а также в других нормативных документах, принятых в данной отрасли.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В настоящее время научные исследования, направленные на повышение энергоэффективности и рационального использования электроэнергии в городской системе электроснабжения, сокращение общих затрат на системы электроснабжения осуществляются в ведущих научно-исследовательских центрах и высших учебных заведениях мира, в том числе, в California Institute of Technology (США), University of Michigan (США), Universitat der Bunder wehr Hambur (Германия), Drezden University of Technology (Германия), Познаньском политехническом университете (Польша), Национально исследовательском университете “МЭИ” (Россия), Московском государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана (Россия), Академии коммунального хозяйства имени К.Д.Памфилова (Россия), «ГИПРОКОММУНЭНЕРГО» (Россия), Санкт-Петербургском государственном техническом университете (Россия), Харьковском институте коммунального строительства (ХИКС) (Украина), Ташкентском государственном техническом университете и АО “Узэнергоинжиниринг” (Узбекистан).

Вопросы и проблемы научных исследований в таких направлениях, как выбор параметров элементов электроэнергетических систем, систем электроснабжения городов, промышленных предприятий и сельского хозяйства рассмотрены и достигнуты важные результаты в работах ряда зарубежных учёных, в частности: В.А.Козлова, В.Д.Лордкипанидзе, В.А.Веникова, К.К.Hindi, Л.Лопис, Ю.Н.Астахова, В.А.Строева, А.А.Глазунова, Э.Н.Зуева, Т.Б.Лещинской, Д.Д.Карасева, И.Г.Гордиевского, А.Н.Киселева, С.А.Гордина, С.Н.Ефентьева, Р.В. Солопова и других.

Вопросами разработки и совершенствования методов выбора элементов энергетических систем и систем электроснабжения в условиях Узбекистана занимались: Х.Ф.Фазилов, Т.Х.Насиров, К.Р.Аллаев, Т.Ш.Гайибов, Р.А.Ситдилов, А.Д.Таслимов и другие. Они внесли большой вклад в решение этих вопросов в своих исследованиях в разные годы в этой области. В

основном эти исследования посвящены усовершенствованию методов выбора параметров режимов энергетической системы.

Недостаточно изученными остаются проблемы оптимального проектирования и построения системы городского электроснабжения на основе выбора оптимальных параметров сетей с учетом ограничений. В данной работе подробно рассмотрены вопросы усовершенствования методов и алгоритмов выбора параметров систем электроснабжения городов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ кафедры «Электроснабжение» Ташкентского государственного технического университета на тему «Рациональное использование электроэнергии в системе электроснабжения промышленных предприятий и городов, разработка новых методов оптимизации системы электроснабжения» и исследовательских работа № 21/16 на тему «Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях 0,4-6-10 кВ» (2016-2017 г.г.).

Целью исследования является выбор оптимальных параметров системы электроснабжения городов, изучение закономерностей их изменения и разработка алгоритма построения оптимальной конфигурации системы электроснабжения городов на основе выбранных параметров и их внедрения на практику.

Задачи исследования:

разработка системной модели систем электроснабжения городов на основе анализа состояния параметров электрических сетей 0,38-10кВ;

разработка математических выражений суммарных затрат и технических ограничений сетей систем электроснабжения городов;

анализ изменения параметров электрических сетей систем электроснабжения городов к ограничениям и исходным данным;

формирование научно обоснованных рекомендаций по оптимальным значениям параметров электрических сетей систем электроснабжения городов;

разработка алгоритма оптимальной конфигурации системы электроснабжения города с учетом их оптимальных параметров.

Объектом исследования являются распределительные электрические сети 0,38 и 10 кВ систем электроснабжения городов.

Предметом исследования являются оптимальные параметры и конфигурации, используемые при проектировании, строительстве, модернизации и эксплуатации электрических сетей систем электроснабжения городов.

Методы исследования. В ходе исследования были использованы методы моделирования, методы классической оптимизации, метод наименьших квадратов, метод критериального анализа и программирования.

Научная новизна результатов, полученных в диссертации, заключается в следующих положениях:

разработаны математические выражения суммарных затрат и технических ограничений, позволяющие выбрать параметры элементов системы электроснабжения городов;

доказана экономически целесообразность построения городских распределительных электрических сетей единым сечением кабелей при широком диапазоне изменения значения плотности электрической нагрузки;

предложены математические выражения, позволяющие определить оптимальную мощность трансформаторной подстанции и длину кабельной линии в зависимости от плотности электрической нагрузки, а также разработаны рекомендации по оптимальным значениям параметров на основе оптимизации параметров системы электроснабжения городов;

разработан алгоритм построения оптимальной конфигурации распределительной электросети с учетом выбранных параметров системы электроснабжения городов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены принципы определения оптимальной конфигурации распределительной электросети города;

разработаны математические выражения общих затрат, позволяющие изучить закономерности формирования оптимальных параметров распределительных электрических сетей;

разработан алгоритм и программа построения оптимальной конфигурации распределительных электрических сетей с выбранными параметрами;

предложены оптимальные значения параметров электрических сетей в зависимости от плотности электрической нагрузки и схем распределительной сети города, позволяющие существенно снизить потери электроэнергии.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных результатов исследования подтверждается практическим применением методов оптимизации (критического анализа и программирования), моделированием распределительных электрических сетей, исследованиями выбора оптимальных параметров и практикой их внедрения.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов исследований характеризуется разработкой математических выражений суммарных затрат и технических ограничений, разработкой метода расчета и построением оптимальной конфигурации распределительных электрических сетей. Это позволяет с научной точки зрения определять параметры распределительных электрических сетей с учетом ограничений с помощью современных методов оптимизации.

Практическая значимость разработанных методов и рекомендаций по применению оптимальных параметров заключается в их использовании при

проектировании, сооружении, модернизации и эксплуатации распределительных электрических сетей 0,38-10кВ.

Внедрение результатов исследования.

На основе полученных научных результатов по определению оптимальных параметров и конфигурации сетей систем электроснабжения городов:

внедрены оптимальные параметры в АО “Ўзэнергоинжиниринг” при проектировании низковольтных электрических сетей города Ташкента и Ташкентской области (Справка АО «Национальные электрические сети Узбекистана» №01-04-07/3397 от 25 сентября 2020 года). В результате использования предложенных оптимальных параметров получен экономический эффект 115050000 сум в год;

внедрены значения оптимальных параметров в АО “Ўзэнергоинжиниринг” при модернизации и реконструкции низковольтных электрических сетей города Ташкента (Справка АО «Национальные электрические сети Узбекистана» №01-04-07/3397 от 25 сентября 2020 года). В результате использования предложенных оптимальных параметров потери электроэнергии снижены на 390000 кВт·ч в год для района города;

внедрена программа построения оптимальной конфигурации распределительных электрических сетей с выбранными параметрами в АО “Ўзэнергоинжиниринг” (Справка АО «Национальные электрические сети Узбекистана» №01-04-07/3397 от 25 сентября 2020 года). В результате суммарная длина кабельной линии распределительной электрической сети 0,38 кВ сократилась на 15 км (13%).

