

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

РАХИМОВ ФАРРУХ МОВЛИДИНОВИЧ

**ЛИНИЯЛАРНИ УНИФИКАЦИЯЛАШ АСОСИДА ҚИШЛОҚ ЭЛЕКТР
ТАРМОҚЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ ВА
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.07 – Қишлоқ хўжалигида электр технологиялар ва электр ускуналар

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

ТОШКЕНТ–2021

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

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

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

Рахимов Фаррух Мовлидинович

Линияларни унификациялаш асосида қишлоқ электр тармоқларининг
энергия самарадорлиги ва ишончлилигини ошириш..... 3

Рахимов Фаррух Мовлидинович

Повышение энергоэффективности и надёжности сельских электрических
сетей на основе унификации линий..... 21

Rakhimov Farrukh Movlidinovich

Improving the energy efficiency and reliability of rural electricity networks
through unified lines 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

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

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

РАХИМОВ ФАРРУХ МОВЛИДИНОВИЧ

**ЛИНИЯЛАРНИ УНИФИКАЦИЯЛАШ АСОСИДА ҚИШЛОҚ ЭЛЕКТР
ТАРМОҚЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ ВА
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.07. – Қишлоқ хўжалигида электр технологиялар ва электр ускуналар

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

ТОШКЕНТ–2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/Т1642 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус ва инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tiiame.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Таслимов Абдурахим Дехканович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Юсубалиев Аширбой
техника фанлари доктори, профессор

Қодиров Дилшод Ботирович
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD),
доцент

Етакчи ташкилот:

Ўзэнергоинжиниринг АЖ

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил 27 феврал соат 15⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел.: (+998-71)237-09-45; факс: (+998-71)237-38-79, e-mail: admin@tiiame.uz).

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (156 -рақами билан рўйхатга олинган) (100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел.: (+998-71) 237-09-45; факс: (+998-71)237-38-79, e-mail: admin@tiiame.uz).

Диссертация автореферати 2021 йил «18» феврал куни тарқатилди.
(2021 йил «18» феврал даги 3 рақамли реестр баённомаси).



Б.С.Мирзаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

У.Т.Кузиев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д. (PhD), доцент

Х.М.Муратов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда қишлоқ хўжалигида ишлаб чиқаришни зарур миқдорда электр энергияси билан ишончли таъминлаш бўйича белгиланган вазифаларни муваффақиятли ҳал этиш қишлоқ хўжалиги электр тармоқларини янада ривожлантириш, жумладан қишлоқ жойлардаги истеъмолчилар электр таъминоти ишончилигини ошириш ва узатилаётган электр энергияси сифатини ошириш учун кабель линияларидан фойдаланишни талаб этади. Бу йўналишда қишлоқ электр тармоқлари элементларини танлаш усулларини такомиллаштириш катта аҳамиятга эга¹. Шу муносабат билан қишлоқ хўжалиги истеъмолчиларига кабель тармоқлари ёрдамида электр энергияси етказиб бериш ва қишлоқ электр тармоқларини лойиҳалаш, реконструкция, модернизация қилиш ва ишлатишда уларнинг оптимал параметрларидан фойдаланиш орқали линиялардаги исрофларни камайтиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳон энергетикасини ривожлантиришда янги электр тармоқларини қуриш, мавжуд электр тармоқларини модернизация ва реконструкция қилиш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда. Жумладан, қишлоқ хўжалиги ҳудудлари электр истеъмоли ва юкламаларининг сезиларли ошиши сабабли, уларнинг электр таъминоти тизимида электр энергия исрофларини камайтириш, ҳамда энергия ва ресурс тежамкор технологияларни жорий қилиш йўналишларидаги ишларни кўрсатиб ўтиш мумкин. Бу йўналишда мамлакатимиз қишлоқ электр тармоқларини оптимал қуриш билан электр энергияни узатиш ва тақсимлаш самарадорлигини таъминлаш, электр таъминоти ишончилигини ошириш, айниқса паст кучланишли электр тармоқларида электр энергия исрофларини сезиларли даражада камайтириш долзарб ҳисобланади.

Республикамиз электр энергетикасини ривожлантиришда тизимнинг асосий параметрларини танлаш учун замонавий ёндашувлардан фойдаланиш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, жумладан қишлоқ электр тармоқларини оптималлаштириш, янгилаш ва ишончилигини ошириш усулларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017 – 2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида « ...иқтисодиётнинг энергия ва ресурслар сифимларини қисқартириш, иқтисодиёт тармоқларида энергия сарфини камайтиришнинг мақсадли параметрларига мувофиқ амалга ошириладиган энергия тежовчи технологияларни ишлаб чиқаришга кенг жорий этиш,... »² вазифалари белгиланган. Бу вазифаларни бажариш учун хусусан, электр тармоқларининг оптимал параметрларини аниқлаш, уларнинг ишончилигини оширишда назарий ва илмий ишларни олиб бориш ҳамда қишлоқ электр тармоқларини лойиҳалаш, қуриш, модернизация қилиш ва

¹<https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/primer.pdf>

²Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

ишлатиш бўйича тегишли тавсиялар олиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2018 йил 23 октябрдаги ПҚ-3981-сон «Электр энергетикасини жадал ривожлантириш ва молиявий барқарорлигини таъминлаш чора – тадбирлари тўғрисида»ги ва 2016 йил 23 ноябрдаги ПҚ-2661-сон «2017 – 2021 йилларда паст кучланишли электр тармоқларини янада модернизация қилиш дастури тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Электр энергетика, шаҳарлар, саноат корхоналари ва қишлоқ хўжалиги электр таъминоти тизимлари элементларининг параметрларини танлаш бўйича И.С.Бессмертный, М.Д.Каменский, Г.В.Некрасов, В.Г.Сербиновский, В.М.Холмский, Н.С.Хрущев, В.А.Козлов, В.Д.Лордкипанидзе, В.А.Веников, И.М.Маркович, Ю.Н.Астахов, В.А.Строев, А.А.Глазунов, Э.Н.Зуев, И.А.Будзко, М.С.Левин, 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 бошқалар томонидан тадқиқотлар олиб борилган.

Ўзбекистонда энергетика ва электр таъминоти тизими элементларини оптимал танлаш усуллари ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш масалаларига йўналтирилган илмий-амалий тадқиқотларга ҳисса қўшганлар: Х.Ф.Фозилов, Т.Х.Носиров, К.Р.Аллаев, Т.Ш.Гайилов, Р.А.Сиддиқов, А.Д.Таслимов, Х.М. Муратов, А.Ж. Исақов, Ш.М. Музаффаров, А.Юсубалиев ва бошқалар шуғулланишган.

Қишлоқ хўжалиги тақсимловчи электр тармоқлари параметрларини танлашда чегараланишлар, параметрларни унификациялаш тамойили ва тармоқни ривожланишини ҳисобга олиб, қишлоқ электр тармоқларини мақбул равишда қуриш муаммолари, шунингдек кабель линияларидан фойдаланган ҳолда қишлоқ истеъмолчиларини электр таъминоти ишончилигини ошириш муаммолари етарлича ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиқ институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг №3.8 «Электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмолида электр энергиядан фойдаланиш самарадорлигини ошириш технологияларини яратиш» (2017-2020) мавзусидаги топшириғи доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қишлоқ электр тармоқларининг энергия самарадорлиги ва ишончилигини линияларни унификациялаш асосида ошириш ҳамда қишлоқ истеъмолчилари электр таъминотини яхшилашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қишлоқ электр тармоқларининг ўзига хос хусусиятлари ва электр истеъмолчилари юкламасининг доимий ошиб бориши сабабли қишлоқ хўжалигида кабель электр тармоғининг оптимал ривожлантириш тенденциясини аниқлаш;

динамик дастурлаш усуллари қўллаган ҳолда қишлоқ электр тармоқларида кабель линияларини оптимал ривожлантириш тадқиқотлари моделини ишлаб чиқиш;

чегараланишлар таъсирини ҳисобга олиб ва олмаган ҳолда кабель линияларнинг кесим юзаларини мавжуд шкаласи учун юкламаларнинг иқтисодий интерваллари чегараларини ўрганиш;

иқтисодий интерваллар усули билан қишлоқ электр тармоқларининг стандарт кесим юзаларининг мақсадга мувофиқ шкаласини ўрганиш ва ишлаб чиқиш;

қишлоқ хўжалиги истемолчиларини кабель линиялари билан электр таъминотининг ишончилиқ кўрсаткичларини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида қишлоқ ҳудудида жойлашган 0,38 ва 6-10 кВ кучланишли тақсимловчи электр тармоқлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети қишлоқ электр тармоқларини лойиҳалаш, қуриш, модернизация қилиш ва ишлатиш босқичларида кўриб чиқиладиган паст кучланишли электр тармоқларининг мақбул параметрлари ҳамда қишлоқ истеъмолчилари электр таъминоти ишончилиги кўрсаткичларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида динамик дастурлашнинг классик оптималлаштириш усуллари, иқтисодий интерваллар ва энг кичик квадратлар ҳамда ишончилиқни баҳолашнинг статистик усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қишлоқ электр тармоқларидаги кабель линияларининг ўзгарувчан юкламаларини ҳисобга олган ҳолда оптимал ривожлантириш модели ишлаб чиқилган;

қишлоқ электр тармоқларида электр энергия йўқотишларини камайтириш имконини берувчи кабель линиялари кесим юзаларининг оптимал шкаласи аниқланган;

қишлоқ жойларда қўлланиладиган кабель электр узатиш линияларининг ишончилиқ кўрсаткичларини аниқлаш имконини берувчи дастурий ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

қишлоқ электр тармоқлари кабелларининг дастлабки кесим юзаси минимал юкламаларни, охириги кесим юзаси эса амалдаги максимал юкламаларини ҳисобга олган ҳолда асосланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

қишлоқ кабель электр узатиш линияларининг энг мақбул ривожланиш тенденцияси аниқланган;

иктисодий интерваллар усулидан фойдаланган ҳолда қишлоқ жойларда электр тармоқлари кабелларининг кесим юзаларини танлаш усули ишлаб чиқилган;

қишлоқ электр тармоқларидаги кабель линиялари учун кесим юзаларининг стандарт оптимал шкаласи ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги оптималлаштириш усуллари (динамик дастурлаш, иктисодий интерваллар) амалий қўлланилиши, қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари учун электр энергия таъминоти ишончилигини баҳолашнинг статистик усуллари билан олинган натижаларнинг хорижий амалий ечимлар билан мос келиши ва уларни амалиётга жорий этилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти динамик ўзгарувчанлик шароитида кабель электр тармоқларининг энг мақбул ривожланиш тенденцияси ҳамда кабель кесим юзаларининг мақбул шкаласини аниқлаш бўйича ишлаб чиқилган усул ва қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари учун электр энергия таъминоти ишончилиги кўрсаткичларини аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти линияларнинг тавсия этилган стандарт кесим юзаларидан фойдаланиш ҳамда электр таъминоти ишончилигини баҳолаш бўйича ишлаб чиқилган усул ва тавсияларни қишлоқ хўжалигидаги электр тармоқларини лойиҳалаш, қуриш, модернизация қилиш ҳамда уларни ишлатишда қўллашдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қишлоқ электр тармоқларининг энергия самарадорлиги ва ишончилигини линияларни унификациялаш асосида ошириш бўйича олинган натижалар асосида:

қишлоқ электр тармоқларидаги кабель линияларини динамик ўзгарувчан юкларни ҳисобга олган ҳолда оптимал ривожлантириш модели асосидаги тавсиялар «Тошкент ҳудудий электр тармоқлари корхонаси» АЖда жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлигининг 2020 йил 21 октябрдаги №03-05-3-5591-сон маълумотномаси). Натижада 10/0,38 кВли трансформатор подстанциялари шинасидаги 1 кВт юклама учун солиштирма электр энергия исрофи қийматини 15 кВт·с/йил гача тежаш имкони яратилган;

қишлоқ электр тармоқларидаги кабель линиялари кесим юзаларининг оптимал шкаласи бўйича асосланган тавсиялар «Тошкент ҳудудий электр тармоқлари корхонаси» АЖда жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлигининг 2020 йил 21 октябрдаги №03-05-3-5591-сон маълумотномаси). Натижада битта туман учун йилига 427500 кВт·соат электр энергия тежалган ва 126 млн. сўмлик иктисодий самара олиш имконини берган;

қишлоқ кабель линияларининг ишончилиги кўрсаткичларини ҳисоблаш усули «Тошкент ҳудудий электр тармоқлари корхонаси» АЖда

жорий килинган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлигининг 2020 йил 21 октябрдаги №03-05-3-5591-сон маълумотномаси). Натижада қишлоқ электр тармоқларида ҳаво линиялари ўрнига кабель линияларидан фойдаланиш электр таъминоти ишончилигини 1,5 мартаба ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 2 та республика ва 4 та халқаро миқёсдаги илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий журналларда 5 та мақола, жумладан 3 таси хорижий ва 2 таси Республика журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

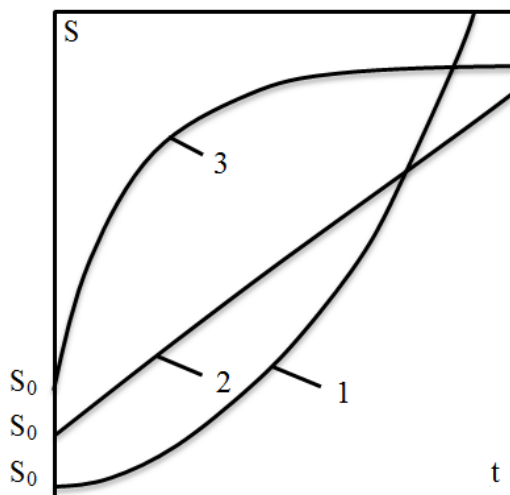
Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилганлиги, ишнинг апробация натижалари, эълон қилинган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Қишлоқ электр тармоғида кабель линиясининг оптимал қуриш тенденцияси таҳлили**» деб номланган биринчи бобида, диссертация мавзуси доирасида хорижий ва республикада нашр этилган адабий маълумотлар шарҳланган. Жумладан, қишлоқ электр тармоқларининг (ҚЭТ) замонавий ҳолати, электр тармоқларини чегараланган параметрлар сони билан қуриш ва уларни оптималлаштириш тажрибаси ҳамда қишлоқ электр тармоқларида кабель линияларини қуришнинг оптимал тенденциясини таҳлили келтирилган.

