

**FO‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA  
AGROTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI**

**MAGISTRATURA BO‘LIMI**

**Qo‘lyozma huquqida**

**UDK:621.331**

**ESHKELDIYEV SHODI JAHONGIR O‘G‘LINING**

**DIGSILENT POWERFACTORY DASTURI YORDAMIDA  
ANGOR TUMANI ELEKTR TA‘MINOTI SXEMASINI  
MODELLASHTIRISH MASALASI.**

**70710407 –Elektr ta‘minoti mutaxassisligi**

Magistr akademik darajasini olish uchun yozilgan

**DISSERTATSIYA**

**Ilmiy rahbar:**

**PhD F.Omonov**

**Termiz -2026**

**Magistrlilik dissertatsiyasi mavzusi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti rektorining 27.10.2024-yildagi 08-M-sonli buyrug‘i asosida tasdiqlangan.**

Magistrlilik dissertatsiyasi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetida bajarilgan.

Magistrlilik dissertatsiyasi elektron nusxasi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti rasmiy veb sahifasiga joylashtirilgan.

Dissertatsiya manzilining QR-kodi:



**Magistrlilik dissertatsiyasi bilan Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetining axborot-resurs markazida tanishish mumkin. (\_\_\_\_\_raqam bilan ro‘yhatga olingan. Manzil: Termiz shahri Islom Karimov ko‘chasi 288A-uy.)**

**Ilmiy rahbar: \_\_\_\_\_ PhD F.B.Omonov**

**Kafedra mudiri: \_\_\_\_\_ PhD F.B.Omonov**

**Magistratura bo‘lim boshlig‘i: \_\_\_\_\_ PhD, S.M.Tilakov**

## **ANNOTATSIYA**

“DIgSILENT PowerFactory dasturi yordamida Angor tumani elektr ta’minoti sxemasini modellashtirish masalasi” mavzusidagi magistrlik dissertatsiya ishida hududiy elektr tarmoqlarining samaradorligi va ishonchliligini oshirishning barcha bosqichlari: tuman elektr ta’minoti tizimining hozirgi texnik holatini tahlil qilish, iste’molchilarning yuklama grafiklarini o‘rganish, tarmoqdagi kuchlanish isrofini hisoblash hamda tizimni zamonaviy dasturiy majmuada modellashtirish masalalari batafsil ko‘rib chiqilgan. Dissertatsiya ishida DIgSILENT PowerFactory dasturiy muhitida Angor tumanining “Angor” 110/35/10 kV podstantsiyasi va unga bog‘liq 10 kVli tarmoqlarining raqamli modelini hamda elektr energiyasi sifatini yaxshilash bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan

## **АННОТАЦИЯ**

В магистерской диссертационной работе на тему «Вопросы моделирования схемы электроснабжения Ангорского района с использованием программного комплекса DIgSILENT PowerFactory» подробно рассмотрены все этапы повышения эффективности и надежности региональных электрических сетей: анализ текущего технического состояния системы электроснабжения района, изучение графиков нагрузки потребителей, расчет потерь напряжения в сети, а также моделирование системы в современной программной среде. В диссертационной работе в программной среде DIgSILENT PowerFactory разработана цифровая модель подстанции «Ангор» 110/35/10 кВ Ангорского района и связанных с ней электрических сетей напряжением 10 кВ, а также предложены практические рекомендации по повышению качества электрической энергии.

## **ANNOTATION**

The master's thesis entitled "Modeling the Power Supply Scheme of Angor District Using DIgSILENT PowerFactory Software" comprehensively

addresses all stages of improving the efficiency and reliability of regional power grids: analyzing the current technical condition of the district power supply system, studying consumer load profiles, calculating network voltage losses, and modeling the system within a modern software suite. In this dissertation, a digital model of the "Angor" 110/35/10 kV substation and its associated 10 kV distribution networks in Angor District was developed using the DIgSILENT PowerFactory software environment, and practical recommendations for improving power quality were proposed.

## MUNDARIJA

|                |                                                                                                                                   |           |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                | <b>Kirish.....</b>                                                                                                                | <b>7</b>  |
| <b>I.BOB</b>   | <b>TANLANGAN OBYEKT ELEKTR TARMOQLARINING JORIY HOLATI TAHLILI.....</b>                                                           | <b>13</b> |
| 1.1.           | Elektr tarmoqlarini modellashtirish bo'yicha umumiy tahlil olib borish.....                                                       | 13        |
| 1.2.           | Angor tuman elektr tarmoqlari joriy holati sxemasini o'rganish.....                                                               | 17        |
| 1.3            | Angor tuman elektr tarmoqlarining 0,4 kVli tarmoq parametrlarini joriy holatini tahlil qilish.....                                | 19        |
| 1.4            | Angor tuman elektr tarmoqlari balansidagi transformatorlari holati va yuklamasi tahlili.....                                      | 22        |
|                | <b>Birinchi bob bo'yicha xuloslar.....</b>                                                                                        | <b>27</b> |
| <b>II.BOB</b>  | <b>ELEKTR TARMOQLARINI TAHLIL QILISH VA DIGSILENT POWERFACTORY DASTURIDA MODELLASHTIRISH</b>                                      | <b>28</b> |
| 2.1.           | Digsilent PowerFactory dasturi yordamida modellashtirish.....                                                                     | 28        |
| 2.2            | Digsilent PowerFactory dasturi yordamida Angor tumani 0,4 kV elektr tarmoqlarini modellashtirish.....                             | 36        |
| 2.3.           | Digsilent PowerFactory dasturi yordamida Angor tumani elektr tarmoqlari balansidagi kuch transformatorlarini modellashtirish..... | 41        |
|                | <b>Ikkinchi bob bo'yicha xulosalar.....</b>                                                                                       | <b>47</b> |
| <b>III.BOB</b> | <b>DIGSILENT POWERFACTORY DASTURIDA MODELLASHTIRISH NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI</b>                                            | <b>48</b> |
| 3.1.           | Digsilent PowerFactory dasturi yordamida modellashtirishning afzalliklari.....                                                    | 48        |
| 3.2.           | Angor tumanida modellashtirish doirasida olib borilgan ishlar tahlili                                                             | 52        |

|     |                                                |           |
|-----|------------------------------------------------|-----------|
| 3.3 | Iqisodiy va ekologik                           | 65        |
|     | qism.....                                      |           |
|     | <b>Uchinchi bob bo'yicha xulosalar.....</b>    | <b>68</b> |
|     | <b>Umumiy xulosalar.....</b>                   | <b>70</b> |
|     | <b>Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....</b> | <b>71</b> |

## KIRISH

**Magistrlik dissertatsiyasi mavzusining asoslanishi va uning dolzarbligi.** Bugungi kunda elektr ta'minoti tizimlarining ishonchligi va samaradorligini oshirish O'zbekistonda energetika sohasining eng dolzarb masalalaridan biridir. Aholi sonining ortishi, yangi sanoat korxonalari ishga tushirilishi va infratuzilmaning kengayishi natijasida elektr tarmoqlariga bo'lgan yuklama yildan-yilga oshib bormoqda. Angor tumanidagi "Angor" 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta'minoti tizimida ham bir qator muammolar mavjud: ayrim tarmoqlar eskirgan, kuchlanish pasayishi, energiya yo'qotishlari va uzilishlar tez-tez kuzatiladi. Bu holat nafaqat aholi, balki ishlab chiqarish korxonalari faoliyatiga ham salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Shu sababli tarmoq holatini chuqur tahlil qilish va texnik optimallashtirish zarur.

Ushbu muammoni hal etishda tizimni real vaqt mobaynida simulatsion dasturlar yordamida monitoring qiluvchi tizimlar muhim ahamiyatga ega. Mazkur dastur yordamida elektr tarmog'ining sxemasi modellashtirilib, yuklama taqsimoti, kuchlanish darajalari, energiya yo'qotishlari va avariya holatlari matematik jihatdan tahlil qilinadi. Natijada tarmoqning zaif nuqtalari aniqlanib, uni modernizatsiya qilish bo'yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqish imkoniyati yaratiladi. Mazkur ishning dolzarbligi shundaki, u **Angor tumanidagi "Angor" 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta'minoti tizimini raqamli modellashtirish asosida optimallashtirish** imkonini beradi. Bu esa elektr energiyasi sifati va uzluksizligini oshirish, energiya yo'qotishlarini kamaytirish hamda zamonaviy avtomatlashtirish tizimlarini joriy etishga xizmat qiladi.

2024-yil 9-iyulda qonunchilik palatasi tmonidan qabul qilingan 2024-yil 7-avgustdagi O'zbekiston Respublikasining "Elektr energetikasi to'g'risida"ga 939-sonli qonuni qabul qilinishi natijasida elektr energetikasi sohasidagi munosabatlarni tartibga solish yanada soddalashtirildi[1].

2025-yil 10-fevraldagi "Energiya resurslaridan noqonuniy foydalanish holatlariga qarshi kurashish sohasi takomillashtirilishi munosabati bilan O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ayrim hujjatlariga o'zgartirish va

qo‘shimchalar kiritish to‘g‘risida.”gi PF-20-sonli Prezident farmoni, 2025-yil 13-fevraldagi “Elektr energetikasi sohasidagi faoliyat turlarini litsenziyalash tartibi to‘g‘risidagi nizomni tasdiqlash haqida”gi 91-sonli O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining qarori[3], 2025-yil 23-iyundagi “Elektr energiyasi, neft mahsulotlari va gazdan foydalanishda inson hayoti va sog‘lig‘iga yuqori xavf soluvchi omillar reyestriga kiritiladigan ma’lumotlar ro‘yxatini tasdiqlash to‘g‘risida”gi 3633-sonli O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi elektr energiyasi, neft mahsulotlari va gazdan foydalanishni nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘ining buyruqlari hamda boshqa normativ-huquqiy hujjatlar mamlakatimizda energetika sohasini raqamlashtirish, tizimni yaxshilash, monitoring tizimlarini kuchaytirish uchun mustahkam huquqiy asos bo‘lib xizmat qilmoqda[2].