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 5 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 17 научные работы. Из них 2 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в журналах 1 и конференциях 3 на базе Scopus, вместе с тем имеется 4 Свидетельства на программу для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, опубликованных работ и приложений. Объем диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации обосновывается актуальность и востребованность выполненных исследований, формулируются цели и задачи исследований, объект и предмет исследований, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна исследований и научно-практическая значимость полученных результатов, внедрение

результатов исследований в практику, приводятся сведения об опубликованных научных трудах, о структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации **“Общее состояние вопросов проектирования и оптимального построения системы электроснабжения города”** проанализировано современное состояние системы электроснабжения города (ЭСГ), приведены общий вопрос оптимального проектирования системы электроснабжения города, анализ оптимизации параметров и схем построения распределительной электрической сети города, принципы определения оптимальной конфигурации сетей электроснабжения города. Приведен анализ научных работ, посвященных к проблеме выбора оптимальных параметров системы электроснабжения города, в том числе значений и количества стандартных сечений кабельных линий, мощности трансформаторной подстанций(ТП).

Для решения задачи построения оптимальной конфигурации сетей системы электроснабжения города с заранее подобранными оптимальными параметрами, рекомендуется следующая последовательность расчетов: разделение групп потребителей от каждой ТП с оптимальной мощностью и определение места расположения ТП (центров электропитания каждой группы); построение сети до 1000 В в пределах каждой ТП (оптимальная пропускная способность до 1000 В с распределением нагрузок по каждой исходящей линии и построение конфигурации каждой линии); изменение условий начальной группировки, а также определение местоположения ТП и конфигурации сети до 1000 В; выделение групп ТП, обеспечиваемых от каждой распределительной линии сети среднего напряжения с оптимальной пропускной способностью, и выделение групп ТП, обеспечиваемых от каждой распределительной линии просмотр конфигурации; изменение начальных условий начальной точки группирования и определение конфигурации сети среднего напряжения, отвечающей минимуму общей длины.

Глава вторая **“Математические выражения сетей системы городского электроснабжения”** посвящена разработке различных математических выражений суммарных затрат на распределительные электрические сети городови технических ограничений, налагаемых на параметры распределительных электрических сетей.

Математические выражения затрат на линий среднего напряжения (СН) и низкого напряжения (НН) от одного источника питания (ИП), на ТП, а также технических ограничений, сформированы методом наименьших квадратов.

На основе обобщения анализа топологических моделей системы электроснабжения городов предложено определение общей длины линий системы электроснабжения города по выбранным оптимальным параметрам.

Математическое выражение общих затрат в сетях до 1000 В (НН) в пределах рассматриваемой территории можно записать следующим образом:

$$Z_{\Sigma НН} = A_1 \cdot S_{ТП}^{1,42} \cdot M_{НН}^{-1,17} \cdot F_{НН}^{-1} + A_2 \cdot S_{ТП}^{-0,25} \cdot M_{НН}^{0,5} + A_3 \cdot S_{ТП}^{-0,25} \cdot M_{НН}^{0,5} \cdot F_{НН}, \quad (1)$$

Математическое выражение суммарных затрат трансформаторной подстанции ТП в пределах рассматриваемой площади составляет:

$$Z_{\Sigma TP} = A_4 \cdot S_{TP}^{-1} + A_0, \quad (2)$$

Математическое выражение суммарных затрат в сетях СН в пределах рассматриваемой территории составляет:

$$Z_{\Sigma CH} = A_5 \cdot M_{CH}^{0,5} \cdot S_{TP}^{-0,25} + A_6 \cdot M_{CH}^{0,5} \cdot S_{TP}^{-0,25} \cdot F_{CH} + A_7 \cdot S_{TP}^{1/12} \cdot F_{CH}^{-1}, \quad (3)$$

здесь A_0, \dots, A_7 – обобщенные коэффициенты, относящиеся к сети СН и НН, ТП; F_{CH}, F_{HH} – сечения кабельных линий СН и НН, мм²; M_{CH}, M_{HH} – количество линий отходящих из ИП и ТП; S_{TP} – мощность ТП, кВА; σ – плотность электрической нагрузки на шинах ТП, мВА/км².

Математические выражения ограничений по основным техническим ограничениям, в том числе по нагреву кабелей СН и НН, по допустимым потерям напряжения в этих сетях и по допустимым значениям тока короткого замыкания, определяются по следующим выражениям:

– Для сетей СН

$$\left. \begin{aligned} A_{огр.3} M_{CH}^{-1} \cdot F_{CH}^{-0,6} &\leq 1 \\ A_{огр.4} \cdot S_{TP}^{-0,03} \cdot M_{CH}^{-1,28} \cdot F_{CH}^{-1} &\leq 1 \\ A_{огр.5} \cdot F_{CH}^{-1} &\leq 1 \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

– Для сетей НН

$$\left. \begin{aligned} A_{огр.1} \cdot S_{TP} \cdot M_{HH}^{-1} \cdot F_{HH}^{-0,55} &\leq 1 \\ A_{огр.2} \cdot S_{TP}^{1,53} \cdot M_{HH}^{-1,28} \cdot F_{HH}^{-1} &\leq 1 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

здесь $A_{огр.1}, \dots, A_{огр.5}$ – обобщенные коэффициенты в ограничениях, которые включают исходные данные для сетей НН и СН.

В третьей главе диссертации под названием “**Оптимизация параметров системы городского электроснабжения**” проводятся выбор оптимальных параметров распределительных электрических сетей без учета и с учетом технических ограничений, анализ отклонений параметров сети от оптимальных значений и приводятся рекомендации по их значениям.

С помощью метода критериального анализа решаются следующие основные задачи оптимизации: определение экономически целесообразных значений оптимизируемых параметров; исследование чувствительности параметров к отклонениям оптимальных параметров от экономических значений суммарных затрат и к изменению обобщенных коэффициентов (влияние погрешности исходных данных).

Полная технико-экономическая модель распределительных электрических сетей включает в себя суммарные затраты сетей до 1000 В и

среднего напряжения, а также ТП. Оптимизация целевой функции суммарных затрат с учетом всех ограничений сложна и может быть решена только с помощью компьютеров с использованием численных методов. При решении сложных многомерных задач с помощью численных методов часто бывает сложно определить закономерности изменения оптимальных параметров. При этом предварительный анализ технико-экономических моделей с помощью простых аналитических методов позволяет в некоторых случаях определить оптимальные параметры. Кроме того, этот анализ позволяет оценить степень соответствия полученных моделей реальным сетям и внести изменения в модели.