ҚЭТда юкламаларнинг доимий равишда ошиб бориши шароитида электр узатиш линияларини, биринчи навбатда ҳаво ва кабель линияларининг (КЛ) кесим юзаларини тўғри танлаш керак. КЛ ўтказиш қобилиятини ошириш мураккаблиги туфайли ривожланаётган қишлоқ электр тармоқларида кабеллардан фойдаланиш ва уларнинг оптимал кесим юзасини танлаш зарур бўлади.

Бунинг учун дастлаб динамик ўзгарувчан юклама остидаги КЛ ривожланишининг оптимал тенденцияси аниқланади. Тадқиқотларда юклама ўсишини экспоненциал (кўрсаткичли), чизиқли ва оддий ўзгартирилган

кўрсаткичли қонуниятлари бўйича кўриб чиқилади. Юкламанинг ўсиш қонуниятлари график тарзда 1-расмда кўрсатилган.



1 - экспоненциал; 2 - чизиқли; 3 - ўзгартирилган экспоненциалли
1-расм. Юкламанинг ўсиш қонуниятлари

Юклама ўсишининг экспоненциал функцияси:

$$S_t = S_0(1 + k_{\text{ўс}})^t \quad \text{ёки} \quad S_t = S_T(1 + k_{\text{ўс}})^{t-T} \quad (1)$$

бунда: S_0 – бошланғич юклама; $k_{\text{ўс}}$ – юкламани ўсиш коэффиценти; S_T – ҳисоб даври охиридаги юклама.

Юклама ўсишининг чизиқли функцияси:

$$S_T = S_0(1 + k_{\text{ўс}}T) \quad \text{ёки} \quad S_t = S_T(1 + k_{\text{ўс}}T)^{-1}(1 + k_{\text{ўс}}t) \quad (2)$$

Юклама ўсишининг оддий ўзгартирилганган экспоненциал функцияси:

$$S_t = S_T \left[1 - \left(1 - \frac{1}{k_T} \right) m^t \right] \quad (3)$$

бунда: m – юкламанинг динамик ўсиш коэффиценти. k_T – юклама ўсишининг карралик коэффиценти:

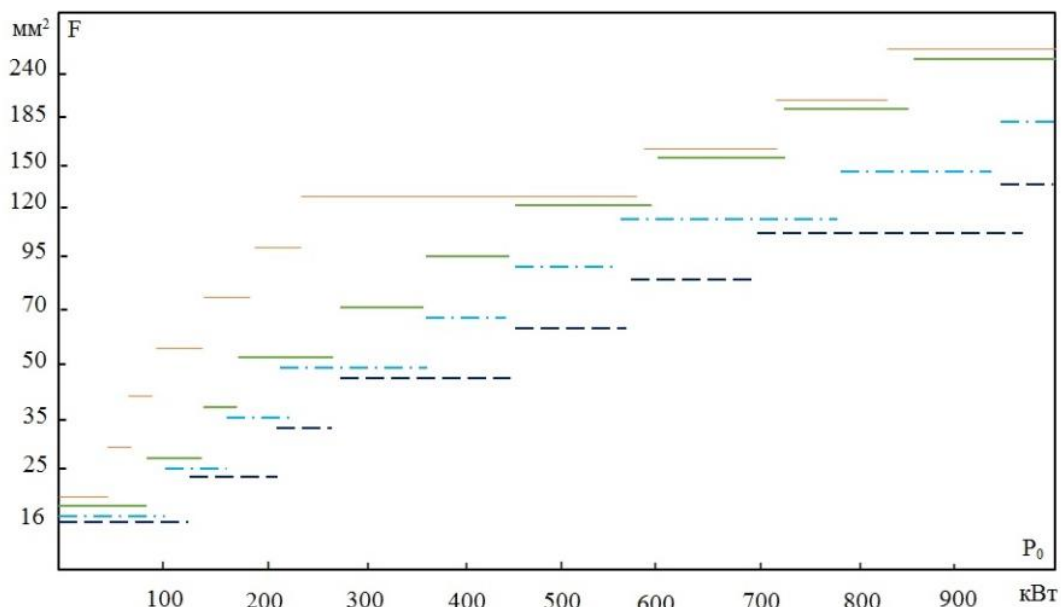
$$k_T = \frac{S_T}{S_0} \quad (4)$$

Тадқиқотларни амалга ошириш учун КЛ ни оптимал қуришнинг динамик дастурлашга асосланган тадқиқот оптималлаштириш модели ишлаб чиқилди. Бунда ҳисоблар асосий меъзон бўлган - умумий харажатлар асосида амалга оширилади. Умумий харажатларнинг ифодаси қуйидагича бўлади:

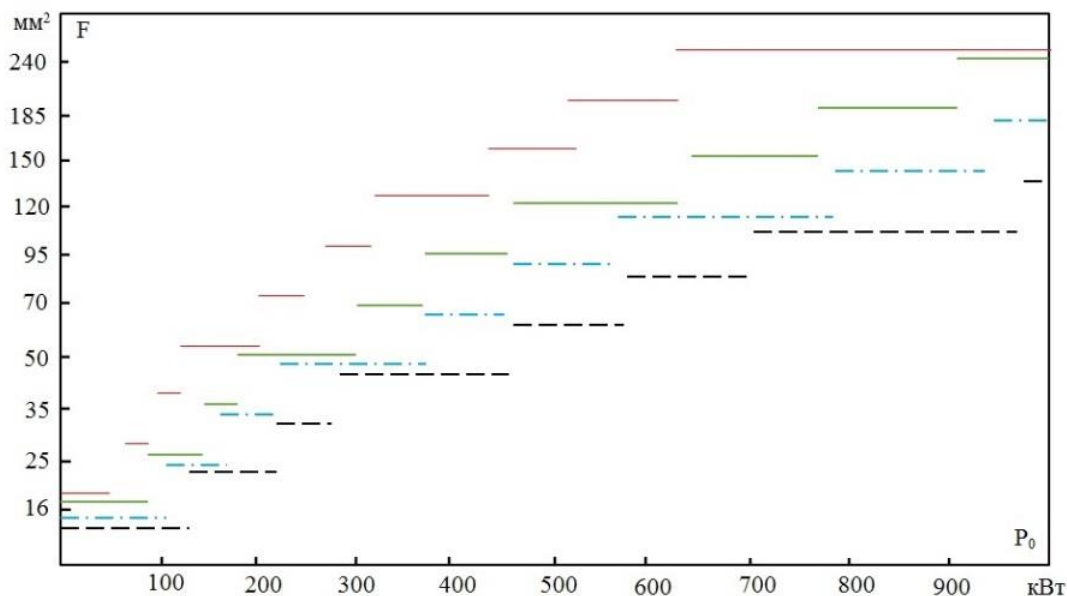
$$Z = \sum_{t=1}^T [(E_M + p_a)(K_t - K_{t-1}) + \frac{(F_i + F_j)(1 + x^2 \gamma^2 F_i F_j) U_{\text{и}}}{[(F_i + F_j)^2 + 4x^2 \gamma^2 F_i^2 F_j^2] U_{\text{н}}^2 \gamma \cos^2 \varphi} \times (P_t^2 - P_{t-1}^2) 10^{-5}] l (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \quad (5)$$

бунда: P_t – t йилдаги актив юклама; P_{t-1} – $t - 1$ йилдаги актив юклама; x – кабельнинг реактив қаршилиги; $\cos \varphi$ – қувват коэффиценти; F_i, F_j – ҳамда j – кабель кесим юзалари.

Таклиф этилган оптималлаштириш модели ёрдамида динамик дастурлаш асосида тадқиқотни ўтказиш алгоритми ва дастури ишлаб чиқилди. Ушбу дастурлаш асосида олинган натижалар 2 ва 3-расмларда келтирилган.



Ҳисобий давр T : — — — 10 йил; — · — 15 йил; — — — 20 йил; — — — 30 йил
2-расм. Турли ҳисобий даврларда чекловларни ҳисобга олган ҳолда линия кесим юзаларини танлаш.



Ҳисобий давр T : — — — 10 йил; — · — 15 йил; — — — 20 йил; — — — 30 йил
3-расм. Турли ҳисобий даврларда чекловларни ҳисобга олмаган ҳолда линия кесим юзаларини танлаш.

Кабель кесим юзаларини танлаш техник чекловларни (рухсат этилган ток ва кучланиш йўқотилиши бўйича) ҳисобга олиб ва олмасдан амалга оширилган. Бунда ҳисоб даври сифатида: 10 , 15, 20 ва 30 йиллар олинган.

Чеклов шартларини ҳисобга олган ҳолда оптималлаштириш моделига оид тадқиқотлар қуйидагиларни кўрсатди. Ҳисоблаш даври 20 йилгача бўлган кабель кесим юзаларини мақбул танлаш тенденцияси шундан иборатки, бутун давр мобайнида дастлабки юкламага қараб кабелнинг оптимал кесим юзаси танланади ва эксплуатация жараёнида линияда юклама қобилиятини ошириш амалга оширилмайди. Ҳисобий давр давомийлиги T нинг ошиши билан кабелларининг кесим юзаларини танлаш тенденцияси бироз ўзгаради. Дастлабки юкламанинг кийматига қараб, барча ҳисобий давр учун битта кабелли линия ёки маълум даврдан сўнг - биринчи кабелга параллел равишда иккинчиси ётқизилади.

Дастлабки юклама ортиб бориши билан ҳисобий даврининг бошида мўлжалланган кабель кесим юзалари номинал кесим юзалари шкаласи бўйича деярли кетма-кет ортиб боровчи тартибда танланади (2-расм).

Худди шу тадқиқотлар қабул қилинган чекловларни ҳисобга олмаган ҳолда ҳам ўтказилди (3- расм). Бундай ҳолда бутун ҳисобий давр мобайнида фақат битта КЛни танлаш энг яхши тенденция ҳисобланади. Ҳар иккала ҳолатда ҳам КЛларнинг кесим юзаларини танлаш тенденциялари 15 йилгача ҳисобий давр учун мос келади.

Кесим юзаларини танлаш учун белгиланган оптимал тенденция юклама ўсишининг қонуниятлари учун ҳам амал қилиниши маълум бўлди ва бунда фақат чегаравий ва бошланғич юкламалар ўзгаради.

Оптималлаштириш моделидан олинган натижалар 15 йилгача бўлган ҳисобий давр учун кабель кесим юзасини ушбу даврдаги юкламага асосланиб танлаш тенденциясини ва рухсат этилган ток ҳамда кучланиш исрофлари чекловлари кесим юзасини танлашга таъсир этмаслигини кўрсатди. Одатда кабель линияларининг хизмат қилиш муддатида (30 йил) кабелларнинг кесим юзаларини танлашнинг белгиланган маъқул тенденция сақланиб қолади. Бироқ, бу ҳолда қабул қилинган чекловларнинг таъсири сезирарли бўлади, бунинг натижасида 20 йил ёки ундан юқори бўлган эксплуатациядан кейинги даврда - иккинчи кабелни параллел равишда ётқизиш маъқул ҳисобланади.

Диссертациянинг **«Кабель линияларининг кесим юзаларини танлаш учун иқтисодий юкламалар интервали»** деб номланган иккинчи боби кишлоқ электр узатиш линияларининг оптимал кесим юзаси ва уларнинг шкаласини иқтисодий интерваллар усули асосида танлаш масаласига бағишланган.

Кабель линиялари кесим юзасини танлаш учун ҳозирги вақтгача токнинг иқтисодий зичлиги қўлланиб келинади, лекин бу умумий харажатларнинг минимумига тўғри келмайди. Шунинг учун кабелларнинг кесим юзасини танлаш учун иқтисодий интервалларни аниқлаш ва шу билан боғлиқ масалаларни юклама ўсиш динамикасини ҳисобга олиб ечиш керак бўлади.

Бунда, юклама ўсиш динамикасини ҳисобга олмаган ҳолда иқтисодий интерваллар чегараси қуйидагича аниқланади:

$$S_{\text{чег}} = \sqrt{\frac{(E_M + p_a)(K_{i+1} - K_i)U_H^2 \gamma F_{i+1} F_i 10^5}{U_H(F_{i+1} - F_i)}} \quad (6)$$

бунда: F_i ва F_{i+1} – стандарт кўндаланг кесим юзалари; E_M – меъерий самарадорлик коэффитциенти, p_a – амортизация чегирмаларини меъерий коэффитциенти; U_H – номинал кучланиш; K_i ва K_{i+1} – капитал маблағлар миқдорлари; U_H – электр энергия исрофларини қоплаш харажатлари.