Yuqoridagi qaror va farmonlar qabul qilinishi natijasida mamlakatimizda energetika sohasini yanada isloh qilish, elektr va issiqlik energiyasi, tabiiy gaz, suvdan oqilona foydalanishni ta’minlash, shuningdek, to‘lov intizomini mustahkamlash choralari kuchaytirildi. Sohada raqamlashtirish ishlari olib borildi. Shu bilan birga, energiya resurslari iste’molining samaradorligini monitoring qilishning ta’sirchan tizimi, shuningdek, davlat va xo‘jalik boshqaruvi organlari, davlat korxonalari, muassasalari va tashkilotlarida zamonaviy energiya tejaydigan texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha xizmatlarning mavjud emasligi energiya resurslari xarajatlarini maqbullashtirish imkonini bermayapti.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Elektr ta’minoti tizimlarini modellashtirish, yuklamalar oqimini hisoblash va tarmoqlarda quvvat isroflarini optimallashtirish masalalari energetika sohasining fundamental yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ushbu muammo ustida uzoq yillardan buyon ko‘plab xorijiy va mahalliy olimlar tadqiqot olib bormoqdalar.

Elektr ta’minoti ob’ektlarini modernizatsiya qilishda tizimli kamchiliklarning mavjudligi, ma’naviy va jismonan eskirgan asbob-uskunalaridan foydalanilayotganligi energiya resurslarini samarasiz iste’mol qilinishga olib kelmoqda. Davlat tashkilotlari tomonidan iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy

sohada energiya sarfi hajmini qisqartirish, energiya tejaydigan texnologiyalarni joriy etish chora-tadbirlarini bajarish bo'yicha ishlar lozim darajada tashkil etilmagan. Davlat tashkilotlarida zamonaviy energiya samarador va energiya tejaydigan texnologiyalarni keng joriy etish, energiya resurslaridan oqilona foydalanishni ta'minlash bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi[4].

**Tadqiqot obyekti.** Angor tumanining "Angor" 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta'minoti tizimi majmuasi. Ushbu tizimning mavjud holatini o'rganish, texnik ko'rsatkichlarini aniqlash va ularni yaxshilash yo'llarini ishlab chiqish tadqiqotning asosiy yo'nalishidir.

**Tadqiqot predmeti.** Angor tumani "Angor" 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta'minoti tizimini DIgSILENT PowerFactory dasturi yordamida modellashtirish, tarmoqdagi elektr yuklamalarini tahlil qilish, kuchlanish darajalarini optimallashtirish va tizimning ishonchliligini oshirish jarayonlari hisoblanadi.

**Tadqiqot maqsadi.** Angor tumani "Angor" 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta'minoti tizimini DIgSILENT PowerFactory dasturi yordamida modellashtirish orqali uning texnik holatini baholash, yuklanishlarni tahlil qilish va elektr ta'minoti ishonchliligini hamda samaradorligini oshirish bo'yicha takliflar ishlab chiqish.

**Ilmiy yangiligi.** Tadqiqot jarayonida Angor tumani "Angor" 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta'minoti tizimi DIgSILENT PowerFactory dasturi asosida modellashtirildi va uning real ekspluatatsion ko'rsatkichlari raqamli tahlil qilindi. Tarmoq elementlarining yuklanish holati, kuchlanish darajalari va energiya yo'qotishlari aniqlanib, ularni optimallashtirish bo'yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqildi. Shu bilan birga, tuman miqyosidagi elektr ta'minot tizimini raqamli modellashtirish natijalari kelgusida hududiy elektr tarmoqlarini rivojlantirishda qo'llash uchun amaliy ahamiyatga ega bo'lgan yangi uslubiy yondashuv sifatida taklif etiladi.

**Tadqiqotning asosiy masalalari va farazlari.** Angor tumani “Angor” 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta’minoti tizimining mavjud holatini o’rganish, elektr tarmog’ining sxemasini tuzish va uni DIgSILENT PowerFactory dasturida modellashtirish, yuklanishlar va kuchlanishlar taqsimotini hisoblash, energiya yo’qotishlarini aniqlash hamda tizim ishonchliligini oshirish bo’yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tuman elektr ta’minoti tizimi mavjud EHM dasturlari yordamida tahlil qilinsa va modellashtirish natijalariga asoslangan optimallashtirish choralari joriy etilsa, tarmoqdagi kuchlanish barqarorligi yaxshilanadi, energiya yo’qotishlari kamayadi va tizimning umumiy samaradorligi hamda ishonchliligi ortadi.

**Tadqiqot mavzusi bo’yicha adabiyotlar sharhi.** So’nggi yillarda elektr energiya tizimlarini raqamli modellashtirish va tahlil qilish bo’yicha olib borilgan ilmiy izlanishlar energiya ta’minoti tizimlarining samaradorligi, ishonchliligi va barqarorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Hozirgi kunda bu yo’nalishda **DIgSILENT PowerFactory**, **MATLAB/Simulink**, **ETAP**, **PSCAD/EMTDC** kabi dasturiy vositalar keng qo’llanilmoqda. Ular yordamida elektr tarmoqlarining yuklanish tahlili, qisqa tutashuv jarayonlari, kuchlanish darajalari va energiya oqimlarini modellashtirish imkoniyati mavjud.

**P. Kundur (1994)** o’zining “Power System Stability and Control” nomli kitobida elektr tizimlarining dinamik barqarorligini ta’minlash tamoyillarini chuqur tahlil qilgan. Ushbu ish hozirgi kunda ham elektr tizimlarini tahlil qilish va modellashtirishda asosiy manba hisoblanadi.

**F. Milano (2010)** tomonidan yozilgan “Power System Modelling and Scripting” nomli kitobda esa DIgSILENT PowerFactory dasturining texnik imkoniyatlari, uning dasturlash muhiti va murakkab tizimlarni modellashtirish usullari batafsil bayon etilgan. Milano PowerFactory dasturida matematik modellarni yaratish, yuklanish qiymatlarini hisoblash va tarmoq parametrlarini optimallashtirish masalalariga alohida e’tibor qaratgan.

**O. Ugalde-Loo va G. Rogers (2015)** asarlarida esa elektr tizimlarida kechuvchi o’tkinchi jarayonlar, yuklama o’zgarishlari va qisqa tutashuv

holatlarining simulyatsiyasi o'rganilgan. Ularning ishlarida PowerFactory dasturi asosida tarmoq barqarorligini tahlil qilishning afzalliklari ko'rsatib o'tilgan.

Elektr energetika tizimlarida energiya yo'qotishlarini kamaytirish, kuchlanish rejimlarini optimallashtirish va tarmoqlarning samaradorligini oshirish bo'yicha O'zbekiston olimlari tomonidan bir qator ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan.

**Gayipov T.SH.** mahalliy tadqiqotchilardan ushbu yo'nalishda Gayipov T.SH. tomonidan elektr energetika tizimlarining ish rejimlarini optimallashtirish masalalari chuqur o'rganilgan. Uning tadqiqotlarida elektr tarmoqlarining barqaror ish rejimini ta'minlash, yuklamalarni optimal taqsimlash hamda tizimdagi texnik yo'qotishlarni kamaytirish masalalari matematik modellar asosida tahlil qilingan. Shuningdek, elektr energetika tizimlarida murakkab rejimlarni hisoblash va optimallashtirish orqali tizim samaradorligini oshirish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan.

**Raximov F.M.** tomonidan past kuchlanishli elektr ta'minoti tizimlarida yuklama optimizatsiyasi asosida energiya yo'qotishlarini kamaytirish masalalari o'rganilgan. Ushbu tadqiqotlarda tarmoq yuklamalarini optimal taqsimlash orqali texnik yo'qotishlarni sezilarli darajada kamaytirish mumkinligi ilmiy asoslab berilgan.

**Tiguntsev S.G. va Akhmedov S.B.** tomonidan Namangan viloyati elektr tarmoqlari misolida energiya yo'qotishlarini kamaytirish choralari o'rganilgan. Tadqiqot natijalarida reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish, transformator yuklamalarini optimallashtirish hamda tarmoq elementlarini modernizatsiya qilish orqali yo'qotishlarni kamaytirish mumkinligi ko'rsatib berilgan.

Ushbu adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, **DigSILENT PowerFactory** dasturi elektr ta'minoti tizimlarini raqamli modellashtirishda eng ishonchli va keng imkoniyatli vositalardan biri hisoblanadi. Angor tumani "Angor" 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta'minoti sxemasini ushbu dastur yordamida modellashtirish natijasida tarmoqning real texnik holatini aniqlash, energiya iste'molini optimallashtirish va tizim ishonchliligini oshirish imkoniyati yaratiladi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Ushbu tadqiqotning ilmiy ahamiyati shundan iboratki, Angor tumani “Angor” 110/35/10 podstantsiyasi elektr ta’minoti tizimi DIgSILENT PowerFactory dasturi asosida modellashtirildi va tarmoqning texnik hamda ekspluatatsion ko’rsatkichlari ilmiy jihatdan asoslangan holda tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari elektr tarmoqlarini modellashtirishda raqamli usullarni qo’llash samaradorligini isbotlab, mahalliy elektr ta’minoti tizimlari uchun yangi ilmiy yondashuv va metodologiyani taklif etadi.