Целевая функция суммарных затрат распределительной сети Z_{Σ} , состоящую из затрат по сетям до 1000 В, ТП и по сетям среднего напряжения составляет:

$$Z_{\Sigma} = Z_{HH\Sigma} + Z_{TP\Sigma} + Z_{CH\Sigma} = A_1 \cdot S_{TP}^{17/12} \cdot M_{HH}^{-7/6} \cdot F_{HH}^{-1} + A_2 \cdot S_{TP}^{-1/4} \cdot M_{HH}^{1/2} + A_3 \cdot S_{TP}^{-1/4} \cdot M_{HH}^{1/2} \cdot F_{HH} + A_4 \cdot S_{TP}^{-1} + A_5 \cdot M_{CH}^{1/2} \cdot S_{TP}^{-1/4} + A_6 \cdot M_{CH}^{1/2} \cdot S_{TP}^{-1/4} \cdot F_{CH} + A_7 \cdot M_{CH}^{-7/6} \cdot F_{CH}^{-1} \cdot S_{TP}^{1/12} + A_0, \quad (6)$$

Приравнивая нулю частные производные по параметрам F_{HH} , M_{HH} , F_{CH} , M_{CH} и S_{TP} функции (6), для точки минимума получим:

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial F_{HH}} = 0, \quad -A_1 \cdot S_{TP}^{17/12} \cdot M_{HH}^{-7/6} \cdot F_{HH}^{-2} + A_3 \cdot S_{TP}^{-1/4} \cdot M_{HH}^{1/2} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial M_{HH}} = 0, \quad \frac{-7}{6} \cdot A_1 \cdot S_{TP}^{17/12} \cdot M_{HH}^{-13/6} \cdot F_{HH}^{-1} + \frac{1}{2} \cdot A_2 \cdot S_{TP}^{-1/4} \cdot M_{HH}^{-1/2} + \frac{1}{2} \cdot A_3 \cdot S_{TP}^{-1/4} \cdot M_{HH}^{-1/2} \cdot F_{HH} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial F_{CH}} = 0, \quad -A_7 \cdot M_{CH}^{-7/6} \cdot S_{TP}^{1/12} \cdot F_{CH}^{-2} + A_6 \cdot M_{CH}^{1/2} \cdot S_{TP}^{-1/4} = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial M_{CH}} = 0, \quad \frac{1}{2} \cdot A_5 \cdot M_{CH}^{-1/2} \cdot S_{TP}^{-1/4} + \frac{1}{2} \cdot A_6 \cdot M_{CH}^{-1/2} \cdot S_{TP}^{-1/4} \cdot F_{CH} - \frac{7}{6} \cdot A_7 \cdot M_{CH}^{-13/6} \cdot F_{CH} \cdot S_{TP}^{1/12} = 0, \quad (10)$$

$$\frac{\partial Z_{\Sigma}}{\partial S_{TP}} = 0, \quad \frac{17}{12} \cdot A_1 \cdot S_{TP}^{5/12} \cdot M_{HH}^{-7/6} \cdot F_{HH}^{-1} - \frac{1}{4} \cdot A_2 \cdot S_{TP}^{-5/4} \cdot M_{HH}^{-1/2} - \frac{1}{4} \cdot A_3 \cdot S_{TP}^{-5/4} \cdot M_{HH}^{1/2} \cdot F_{HH} - A_4 \cdot S_{TP}^{-2} - \frac{1}{4} \cdot A_5 \cdot M_{CH}^{1/2} \cdot S_{TP}^{-5/4} - \frac{1}{4} \cdot A_6 \cdot M_{CH}^{1/2} \cdot S_{TP}^{-5/4} \cdot F_{CH} + \frac{1}{12} \cdot A_7 \cdot S_{TP}^{-11/12} \cdot M_{CH}^{-7/6} \cdot F_{CH}^{-1} = 0, \quad (11)$$

Из полученных уравнений можно установить:

$$F_{HH}^o = \frac{A_1^{1/2}}{A_3^{1/2}} \cdot \left(\frac{S_{TP}^o}{M_{HH}^o} \right)^{5/6} = \frac{3}{4} \cdot \frac{C_2}{C_3} = \frac{3}{4} \cdot \frac{K_{HH0}}{K_{HHF}}, \quad (12)$$

$$\frac{S_{TP}^o}{M_{HH}^o} = \left(\frac{3 \cdot A_2}{4 \cdot A_1^{1/2} \cdot A_3^{1/2}} \right)^{6/5}, \quad (13)$$

$$F_{CH}^o = \frac{A_7^{1/2}}{A_6^{1/2}} \cdot \frac{S_{III}^{o1/6}}{M_{CH}^{o5/6}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{A_5}{A_6} = \frac{3}{4} \cdot \frac{K_{CH0}}{K_{CHF}}, \quad (14)$$

$$\left(\frac{S_{III}^o}{M_{HH}^o}\right)^{1/6} = \frac{3 \cdot A_5}{4 \cdot A_6^{1/2} \cdot A_7^{1/2}}, \quad (15)$$

$$A_{HH} \cdot S_{III}^{5/4} - A_{CH} \cdot S_{III}^{17/20} - A_T = 0, \quad (16)$$

$$\begin{aligned} A_{HH} &= 0,74 \cdot (A_1 \cdot A_3)^{0,3} \cdot A_2^{0,4} \\ A_{CH} &= 0,45 \cdot (A_6 \cdot A_7)^{0,7} \cdot A_5^{0,4}, \\ A_T &= A_4 \end{aligned} \quad (17)$$

В принятых исходных данных значения оптимальных параметров распределительной электрической сети для петлевой схемы сети с одно трансформаторными ТП при мощности источника питания $S_{III} = 56$ (2x40) мВА приведены в таблице 1. Зависимость оптимальных значений параметров от плотности электрических нагрузок показаны на рис. 1, 2, 3.

1 – таблица.

Оптимальные параметры распределительной сети города (выражение б). Петлевые схемы сетей с одното трансформаторными ТП, $S_{III} = 56$ (2x40) мВА.

σ , мВА/км ²	2	4	8	12
S_{III} , кВА	317	452	579	655
M_{HH}	5,4	8,9	14,5	19,3
F_{HH}^o , мм ²	104	104	104	104
M_{CH}	18	19,4	20,8	21,7
F_{CH}^o , мм ²	113	113	113	113
l_{HH} , км	1,919	1,907	1,657	1,481
l_{CH} , км	18,356	10,644	5,768	3,706

Анализ результатов показывает, что при широком диапазоне изменения плотности нагрузки экономически целесообразно выполнение распределительных сетей НН и среднего напряжения с единым сечением кабелей. При этом эти сети должны быть выполнены с различными оптимальными количествами линий, отходящих от ТП (M_{HH}) и ИП (M_{CH}).