Юклама ўсиш динамикасини ҳисобга олган ҳолда иқтисодий интерваллар чегараси қуйидагича аниқланади:

$$S_{\text{чег}} = \sqrt{\frac{(E_M + p_a)(K_{i+1} - K_i)U_H^2 \gamma F_i F_{i+1} 10^5}{U_H(F_{i+1} - F_i)A}} \quad (7)$$

бунда: A – юкломанинг ўсиш қонуниятини аниқловчи коэффитциент.

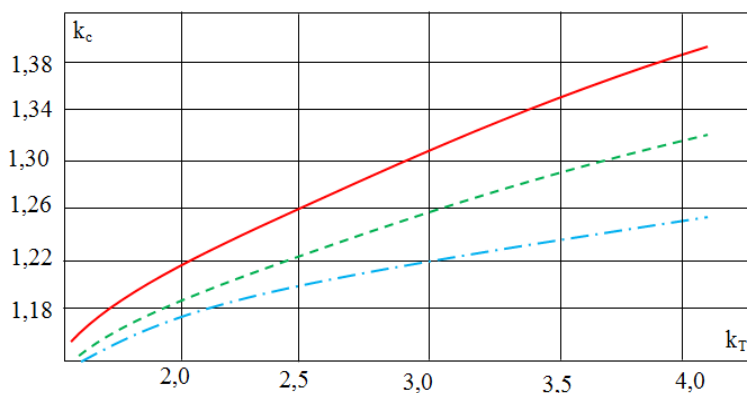
Юкломани ўсиш қонунларини ҳисобга олиш учун силжиш коэффитциенти қулай ҳисобланади. Силжиш коэффитциенти k_c қуйидагига тенг бўлади:

$$k_c = A^{-\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Силжиш коэффитциенти кабельларининг кесим юзасига боғлиқ эмас ва амалда юкломани нисбий ўсиш коэффитциенти (юклама ортишининг қарралиги) ва ҳисобий давр билан аниқланади.

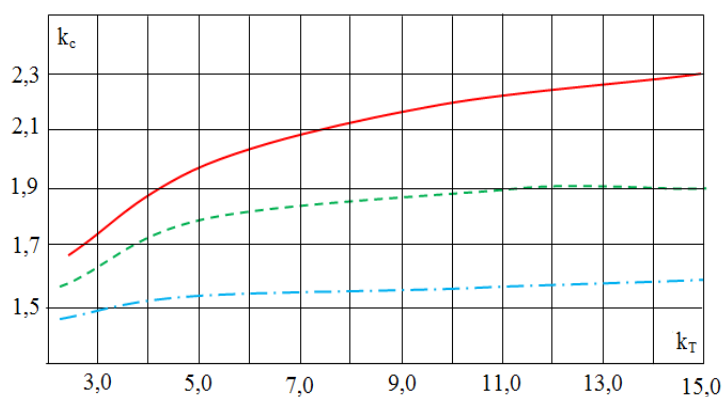
Юклама ўсишининг турли қонуниятларининг силжиш коэффитциентига таъсирини ўрганиш учун тегишли ҳисоблар бажарилди. Ҳисоблаш натижалари 4 ва 5 - расмларда келтирилган.

Мумкин бўлган барча ҳолларда силжиш коэффитциенти ҳар доим бирдан катта бўлади ва шунинг учун юкломанинг иқтисодий интерваллари чегараси, юкломаси ўзгарадиган линияларникига қараганда ҳар доим катта бўлади. Демак, юкломанинг ўзгаришини ҳисобга олмасдан юкломанинг иқтисодий интерваллари чегараларини аниқлаб ва силжиш коэффитциентларидан фойдаланиб, юкломанинг ҳар қандай қонуниятини бўйича иқтисодий интерваллар чегаралари аниқланади.



$T = 15$ йил; — $k_c^{\text{э}}$; - - - $k_c^{\text{ч}}$; - · - $k_c^{\text{ўэ}}$;

4-расм. Силжиш коэффитциентларини k_T ўзгаришига боғлиқлиги



$T = 30$ йил; — k_c^a ; - - - $k_c^ч$; - · - $k_c^яэ$

5-расм. Силжиш коэффициентларини k_T ўзгаришига боғлиқлиги.

Оптималлаштириш моделида олинган юклама чегараларини иқтисодий юклама интерваллари билан таққослаш қуйидагиларни кўрсатди. Узоқ муддатли рухсат этилган тоқлар ва кучланиш йўқотилиши бўйича чекловларни олиб ташлаганда дастурий таъминот томонидан белгиланган юклама чегаралари деярли оптималлаштириш модели ёрдамида силжиш коэффициентини k_c ҳисобга олиб аниқланган юкламанинг иқтисодий интерваллари билан мос келади (1,2-жадваллар).

1-жадвал.

k_c ни ҳисобга олган ҳолда иқтисодий юклама интервалларининг юқори чегаралари

Кўндаланг кесим юзаси, мм ²	Ҳисоб даври, йил			
	10	15	20	30
16	269	310	363	513
25	441	507	594	839
35	569	655	767	1086
50	944	1087	1272	1798
70	1169	1346	1575	2227
95	1456	1675	1954	2772
120	2009	2312	2707	3826
150	2417	2782	3257	4604
185	2856	3291	3853	5445

2-жадвал.

Модель бўйича иқтисодий юклама интервалларининг юқори чегаралари

Кўндаланг кесим юзаси, мм ²	Ҳисоб даври, йил			
	10	15	20	30
16	268	311	361	525
25	443	503	594	831
35	567	658	765	1051
50	948	1095	1274	1795
70	1170	1346	1572	2232
95	1453	1672	1954	2801
120	2009	2315	2718	3852
150	-	2781	3250	4596
185	-	-	3865	5472

Яъни ҳар қандай ҳисобий давр учун иқтисодий интервалларнинг чегаралари бир-бирига тўғри келади. Бундай таққослаш асосида тақлиф этилган оптималлаштириш модели тўғри деган хулосага келиш мумкин.

Иқтисодий интерваллар усули ва чекловларни ҳисобга олган оптималлаштириш модели 10 ва 15 йил ҳисобий даврлари учун олинган иқтисодий интервалларнинг чегаралари деярли бир хил (нисбий хатолик 1% дан ошмайди, яъни тафовут ҳисобларнинг аниқлиги билан изоҳланади). $T = 20$ йил бўлганда кабель линиясининг 50, 120, 150 ва 185 мм² кесим юзалари учун юкламанинг иқтисодий интервалларининг юқори чегаралари бир-бирига тўғри келмайди. Лекин, бошқа кесим юзалар учун юкламанинг иқтисодий интерваллари чегаралари деярли бир хил бўлади.

Диссертациянинг «**Кабель стандарт кесим юзаларининг мақсадга мувофиқ шкаласини ишлаб чиқиш**» деб номланган учинчи бобда тармоқни оптимал ривожлантириш учун тармоқ элементининг параметрини мавжуд стандарт ўлчам шкаласидан танлаш, кабелларнинг стандарт кесим юзалари шкаласини оптималлаштириш ёки уларнинг оптималлигини аниқлаш масалалари кўриб чиқилган.

Бунинг учун қишлоқ жойлардаги линияга мўлжалланган кабелларнинг кесим юзаларининг оптимал қаторини қуриш учун иқтисодий юклама интерваллари усулидан фойдаланилган. Бундай ёндашув умумий харажатларнинг оптималдан рухсат этилган ўсишини чеклаш тамойилига асосланади. Бунда оптималлик мезони сифатида - умумий харажатлар минимуми қабул қилинган.

Бу масалани ечишда шкаланинг дастлабки ва охири қийматларини аниқлаш муҳим аҳамиятга эга. Кабелларнинг дастлабки кесим юзаси асосан минимал юкламалар билан аниқланади. Охири кесим юза эса - энг катта юклама тоқлари ёки максимал қисқа тутушув тоқлари билан аниқланади.

Қишлоқ электр тармоқларида кабеллар учун узоқ муддатли рухсат этилган тоқлар бўйича охири кесим юза камида 75 мм² танланиши, иссиқлик барқарорлик шартларида эса кесим юза - камида 100 мм² бўлиши керак. Демак, қишлоқ кабель линиялари учун ўтказилган таҳлилга асосланиб, шкаланинг якуний кесим юзасини 120 мм² га тенг деб олиш ва шкаланинг бошланғич кесим юзаси эса - тадқиқот жараёнида аниқланиши керак.

Лойиҳалаш ва илмий-техник тадқиқотлар амалиётида, агар таққосланаётган вариантлар иқтисодий жиҳатдан 3-5% дан кўп бўлмаган ҳолда фарқ қилса, бу вариантлар иқтисодий жиҳатдан эквивалент деб қабул қилинади. Бу ҳолат оптимал қаторларни аниқлашга ёндашувлардан бири бўлиб, бунда стандарт кесим юзалар шкаласидан оптимал бўлган биттасидан фойдаланилганда ҳақиқий харажатларнинг оғиши 3-5% ни ташкил қилади.

Стандарт шкаладаги оптимал кесим юзасидан фойдаланганда ҳақиқий харажатларнинг оғиши қуйидагига тенг бўлади:

$$Z_x = (1 + \delta)Z_0 \quad (9)$$

бунда: δ – ҳақиқий харажатларни оптималдан оғиши, 0,03-0,05 деб олинади. Харажатларнинг нисбий ўзгариши эса қуйидагига тенг бўлади:

$$\delta_i^{\text{II}} = \frac{(\sqrt{F_i} - \sqrt{F_{i-1}})^2}{\frac{K_0}{k} + 2\sqrt{F_{i-1}F_i}} \quad \text{ва} \quad \delta_i^{\text{Ю}} = \frac{(\sqrt{F_{i+1}} - \sqrt{F_i})^2}{\frac{K_0}{k} + 2\sqrt{F_iF_{i+1}}} \quad (10)$$

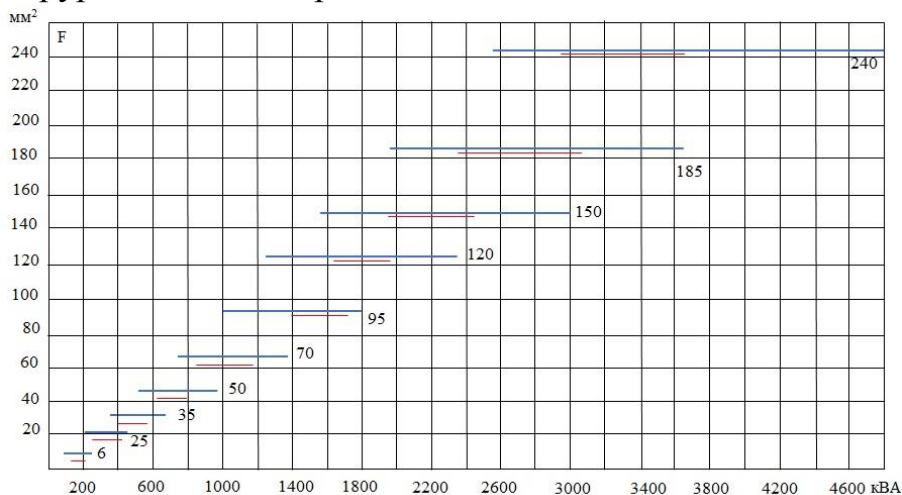
Ифодалардан шундай хулоса келиб чиқадики, иқтисодий кесим юзадан четга чиқишда харажатларнинг нисбий оғиш қиймати фақат қўшни стандарт кесим юзалар нисбати билан ва линия нархларининг ўзгармас таркибий қисми K_0 қийматини қимматлашиш коэффициентига k нисбати билан аниқланади. K_0/k нисбати қиймати кенг диапазонда – 92,73 дан 124,02 гача ўзгариб туради. Ўрта арифметиги - 116,62 ва ўрта квадрати - 112,27 тенг бўлади. Ушбу маълумотлар асосида $\delta_i^{\text{Ю}}$ қийматлари ҳисоблаб чиқилди ва 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал.

Иқтисодий кесим юзадан оғанда харажатларнинг нисбий ўзгариши катталиги

Кесим юзаси, мм ²	K_0/k да харажатларнинг нисбий ўзгариши							
	97,22	118,90	92,73	115,92	124,02	120,91	112,27	116,62
16	0,0073	0,0063	0,0075	0,0064	0,0061	0,0062	0,0066	0,0064
25	0,0054	0,0047	0,0055	0,0048	0,0046	0,0047	0,0049	0,0048
35	0,0074	0,0066	0,0076	0,0067	0,0064	0,0065	0,0068	0,0067
50	0,0078	0,0071	0,0080	0,0072	0,0069	0,0070	0,0073	0,0071
70	0,0073	0,0068	0,0074	0,0068	0,0066	0,0067	0,0069	0,0068
95	0,0047	0,0044	0,0048	0,0044	0,0043	0,0044	0,0045	0,0044
120	0,0046	0,0043	0,0046	0,0044	0,0043	0,0043	0,0044	0,0043
150	0,0043	0,0041	0,0043	0,0041	0,0040	0,0040	0,0041	0,0041
185	0,0069	0,0066	0,0070	0,0067	0,0066	0,0066	0,0067	0,0066

Демак ҳақиқий харажатларнинг иқтисодий харажатлардан рухсат этилган (3-5%) оғишини ҳисобга олиш стандарт қатордаги айрим кесим юзалардан фойдаланмаслик имконини беради (6-расм). Бу эса, стандарт кабель кесим юзаларининг мавжуд шкаласининг техник-иқтисодий асосланмаганлиги ва иқтисодий шароитларига жавоб берадиган янги шкала ишлаб чиқиш зарурлигини билдиради.