Amaliy ahamiyati esa, DIgSILENT PowerFactory dasturida olingan natijalar asosida Angor tumani elektr ta’minoti tizimidagi kuchlanish darajalari, yuklama taqsimoti va energiya yo’qotishlarini kamaytirish bo’yicha takliflar ishlab chiqilgan. Bu tavsiyalar amaliyotda qo’llanilganda tarmoqning barqaror ishlashini ta’minlaydi, elektr energiyasi sifatini yaxshilaydi hamda tizimning ekspluatatsion ishonchliligini oshiradi.

Tadqiqot natijalari nafaqat Angor tumani, “Angor” 110/35/10 podstantsiyasi balki boshqa hududlarning elektr ta’minoti tizimlarini modernizatsiya qilishda ham qo’llanilishi mumkin. dissertatsiyada olingan ilmiy xulosalardan xalqaro investitsiyalarni jalb etish va ularni boshqarish bo’yicha uslubiy yondashuvlarni takomillashtirishda foydalanish mumkinligi bilan belgilanadi.

Dissertatsiya mavzusi bo’yicha jami 2 ta ilmiy maqola hamda 2 ta tezis respublika va xorijiy konferensiyalarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning hajmi 77 sahifadagi matn, 3 ta bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro’yxatidan iborat.

## **I-BOB. TANLANGAN OBYEKT ELEKTR TARMOQLARINING JORIY HOLATI TAHLILI**

### **1.1. Elektr tarmoqlarini modellashtirish bo'yicha umumiy tahlil olib borish**

Hozirgi vaqtda axborot texnologiya qurilmalari va dasturlari energetika sohasining turli yo'nalishlarida keng joriy etilmoqda. Ya'ni energetika sohasini raqamlashtirish amalga oshirilmoqda. Energetika sohasini raqamlashtirish energiya tizimlarining ishlashini modellashtirish bilan chambarchas bog'liq bo'lib, bu juda ko'p afzalliklarga ega. Elektr stansiyasining ishlashini imitatsiya qilish zaruriy darajadagi tafsilotlar orqali vaqt o'tishi bilan haqiqiy tizimning holatini kuzatish imkonini beradi, shuningdek, bu elektr stansiya ishlashining barcha jarayonlarini tahlil qilish imkoniyatini beruvchi muhitdir. Energetika tizimini modellashtirish (imitatsiyalash) quyidagi dasturlar orqali amalga oshiriladi:

**Matlab dasturi** – MathWorks tomonidan ishlab chiqilgan hisoblash muhiti. Ushbu dastur manipulyatsiyalarni bajarish, funksiyalar va ma'lumotlarning grafiklarini chizish, algoritmlarni amalga oshirish, foydalanuvchi interfeyslarini yaratish va boshqa tillarda yozilgan dasturlar bilan o'zaro ishlash imkonini beradi. Matlab dasturining afzalliklari: foydalanish qulayligi, platformaning mustaqilligi, chizma chizish qulayligi, grafik foydalanuvchi interfeysi. Matlab dasturining kamchiliklari: dastur tannarxi qimmatligi, yangi foydalanuvchilar uchun tushunarsiz interfeysga egaligi va mahalliy xodimlar uchun dastur to'g'risida qo'shimcha axborotlarning cheklanganligi.

**Multisim** – mavjud sxemalarni modellashtirishga asoslangan simulyatsiya dasturi. Multisim turli sohalarda analog, raqamli va kuch elektronikasi uchun sxemalarni simulyatsiya qilish hamda dasturlash maqsadida ishlatiladi. Multisim afzalliklari: tushunarli interfeys, elektr zanjirlari yordamida nazariyani "mustahkamlash" imkonini beradi, soha mutaxassislariga elektr zanjirlarini o'rgatish uchun mos, tadqiqotchilar va dizaynerlarga bosilgan elektron platani prototiplash masalasini osonlashtirish va ishlab chiqarish xarajatlarini

kamaytirishga imkon beradi. Multisimning kamchiliklariga raqamli sxemalarni simulyatsiya qilish uchun mos emasligi, kutubxonasida mikroelektronika elementlari ko'p ekanligi kiradi.

**Micro-Cap** – bu energetika sohasiga mos keluvchi analog-raqamli sxema simulyatori bo'lib, elektr zanjirlari uchun grafiklar qurish, modellashtirish, analog filtrlarni sintez qilish, yangi modellarni yaratish va boshqalar uchun ishlatiladi. Micro-Cap qo'llaniladigan dasturiy vositalarning afzalliklari: tushunarli interfeys, EHM qurilmalari ko'rsatkichlariga talabning yuqori emasligi, imkoniyatlarning kengligi, nafaqat analog, balki raqamli qurilmalarni ham tahlil qilish imkonini beradi. Micro-Cap-ning kamchiliklari: o'rnatilgan kuzatuv vositalarining yetishmasligi.

**Proteus Design Suite** – bu asosan elektron loyihalashtirishni avtomatlashtirish uchun foydalaniladigan xususiy dasturiy vositalar to'plamidir. Proteus Design Suite turli xil virtual qurilma konfiguratsiya dasturlari yordamida elektr zanjirlarini yaratish va simulyatsiya uchun ishlatiladi. Proteus Design Suite-ning afzalliklari: elektron qurilmaning barcha rivojlanish bosqichlari mikrokontroller asosida yagona muhitda amalga oshiriladi; mikrodastrni yozish, disk raskadrovka va sinovdan o'tkazish tizimning eksperimental prototipini to'liq ishlab chiqarishdan oldin ham mumkin; hosil bo'ladigan diagnostika xabarlarini, masalan, protsessor va kiritish chiqarish qurilmasi modellari tomonidan kutilmagan ko'rsatma bajarilganda, murakkab dasturiy xatolarni topishga imkon beradi; elektron qurilmani yaratish jarayonini tezlashtiradi; kompyuter porti orqali ulangan apparat qurilmalari bilan ishlashni qo'llab-quvvatlash imkonini beradi. Proteus Design Suite-ning kamchiliklariga analog sxemalarni simulyatsiya qila olmaslik kiradi[27].

**MasterSCADA** – bu jarayonni boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimlarini yaratishga imkon beruvchi dastur hisoblanadi. MasterSCADA-dan foydalanib, turli xil arxitekturali tizimlarni yaratish mumkin: mijoz-server, peer-to-peer, ko'p darajali tizimlar va boshqalar. Dastur yaratilgan tizimlarning ishonchliligi va barqarorligini oshirish imkonini beradi. MasterSCADA

dasturining afzalliklari: ishonchlilik; obyektga yondashish; oson integratsiya; o'z vaqtida xabar berish; vizual tahlil; axborot xavfsizligining yuqori standartlari. MasterSCADA dasturining kamchiliklari: ekranni masshtablashtirish yo'qligi; kichik ishlanmalarni loyihadan loyihaga eksport qilishning bevosita imkoniyati yo'qligi; rivojlanish muhitining beqaror ishlashi; yordam tizimi yomon tuzilgan va obyektlarning barcha mumkin bo'lgan xususiyatlarini tavsiflamaydi.

**DIGSILENT** dasturiy ta'minot muhiti – uzatish, tarqatish va ishlab chiqarish uchun elektr energiya tizimlari sohasida muhandislik xizmatlarini ko'rsatadigan dasturiy ta'minot konsalting kompaniyasi mahsuloti hisoblanadi. Bundan tashqari, DIGSILENT qayta tiklanadigan energiya manbalarini modellashtirish va tarmoq integratsiyasi sohasiga alohida qiziqish bildiradi. Energiya tizimini tahlil qilish, elektr tarmog'i va uskunalarni monitoring qilish, nosozliklarni qayd etish, quvvat sifatini tahlil qilish va elektr tarmog'ining tavsiflari uchun ishlatiladi. DIGSILENT dasturining afzalliklariga universitetlar va boshqa ilmiy muassasalar tomonidan litsenziya olish imkoniyati, PowerFactory interfeysida ishlab chiqarishda, elektr energiyasini taqsimlashda, elektr ta'minoti tizimlarida foydalanishga imkon beradi. DIGSILENT dasturining kamchiliklariga mahalliyashtirish yo'qligi, elektr tarmog'i elementlari kutubxonasi mavjud emasligi va bizning tarmoqlarimizda foydalanish uchun mos emasligi kiradi[10].