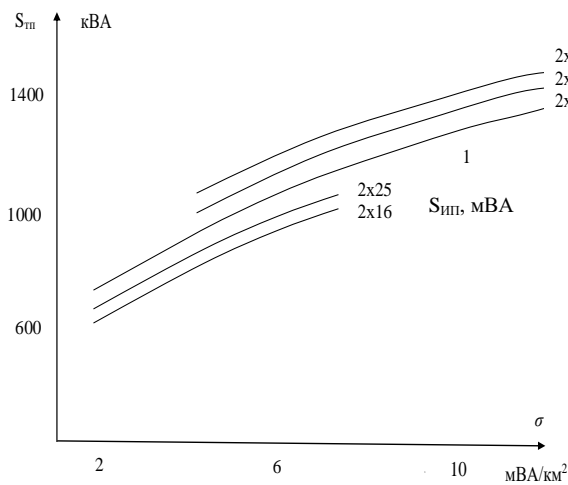


Рисунок 1. Зависимости оптимальных значений мощности ТП от плотности электрической нагрузки (однотрансформаторные ТП).

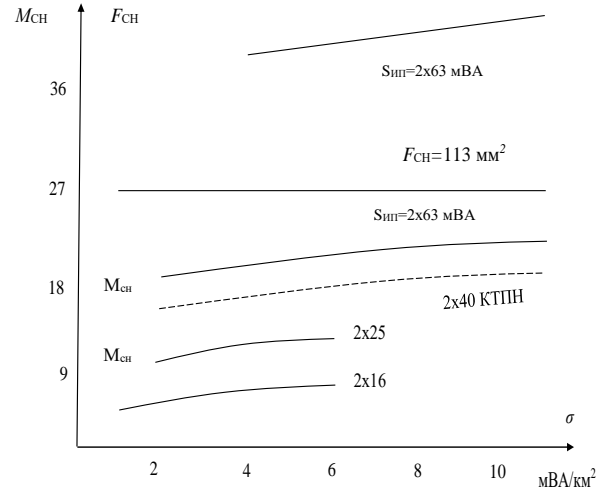


Рисунок 2. Зависимости оптимальных значений сечений и числа отходящих линий распределительной сети 10 кВ от плотности электрической нагрузки.

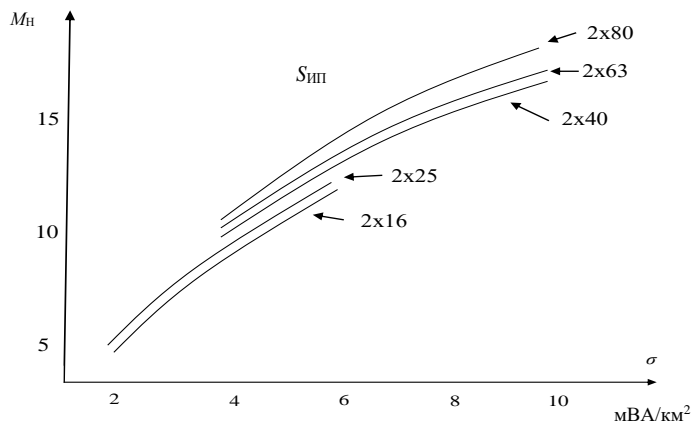


Рисунок 3. Зависимость оптимальных параметров сети до 1000 В от плотности электрической нагрузки (однотрансформаторные ТП и петлевая схема сети).

Для получения упрощенного аналитического выражения оптимальной мощности ТП функция (16) разлагается на ряд Тейлора. Тогда при определенных допущениях оптимальная мощность ТП определяется:

$$S_{ТП}^o = \left(\frac{A_T}{A_{HH}}\right)^{0,8} + 0,9 \cdot \frac{A_T^{0,48} \cdot A_{СН}}{A_{HH}^{1,48}}, \quad (18)$$

Результаты расчета $S_{ТП}$ по (18) приведены в таблице 2. Как видно из таблицы они соответствуют результатам, полученным из числового решения уравнения (16).

С учетом коэффициентов A_{HH} , $A_{СН}$, A_T в соответствии с (17) и (18) формируется следующее выражение:

$$S_{ТП}^o = \frac{1,27 \cdot C_4^{0,8} \cdot \sigma^{0,52}}{(C_1 \cdot C_3)^{0,24} \cdot C_2^{0,32}} + \frac{0,6 \cdot C_4^{0,48} \cdot C_5^{0,4} \cdot (C_6 \cdot C_7)^{0,3} \cdot S_{ТП}^{0,25} \cdot \sigma^{0,462}}{(C_1 \cdot C_3)^{0,444} \cdot C_2^{0,592}}, \quad (19)$$

Оптимальные количества отходящих линий можно определить из (13) и (15) следующим образом:

$$M_{HH}^o = 1,41 \cdot \frac{A_1^{0,6} \cdot A_3^{0,6}}{A_2^{1,2}} \cdot S_{TP}^0 = 1,41 \cdot \frac{(C_1 \cdot C_3)^{0,6}}{C_2^{1,2}} \cdot \sigma^{0,2} \cdot S_{TP}^0 \quad (20)$$

$$M_{CH}^o = 1,33 \cdot \frac{(A_6 \cdot A_7)^{0,6}}{A_5^{1,2}} \cdot (S_{TP}^0)^{0,2} \cdot S_{III} = 1,33 \cdot \frac{(C_6 \cdot C_7)^{0,6}}{C_5^{1,2}} \cdot (S_{TP}^0)^{0,2} \cdot S_{III} \quad (21)$$

Из выражения (19) видно, что оптимальное значение числа линий, отходящих от ТП и до 1000 В зависит от плотности нагрузки, чем оптимальное значение мощности ТП. При увеличении плотности загрузки оптимальное значение M_{HH} увеличивается быстрее, чем значение S_{TP} .

Результаты расчета оптимальных параметров по упрощенным выражениям (18), (20) и (21) приведены в таблице 2.

Таблица 2

S_{III} , мВА		2x40 (петлевые схемы)				2x40 (двухлучевая схемы)			
σ , мВА/км ²		2	4	8	12	8	16	24	32
S_{TP} , кВА	По аналитическому выражению	320	454	580	658	1009	1435	1763	2041
	По числовому выражению	317	452	579	655	1000	1429	1757	2035
M_{HH}		2,7	4,4	7,2	9,5	7,8	12,8	17,0	20,9
M_{CH}		15,7	16,9	18,0	18,9	11,0	12,0	12,5	12,8
F_{HH} , мм ²		104	104	104	104	90	90	90	90
F_{CH} , мм ²		113	113	113	113	94	94	94	94
l_{HH} км		1,078	1,041	1,872	1,741	1,069	1,052	1,036	1,03
l_{CH} км		18,762	11,585	7,013	5,116	6,389	4,321	3,419	2,891

Таким образом при увеличении плотности нагрузки, с одной стороны - M_{HH} увеличивается пропорционально S_{TP} ($S_{TP}=\varphi(\sigma)$), а с другой стороны, дополнительно увеличивается на $M_{HH} \sim \sigma^{0,2}$. При этом увеличение потери электроэнергии уменьшается и между компонентами выражения (12) устанавливается новый "баланс". Из выражения (21) следует, что оптимальное значение M_{CH} зависит от мощности источника питания, и этот параметр зависит от S_{TP} , соответственно и от σ .