6-расм. Юкламаларнинг иқтисодий интерваллари ўзгариши, $\delta = 0,05$

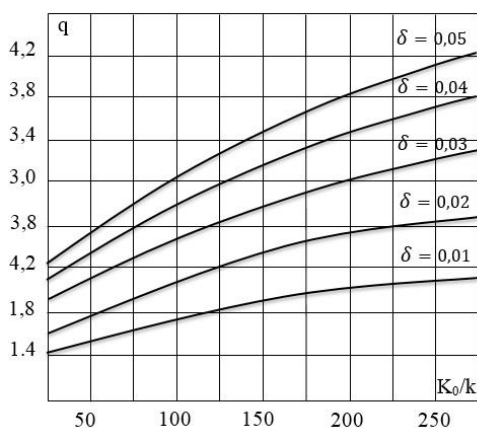
Ҳозирги вақтда арифметик ёки геометрик прогрессия принципи бўйича доимий қадам билан стандарт катталиқлар кетма-кетлигини қуриш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Кесим юзаларнинг мавжуд қатори тахминан геометрик прогрессияга бўйсунди:

$$q = \frac{F_{i+1}}{F_i} \quad (11)$$

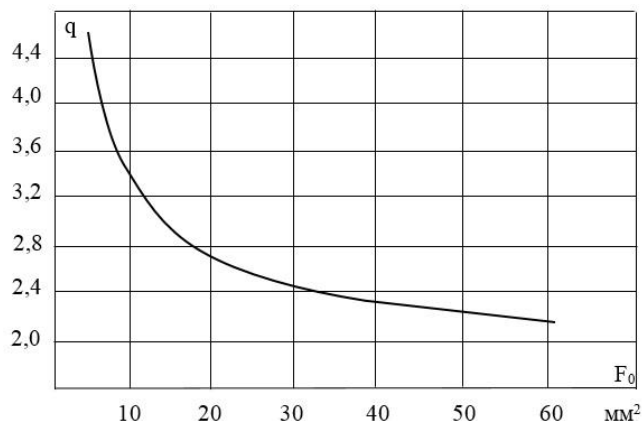
Стандарт ўлчамлар қаторини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$q = \left[(1 + \delta) + \sqrt{(1 + \delta)^2 - \left(1 + \frac{K_0 \delta}{k F_0}\right)} \right]^2 \quad (12)$$

Олинган (12) ифодадан кўриниб турибдики, шкала қадамнинг катталиги фақат иқтисодий кесим юзадан четга чиқишда харажатларнинг нисбий ўзгариши қийматига ва линия нархини ўзгармас таркибий қисмига ва линиянинг қимматлашиш коэффициентига, шунингдек шкаланинг бошланғич кесим юзасига боғлиқ. Шкаланинг ўсиш қадамнинг бошланғич кесим юзасига ва K_0/k нисбатга боғлиқлиги 7-расмда кўрсатилган. 7-а расмда $F_0 = 16 \text{ мм}^2$ ва 7-б расмда $\delta = 0,05$ ва $\frac{K_0}{k} = 112,27$ га тенг.



а)



б)

7-расм. Шкала қадамнинг $\frac{K_0}{k}$, F_0 , ва δ боғлиқ ҳолда ўзгариши

Бунда кабелларнинг 10, 16 ва 25 мм² бошланғич кесим юзалари учун мос равишда кесим юзалар шкаласининг қадами қиймати 3,48; 2,97 ва 2,63 га тенг бўлади. Бунда 8 та стандарт кесим юза ўрнига фақат учта юздан фойдаланиш мумкин. Бу ҳолда қуйидаги кесим юзалар шкалаларини олиш мумкин: 10, 35, 120 мм²; 16, 50, 150 мм²; 25, 70, 150 мм².

Чекланган миқдордаги стандарт кабель кесим юзаларидан фойдаланиш сабабли КЛда қувват исрофини камайишини ҳисоблаш амалга оширилди. Ҳисоблар Тошкент вилояти туманларида мавжуд Қишлоқ ЭТ учун амалга оширилди. Паст кучланишли электр тармоқларни модернизация қилиш, янгилаш вақтида КЛнинг оптимал кесим юзалари ва уларнинг сони бўйича ҳисоблар амалга оширилди ва тегишли тавсиялар берилди. Бунда паст кучланишли электр тармоқларида электр энергия исрофи сезиларли даражада

камаяди. Бунда, солиштирма электр энергияси исрофининг камайиши 10/0,38 кВли ТП шинасидаги 1 кВт юклама учун 15 кВт соатни ташкил этади ва бир туман учун электр энегияси исрофи камайиши йилига 427500 кВт·соатни ташкил этади.

Диссертациянинг тўртинчи «Қишлоқ жойларда кабель линияларининг ишончлилик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш» деб номланган бобида статистик маълумотлар асосида қишлоқ жойлардаги кабель линияларининг ишончлилик кўрсаткичларини аниқлаш имконини берувчи усул ишлаб чиқилди ва бу усул асосида кабель линияларининг ҳисобий ишончлилик кўрсаткичлари аниқланди.

Қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари электр таъминотининг ишончлилик кўрсаткичи сифатида ҳозирги вақтда узилишларнинг эквивалент муддати қабул қилинган бўлиб, унинг қиймати тармоқ элементларининг, асосан линияларнинг ишончлиликка боғлиқ.

Узилишларнинг эквивалент давомийлиги қуйидагича аниқланади:

$$T_x = \alpha_{\text{сол}} l_{\text{ум}} = (\omega\tau + \gamma_p \nu\vartheta) \quad (13)$$

бунда: $\alpha_{\text{сол}}$ - линиялардаги узилишларнинг солиштирма эквивалент давомийлиги; $l_{\text{ум}}$ - линия участкаларининг умумий узунлиги, км; ω , ν - мос равишда, узилишлар ва олдиндан ўчирилишларнинг нисбий частотаси, 1/йил.км; τ , ϑ - линияни бир тикланиш ва хизмат кўрсатишнинг ўртача вақти (олдиндан ўчирилишлардан сунг тикланиши), соат; γ_p - режавий узилишларнинг оқибатини ҳисобга олувчи коэффициент, 0.33 га тенг.

Ифодадаги кўрсаткичларнинг қийматлари мавжуд тармоқлар бўйича статистик маълумотларни қайта ишлаш орқали топилади.

КЛ узилишлари частотасини белгиловчи омилларни таснифига кўра шаҳар ва қишлоқ КЛларининг узилишлари электр ва бевосита механикларга бўлинади. Бунда, КЛ учун узилишлар частотаси:

$$\omega = \omega_{\text{эл}} + \omega_{\text{мех}} \quad (14)$$

бунда: $\omega_{\text{эл}}$ - электр узилишлар; $\omega_{\text{мех}}$ - механик узилишлар.

Кабель линияларни ўртача тикланиш вақти τ :

$$\tau = \frac{\omega_{\text{эл}}}{\omega} \tau_{\text{эл}} + \frac{\omega_{\text{мех}}}{\omega} \tau_{\text{мех}} \quad (15)$$

бунда $\tau_{\text{эл}}$ - электр узилишларининг ўртача тикланиш вақти; $\tau_{\text{мех}}$ - механик узилишларининг ўртача тикланиш вақти;

Кабель линиялари учун ўртача хизмат даври ϑ :

$$\vartheta = k_k \vartheta_{\text{иш.чиқ}} + (1 - k_k) \vartheta_m \quad (16)$$

бунда: k_k - профилактика синовлари пайтида узилишлар сонини умумий профилактика синовлари сонига нисбатини кўрсатувчи коэффициент; $\vartheta_{\text{иш.чиқ}}$ - профилактик синов пайтида ишдан чиқиш ҳолатидаги ўртача хизмат вақти; ϑ_m - муваффақиятли профилактика синовида ўртача хизмат кўрсатиш вақти.

Таклиф қилинган усул асосида қишлоқ кабель линияларининг ишончилилик кўрсаткичлари аниқланди. Қишлоқ электр тармоқларидаги кабель линияларининг узилиш кўрсаткичлари Тошкент шаҳри ва Тошкент вилоятидаги мавжуд кабель электр тармоқлари бўйича олинди.

Қишлоқ жойларда КЛларининг ишончилигини ҳисоблаш натижалари 5-жадвалда кўрсатилган. Бу ерда таққослаш учун ҲЛларининг ўхшаш кўрсаткичлари берилган.

5-жадвал.

Ҳаво ва кабель линияларининг ишончилилик кўрсаткичлари

Ишончилилик кўрсаткичлари	Электр узатиш линияси	
	Ҳаво	Кабель
Узилишлар частотаси ω , узил/км.йил	$\frac{0,05 \dots 0,25}{0,15}$	$\frac{0,01 \dots 0,03}{0,02}$
Ўртача тикланиш вақти τ , соат/узил	$\frac{3,5 \dots 7,5}{5,5}$	$\frac{12,9 \dots 19,5}{16,2}$
Олдиндан узилишлар частотаси ν , ўчиш/км.йил	$\frac{0,05 \dots 0,25}{0,15}$	$\frac{0,29 \dots 0,34}{0,31}$
Ўртача хизмат вақти ϑ , соат/ўчиш	$\frac{3,5 \dots 7,5}{5,5}$	$\frac{1,6 \dots 7,2}{4,0}$
Узилишларнинг солиштирма эквивалент давомийлиги α_p , соат/км.йил	$\frac{0,2 \dots 0,5}{1,1}$	$\frac{0,31 \dots 1,39}{0,75}$

Маълумотлар таҳлили (5-жадвал) шуни кўрсатдики, КЛларининг ўртача узилишлар частотаси ҲЛларига қараганда бир неча баробар кам, тикланиш вақти эса - қарийб 3 баравар кўп. Лекин КЛлари учун ўртача хизмат вақти анча пастроқ. Шу билан бирга, авария билан боғлиқ бўлган КЛлари узилишларининг эквивалент давомийлиги ҲЛларига қараганда 2,5-3 баравар кам.

Қишлоқ жойларда ҲЛлари узилишларининг эквивалент давомийлиги кабель линияларига нисбатан тахминан 1,4 баробар каттадир. Бу КЛнинг ишдан чиқиш частотаси анча пастлиги билан изоҳланади.

Қишлоқ ЭТда КЛ дан фойдаланиш трансформаторнинг шикастланиш сонини сезиларли даражада камайтиради, бу эса ўз навбатида қишлоқ подстанцияларининг носозликлари сонини камайтиради. Бундан ташқари, ҳаво электр узатиш тармоқларидаги трансформаторларнинг шикастланиш даражаси кабель тармоқларига нисбатан тахминан 10 баробар юқори. Бунга ўта кучланишлар, 0,38 кВли ҲЛларида кўп миқдорда қисқа туташувлар ва бошқаларни трансформаторларга таъсири сабаб бўлади. Бу хулоса хорижий маълумотлар билан ҳам тасдиқланади (Германия, Полша ва Австрия).

Демак, қишлоқ электр тармоқларида КЛнинг элементларининг ишончилиги ҳаво линиялариникига нисбатан анча юқори. Бунда электр узилишларининг ўртача солиштирма давомийлиги йилига 0,75 соат/км (0,3 дан 1,5 соат/км гача) ташкил этади. Бундан ташқари қишлоқ жойларда КЛларидан фойдаланиш, ТПнинг бошқа ускуналарининг шикастланишлари сонини камайиши ҳисобига, 35/10 кВ ва 10/0,4 кВли ТПларнинг ишончилигини ошишига олиб келади.

ХУЛОСА

«Қишлоқ электр тармоқларининг энергия самарадорлиги ва ишончилигини линияларни унификациялаш асосида ошириш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Ишлаб чиқилган оптималлаштириш модели ёрдамида линияларнинг кесим юзаси белгиланган давр юкламасига қараб ўзгарувчан юкламали тармоқларда кабель линияларнинг энг мақбул ривожланиш тенденциясини аниқлаш имконини берди.

2. Кабель линияларининг кесим юзаларини танлаш учун юкламаларни иқтисодий интервалларининг чегаралари, юклама интервалларининг қийматлари ва умумий харажатлар ўртасида муносабатлар ўрнатилди ҳамда юкламани ўзгариш динамикасининг иқтисодий интерваллар чегараларига таъсирини ҳисобга олиш имконини берадиган силжиш коэффициенти тақлиф этилди.

3. Кабелларнинг мавжуд номинал кесим юзаларининг шкаласи қишлоқ жойларда кабель линияларидан оптимал фойдаланиш шартларига жавоб бермаслиги ва уларда стандарт кесим юзалари сонининг кўплиги қишлоқ электр тармоқлари учун кабель линияларнинг номинал кесим юзаларининг оптимал шкаласи 25, 50 ва 120 мм² бўлиши кераклигини аниқлаш имконини берди.

4. Электр тармоқларида чекланган миқдордаги стандарт кесим юзалар қўлланилганда электр энергияси солиштирма исрофининг камайиши 10/0,38 кВли трансформатор подстанция шинасидаги 1 кВт юклама учун ўртача 15 кВт·соат ни ташкил этиб, йилига 427500 кВт·соат электр энергия исроф бўлишининг олдини олишга эришилди.