**CYME** – uzatish, tarqatish va sanoat energiya tizimlari uchun eng ilg'or tahlil vositalarini o'z ichiga olgan energiya dasturiy ta'minoti. Oqim taqsimotini tahlil qilish, elektr tarmoqlari prognozini avtomatik tahlil qilish, elektr yuklama profillari bilan barqaror holatni tahlil qilish, ishonchlilikni baholash, turli o'tkinchi jarayonlarda taqsimlangan elektr tizimlarining dinamik xatti-harakatlarini modellashtirish, garmonik tahlil va boshqalar uchun ishlatiladi. CYME dasturining afzalliklari: ish stoli foydalanuvchiga intuitiv tarzda moslashadi va simulyatsiya natijalari grafik va jadvallar ko'rinishida ko'rsatiladi va elektr ta'minoti tizimlari va elektr taqsimlash tarmoqlarini tahlil qiluvchi ko'p

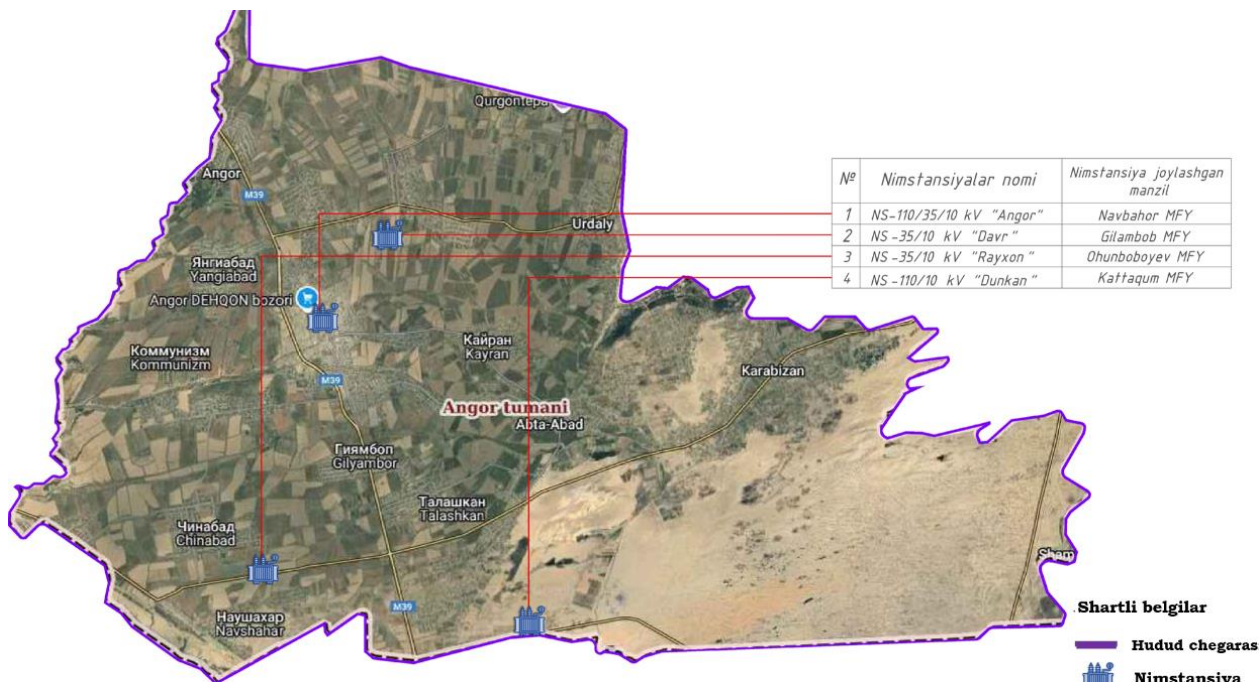
sonli ilovalar va keng kutubxonalarning mavjudligi kiradi. Litsenziyalashning pullik ekanligi esa, dasturning kamchiligi hisoblanadi[28].

**MicroGrid** – bu tarmoqlarni modellashtirish va sinovdan o'tkazish, aloqa tarmog'i amaliyotlari xavfsizligini ta'minlash, tarqatish tizimlarini modellashtirish va qayta aloqa sinovlari, yopiq konturli elektr jihozlarini modellashtirish, yuqori kuchlanishli to'g'ridan-to'g'ri tok qurilmalarini modellashtirish, global miqyosda aqlli tarmoqlar va taqsimlangan avlod konsepsiyasi asosida aqlli elektr tarmog'ini yaratish uchun ishlatiladi.

**RTDS** – bu energiya tizimlarida qo'llaniladigan real vaqtda ishlaydigan simulyator bo'lib hisoblanadi. RSCAD – bu RTDS dasturining bir qismi bo'lgan kuchli, foydalanuvchilarga qulay grafik interfeysini ta'minlaydi. U elektr energiya tizimlarining modellarini tayyorlash va keyin ularni RTDSda ishga tushirish uchun ishlatiladi. RSCAD foydalanuvchiga real vaqt rejimida uchinchi tomon mahsulotlaridan foydalanmasdan modellashtirishning barcha jihatlarini yaratish, bajarish, boshqarish va tahlil qilish imkonini beruvchi bir nechta modullarni o'z ichiga oladi[9].

## 1.2. Angor tuman elektr tarmoqlari joriy holati sxemasini o'rganish

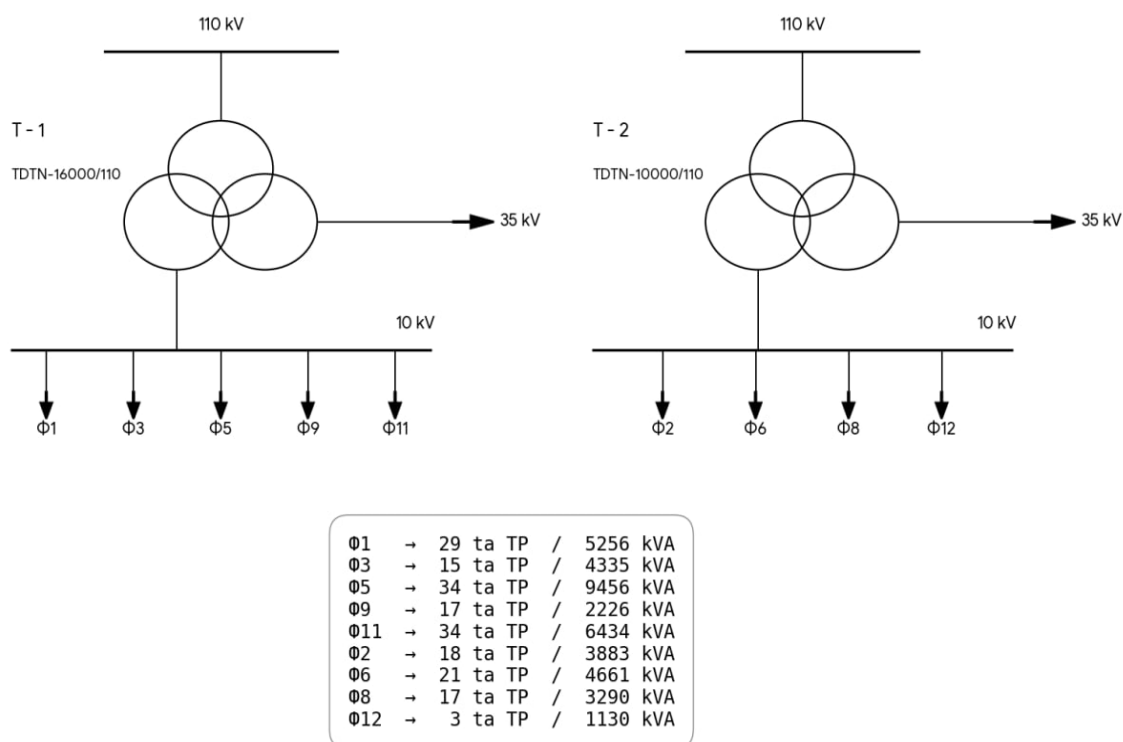
Hozirgi kunda Angor tumani hududida to'rtta Angor, Davr, Rayhon va Duncan podstansiyalari mavjud (1.1-rasm). Ushbu podstansiyalar tumandagi 1880 nafar yuridik hamda 29780 nafar maishiy iste'molchilarni elektr energiya bilan ta'minlab kelmoqda. Podstansiyalar nominal kuchlanish qiymati bo'yicha "Angor" NS-110/35/10 kV, "Davr" NS-35/10 kV, "Rayxon" NS-35/10 kV, "Duncan" NS-110/10 kV kabi taqsimlangan.



1.1-rasm. Angor tumanida joylashgan podstansiyalar joylashuv o'rnini

Bu podstansiyalar orasida eng kattasi "Angor" NS-110/35/10 kV podstansiyasi bo'lib, tuman markazida joylashgan. U elektr ta'minoti tizimining markaziy elementi bo'lib, 110 kV kirish liniyalari orqali energiyani qabul qiladi, 35 kV va 10 kV taqsimlash kuchlanishlari orqali tuman iste'molchilarini elektr energiya bilan ta'minlaydi (1.2-rasm). Iste'molchilar sonining oshishi, podstansiya quvvatini oshirish maqsadida 2025-yilda 10 000 kVA quvvatli transformator o'rniga 16 000 kVA quvvatga ega bo'lgan transformator o'rnatilgan. Podstansiya markaziy tarmoqlar orqali aholi punktlari, tadbirkorlik subyektlari va ijtimoiy obyektlarga elektr energiya yetkazib beradi. Ushbu

podstansiya modellashirish obyekti sifatida tarmoqning ishonchliligi, kuchlanish barqarorligi va energiya yo‘qotishlarini tahlil qilishda asosiy rol o‘ynaydi.