Чтобы определить зависимость оптимальной мощности ТП от изменения исходных данных, уравнение (16) решается на основе изменения коэффициентов A_1, \dots, A_7 в диапазоне $\pm 50\%$. Зависимость S_{TP} от изменения A_i (рис. 4) показывает, что наибольшее влияние на значение S_{TP} оказывает изменение коэффициента A_4 , определяемое значением затрат, не зависящих от мощности ТП (K_{TP0}).

Таким образом, значения сечения кабелей СН и количество отходящих линий в этом напряжении можно считать одинаковыми во всех диапазонах σ , при заданном значении мощности источника питания. Когда мощность источника питания изменяется, M_{CH} должен быть определен в соответствии с выражением (21).

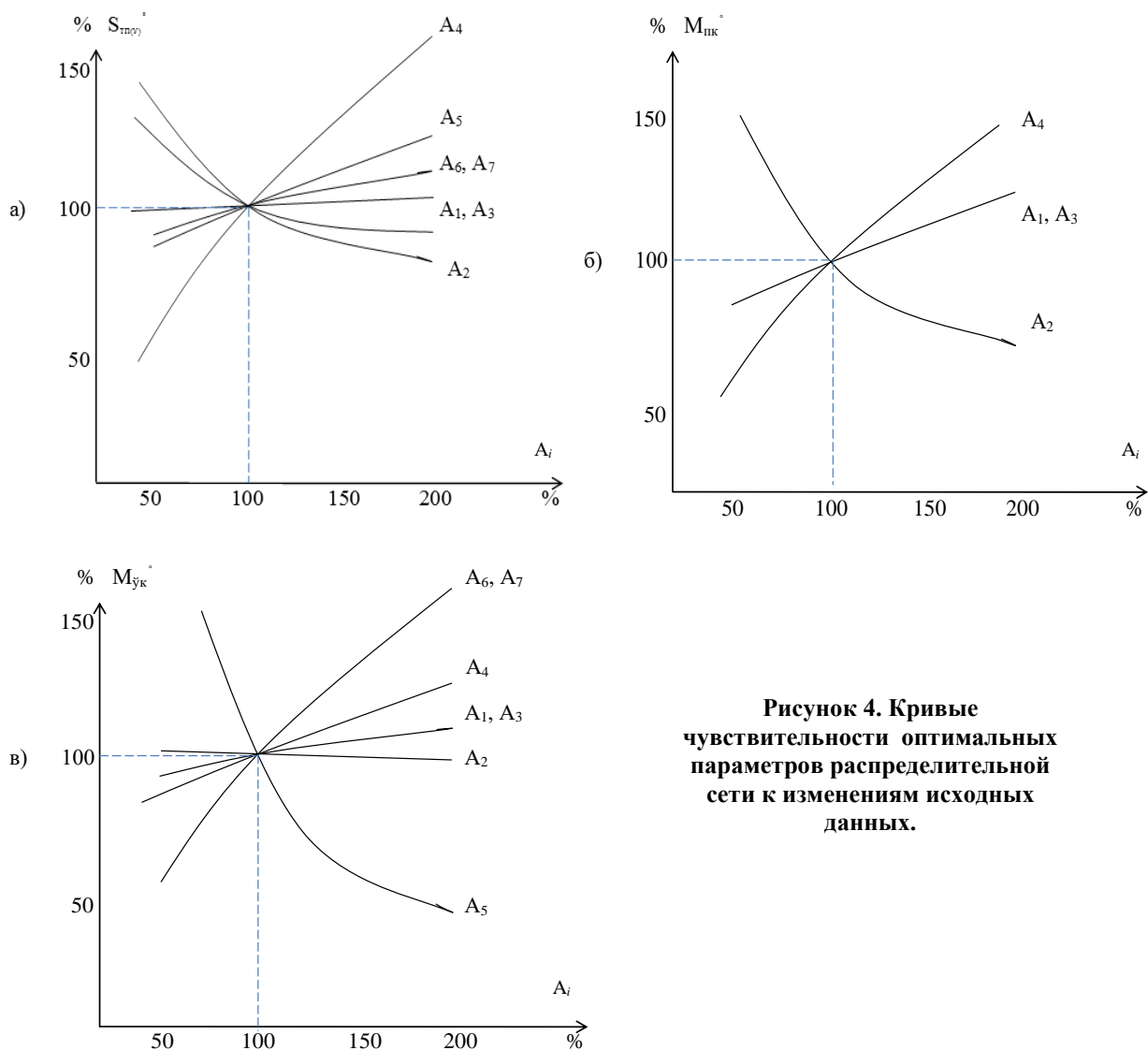


Рисунок 4. Кривые чувствительности оптимальных параметров распределительной сети к изменениям исходных данных.

Проанализирована возможность унификации (создания единого параметра) сечения каждой линий (F_{HH}) для двух магистральных схем сетей напряжением до 1000 В. При изменении плотности нагрузки от 5 до 30 мВА/км² оптимальное значение сечения F_{HH} варьируется в пределах стандартных значений 120-185 мм², то есть только изменяется на один или два шага. При плотности нагрузки до 12-16 мВА/км² целесообразно применять сечения $F_{HH}=2 \times 120$ мм², а при плотности нагрузки выше 16 мВА/км² - 2×150 мм². При плотности нагрузки 30 мВА/км² или выше требуется дополнительный анализ оптимальных параметров. Для двух магистральных схем стей оптимальная мощность ТП может быть

принята следующим образом: при изменении $\sigma=5-12$ мВА/км² – 2х630 кВА или 2х400 кВА; при $\sigma=10-30$ мВА/км²– 2х1000 кВА или 2х630 кВА.

Оптимальная мощность, передаваемая через одну из двух магистральных линий напряжением до 1000 В, будет в диапазоне 200-250 кВА. Это будет немного ниже допустимого значения (до 20-30%) при условии аварийного нагрева выбранных сечения кабеля 120 или 150 мм² в заданном режиме.

Для реального жилого района города проведен расчет снижения потерь электроэнергии при применении ограниченного количества стандартных параметров электрических сетей. Расчеты показывают, что применение двух вместо 6-8 стандартных сечений, выбранных в соответствии с действующими нормами, приведет к снижению расхода электроэнергии на кабельных линиях на 12-15% в год. При этом снижение удельного расхода электроэнергии на 1 кВт нагрузки на шину ТП 10/0,4 кВ составляет в среднем 20 кВт·ч / год.

В четвертой главе диссертации **“Алгоритмы оптимального проектирования системы электроснабжения города”** разработаны алгоритмы выбора оптимальных параметров городской распределительной электрической сети, принципы и методы построения оптимальной конфигурации распределительной электрической сети с выбранными параметрами. На основе предложенных алгоритмов созданы программы выбора оптимальных параметров 0,38-10 кВ систем электроснабжения городов и построения оптимальной конфигурации этой системы.