5. Статистик маълумотлар асосида қишлоқ жойлардаги кабель линияларининг ишончлилик кўрсаткичларини аниқлаш имконини берадиган усул асосида уларнинг ҳисобий ишончлилик кўрсаткичлари аниқланди ва бунда кабель линиялари узилишларининг ўртача солиштирма эквивалент давомийлиги йилига 0,75 соат/км, ўлчаш чегараси эса - 0,3 дан 1,5 соат/км гачани ташкил этиши маълум бўлди.

6. Қишлоқ электр тармоқларида кабель линияларидан фойдаланиш трансформатор ва подстанция ускуналарининг шикастланишларини камайиши ҳисобига 35/10 кВ ва 10/0,4 кВли трансформатор подстанцияларининг ишончилигини ошириш имконини берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

РАХИМОВ ФАРРУХ МОВЛИДИНОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЁЖНОСТИ
СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ УНИФИКАЦИИ
ЛИНИЙ**

05.05.07 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»

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

ТАШКЕНТ – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером № В2020.2.PhD/Т1642

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

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

Научный руководитель:

Таслимов Абдурахим Дехканович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Юсубалиев Аширбой
доктор технических наук, профессор

Қодиров Дилшод Ботирович
доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент

Ведущая организация:

АО «Узэнергоинжинеринг»

Защита диссертации состоится «17» февраля 2020 г. в 15⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Адрес: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязи, 39. Тел.: (+99871) 237-09-45, факс: (+99871) 237-46-68, e-mail: admin@tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер 56). Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары Ниязи, 39. Тел.: (+99871) 237-09-45, факс: (+99871) 237-46-68, e-mail: admin@tiame.uz).

Автореферат диссертации разослан «18» февраля 2021 года.
(протокол рассылки № 3 от «18» февраля 2021 г).



Б.С.Мирзаев

Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

У.Т.Кузиев

Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, д.ф.т.н. (PhD), доцент

Х.М.Муратов

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степени, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (PhD) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется решению задач по надежному обеспечению сельскохозяйственного производства необходимым количеством электроэнергии, что требует дальнейшего развития электрических сетей сельскохозяйственного назначения, в том числе и применения кабельных линий с целью повышения надежности электроснабжения потребителей в сельской местности и качества передаваемой электроэнергии. Большое значение в этом направлении приобретает совершенствование методов выбора элементов сельских электрических сетей¹. В этой связи важной задачей является повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей с применением кабельных сетей и снижение потерь электроэнергии в кабельных линиях за счет применения их оптимальных параметров при проектировании, реконструкции, модернизации и эксплуатации сельских электрических сетей.

В мире для развития энергетики проводятся научно-исследовательские работы по строительству новых, модернизации и реконструкции действующих электрических сетей. В том числе, можно показать, работы направленные на снижение потерь электроэнергии в системе электроснабжения из-за значительного увеличения электрических нагрузок и электропотребления сельских потребителей и внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологии. В данном направлении при оптимальном построении сельских электрических сетей нашей страны, одной из важных задач является обеспечение экономичности передачи и распределения электроэнергии, повышение надежности электроснабжения, особенно значительное снижение потерь электроэнергии в низковольтных электрических сетях.

В нашей республике для развития электроэнергетики проводятся широкомасштабные мероприятия по использованию современного подхода для выбора основных параметров энергетических систем, в том числе особое внимание уделяется разработкам методов оптимального построения, обновления и повышения надежности сельских электрических сетей. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы поставлена задача «... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, реализуемых по целевым параметрам снижения энергоемкости в отраслях экономики...»². Для выполнения указанных задач, в частности, определения оптимальных параметров электросетей и повышения их надежности важным является проведение теоретических и научных работ и получение соответствующих

¹ <https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/primer.pdf>

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

рекомендаций по их внедрению при проектировании, сооружении, модернизации и эксплуатации сельских 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-3981 от 23 октября 2018 г. «О мерах по ускоренному развитию и обеспечению финансовой устойчивости электроэнергетической отрасли» и № ПП-2661 от 23 ноября 2016 г. «О программе по дальнейшей модернизации и обновлению низковольтных электрических сетей на период 2017-2021 г.г.», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой отрасли.

Соответствие исследований 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. Научные исследования и проблемы выбора параметров элементов электроэнергетических систем, систем электроснабжения городов, промышленных предприятий и сельского хозяйства рассмотрены в работах ряда зарубежных учёных, в частности: И.С. Бессмертного, М.Д. Каменского, Г.В. Некрасова, В.Г. Сербиновского, В.М. Холмского, В.М. Хрущева, В.А. Козлова, В.Д. Лордкипанидзе, В.А. Веникова, И.М. Марковича, Ю.Н. Астахова, В.А. Строева, А.А. Глазунова, Э.Н. Зуева, И.А. Будзко, М.С. Левина, Б.И. Кудрина, Т.Б. Лещинской, Д.Д. Карасева, И.Г. Гордиевского, В.И. Свешникова, 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. Фазылов, Т.Х. Насыров, К.Р. Аллаев, Т.Ш. Гайилов, Р.А. Сиддилов, А.Д. Таслимов, Х.М. Муратов, А.Ж. Исаков, Ш.М. Музаффаров, А.Юсубалиев и другие.

Недостаточно изученными остаются проблемы оптимального построения сельских распределительных электрических сетей в условиях развития сети с учетом принятых ограничений и принципа унификации параметров, а также разработка методов повышения надежности элементов систем электроснабжения сельских потребителей с применением кабельных линий.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Исследования диссертации выполнены в соответствии пункта №3.8. “Разработка энергосберегающих технологии при производстве, передачи и потреблении электроэнергии” (2017-2020) плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института.

Целью исследований является повышение энергоэффективности и надежности сельских электрических сетей на основе унификации линий и улучшения электроснабжения сельских потребителей.

Задачи исследований:

определение оптимальной тенденции развития кабельной электрической сети сельскохозяйственного назначения в связи с особенностями сельских электрических сетей и постоянным ростом электрической нагрузки потребителей;

разработка оптимизационной модели исследования развития кабельных линий сельских электрических сетей с применением методов динамического программирования;

исследование границ экономических интервалов нагрузки для существующей шкалы сечений кабельной с учетом и без учета влияния ограничивающих условий;

исследование и разработка целесообразной шкалы стандартных сечений кабельной сельскохозяйственного назначения методом экономических интервалов;

разработка методики расчёта показателей надёжности сельских кабельных электрических сетей.

Объектом исследований являются распределительные электрические сети напряжений 0,38 и 6-10 кВ сельскохозяйственного назначения.

Предметом исследований являются оптимальные параметры низковольтных электрических сетей и показателей надёжности электроснабжения сельских потребителей, рассматриваемые на стадиях проектирования, сооружения, модернизации и эксплуатации этих сетей.

Методы исследования. Методологическую основу работы составляют классические оптимизационные методы динамического программирования, экономических интервалов и наименьших квадратов, а также статистические методы оценки надёжности.

Научная новизна результатов заключается в следующих положениях:

разработана оптимизационная модель развития кабельных линий сельских электрических сетей с изменяющейся нагрузкой;

определена оптимальная шкала сечений кабельной, позволяющая уменьшить потери электроэнергии в сельских электрических сетях;

разработан расчетный программный алгоритм, позволяющий определить показатели надёжности кабельных линий в сельской местности;

обосновано начальное сечение кабельной сельских электрических сетей с учетом минимальной нагрузки и конечное сечение с учётом действительных максимальных нагрузок.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

установлена оптимальная тенденция развития сельских кабельных линий электропередачи;

разработана методика выбора сечений кабельной, сооружаемых в сельской местности с применением метода экономических интервалов;

разработана оптимальная шкала стандартных сечений кабельной для кабельных линий сельскохозяйственного назначения.

Достоверность результатов исследований подтверждается применением на практике оптимизационных методов (динамического программирования, экономических токовых интервалов), а также статистических методов оценки надежности элементов систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей и обосновывается совпадением полученных результатов с аналогичными зарубежными практическими решениями и практикой их внедрения.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость полученных результатов исследований характеризуется установлением оптимальной тенденции развития кабельных линий электропередачи в сетях с динамически изменяющейся нагрузкой, разработанной методикой определения оптимальной шкалы сечений кабельной и оценкой показателей надежности элементов систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Практическая значимость разработанных методов и рекомендаций по применению предложенных значений стандартных сечений кабельной и оценки надежности электроснабжения, заключается в их использовании при проектировании, сооружении, модернизации и эксплуатации сельских электрических сетей сельскохозяйственного назначения.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по определению количества и значений стандартных сечений жил кабельной и повышению надежности сельских электрических сетей:

внедрены в АО «Тошкент худудий электр тармоқлари корхонаси» рекомендации по оптимизационной модели кабельных линий сельских электрических сетей с динамически изменяющейся нагрузкой (Справка Министерства Энергетики от 21 октября 2020г. № 03-05-3-5591). В результате создана возможность снижения удельных потерь электроэнергии на 15 кВт·ч/год на 1 кВт нагрузки на шинах трансформаторной подстанций 10/0,38кВ;

внедрены в АО «Тошкент худудий электр тармоқлари корхонаси» рекомендации по оптимальной шкалы сечений кабельных линий сельских электрических сетей. (Справка Министерства Энергетики от 21 октября 2020г. № 03-05-3-5591). В результате для одного района снижены на 427500 кВт·ч/год потери электроэнергии и получен экономический эффект в 126 млн.сум;

внедрены в АО «Тошкент худудий электр тармоқлари корхонаси» методика расчета показателей надежности сельских кабельных линий (Справка Министерства Энергетики от 21 октября 2020г. № 03-05-3-5591). В результате получена возможность повышения надежности электроснабжения в 1,5 раза за счет использования кабельных линий вместо воздушных.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований обсуждены на 2 республиканских и 4 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, из них 5 научных статей, в том числе 3 в зарубежных журналах и 2 в республиканских, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

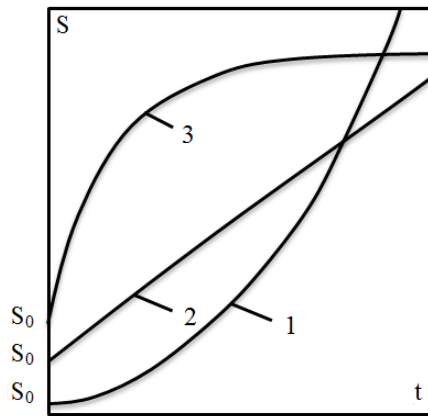
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенных исследований, сформулированы цель и задачи, характеризуются объект и предмет исследований, изложены соответствие диссертационной работы приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрываются их научная и практическая значимость, приводятся сведения по внедрению в практику результатов исследования результаты апробации, опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Обзор тенденции оптимального построения кабельных линий в сельских электрических сетях»** проведен обзор научных работ по теме диссертации, опубликованных в зарубежных и республиканских изданиях. В том числе, проанализировано современное состояние сельских электрических сетей (СЭС), приведен обзор практики оптимизации и осуществления электрических сетей с ограниченным количеством параметров, а также обзор оптимальной тенденции построения сельских электрических сетей кабельными линиями.

В условиях постоянного роста нагрузок СЭС большое значение имеет правильный выбор параметров линий электропередачи и, в первую очередь, сечений проводов воздушных кабельных линий (КЛ). В связи со сложностями повышения пропускной способности КЛ и динамически развивающихся сетей обостряется проблема выбора оптимального сечения кабелей для линий с постоянно растущей нагрузкой.

Для этого определяется оптимальная тенденция развития КЛ при динамически изменяющейся нагрузке. При исследованиях рассматривается рост нагрузки по законам экспоненциальной (показательной), линейной и простой модифицированной экспоненциальной функций. Графически законы роста нагрузки показаны на рис. 1.



1-экспоненциальный; 2-линейный; 3-модифицированный экспоненциальный.

Рис.1. Законы роста нагрузки.

Экспоненциальная функция роста нагрузки:

$$S_t = S_0(1 + k_{\text{пр}})^t \quad \text{или} \quad S_t = S_T(1 + k_{\text{пр}})^{t-T} \quad (1)$$

где: S_0 – начальная нагрузка; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент прироста нагрузки; S_T -конечная нагрузка.

Линейная функция роста нагрузки:

$$S_T = S_0(1 + k_{\text{пр}}T) \quad S_t = S_T(1 + k_{\text{пр}}T)^{-1}(1 + k_{\text{пр}}t) \quad (2)$$

Простая модифицированная экспоненциальная функция

$$S_t = S_T \left[1 - \left(1 - \frac{1}{k_T} \right) m^t \right] \quad (3)$$

где: m - коэффициент, определяющий динамику роста нагрузки. k_T - коэффициент кратности роста нагрузки:

$$k_T = \frac{S_T}{S_0} \quad (4)$$

Для проведения исследований разработана оптимизационная модель оптимального построения КЛ на основе метода динамического программирования.