1.2-rasm. “Angor” NS-110/35/10 kV podstansiyasining bir chiziqli sxemasi

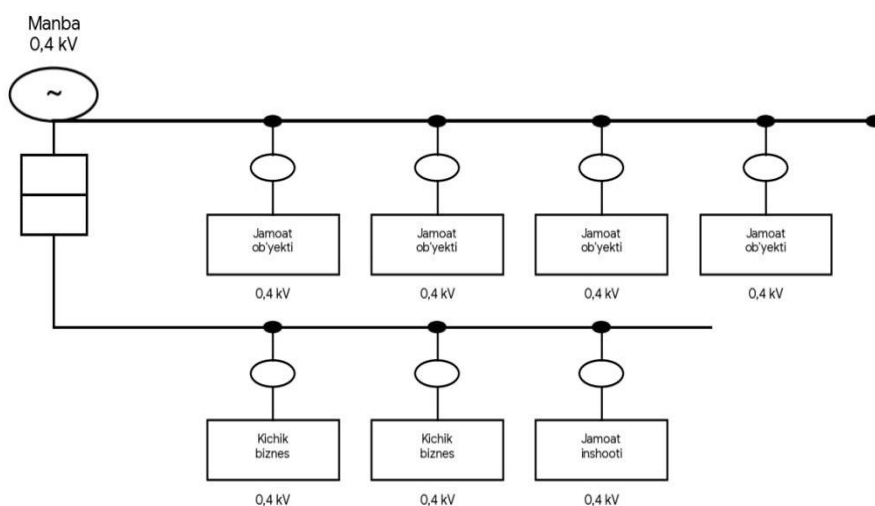
**“Angor NS-110/35/10 kV” podstansiyasining asosiy kamchiliklari-** shundan iboratki, avvalo avtomatlashtirish darajasi past. Ko‘p jarayonlar, jumladan transformatorlarni yuklash, releli himoya, kuchlanish va tok monitoringi manual nazorat qilinadi. Bu esa xatoliklarga, kechikishlarga va tizimning ishonchliligiga salbiy ta’sir qiladi. Shuningdek, real vaqtda monitoring cheklangan bo‘lib, transformatorlar, liniyalar va reaktorlar ish holati haqida real vaqtda ma’lumot olinmaydi, bu esa tezkor qaror qabul qilishni qiyinlashtiradi. Energiya samaradorligi pastligi ham muammo bo‘lib, reaktiv quvvat nazorati ko‘pincha yetarli darajada amalga oshirilmaydi. Natijada tarmoqqa ortiqcha reaktiv quvvat tushadi, transformatorlar ortiqcha yuklanadi va yo‘qotishlar oshadi. Xavfsizlik va favqulodda holatlarga tayyorgarlik cheklangan bo‘lib,

avtomatik signalizatsiya va blokirovkalar yetarli emas. Favqulodda vaziyatda tezkor o‘chirish va himoya choralari sekin amalga oshadi[29].

### 1.3. Angor tuman elektr tarmoqlarining 0,4 kVli tarmoq parametrlarini joriy holatini tahlil qilish

Angor tumanidagi podstantsiyalar past kuchlanish chiqishlaridan 10 kV kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari aholi va yuridik iste'molchilarning transformatorlarini elektr energiya bilan ta'minlaydi. Angor tumani hududidagi 0,4 kV kuchlanishli elektr tarmoqlar kichik quvvatli iste'molchilarni uy-joylar, kichik korxonalar va ijtimoiy obyektlarni elektr energiya bilan ta'minlaydi. Bu tarmoqlarda transformator punktlari, taqsimlash liniyalari va iste'molchi ulanishlari mavjud. Tarmoqlar ish faoliyatining asosiy mezonlari – kuchlanish sifati, yo'qotish darajasi va ishonchliligi.

0,4 kV kuchlanishli tarmoq asosan havo liniyalari va ba'zi joylarda yer osti kabellari mavjud. 10/0,4 kV kuchlanishli transformator punktlaridan liniya kuchlanishi nominal holatda 0,38 kV bo'lgan, lekin real kuchlanishi ba'zan  $\pm 10-15\%$  farq qiladigan kuchlanish orqali iste'molchilarga elektr energiya uzatiladi. Bunda asosiy muammolardan biri iste'molchilarning yuklama markazi aniq hisoblanmaganligi. Buning natijasida fazalarda yuklama nosimmetriyasi kuzatiladi. Tarmoqni imitatsiyalash orqali esa, yuklama teng taqsimlanishiga erishiladi yoki elektr uzatish liniyalarining o'ta yuklanish holatlari oldi olinadi.



1.3-rasm. 0,4 kVli tarmoq sxemasi

Shu sababli ushbu tarmoqlarning texnik holati, ishonchliligi va energiya sifat ko'rsatkichlari hududning umumiy energetik samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Angor tumani hududidagi 0,4 kV elektr tarmoqlari asosan 10/0,4 kV transformator punktlaridan radial sxema asosida tashkil etilgan. Bunday sxema iqtisodiy jihatdan maqbul va ekspluatatsiyasi sodda bo'lishiga qaramasdan, uning asosiy kamchiligi sifatida ishonchlilik darajasining pastligi qayd etiladi. Ya'ni, tarmoqning istalgan nuqtasida yuzaga kelgan nosozlik butun liniya bo'ylab elektr ta'minotining uzilishiga olib keladi.

Tarmoq elementlari tarkibiga transformator punktlari, past kuchlanishli havo liniyalari, ayrim hududlarda yer osti kabel liniyalari, taqsimlash qurilmalari va yakuniy iste'molchi ulanishlari kiradi. Hozirgi vaqtda tarmoqlarning katta qismi havo liniyalari asosida qurilgan bo'lib, bu esa ularning tashqi muhit ta'sirlariga nisbatan sezuvchanligini oshiradi. Ayniqsa, shamol, yog'ingarchilik va harorat o'zgarishlari liniya ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Texnik tahlillar shuni ko'rsatadiki, 0,4 kV tarmoqlarda nominal kuchlanish 0,38–0,4 kV bo'lishiga qaramasdan, amaliy holatda iste'molchilarda kuchlanish darajasi sezilarli darajada o'zgaradi. Xususan, uzoq joylashgan iste'molchilarda kuchlanish 0,36 kV gacha pasayishi, ayrim hollarda esa 0,41–0,42 kV gacha ortishi kuzatiladi. Bu esa kuchlanish sifatining normativ talablar doirasidan chiqayotganini bildiradi. Kuchlanishning pasayishi asosan liniya uzunligining kattaligi, o'tkazgich qarshiligining yuqoriligi va yuklama toklarining ortib ketishi bilan bog'liq.

Yuklama rejimi ham tarmoqning muhim ko'rsatkichlaridan biri hisoblanadi. Tahlillar natijasida aniqlanishicha, yuklama notekis taqsimlangan bo'lib, ayniqsa kechki maksimal yuklama davrlarida ayrim liniyalar va transformatorlarda ortiqcha yuklanish holatlari yuzaga keladi. Bu esa elektr jihozlarining qizishi, texnik yo'qotishlarning ortishi va uskunalarning xizmat muddatining qisqarishiga olib keladi. Ayrim hollarda yuklama darajasi ruxsat etilgan qiymatlardan 20–30 foizgacha oshib ketishi kuzatiladi.

Elektr energiyasi yo'qotishlari ham muhim muammolardan biri hisoblanadi. 0,4 kV tarmoqlarda yo'qotishlar darajasi yuqori bo'lib, bu asosan uzun havo liniyalari, eskirgan o'tkazgichlar hamda past quvvat omili bilan izohlanadi. Amaliy hisob-kitoblarga ko'ra, ayrim uchastkalarda energiya yo'qotishlari umumiy uzatilgan energiya 10–15 foizigacha yetadi. Bu esa iqtisodiy nuqtai nazardan sezilarli zarar keltirib chiqaradi hamda tarmoq samaradorligini pasaytiradi.

Tarmoqning ishonchlilik darajasi radial tuzilma sababli past hisoblanadi. Zaxira ta'minot manbalarining yo'qligi yoki yetarli emasligi tufayli avariya holatlarida iste'molchilar uzoq vaqt davomida elektr energiyasiz qolishi mumkin. Bu esa ayniqsa ijtimoiy obyektlar va ishlab chiqarish korxonalari uchun salbiy oqibatlarga olib keladi. Avtomatlashtirish va monitoring darajasi ham yetarli emas. Ko'plab 0,4 kV tarmoqlarda boshqaruv va nazorat ishlari asosan qo'lda amalga oshiriladi. Real vaqt rejimida kuchlanish, tok va quvvat ko'rsatkichlarini monitoring qilish imkoniyatlari cheklangan. Natijada tarmoqdagi nosozliklar o'z vaqtida aniqlanmaydi va ularni bartaraf etish jarayoni cho'zilib ketadi[6].

#### **1.4 Angor tuman elektr tarmoqlari balansidagi transformatorlari holati va yuklamasi tahlili**

Angor tumani elektr ta'minoti tizimi tarkibida mavjud bo'lgan transformatorlar tarmoqning uzluksiz ishlashi, iste'molchilarga yetkazilayotgan kuchlanish sifatining barqarorligi va energiya yo'qotishlarining kamaytirilishida muhim o'rin tutadi. Transformatorlarning texnik holatini baholash, ularning real yuklama ko'rsatkichlarini aniqlash va ekspluatatsiya rejimlarini tahlil qilish tumandagi energiya ta'minotining ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi. Angor tumani balansida asosan ikki turdagi transformatorlar mavjud: yuqori kuchlanishdan o'rta kuchlanishga o'tkazuvchi 110/35/10 kV kuchlanish pog'onasidagi kuch transformatorlari, hamda taqsimlash tarmoqlarida qo'llaniladigan 10/0,4 kV kuchlanishli kichik quvvatli taqsimlash transformatorlari. Ushbu transformatorlarning quvvati, ekspluatatsiya muddati, texnik holati va yuklama koeffitsienti ularning samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Angor tumani elektr ta'minoti tizimida faoliyat yuritayotgan 110/35/10 kV kuchlanishli podstantsiyalardagi transformatorlarning iste'molchilar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud iste'molchi quvvatlari hudud bo'yicha bir tekis taqsimlanmagan. Jumladan, "Angor" podstantsiyasidan ta'minlanadigan iste'molchi transformatorlarining umumiy o'rnatilgan quvvati 48 195 kVA ni tashkil etib, bu tumandagi jami 383 ta transformator 73 602 kVA quvvatining 65,5 foiziga tengdir. Qolgan podstantsiyalarda esa ushbu ko'rsatkich sezilarli darajada past bo'lib, "Dunkon" podstantsiyasida 11 561 kVA, "Rayhon" podstantsiyasida 7 540 kVA hamda "Davr" podstantsiyasida 6 306 kVA ni tashkil qiladi.