При оптимальных параметрах распределительных электрических сетей при постоянной плотности нагрузки по территории района задача определения оптимальной конфигурации решается по минимуму суммарной длины сетей. На основе упрощенных алгоритмов оптимального проектирования городских электрических сетей созданы методы выбора оптимальных параметров городских электрических сетей и построение оптимальной конфигурации сетей заранее выбранными параметрами. На основе разработанных принципов и алгоритмов построения оптимальной конфигурации сетей заранее выбранными параметрами создана алгоритм оптимального проектирования городских электрических сетей. Этот алгоритм включает в себя – алгоритмы расчета электрических нагрузок потребителей, выбора оптимальных параметров, выбора оптимальной конфигурации схемы сетей. На основе выбранных параметров для потребителей города внедрены программа расчета электрических нагрузок и программа определения оптимальной конфигурации распределительных электрических сетей.

Алгоритм программы определения оптимальной конфигурации распределительных электросетей до 1000 В и среднего напряжения с установленными оптимальными параметрами представлен на рисунке 5. Достоверность алгоритмов проверены на основе контрольных расчетов и результаты показаны на рис.6.

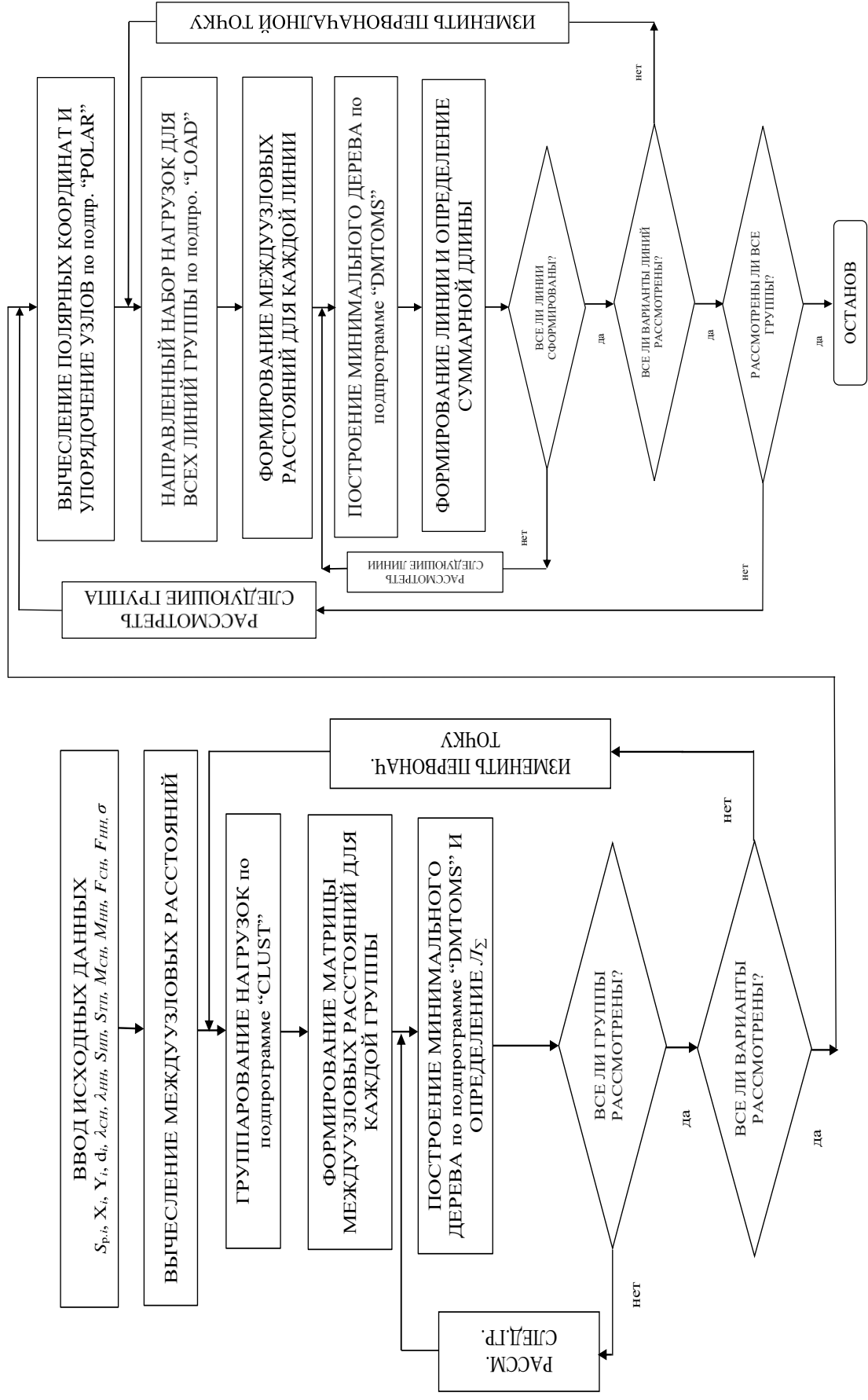


Рисунок 5. Алгоритм программы определения оптимальной конфигурации распределительной электросети города.