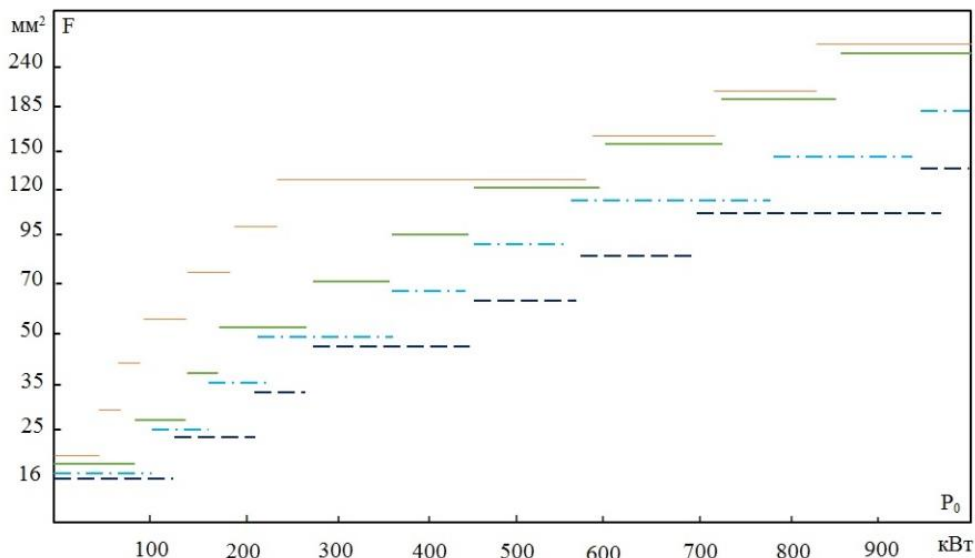
При этом все расчеты проводились на основе основного критерия суммарных затрат. При этом суммарные затраты имеют вид:

$$Z = \sum_{t=1}^T [(E_{\text{н}} + p_a)(K_t - K_{t-1}) + \frac{(F_i + F_j)(1 + x^2\gamma^2 F_i F_j)U_{\text{п}}}{[(F_i + F_j)^2 + 4x^2\gamma^2 F_i^2 F_j^2]U_{\text{н}}^2 \gamma \cos^2 \varphi} \times (P_t^2 - P_{t-1}^2)10^{-5}]l(1 + E_{\text{нп}})^{1-t} \quad (5)$$

где: P_t - активная нагрузка в год t ; P_{t-1} - то же, в год $t - 1$; x - реактивное сопротивление кабеля; $\cos \varphi$ - коэффициент мощности; F_i, F_j - i - тоже и j - тоже сечения жил кабеля.

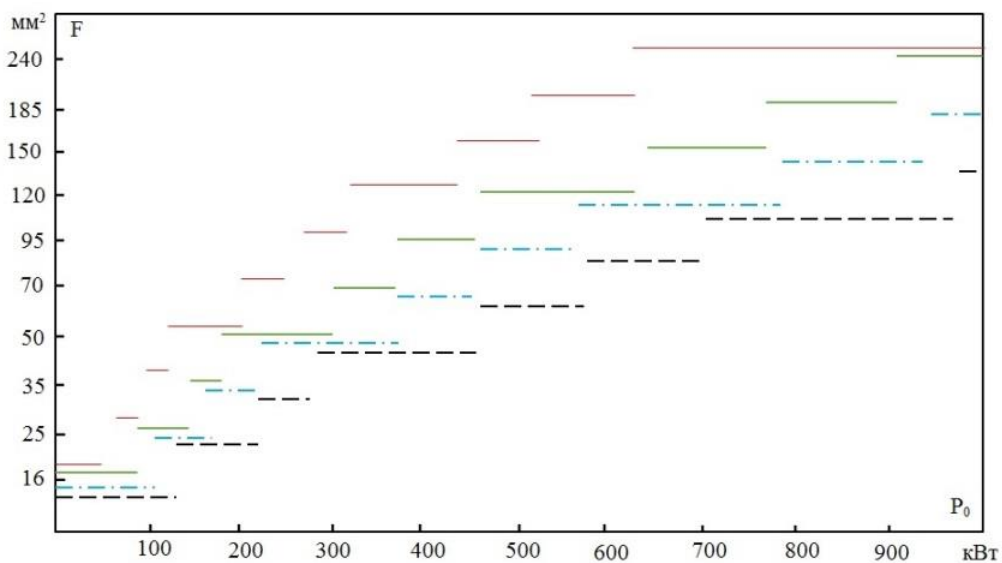
Для проведения исследований с помощью предложенной оптимизационной модели на основе метода динамического

программирования был составлен алгоритм и программа. На рис. 2 и 3 приведены результаты, полученные на основе данной программы.



Расчётное время T : — — — 10 лет; — · — 15 лет; — — — 20 лет; — — — 30 лет

Рис. 2. Выбор сечений кабельей с учетом ограничений при различном расчетном периоде



Расчётное время T : — — — 10 лет; — · — 15 лет; — — — 20 лет; — — — 30 лет.

Рис. 3. Выбор сечений кабельей без учета ограничений при различном расчетном периоде.

Выбор сечений кабельей осуществлен с учетом и без учета технических ограничений (допустимый ток и допустимые потери напряжения). При этом в качестве расчетных периодов приняты: 10, 15, 20 и 30 лет.

Исследования на оптимизационной модели при учете ограничивающих условий показали, что при продолжительности расчетного периода до 20 лет тенденция оптимального выбора сечений кабельей заключается в том, что на весь период сразу выбирается кабель с оптимальным сечением, зависящим от начальной нагрузки, и в процессе эксплуатации повышение пропускной способности линии не производится. При увеличении продолжительности

расчетного периода T тенденция выбора сечений кабельей несколько изменяется. В зависимости от величины начальной нагрузки могут выбираться либо линии с одним кабелем на весь расчетный период, а затем на определенном году параллельно первому кабелем прокладывается второй.

С увеличением начальной нагрузки сечения кабельей, намечаемых для прокладки в начале расчетного периода, выбираются практически последовательно по шкале номинальных сечений кабельей в порядке возрастания (рис. 2).

Были также проведены исследования для тех же исходных данных без учета принятых ограничений (рис. 3). В этом случае оптимальной является тенденция, при которой на протяжении всего расчетного периода выбираются только КЛ с одним кабелем. В обоих случаях тенденция выбора сечений кабельей полностью совпадают при расчетном периоде до 15 лет включительно.

Исследования также показали, что установленная оптимальная тенденция выбора сечений кабельей справедлива и при различных законах роста нагрузки. При этом только изменяются граничные и начальные нагрузки.

Исследованиями на оптимизационной модели установлено, что при продолжительности расчетного периода до 15 лет оптимальной является тенденция выбора сечения кабельей исходя из нагрузок этого периода, а ограничения по допустимым токовым нагрузкам и потерям напряжения не оказывают влияние на оптимальный выбор сечений. При увеличении расчетного периода до срока службы КЛ (30 лет) в целом сохраняется установленная оптимальная тенденция выбора сечений кабельей. Однако при этом уже наблюдается влияние принятых ограничений, и в основном при достаточно больших начальных нагрузках оптимальной оказывается прокладка параллельно к существующему второму кабелю после истечения 20 и более лет эксплуатации.

Вторая глава диссертации « **Экономические интервалы нагрузки для выбора сечений жил кабельей** » посвящена вопросам выбора оптимального сечения кабельей и их шкалы для линий сельских электрических сетей по методу экономических интервалов.

Для выбора сечений кабельей КЛ электропередачи, до настоящего времени широко используется экономическая плотность тока, что не отвечает условию минимума суммарных затрат. В связи с этим возникла необходимость определения экономических интервалов нагрузки для выбора сечений кабельей и решения связанных с ними задач с учётом динамики роста нагрузки.

При этом граница экономических интервалов для случая, не учитывающего динамику роста нагрузки определяется:

$$S_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{(E_{\text{н}} + p_{\text{а}})(K_{i+1} - K_i)U_{\text{н}}^2 \gamma F_{i+1} F_i 10^5}{U_{\text{п}}(F_{i+1} - F_i)}} \quad (6)$$

где: F_i и F_{i+1} – стандартные сечения; E_m – нормативный коэффициент эффективности, p_a – нормативный коэффициент амортизационного отчисления; U_n – номинальное напряжение; K_i и K_{i+1} – значения капитальных затрат; U_{Π} – затраты на компенсации потерь электроэнергии.

Граничные значения экономических интервалов нагрузки с учетом динамики изменения нагрузки определяются:

$$S_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{(E_n + p_a)(K_{i+1} - K_i)U_n^2 \gamma F_i F_{i+1} 10^5}{U_{\Pi}(F_{i+1} - F_i)A}} \quad (7)$$

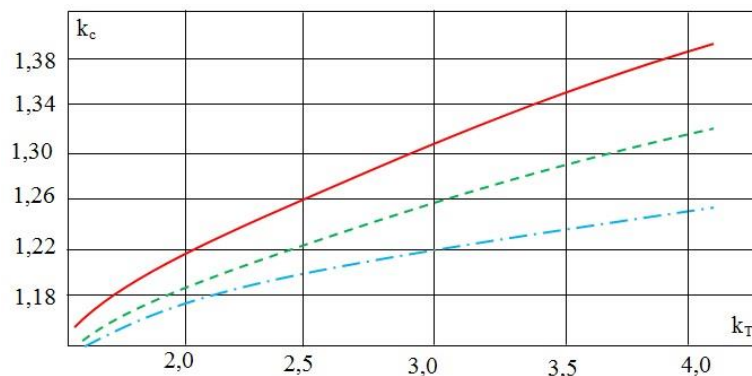
где: A - коэффициент, определяемый законом роста нагрузки.

Для учёта законов роста нагрузки удобным является коэффициент сдвига. При этом коэффициент сдвига k_c определяется:

$$k_c = A^{-\frac{1}{2}} \quad (8)$$

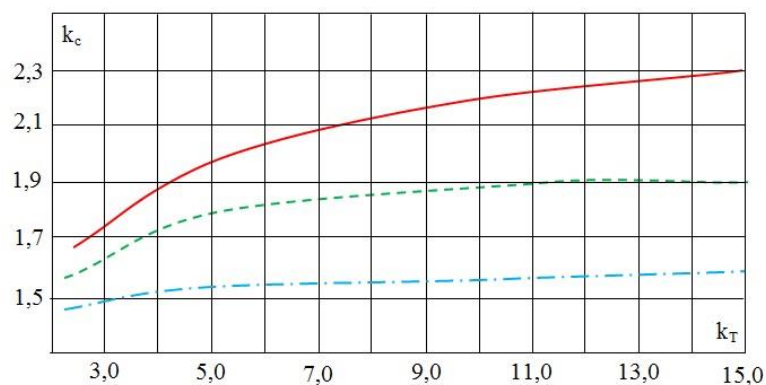
Коэффициент сдвига не зависит от сечения кабелей и определяется коэффициентом относительного роста нагрузки (кратность роста нагрузки) и расчетным периодом.

Для исследования влияния на коэффициенты сдвига различных законов роста нагрузки были проведены соответствующие расчеты. Результаты расчетов приведены на рис. 4 и 5.



k_T для а) $T = 15$ лет; — $k_c^{\text{э}}$; - - - $k_c^{\text{ч}}$; - · - $k_c^{\text{мэ}}$.

Рис.4 Зависимость коэффициентов сдвига от изменения



k_T для а) $T = 30$ лет; — $k_c^{\text{э}}$; - - - $k_c^{\text{ч}}$; - · - $k_c^{\text{мэ}}$.

Рис.5. Зависимость коэффициентов сдвига от изменения

Во всех возможных случаях коэффициент сдвига всегда больше единицы и поэтому границы экономических интервалов нагрузки всегда будут большими при выборе сечений кабельей для линий, на которых нагрузка изменяется во времени. Таким образом, определив границы экономических интервалов нагрузки без учета изменения нагрузки во времени и используя коэффициенты сдвига границ экономических интервалов можно определить границы экономических интервалов при любых законах роста нагрузки.

Сопоставление границ нагрузки, полученных на оптимизационной модели, с экономическими интервалами нагрузки показало, следующее. При снятии ограничений по длительно допустимым токовым нагрузкам и допустимой потере напряжения границы нагрузок определенные по предложенной программе практически совпадают с экономическими интервалами нагрузки, оптимизационной модели, определенными с учетом коэффициента сдвига k_c при любой продолжительности расчетного периода (табл. 1 и 2). Таким образом, что при любом расчетном периоде границы экономических интервалов совпадают. На основании такого сопоставления можно сделать вывод о правильности предложенной оптимизационной модели.

Таблица 1

Верхние границы экономических интервалов нагрузки с учетом k_c

Сечение, мм ²	Расчетный период, лет			
	10	15	20	30
16	269	310	363	513
25	441	507	594	839
35	569	655	767	1086
50	944	1087	1272	1798
70	1169	1346	1575	2227
95	1456	1675	1954	2772
120	2009	2312	2707	3826
150	2417	2782	3257	4604
185	2856	3291	3853	5445

Таблица 2

Верхние границы экономических интервалов нагрузки по модели

Сечение, мм ²	Расчетный период, лет			
	10	15	20	30
16	268	311	361	525
25	443	503	594	831
35	567	658	765	1051
50	948	1095	1274	1795
70	1170	1346	1572	2232
95	1453	1672	1954	2801
120	2009	2315	2718	3852
150	-	2781	3250	4596
185	-	-	3865	5472

Для расчетных периодов 10 и 15 лет границы экономических интервалов нагрузки, определенные по методу экономических интервалов и по оптимизационной модели с учетом ограничивающих условий практически совпадают (относительная погрешность не превышает 1%, т.е. расхождение объясняется точностью расчетов). При продолжительности расчетного периода 20 лет не совпадают верхние границы экономических интервалов нагрузки для сечения жил кабелей 50, 120, 150 и 185 мм². Однако, для остальных сечений границы экономических интервалов нагрузки практически совпадают.