Mazkur ko'rsatkichlar podstantsiyalar o'rtasida quvvat va yuklama balansining nomutanosib ekanligini ko'rsatadi. Ayniqsa, "Angor" podstantsiyasi tuman bo'yicha asosiy hisoblanib, hozirgi kunda 29 780 ta maishiy hamda 1 880 ta yuridik iste'molchiga xizmat ko'rsatmoqda. Shu sababli ushbu podstantsiyada transformatorlarning yuklanish darajasi boshqa podstantsiyalarga nisbatan yuqori bo'lishi mumkin. Amaliyotda bunday holat transformatorlarning me'yoriy

yuklanish ko'rsatkichlariga yaqin yoki undan yuqori rejimlarda ishlashiga olib keladi. Angor podstantsiyasidagi transformator yuklamalarining ortib borayotgani sababli ayrim transformatorlar yuqori quvvatli transformatorlarga almashtirilgani ham kuzatilgan. Boshqa tomondan, "Rayhon" va "Davr" podstansiyalarining transformator quvvatlari nisbatan kichik bo'lib, ularga ulangan iste'molchilar soni va yuklama zichligi ham pastroq bo'lishi mumkin. Natijada ayrim transformatorlar to'liq yuklanmagan yoki iqtisodiy jihatdan samarasiz bo'lgan qisman yuklangan rejimlarda ishlashi ehtimoli mavjud. Bu esa texnik yo'qotishlarning ortishiga hamda mavjud quvvatlardan samarali foydalanilmasligiga sabab bo'ladi. Shu munosabat bilan Angor tumani elektr tarmoqlarini rivojlantirish istiqbollarida podstansiyalararo yuklamalarni qayta taqsimlash masalasini ko'rib chiqish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Buning uchun "Angor" podstantsiyasiga yaqin joylashgan va yuklama zichligi yuqori bo'lgan ayrim 10 kV va 35 kV elektr tarmog'i uchastkalarini texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar asosida "Dunkon", "Rayhon" yoki "Davr" podstansiyalariga o'tkazish imkoniyatlarini o'rganish tavsiya etiladi. Natijada podstansiyalar yuklanishi yanada muvozanatlashtiriladi, transformatorlarning ortiqcha yuklanishi kamayadi, elektr energiyasi yo'qotishlari qisqaradi hamda iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash ishonchliligi oshadi.

"Angor" NS-110/35/10 kV podstantsiyasida o'rnatilgan asosiy transformatorlar kuchlanish bosqichlarini pasaytirish orqali tumanga kiruvchi elektr energiyasini taqsimlaydi. 110/35 kV transformatorlar yirik iste'molchilar hamda hududning markaziy taqsimlash tarmog'iga quvvat uzatadi, 35/10 kV transformatorlar esa asosan aholi punktlari va o'rta quvvatdagi iste'molchilarni energiya bilan ta'minlash uchun xizmat qiladi. Bu transformatorlar ko'pincha doimiy va o'zgaruvchan yuklama rejimida ishlaydi, shu sababli ularning issiqlik rejimi, moy sifatining buzilishi, izolyatsiyaning eskirishi kabi omillar muntazam nazoratni talab qiladi. Taqsimlash bosqichidagi 10/0,4 kV transformatorlar tumanning qishloq hududlari, mahallalar va ijtimoiy obyektlarini energiya bilan ta'minlashda asosiy rol o'ynaydi. Ularning quvvati odatda 25–400 kVA

diapazonida bo‘lib, aksariyat transformatorlar ekspluatatsiya muddatining katta qismini bosib o‘tgan va texnik holati o‘rta darajada baholanadi.

Transformatorlarni yuklama tahlili shuni ko‘rsatadiki, ba’zi hududlarda yuklama koeffitsienti 0,8–0,95 gacha yetadi, bu esa issiqlik ajralishi, yo‘qotishlarning ortishi va xizmat muddatining qisqarishiga olib keladi. Yuklama darajasining notekis taqsimlanganligi tumandagi eng muhim muammolardan biridir. Ayrim transformatorlar haddan tashqari yuklangan bo‘lsa, boshqalari quvvati to‘liq ishlatilmasdan ekspluatatsiya qilinmoqda. Bunday holatlar tarmoqdagi kuchlanishning o‘zgaruvchanligi, past kuchlanishli liniyalarda quvvat yo‘qotishlarning oshishi va avariya uyuzilishlar xavfini kuchaytiradi.

Transformatorlar holatini tahlil qilish natijalari shuni ko‘rsatadiki, Angor tumani elektr tarmoqlarida modernizatsiya, yuklamalarni qayta taqsimlash, ayrim eskirgan transformatorlarni quvvatiga mos yangilariga almashtirish va energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha choralar ko‘rish zarur. DIgSILENT PowerFactory dasturidan foydalanish orqali real yuklamalar asosida optimal transformator quvvatlarini tanlash, tarmoqning barqarorlik va yo‘qotish ko‘rsatkichlarini aniqlash hamda kelajakdagi yuklama o‘shishiga mos ravishda rivojlantirish loyihalarini ishlab chiqish mumkin.

### **Transformatorlar holati bo‘yicha ma’lumotlar**

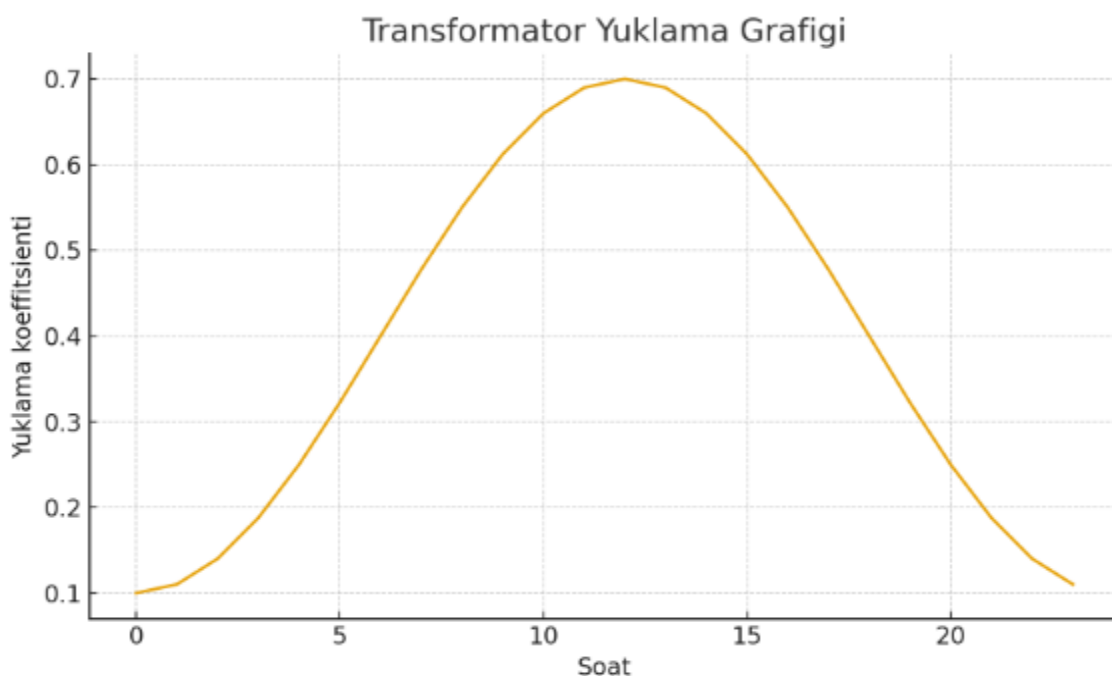
1.1-jadval

| № | Transformator turi | Quvvati (kVA) | O‘rnatilgan joy     | Yuklama koeff. | Holati    |
|---|--------------------|---------------|---------------------|----------------|-----------|
| 1 | TMГ-400/10         | 400           | Angor shaharchasi   | 0,85           | Yuklanish |
| 2 | TM-6300/35         | 6 300         | Markaziy taqsimlash | 0,81           | Yuklanish |
| 3 | ТДН-25000/110      | 25000         | Angor NS            | 0,72           | Normal    |
| 4 | TM-250/10          | 250           | Bobotog‘ MFY        | 0,63           | Normal    |
| 5 | TMГ-160/10         | 160           | Qumqishloq MFY      | 0,55           | Normal    |
| 6 | TM-100/10          | 100           | Gulobod MFY         | 0,42           | Salt      |

DIgSILENT PowerFactory dasturida Angor tumani tarmoqlari bo'yicha olib borilgan yuklama tahlili shuni ko'rsatdiki, 10/0,4 kV kuchlanishli transformatorlarning 23 foizidan yuqori qismi yuklama ostida ishlamoqda. Yuklama toki hisoblari natijasida ayrim past kuchlanishli tarmoqlarda kuchlanishning me'yordan 6–11% gacha pasayishi kuzatildi. Qisqa tutashuv tahlili esa 10 kV tarmoqlarda termik barqarorlik chegaralari hozircha qoniqarli ekanini ko'rsatdi.