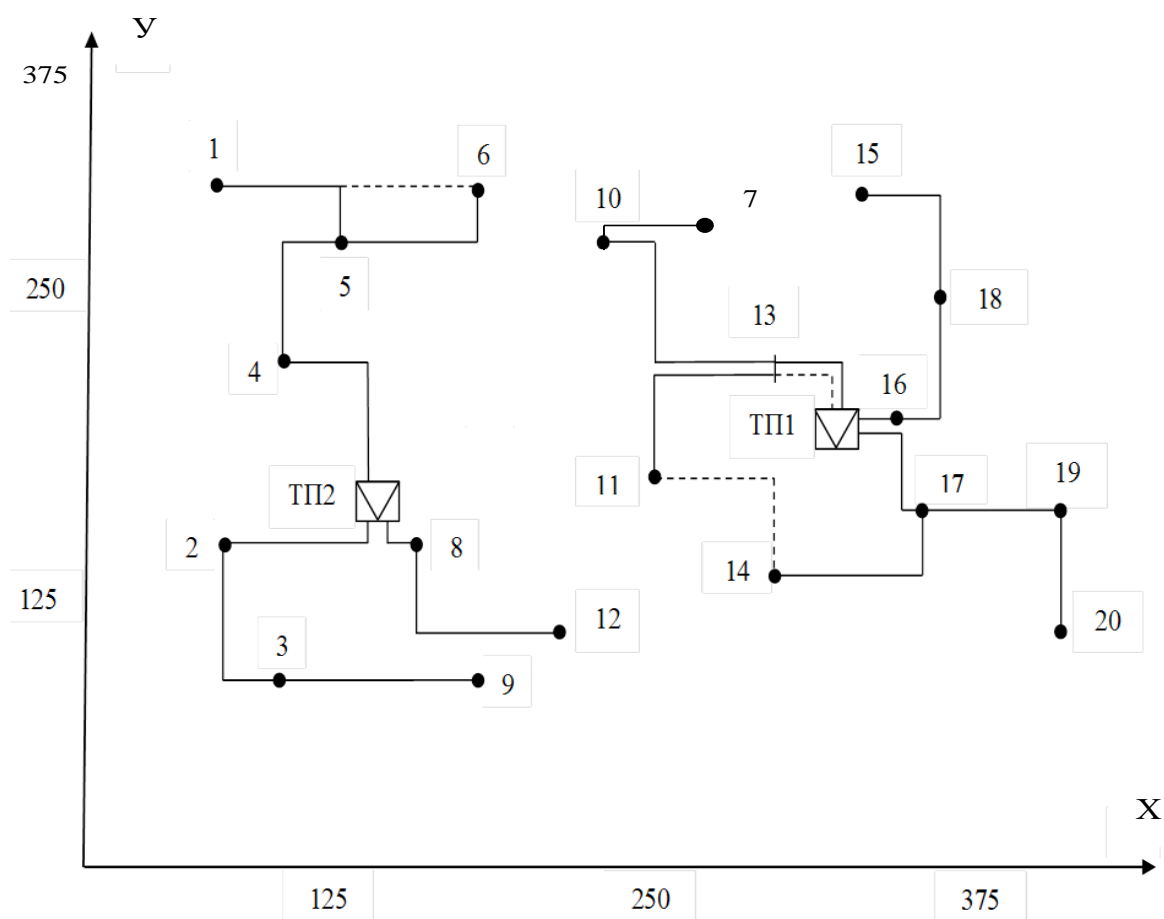


Рисунок 6. Расчет оптимальной конфигурации распределительной сети города.

На основе контрольных расчетов получены следующие результаты: длина линий до 1000 В составляют - в пределах ТП₁ 387 м (7,10,11,13,14,15,16,17,18,19,20); - в пределах ТП₂ 313 м (1,2,3,4,5,6,8,9,12); Нагрузка каждой линии 135, 125, 145 кВА (ТП₁), 150, 120, 105 кВА (ТП₂); расстояние между ТП составляет 167 м. Применение разработанного алгоритма для района города позволило сэкономить длину кабельной линии на 15км (13%).

В приложениях к диссертации приводятся топологические модели элементов системы городского электроснабжения, зависимость оптимальных параметров от плотности электрической нагрузки с учетом ограничений в сетях среднего и низкого напряжения в табличной, графической форме, основные первичные данные, используемые при исследовании распределительных электрических сетей города, примеры расчетов по усовершенствованным алгоритмам, программным средствам, акты и справки о введении рекомендаций к полученным результатам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны математические выражения суммарных затрат на СЭС городов и основных технических ограничений на основе метода наименьших квадратов. В результате появилась возможность выбора оптимальных параметров этих сетей и изучения закономерностей их изменения.

2. Предложено математическое выражение суммарной длины кабельных линий, соответствующих одному источнику питания, в зависимости от параметров сети на основе топологических моделей СЭС городов. В результате появилась возможность определить оптимальную длину кабельной линии соответствующей одному источнику питания для территории района города.

3. Проведена комплексная оптимизация параметров сетей на основе математического выражения суммарных затрат СЭС городов. В результате доказана экономическая целесообразность использования единого стандартного сечения (95 или 120 мм²) в электрических сетях напряжением 0,38-10 кВ в зависимости от схем сетей и плотности электрической нагрузки (на практике используются 8-10 стандартных сечений кабелей).

4. Проведена оптимизация параметров сети СЭС городов с учетом технических ограничений с помощью метода критериального анализа. В результате были разработаны математическое выражение оптимальной мощности ТП и рекомендации параметрам (при плотности электрической нагрузки $\sigma < 10$ мВА/км²: $S_{ТП} = 630$ и 1000 кВА, для кабельной линии 0,38 кВ сечения – $F_{НН} = 120$ и 150 мм²; для кабельной линии с напряжением 10 кВ сечения – $F_{СН} = 150$ и 185 мм²; при плотности электрической нагрузки $\sigma \geq 10$ мВА/км²: $S_{ТП} = 2 \times 1000$ кВА, для кабельной линии 0,38 кВ сечения – $F_{НН} = 150$ мм²; для кабельной линии 10 кВ сечения – $F_{СН} = 150$ мм²).

5. Разработаны алгоритмы расчета электрической нагрузки потребителей на территории города и построения его оптимальной конфигурации на основе выбранных параметров сети. В результате применения этих алгоритмов для территории района города получена экономия длины кабельной линии до 15 км (13%).

6. Произведен расчет потерь мощности в сетях СЭС города при использовании ограниченного количества стандартных сечений кабельных линий для различных вариантов городских районов. В результате получен экономический эффект 115050000 сум в год (при тарифе 295 сум на 1 кВт·ч электроэнергии от 01.08.2019).

**SCIENTIFIC COUNCIL ON SCIENTIFIC DEGREE AWARD
DSc.03/10.12.2019.T.03.03 TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

MELIKUZIEV MIRKOMIL VOXIDJON UGLI

**IMPROVEMENT OF METHODS AND ALGORITHMS FOR SELECTING
PARAMETERS OF CITY POWER SUPPLY SYSTEM**

**05.05.02 - «Electrical engineering. Electric power stations, systems. Electrotechnical
complexes and installations»**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2020

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.3.PhD/T1829.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian and english (resume)) on the website (www.tdtu.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and education portal (www.ziynet.uz).

Academic leader: **Taslimov Abdurakhim Dekhonovich**
Doctor of technical sciences, Professor

Official opponents: **Gayibov Tulkin Shernazarovich**
Doctor of technical sciences, Professor

Berdishev Abdurakhim Sulaymanovich
Candidate of technical sciences, Associate professor

Leading organization: **Navoi State Mining Institute**

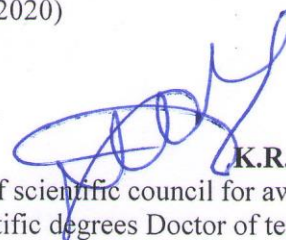
The defense of dissertation will take place on " 1 " december 2020 at 13⁰⁰ o'clock at a meeting of the Scientific council No. DSc.03/10.12.2019.T.03.03 under Tashkent State Technical University. Address: 100095, Tashkent, Universitet st., 2. Tel./fax: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information-resource center of Tashkent State Technical University (is registered number No 174). Address: 100095, Tashkent, Universitet st., 2. Tel.: (99871) 227-03-41.