В третьей главе диссертации **«Исследование и разработка целесообразной шкалы стандартных сечений кабелей»** для оптимального развития сетей осуществляется выбор параметра элемента сети из существующей стандартной шкалы типоразмеров и оптимизация шкалы стандартных сечений кабелей или проверка их оптимальности.

Для этого для построения параметрического ряда сечений кабелей, предназначенных для КЛ электропередачи в сельской местности, предлагается использовать метод экономических интервалов нагрузки. Этот метод использует принцип ограничения допустимого увеличения затрат от оптимальных. В качестве критерия оптимальности предполагает использование минимума суммарных затрат.

При установлении оптимальной шкалы типоразмеров оборудования важное значение имеет определение начального и конечного значения типоразмера шкалы. Начальное сечение кабелей в основном определяется минимальными нагрузками. Конечное сечение кабелей определяется наибольшими действительными токовыми нагрузками или максимально возможными токами короткого замыкания.

Для кабелей сельских электрических сетей по длительно допустимым токовым нагрузкам конечное сечение может быть выбрано не менее 75 мм², а по условиям термической устойчивости сечение должно быть не менее 100 мм². Таким образом на основании проведенного анализа для сельских кабельных линий электропередачи необходимо принять конечное сечение шкалы равным 120 мм², а начальное сечение необходимо установить в ходе исследований.

В практике проектирования и научно-технических исследований принято, что два сравниваемых варианта считаются экономически равноценными, если их показатели отличаются не более, чем на 3-5%. Это условие положено в основу одного из подходов к определению оптимального параметрического ряда, который заключается в том, что отклонение фактических затрат при использовании сечения из стандартной шкалы от оптимальных составляет 3-5%.

Отклонение фактических затрат при использовании оптимального сечения из стандартной шкалы определяется:

$$Z_{\phi} = (1 + \delta)Z_{\text{опт}} \quad (9)$$

где: δ - отклонение фактических затрат от оптимальных, принимаемое равным 0,03-0,05. Относительное изменение затрат равняется:

$$\delta_i^H = \frac{(\sqrt{F_i} - \sqrt{F_{i-1}})^2}{\frac{K_0}{k} + 2\sqrt{F_{i-1}F_i}} \quad \text{и} \quad \delta_i^B = \frac{(\sqrt{F_{i+1}} - \sqrt{F_i})^2}{\frac{K_0}{k} + 2\sqrt{F_iF_{i+1}}} \quad (10)$$

Из (10) следует, что величина относительных отклонений суммарных затрат при отступлении от экономического сечения определяется только соотношением смежных стандартных сечений и постоянной составляющей стоимости линии K_0 , не зависящий от сечения, к коэффициенту удорожания k . Величина отношения K_0/k колеблется в нешироких пределах - от 92,73 до 124,02 при среднем арифметическом 116,62 и среднем квадратическом - 112,27. Рассчитанные значения δ_i^B приведены в табл. 4.

Таким образом учёт допустимого (3-5 %) отклонения фактических затрат от экономических позволяет отказаться от применения некоторых сечений из стандартного ряда (рис.6), что подтверждает актуальность и правомерность постановки вопроса о целесообразности существующей шкалы номинальных сечений кабелей и о необходимости разработки новой шкалы, удовлетворяющей условиям экономичности.

Таблица 4

Величина относительных изменений затрат при отступлении от экономического сечения

Сечение мм ²	Относительное изменение затрат при K_0/k							
	92,22	118,90	92,73	115,92	124,02	120,91	112,27	116,62
16	0,0073	0,0063	0,0075	0,0064	0,0061	0,0062	0,0066	0,0064
25	0,0054	0,0047	0,0055	0,0048	0,0046	0,0047	0,0049	0,0048
35	0,0074	0,0066	0,0076	0,0067	0,0064	0,0065	0,0068	0,0067
50	0,0078	0,0071	0,0080	0,0072	0,0069	0,0070	0,0073	0,0071
70	0,0073	0,0068	0,0074	0,0068	0,0066	0,0067	0,0069	0,0068
95	0,0047	0,0044	0,0048	0,0044	0,0043	0,0044	0,0045	0,0044
120	0,0046	0,0043	0,0046	0,0044	0,0043	0,0043	0,0044	0,0043
150	0,0043	0,0041	0,0043	0,0041	0,0040	0,0040	0,0041	0,0041
185	0,0069	0,0066	0,0070	0,0067	0,0066	0,0066	0,0067	0,0066

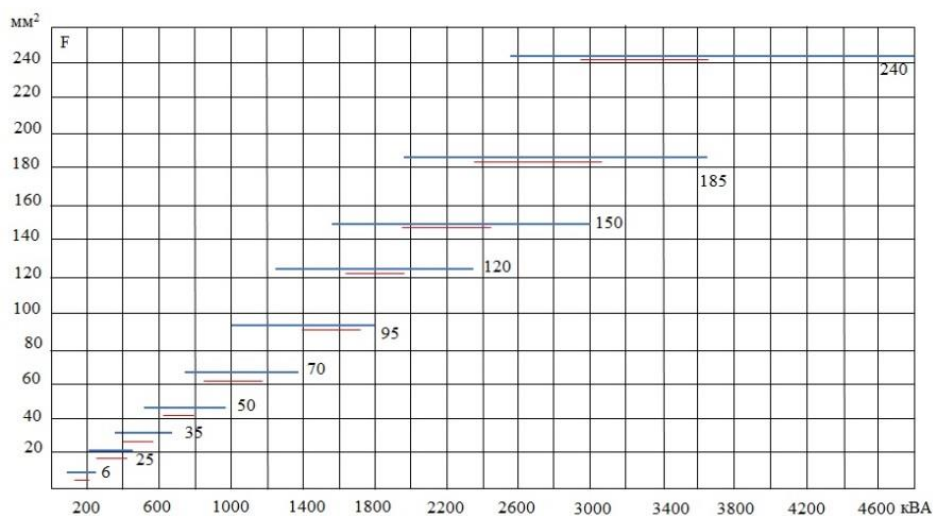


Рис.6. Изменение экономических интервалов нагрузки при $\delta = 0,05$.

В настоящее время рекомендуется строить стандартный ряд типоразмеров с постоянным шагом по принципу арифметической или геометрической прогрессии. Существующий ряд сечений примерно подчиняется принципу геометрической прогрессии. Тогда можно записать.

$$\frac{F_{i+1}}{F_i} = q \quad (11)$$

Величина шага шкалы определяется:

$$q = \left[(1 + \delta) + \sqrt{(1 + \delta)^2 - \left(1 + \frac{K_0 \delta}{k F_0}\right)} \right]^2 \quad (12)$$

Из полученного выражения (12) видно, что величина шага шкалы определяется только величиной относительного изменения затрат при отступлении от экономического сечения и отношения постоянной составляющей стоимости линии, не зависящей от сечения, к коэффициенту удорожания линии, а также от начального сечения шкалы. Зависимость шага нарастания шкалы от изменения начального сечения шкалы F_0 и отношения K_0/k представлена графически на рис. 7. Кривые на рис. 7а. построены при $F_0 = 16 \text{ мм}^2$, на рис. 7б - при $\delta = 0,05$ и $\frac{K_0}{k} = 112,27$.

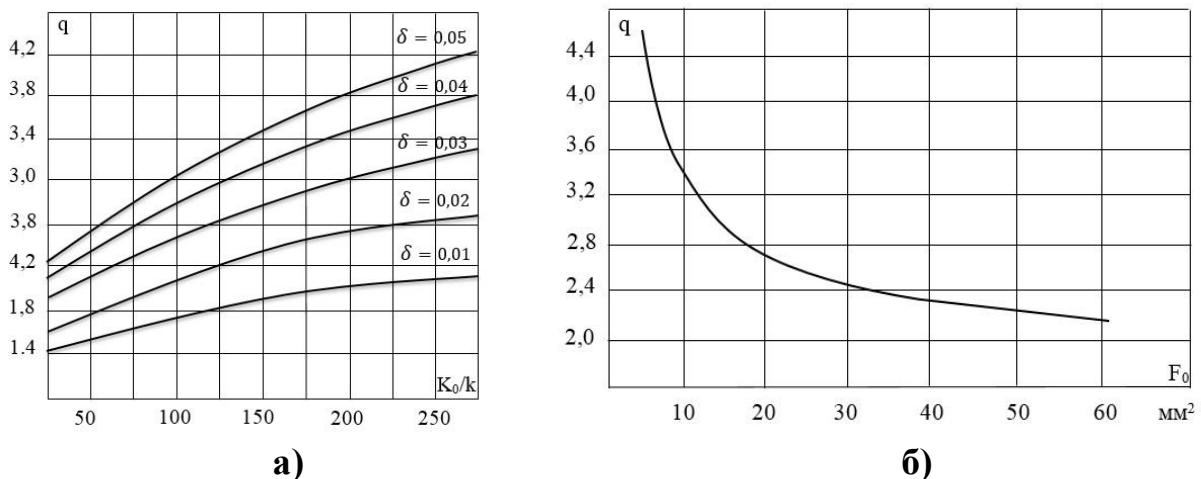


Рис.7. Зависимость шага шкалы от изменения $\frac{K_0}{k}$, F_0 , и δ .

При этом величина шага шкалы сечений кабельей получается равной 3,48; 2,97 и 2,63, соответственно для начальных сечений 10,16 и 25 мм^2 . При этом вместо 8 стандартных сечений оказывается возможным применять только три сечения. В этом случае после округления шкалы сечений принимают вид: 10, 35, 120 мм^2 ; 16, 50, 150 мм^2 ; 25, 70, 150 мм^2 .

Проведен расчет снижения потерь электроэнергии в кабельных линиях за счет применения ограниченного количества стандартных сечений кабельей. Расчеты проведены для районов СЭС Ташкентской области. Проведены расчеты количества и значений сечений кабельных линий при модернизации и обновлении низковольтных электрических сетей и даны соответствующие рекомендации. В этом случае уменьшение количества сечений кабельей, применяемых в электрических сетях, позволяет

существенно снизить потери электроэнергии. При этом снижение удельных потерь электроэнергии составляет 15 кВт·ч на 1 кВт нагрузки на шинах ТП 10/0,38 кВ, что для одного района составляет 427 500 кВт·ч в год электроэнергии.

В четвертой главе диссертации «Исследование показателей надежности кабельных линий в сельской местности» на основе статистических данных разработан метод расчета показателей надежности кабельных сетей в сельской местности и с помощью данного метода определены расчетные показатели надежности кабельных линий.

В качестве показателя надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей в настоящее время принята эквивалентная продолжительность отключений, значение которой зависит от показателей надежности элементов сети, причем главным образом линий электропередачи.

Эквивалентная продолжительность отключений определяется:

$$T_p = \alpha_p l_p = (\omega\tau + \gamma_{\Pi} \nu \vartheta) \quad (13)$$

где: α_p - удельная эквивалентная продолжительность отказов линий; l_p - суммарная длина участков линий, км; ω, ν - удельная частота отказов и преднамеренных отключений соответственно, 1/год.км; τ, ϑ - среднее время одного восстановления и среднее время одного обслуживания линии (восстановления после преднамеренного отключения), ч; γ_{Π} - коэффициент, учитывающий меньшую тяжесть плановых отключений, равный 0,33.

Значения показателей, входящих в (13), находятся путем обработки статистических данных существующих сетей.

В соответствии с классификацией отказы КЛ, как городских так и сельских, делятся на электрические и прямые механические. То есть частота отказов для КЛ определяется:

$$\omega = \omega_{\text{эл}} + \omega_{\text{мех}} \quad (14)$$

где: $\omega_{\text{эл}}$ - электрические отказы; $\omega_{\text{мех}}$ - механические отказы.

Среднее время восстановления КЛ при отказах τ :

$$\tau = \frac{\omega_{\text{эл}}}{\omega} \tau_{\text{эл}} + \frac{\omega_{\text{мех}}}{\omega} \tau_{\text{мех}} \quad (15)$$

где: $\tau_{\text{эл}}$ - среднее время восстановления при электрических отказах; $\tau_{\text{мех}}$ - среднее время восстановления при механических отказах;

Среднее время обслуживания ϑ для кабельных линий

$$\vartheta = k_{\Pi} \vartheta_{\Pi} + (1 - k_{\Pi}) \vartheta_{\gamma} \quad (16)$$

где: k_{Π} - коэффициент показывающий отношение количества пробоев при профилактических испытаниях к общему количеству профилактических испытаний; ϑ_{Π} - среднее время обслуживания в случае пробоя при профилактическом испытании; ϑ_{γ} - среднее время обслуживания при успешном профилактическом испытании.

В соответствии с предложенной методикой рассчитаны показатели надежности сельских КЛ. Статистические данные получены из существующих электрических сетей г. Ташкента и Ташкентской области.

Результаты расчёта показателей надёжности КЛ электропередачи в сельской местности приведены в табл. 5. Здесь же для сравнения приведены аналогичные показатели воздушных линий(ВЛ).

Анализ данных табл. 5 показывает, что частота отказов КЛ в среднем на порядок ниже частоты отказов ВЛ. Среднее время восстановления для КЛ примерно в 3 раза больше, чем для ВЛ. Частота преднамеренных отключений КЛ несколько выше, чем воздушных, а среднее время обслуживания КЛ несколько ниже. Следует отметить, что составляющая удельной эквивалентной продолжительности отключений КЛ, связанная с аварийными отключениями, в 2,5-3 раза меньше аналогичной составляющей для ВЛ.