PowerFactory orqali olingan hisoblar asosida yuqori quvvatli transformatorlar uchun quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

- 400 kVA va 250 kVA transformatorlar joylashgan hududlarda yuklamani muvozanatlash;
- 85% dan yuqori yuklamali obyektlarda transformator quvvatini oshirish yoki qo'shimcha KTP o'rnatish;
- 10/0,4 kV tarmoqlarda elektr uzatish liniyalari ko'ndalang kesim yuzalarini modernizatsiya qilish



1.4-rasm. Transformator yuklama grafigi

1.4-rasmda keltirilgan grafik transformatorning sutkalik yuklama koeffitsienti qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Yuklama koeffitsienti – bu transformatorning joriy yuklamasi uning nominal quvvatiga nisbati.

Grafikdan ko'rinadiki, soat 00:00–04:00 oralig'ida yuklama minimal (0.10–0.20). Bu vaqt odatda iste'molchilar faolligi past bo'lgan tun davridir. Soat 06:00 dan boshlab yuklama tez oshadi. Bu esa aholi va sanoat obyektlarining ertalab ish boshlashi bilan bog'liq. Soat 11:00–14:00 oralig'ida yuklama pik qiymatga (0.70 ga yaqin) yetadi. Soat 15:00–18:00 oralig'ida yuklama tik darajada saqlanadi — bu mahalliy tarmoqdagi maksimal energiya iste'moli davridir. Soat 19:00 dan keyin yuklama asta-sekin kamayadi. Soat 23:00 ga borib boshlang'ich past qiymatlarga qaytadi.

Transformator pik soatlarda nominal quvvatining 70% atrofida ishlamoqda. Bunday yuklama qoniqarli bo'lib, transformatorning ortiqcha qizish xavfi yo'q. Ammo talab oshadigan mavsumlarda (yozgi sovutgichlar, qishki isitish) yuklama yanada oshishi mumkin.

Xulosa qilib aytganda Angor tumani elektr ta'minoti tizimining joriy holati hamda tarmoqning asosiy elementlari bo'lgan 0,4 kV elektr tarmoqlari va transformatorlarning texnik ko'rsatkichlari tahlil qilindi.

Tahlillar natijasida elektr energetika tizimlarini modellashtirish va tahlil qilishda zamonaviy dasturiy vositalarning muhim o'rin tutishi aniqlandi. Matlab, Multisim, Micro-Cap, Design Suite, MasterSCADA, va ayniqsa DIgSILENT PowerFactory dasturlari elektr tarmoqlarining turli ish rejimlarini modellashtirish, yuklama oqimini hisoblash, nosozliklarni aniqlash, energiya yo'qotishlarini baholash hamda tarmoqning barqarorligini tadqiq etishda samarali vosita sifatida qo'llanishi ko'rsatildi. Ularning funksional imkoniyatlari, afzallik va kamchiliklari o'rganilib, taqsimlash elektr tarmoqlarini tadqiq qilish uchun DIgSILENT PowerFactory dasturi eng maqbul muhitlardan biri ekanligi asoslandi[8].

Angor tumani elektr tarmoqlari sxemasi tahlili shuni ko'rsatdiki, hudud elektr ta'minoti asosan to'rtta podstantsiya orqali amalga oshiriladi va ular orasida

“Angor” NS-110/35/10 kV podstansiyasi markaziy rolni bajaradi. Mazkur podstansiyada transformator quvvatining 10 000 kVA dan 25 000 kVA<sup>1</sup> ga oshirilgani tarmoqning yuklama ehtiyojlarini qoplash imkoniyatini yaxshilagan bo‘lsa-da, avtomatlashtirish darajasining pastligi, real vaqt monitoringining cheklanganligi hamda himoya va boshqaruv tizimlarining yetarli darajada rivojlanmaganligi mavjud muammolar sifatida qayd etildi. 0,4 kV elektr tarmoqlarining joriy holatini o‘rganish natijasida ularning asosan radial sxema asosida tashkil etilgani va havo liniyalari ustunligi aniqlanib, bu holat iqtisodiy jihatdan qulay bo‘lishiga qaramasdan ishonchlilik darajasining nisbatan pastligiga sabab bo‘lishi asoslandi. Tarmoqda kuchlanish sifati me‘yoriy qiymatlardan chetlanishi, yuklamalarning notekis taqsimlanishi hamda energiya yo‘qotishlarining 10–15 % gacha yetishi kuzatildi. Bu esa elektr energiyasi sifatiga, iste‘molchilarni uzluksiz ta‘minlashga va umumiy energetik samaradorlikka salbiy ta‘sir ko‘rsatmoqda.

Transformatorlar holati va yuklama tahlili natijalari shuni ko‘rsatdiki, Angor tumani balansidagi ayrim 10/0,4 kV transformatorlar yuqori yuklama ostida ishlamoqda va yuklama koeffitsienti 0,7–0,85 oralig‘iga yetmoqda. Ayniqsa 400 kVA va 250 kVA quvvatli ayrim transformatorlarda ortiqcha yuklanish holatlari kuzatilib, bu issiqlik rejimining buzilishi, izolyatsiya eskirishi va texnik yo‘qotishlarning ortishiga sabab bo‘lmoqda. Shu bilan birga, ayrim transformatorlarning salt yoki past yuklama rejimida ishlashi mavjud quvvatlardan to‘liq foydalanilmayotganini ko‘rsatadi. DIGSILENT PowerFactory dasturida bajarilgan modellashtirish natijalari 10/0,4 kV transformatorlarning 23 % qismi yuqori yuklama ostida ishlayotganini, ayrim tarmoqlarda kuchlanishning 6–11 % gacha pasayishini hamda yuklama va kuchlanish profillarining iste‘mol rejimiga bevosita bog‘liqligini tasdiqladi. Olingan natijalar asosida yuklamalarni qayta taqsimlash, yuqori yuklamali transformatorlarni almashtirish tarmoq

---

<sup>1</sup> [SURXONDARYO VILOYATI: 110/35/10 kV kuchlanishli “Angor” podstansiyasidagi kuch transformatori yuqori quvvatlisiga almashtirildi](#)

kesimlarini modernizatsiya qilish hamda avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish zarurligi ilmiy jihatdan asoslandi[7].

Umuman olganda, Angor tumani elektr tarmoqlarining joriy holati mavjud texnik imkoniyatlarga qaramasdan, energiya yo‘qotishlari, kuchlanish sifati, yuklama notekisligi va boshqaruv tizimlarining yetarli rivojlanmaganligi bilan tavsiflanadi. Shu sababli tarmoqni DIgSILENT PowerFactory asosida modellashtirish va optimallashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish, ishonchlilikni kuchaytirish hamda kelajakdagi yuklama o‘sishiga mos rivojlantirish bo‘yicha ilmiy-amaliy yechimlarni ishlab chiqish dolzarb vazifa hisoblanadi.

## **II-BOB. ELEKTR TARMOQLARINI TAHLIL QILISH VA DIGSILENT POWERFACTORY DASTURIDA MODELLASHTIRISH**

### **2.1. Digsilent PowerFactory dasturi yordamida modellashtirish**

DIGSILENT PowerFactory – elektr energetika tizimlarini tahlil qilish, hisoblash va modellashtirish uchun mo‘ljallangan zamonaviy injiniring dasturidir. Dastur yordamida har xil kuchlanish darajasidagi elektr tarmoqlari, transformatorlar, kabel va havo liniyalari, yuklamalar hamda himoya vositalarining aniq matematik modeli yaratiladi. PowerFactory bugungi kunda ko‘plab energetika kompaniyalari va ilmiy tadqiqot markazlarida qo‘llaniladigan yetakchi hisoblash vositasidir.

PowerFactory dasturida elektr tarmoqlarini modellashtirish quyidagi ustunliklarga ega:

- yuklama oqimlarini hisoblash va tarmoqning joriy ish rejimini aniqlash;
- qisqa tutashuv toklarini hisoblash;
- kuchlanishning uzluksizligini tahlil qilish va kompensatsiya qurilmalarining ta’sirini baholash;
- transformatorlar, tarmoqlar va iste’molchilarning texnik parametrlarini real qiymatlar asosida kiritish;
- uch fazali, bir fazali, balanslangan va nobalans rejimlarda hisoblash imkoniyati;
- statik va dinamik modellash yordamida tarmoqning turli ish rejimlarini oldindan prognoz qilish.

DIGSILENT PowerFactory dasturidan foydalangan holda o‘rganilgan ma’lumotlardan asosiy maqsad – Angor tumani elektr tarmoqlarining mavjud yuklama va texnik holatini aniqlash, kuchlanish darajasining sutkalik o‘zgarishini o‘rganish, transformatorlar yuklamalarini baholash va tarmoqdagi texnik yo‘qotishlarni kamaytirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishdir.