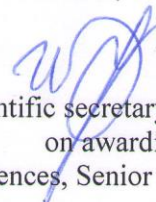
Abstract of the dissertation sent out on " 19 " november 2020

(Protocol of the delivery No 11 dated " 19 " november 2020)





K.R.Allaev
Chairman of scientific council for awarding scientific degrees Doctor of technical sciences, Professor, Academician



O.H.Ishnazarov
Scientific secretary of scientific council on awarding scientific degrees, Doctor of technical sciences, Senior Scientific Researcher



I.M.Ibadullaev
Chairman of scientific seminar under scientific council for awarding scientific degrees Doctor of technical sciences, Professor

INTRODUCTION (annotation to dissertation of PhD)

The aim of the research is to study the selection of the optimal parameters of the urban power supply system, the study of the laws of their variation and the development and implementation of the algorithm for constructing the optimal configuration of the urban power supply system based on the selected parameters.

Scientific novelty of the research:

developed mathematical expressions of general costs and technical limitations, allowing the choice of parameters of the elements of the power supply system of cities;

when the cost of electric charge density changes over a wide range, it is proved that the economic feasibility of building city distribution power grid cables with a single cross-section surface;

on the basis of optimization of urban power supply system parameters, mathematical expressions that allow to determine the optimal capacity of the transformer substation and the length of the cable line depending on the density of the power load are proposed, as well as recommendations on the optimal values of the parameters have been developed;

the algorithm for building its optimal configuration, taking into account the selected parameters of the urban power supply system, has been developed.

The scientific and practical value of the research results.

The scientific significance of the findings of the study is characterized by the mathematical expression of the selected parameters and total cost, the formulation of the optimal configuration of the distribution power grid and the development of the method of calculation. This makes it possible to scientifically determine the parameters of the distribution power grid, taking into account the limitations with the help of modern optimization methods.

The practical significance of the methods and recommendations developed using the optimal parameter values is their use in the design, construction, modernization and operation of 0,38-10 kV Distribution Power Networks..

Approbation of research results. The research results were presented and discussed at 7 scientific and technical conferences, including 5 international and 2 republican conferences.

Publication of research results. On the topic of the thesis published 17 scientific papers totally. Of these, including 2 republican and 2 foreign journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publication of the main scientific results of doctoral theses, 4 Scopus, however, there are 4 Certificates for the computer program.

The structure and scope of the thesis. The structure of the thesis consists of introduction, four chapters, conclusion, list of references and applications. It consists of 114 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим; (I часть; I part)

1. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Муродов Б.К. // Разработка технико-экономической модели оптимизации параметров распределительной сети // Журнал «Вестник ТашГТУ». Ташкент, 2018. - № 3. С. 53-57. (05.00.00; № 16).
2. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Рахимов Ф.М. // Унификация параметров распределительных электрических сетей в условиях неопределенности исходной информации // Научно-технический журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения». Ташкент, 2019. - №1-2. С. 229-235. (05.00.00; № 21).
3. Taslimov A.D., Melikuziyev M.V., Rakhimov F.M. // Methodology in multicriteria problems optimization and unification of parameters of power supply systems // Scientific journal «European Science review». Austria, Vienna, 2018. - № 9-10. September-October. PP. 214-216. (05.00.00; № 3).
4. Taslimov A.D., Rakhimov F.M., Yuldashev A.A., Melikuziev M.V. // Multiparameter optimization of the parameters of distributed electrical networks taking into account unification // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328. India. December 2019. Vol.6, Issue 12, P.12059-12063. <http://www.ijarset.com/currentissue.html> (05.00.00; № 8).

II бўлим; (II часть; II part)

5. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В. // Программа Monokrit_uni для многокритериальной унификации сечений городских распределительных сетей до 1000 В // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство DGU №05369. 26.04.2018.
6. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Муродов Б.К. // Программа комплексной технико-экономической модели унификации сечений кабелей городских распределительных электрических сетей до 1000 В // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство DGU №05721. 18.09.2018.
7. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Йўлдошев А.З. // Кўп мезонли шароитларда паст кучланишли электр тармоқларининг параметрларини танлаш дастури // DGU №07221. 25.11.2019 йил.
8. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Рахимов Ф.М. // Паст кучланишли электр тармоқларининг оптимал параметрларини танлаш учун уларга сарфланадиган умумий харажатларнинг математик моделини шакллантириш дастури // DGU №07379. 19.12.2019 йил.
9. Taslimov A.D., Rakhimov F.M., Melikuziyev M.V. // Optimization (unification) of parameters of electrical supply systems under the conditions of uncertainty of load development // Scientific journal «European Science review». Austria, Vienna, 2019. - №1-2 January-February. PP. 127-129.

10. A.D.Taslimov, A.A.Alimov, F.M.Rakhimov, M.V.Melikuziev. // Determination of the optimal parameters of power distribution networks by the method of criterion analysis // International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, №11s, (2020), PP. 1578-1583.
11. A.D.Taslimov, A.S.Berdishev, M.V.Melikuziev, F.M.Rakhimov. // Method of choosing the unification of cable sections of electric network cables under conditions of load development uncertainty // Международная конференция Руденко «Методологические проблемы в изучении надежности крупных энергетических систем». Ташкент. doi.org/10.1051/e3sconf/201913901081 Том 139 (2019), PP.1-3. (RSES 2019) eISSN:2267-1242. <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/65/contents/contents.html>
12. A.D.Taslimov, A.S.Berdishev, M.V.Melikuziev, F.M.Rakhimov. // Method of selecting parameters of cable lines distributive networks 10 kV in uncertainty conditions // Международная конференция Руденко «Методологические проблемы в изучении надежности крупных энергетических систем». Ташкент. doi.org/10.1051/e3sconf/201913901082 Том 139 (2019), PP.1-3. (RSES 2019) eISSN:2267-1242. <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/65/contents/contents.html>.
13. Taslimov A., Berdishev A., Melikuziev M., Bijanov A. // Reliability indicators of 10 kV cable lines in rural areas // 23rd International Scientific Conference on Advance in Civil Engineering, Construction – The Formation of Living, Environment, Form 2020; National University of Civil Engineering 55, Giai Phang Road Hanoi, Vietnam; 23 – 26 september 2020.
14. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Дехконбоев А.А. // Определение оптимальных параметров распределительной электрической сети до 1000 В // Сб. научных статей международная научная конференция «INNOVATION-2018». – Ташкент, 2018. – С. 110-112.
15. Меликузиев М.В., Таслимов А.Д., Юлдошев А.З. // Результаты исследования глубокой унификации сечений кабелей городских электрических сетей // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энерго-ресурсосбережения». – Андижан, 2018. – С. 465-468.
16. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В. // Обзор оптимизации и унификации сечений жил кабелей распределительных электрических сетей // «Кайта тикланувчи энергетиканинг замонавий муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами - Карши, 2018. – С. 380-382.
17. Меликузиев М.В., Рахимов Ф.М., Очилдиев А.И. // Разработка технико-экономической модели при многокритериальной унификации сечений кабелей // «Кайта тикланувчи энергетиканинг замонавий муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами - Карши, 2018. – С. 391-392.