Таблица 5

Показатели надёжности воздушных и кабельных линий

Показатели надёжности	Линии электропередачи	
	Воздушные	Кабельные
Частота отказов ω , отк/км. год	0,05 ... 0,25	0,01 ... 0,03
	0,15	0,02
Среднее время восстановления τ , ч/отк	3,5 ... 7,5	12,9 ... 19,5
	5,5	16,2
Частота преднамеренных отключений ν , откл/км.год	0,05 ... 0,25	0,29 ... 0,34
	0,15	0,31
Среднее время обслуживания ϑ , ч/откл	3,5 ... 7,5	1,6 ... 7,2
	5,5	4,0
Удельная эквивалентная продолжительность отключений α_p , ч/км.год	0,2 ... 0,5	0,31 ... 1,39
	1,1	0,75

Удельная эквивалентная продолжительность отключений воздушных линий в сельской местности приблизительно в 1,4 раза больше, чем кабельных линий. Это объясняется значительно меньшей частотой отказов кабельных линий.

Применение в сетях сельскохозяйственного назначения КЛ позволит в значительной мере сократить количество повреждений трансформаторов и соответственно уменьшит общее количество отказов сельских подстанций. Повреждаемость трансформаторов в воздушных сетях примерно в 10 раз выше, чем в кабельных. Это объясняется частым воздействием на трансформаторы грозových перенапряжений, большим числом коротких замыканий на воздушных линиях и т.п. Этот вывод подтверждают и зарубежные данные(Германия, Польша, Австрия и другие).

Таким образом, применение КЛ в сельских электрических сетях повышает надёжность не только линий электропередачи. Элементная надёжность сельских КЛ несколько выше, чем воздушных. Средняя расчетная удельная эквивалентная продолжительность отключений сельских КЛ равна 0,75 ч./км.год(в пределах от 0,3 до 1,5 ч./км.год). Применение КЛ в сельской местности приводит к повышению надёжности ТП 35/10 кВ и 10/0,4

кВ за счет уменьшения количества повреждений трансформаторов и другого оборудования подстанций.

Выводы

В результате проведенных исследований по диссертации доктора философии PhD на тему «Повышение энергоэффективности и надёжности сельских электрических сетей на основе унификации линий» представляются следующие выводы:

1. На основе разработанной оптимизационной модели в зависимости от продолжительности расчетного периода установлена оптимальная тенденция развития кабельных линий в сетях с динамически изменяющейся нагрузкой.

2. Для выбора сечений КЛ установлены взаимосвязи между границами экономических интервалов нагрузки, величинами самих интервалов нагрузки и величиной суммарных затрат на границах экономических интервалов нагрузки, а также предложен коэффициент сдвига, позволяющий учитывать влияние динамики изменения нагрузки на границы экономических интервалов.

3. Несоответствие существующей шкалы номинальных сечений кабельной линий в сельской местности условиям оптимальности и завышенное их количество дало возможность определить для сельских электрических сетей оптимальное количество сечений в шкале равным 25; 50; 120 мм².

4. Снижение удельных потерь электроэнергии в электрических сетях при применении ограниченного количества стандартных сечений кабельной в среднем составляет 15 кВт·ч на 1 кВт нагрузки на шинах ТП 10/0,38 кВ и в результате достигнуто снижение потерь электроэнергии в 427500 кВт·ч. в год.

5. С помощью метода, позволяющего на основе статистических данных определить показатели надежности кабельных линий в сельской местности определены расчетные показатели надежности, при этом средняя расчетная удельная эквивалентная продолжительность отключений составляет 0,75 ч/км.год, а предел изменения составляет: от 0,3 до 1,5 ч./км.год..

6. Применение кабельных линий в сельских электрических сетях привело к повышению надежности ТП 35/10 кВ и 10/0,4 кВ за счет уменьшения количества повреждений трансформаторов и другого оборудования подстанций.

**SCIENTIFIC COUNCIL TO AWARDING OF THE SCIENTIFIC
DEGREES DSc.03/30.12.2019.T.10.01 AT THE TASHKENT INSTITUTE OF
IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS**

NAVOIY STATE MINING INSTITUTE

RAKHIMOV FARRUX MOVLIDINOVICH

**IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY AND RELIABILITY OF
RURAL ELECTRICITY NETWORKS THROUGH UNIFIED LINES**

05.05.07 – Elektrotexnologies and electrical equipment in agriculture

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTORAL OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

TASHKENT – 2021

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 № B2020.2.PhD/T1642

The dissertation has been prepared Navoiy State Mining Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website www.ndki.uz and on the website of «ZiyoNet» Information and education portal www.ziynet.uz.

Scientific consultant:

Taslimov Abdurakhim Dexkanovich
Doctor of technical sciences, Professor,

Official opponents:

Yusubaliyev Ashirboy
Doctor of technical sciences, Professor,

Qodirov Dilshod Botirovich
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Leading organization:

“Uzenergoinjining” JSC

The defense of the dissertation will be held at 15⁰⁰ on «27» february 2020 year at the scientific council meeting DSc.03/30.12.2019.T.10.01 at the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (at the address: 39, Kari Niyazi street, Tashkent city, 100000. Tel: (+99871) 237-09-45; Fax: (+99871) 237-38-79, e-mail:admin@tiame.uz).

The dissertation is available at the Information-resource center of the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (registration number 156). Address: 39, Kari Niyazi street, Tashkent city, 100000. Tel: (+99871) 237-09-45; Fax: (+99871) 237-38-79, e-mail:admin@tiame.uz.

Abstract of the dissertation is posted 18 february 2021.
(Mailing Protocol No 3 dated 18 february 2021)



B.S. Mirzayev
Chairman of scientific Council on awarding scientific degrees doctor of technical sciences, Professor.

U.T Quziyev
Scientific secretary of Scientific Council awarding scientific degrees, doctor of philosophy (PhD) technical sciences, docent

X.M. Muratov
Chairman of scientific seminar under the Scientific Council on awarding scientific degrees doctor of technical sciences, Professor.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research. improving energy efficiency and reliability of rural electrical networks based on line unification and improving power supply to rural consumers.

The object of research are electrical distribution networks of voltages 0,38 and 6-10 kV for agricultural purposes.

The scientific novelty of the research: The scientific novelty of the results obtained in the dissertation lies in the following provisions:

- an optimization model for the development of cable lines of rural electric networks with varying load has been developed;

- the optimal scale of cable cross-sections has been determined, which allows to reduce electricity losses in rural electric networks;

- a computational algorithm has been developed to determine the reliability indicators of cable lines in rural areas;

- substantiated the initial cross-section of cables of rural electrical networks, taking into account the minimum load and the final cross-section, taking into account the actual maximum loads.

The implementation of research results. Based on the scientific results obtained to determine the number and values of standard cable conductor cross-sections and to increase the reliability of rural electrical networks: recommendations on the optimization model of cable lines of rural electrical networks with dynamically changing load were introduced in JSC "Toshkent hududiy elektr tarmoqlari korxonasi" (Reference from the Ministry of Energy dated October 21, 2020 No. 03-05-3-5591). As a result, it is possible to reduce the specific losses of electricity by 15 kWh / year per 1 kW of load on the buses of transformer substations 10 / 0.38 kV;

recommendations on the optimal scale of cross-sections of cable lines of rural electrical networks were introduced in JSC "Toshkent hududiy elektr tarmoqlari korxonasi" (Reference from the Ministry of Energy dated October 21, 2020 No. 03-05-3-5591). As a result, for one district, electricity losses were reduced by 427500 kWh / year and an economic effect was obtained by 126 million soums;

the methodology for calculating reliability indicators of rural cable lines was introduced in JSC "Toshkent hududiy elektr tarmoqlari korxonasi" (Reference from the Ministry of Energy dated October 21, 2020 No. 03-05-3-5591). As a result, it became possible to increase the reliability of power supply by 1.5 times due to the use of cable lines instead of overhead lines.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and used literature and applications. The volume of the thesis is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I булим (I часть; I part)

1. Таслимов А.Д., Рахимов Ф.М. Определение области целесообразного применения схем построения распределительных электрических сетей // Развитие науки и технологий. – Бухара, 2019. Том 23 № 1. – С. 115-121. (05.00.00. №24).

2. Таслимов А.Д., Рахимов Ф.М., Бердышев А.С. Выбор оптимальных параметров кабельей электрических сетей в условиях неопределенности по минимаксным критериям // Научно-технический журнал Ферганской политехнической институт. - Фергана, 2020. Том 24 № 2. – С. 84-88. (05.00.00. №20).

3. Taslimov A.D., Melikuziyev M.V., Rakhimov F.M. Methodology in multicriteria problems optimization and unification of parameters of power supply systems // European Science review. – Austria, Vienna, 2018. - № 9-10 (September-October). Vol.1. – Pp. 214-216. (05.00.00. № 3).

4. Taslimov A.D., Rakhimov F.M., Melikuziyev M.V. Optimization (unification) of parameters of electrical supply systems under the conditions of uncertainly of load development // European Science review. Austria, Vienna, 2019. - №1-2 (January-February). Vol.1. – Pp. 127-129. (05.00.00. № 3).

5. Taslimov A.D., Rakhimov F.M. Yuldashev A.A., Melikuziyev 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. – India, 2019. – Vol.6. Issue 12. – Pp. 1259-1263. (05.00.00. № 8).

II булим (II часть; II part)

6. Таслимов А.Д., Рахимов Ф.М. Программа оптимизации параметров распределительных сетей до 1000 В с учетом унификации. // Программа для ЭВМ. DGU 05740, 2018.

7. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Рахимов Ф.М. Программа формирования математической модели суммарных затрат низковольтных электрических сетей для выбора их оптимальных параметров. // Программа для ЭВМ. DGU 07379, 2019.

8. Таслимов А.Д., Юлдашев А.А., Рахимов Ф.М., Меликузиев М.В. Программа расчёта показателей надёжности кабельных линий на основе статических данных // Программа для ЭВМ. DGU 08019, 2020.

9. Таслимов А.Д., Юлдашев А.А., Рахимов Ф.М., Меликузиев М.В. Программа выбора сечений жил кабельей при различных законах роста

нагрузки по динамической оптимизационной модели // Программа для ЭВМ. DGU 08020, 2020.

10. Taslimov A.D., Berdishev A.S., Melikuziyev M.V., Rakhimov F.M. Method of choosing the unification of cable sections of electric network cables under conditions of load development uncertainty // E3S Web of Conferences 139, 01082 (2019), Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems” RSES 2019 (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901081>).

11. Taslimov A.D., Berdishev A.S., Melikuziyev M.V., Rakhimov F.M. Method of selecting parameters of cable lines distributive networks 10 kv in uncertainty conditions // E3S Web of Conferences 139, 01082 (2019), Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems” RSES 2019 (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901082>).

12. Taslimov A.D., Berdishev A.S., Rakhimov F.M. and Yuldashev A.A. Optimal tendency of selecting cable cross-sections for agricultural electrical networks // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1515, 2020 – Pp. 1-5. (doi:10.1088/1742-6596/1515/2/022056).

13. Taslimov A.D., Alimov A.A., Melikuziev M.V., Rakhimov F.M. Determination of the optimal parameters of power distribution networks by the method of criterion analysis// International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 29, No. 11s, (2020), - Pp. 1578-1583.

14. Taslimov A., Rakhimov F., Nematov L., Markaev N., Bijanov A., Yunusov R. Economic load intervals for selecting 10 kV cable crosssections for agricultural consumers // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 883, Issue 1, 20 July 2020, 012102 IOP Publishing (doi:10.1088/1757-899X/883/1/012102).

15. Рахимов Ф.М. Методы нормирования электропотребления промышленных предприятий // Горно-металлургический комплекс: Проблемы и их решения: Материалы республиканской научно-технической конференции. – Алмалык, 8 апрель, 2015. – 239с.

16. Эшев Х.Х., Рахмонов Ф.Н., Рахимов Ф.М. Навоий иссиқлик электр станциясининг Ўзбекистон энерготизимидаги тутган ўрни // Горно-металлургический комплекс: Проблемы и их решения: Материалы республиканской научно-технической конференции. – Алмалык, 8 апрель, 2015. – 213с.

17. Рахимов Ф.М., Рахимов Ф.М. Разработка технико-экономической модели при многокритериальной унификации сечений кабельных // Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса: Материалы IX Международной научно-технической конференции. – Навои, 12-14 июня, 2017. – 144с.

18. Рахмонов Ф.Н., Рахимов Ф.М. Исследование статической устойчивости электрических систем функцией Ляпунова в квадратичной форме // Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса: Материалы IX Международной научно-технической конференции. – Навои, 12-14 июня, 2017. – 162с.

19. Саъдуллаев М.С., Саъдуллаев Т.М., Рахимов Ф.М. Комбинированное устройства регулирования мощности конденсаторных батарей по углу сдвига и по напряжению // Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса: Материалы IX Международной научно-технической конференции. – Навои, 12-14 июн, 2017. – 166с.

20. Таслимов А.Д., Рахимов Ф.М. Потенциал снижения потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях // Инновация-2018: Сборник научных статей. Международная научная конференция. – Ташкент, 2018. – С.112-113.

Автореферат «Irrigatsiya va melioratsiya» илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва унинг ўзбек, рус, инглиз (тезис) тилларидаги матнлари мослиги текширилди. (__.__.2021 й)

Босишга рухсат этилди: __.__.2021 йил
Бичими 60x45 ¹/₈, «Times New Roman»
Гарнитурда рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи 3,5 Адади: 100. Буюртма: № ____.

ТТЕСИ босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Шоҳжаҳон кўчаси., 5-уй.