Ushbu dissertatsiya ishi doirasida DIGSILENT PowerFactory dasturidan foydalanish quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirildi[13]:

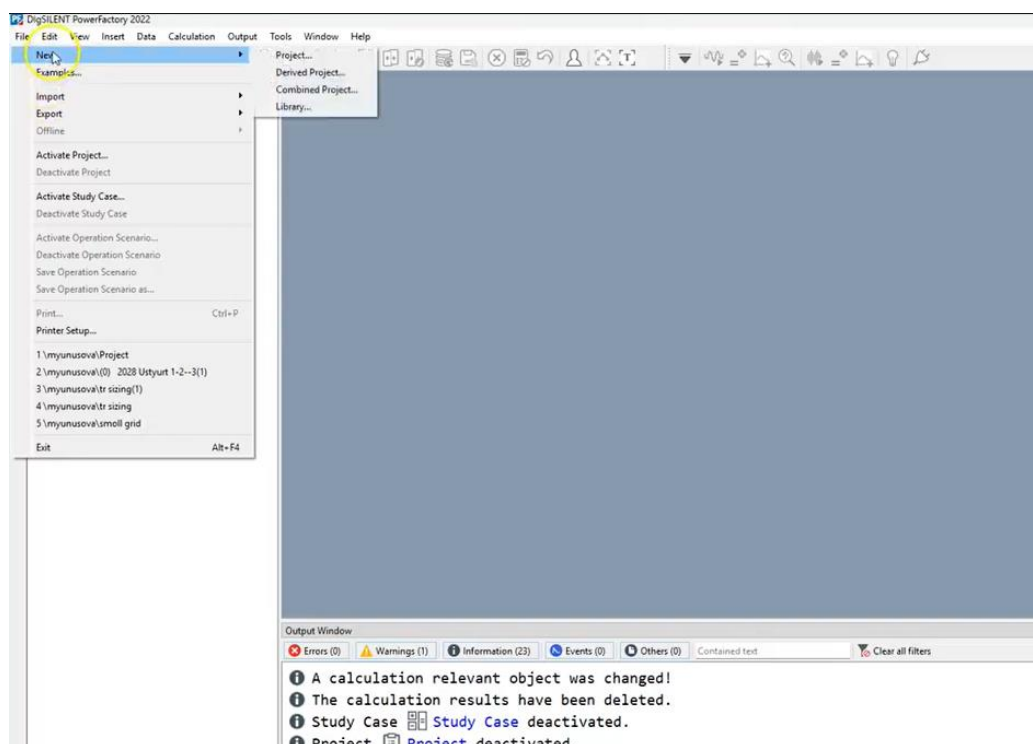
1. Tarmoqning grafik modelini yaratish. Angor tumani elektr tarmoqlarining mavjud loyiha va ekspluatatsion sxemalari asosida barcha liniyalar, transformatorlar va ta'minot manbalari grafik muhitda kiritildi.

2. Texnik ma'lumotlarni kiritish. 0,4 va 10 kV tarmoqlarga tegishli kabel va havo liniyalari uzunligi, kesim yuzasi, markasi, faol va reaktiv qarshiliklari, transformatorlarning quvvati va yo'qotish ko'effitsiyentlari dastur bazasiga joylashtirildi.

3. Yuklama rejimlarini belgilash. Maishiy, yoritish va ishlab chiqarish iste'molchilarining o'rtacha kunlik yuklama grafigi asosida aktiv va reaktiv quvvatlar yuklandi.

4. Hisob-kitoblarni bajarish. Tarmoq bo'yicha yuklama oqimlari, kuchlanishning sutkalik profili, transformatorlarning yuklama darajasi va quvvat yo'qotishlari bo'yicha hisoblashlar amalga oshirildi.

5. Natijalarni tahlil qilish. Olingan graflar, jadvallar va hisob natijalari asosida Angor tumani elektr ta'minoti tizimining joriy holati baholandi.



2.1-rasm. Digsilent PowerFactory dasturining asosiy oynasi

DIgSILENT PowerFactory dasturining yuqori qismidagi asosiy menyu satri (**Main Menu**) dasturning barcha funksiyalarini boshqarish markazi hisoblanadi. Menyular satrida keltirilgan har bir bo‘limning vazifasi to‘g‘risida qisqacha ma’lumotlar keltirib o‘tiladi[10]:

**File (Fayl):** Dasturning boshqaruv markazi bo‘lib, bu yerda yangi loyihalar yaratiladi, mavjudlari ochiladi yoki saqlanadi. Shuningdek, boshqa dasturlardan ma’lumotlarni import qilish va tayyor loyihalarni eksport qilish hamda chop etish amallari shu bo‘limda bajariladi.

**Edit (Tahrirlash):** Sxemadagi elementlar bilan ishlash uchun xizmat qiladi. Bu menyu orqali obyektlardan nusxa olish, ularni o‘chirish, noto‘g‘ri bajarilgan amalni orqaga qaytarish yoki qidiruv funksiyasidan foydalanish mumkin.

**View (Ko‘rinish):** Dasturning tashqi ko‘rinishini sozlash uchun ishlatiladi. Turli boshqaruv panellarini ekranga chiqarish yoki yashirish, sxemani kattalashtirib-kichiklashtirish (Zoom) va grafik oynani yangilash amallari shu yerda joylashgan.

**Insert (Kiritish):** Elektr tarmog‘ining sxemasiga yangi texnik elementlarni (shina, transformator, liniya va h.k.) qo‘shish imkonini beradi. Garchi bu ish ko‘pincha grafik asboblari paneli orqali qilinsa-da, bu menyu barcha elementlar ro‘yxatini taqdim etadi.

**Data (Ma’lumotlar):** Loyihaning ma’lumotlar bazasini boshqarish uchun mo‘ljallangan. Unda tarmoq elementlarining texnik xarakteristikalarini, turlari (Type) va ularning ierarxik joylashuvini tartibga solish mumkin.

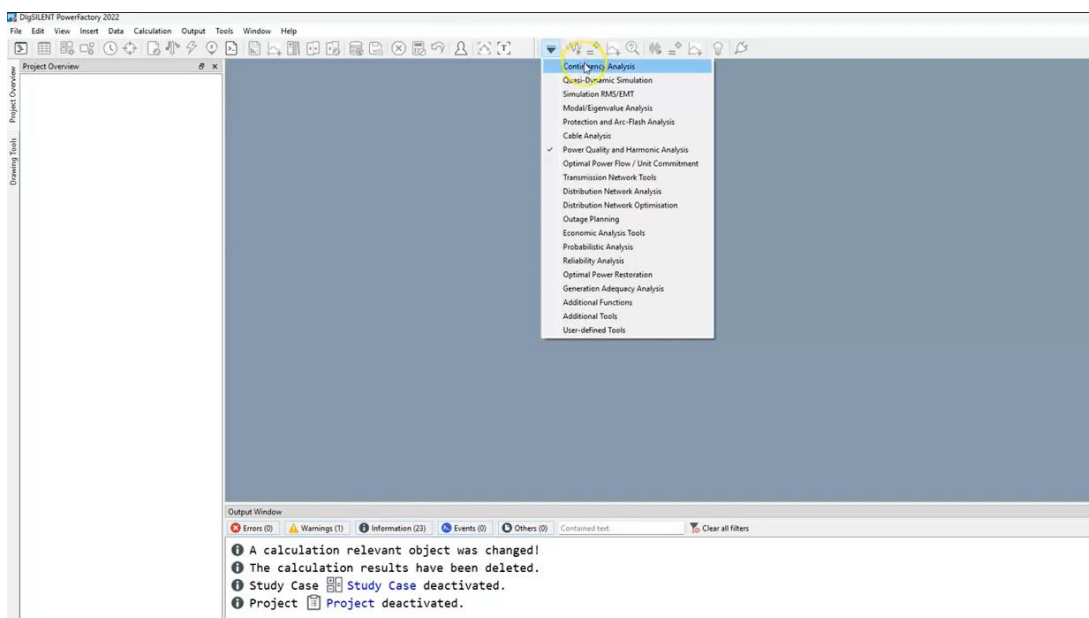
**Calculation (Hisob-kitoblar):** Dasturning asosiy ishchi bo‘limi bo‘lib, barcha muhandislik tahlillari shu yerda amalga oshiriladi. Masalan, quvvat oqimi (Load Flow), qisqa tutashuv (Short-Circuit) va tizim barqarorligi kabi hisob-kitoblar shu menyu orqali ishga tushiriladi.

**Output (Natijalar):** Hisob-kitoblar yakunlangach, ularning natijalarini ko‘rish uchun xizmat qiladi. Bu yerda natijalar asosida maxsus jadvallar, hisobotlar va turli xil grafik tahlillarni shakllantirish mumkin.

**Tools (Asboblari):** Dasturning qo‘shimcha imkoniyatlari va maxsus sozlamalari to‘plamidir. Bu bo‘limda dastur tilini o‘zgartirish, avtomatlashtirish uchun skriptlar (DPL) yozish va umumiy tizim parametrlarini o‘zgartirish mumkin[30].

**Window (Oyna):** Bir vaqtning o‘zida bir nechta ochiq turgan sxemalar, grafiklar va jadvallarni ekranda tartibga solish (ustma-ust yoki yonma-yon joylashtirish) uchun ishlatiladi.

**Help (Yordam):** Dastur bilan ishlash jarayonida yuzaga kelgan savollarga javob topish, yo‘riqnomalarni o‘qish va dasturning litsenziyasi hamda versiyasi haqida ma’lumot olish bo‘limidir.



2.2-rasm. Asosiy analiz asboblari paneli

DiGSILENT PowerFactory dasturining analiz asboblari paneli (**AnalysisToolboxes**) bo‘limidagi asosiy modullari

**Contingency Analysis** - tizimdagi uskunalar kutilmaganda o‘chib qolganda tarmoq chidamliligini tekshiradi.

**Quasi-Dynamic Simulation** - tizimning uzoq vaqt oralig‘idagi (kun, yil) o‘zgaruvchan ish rejimini hisoblaydi.

**Simulation RMS / EMT** - yirik avariya vaqtida tizimning barqarorligini va o‘tkinchi jarayonlarini tahlil qiladi.

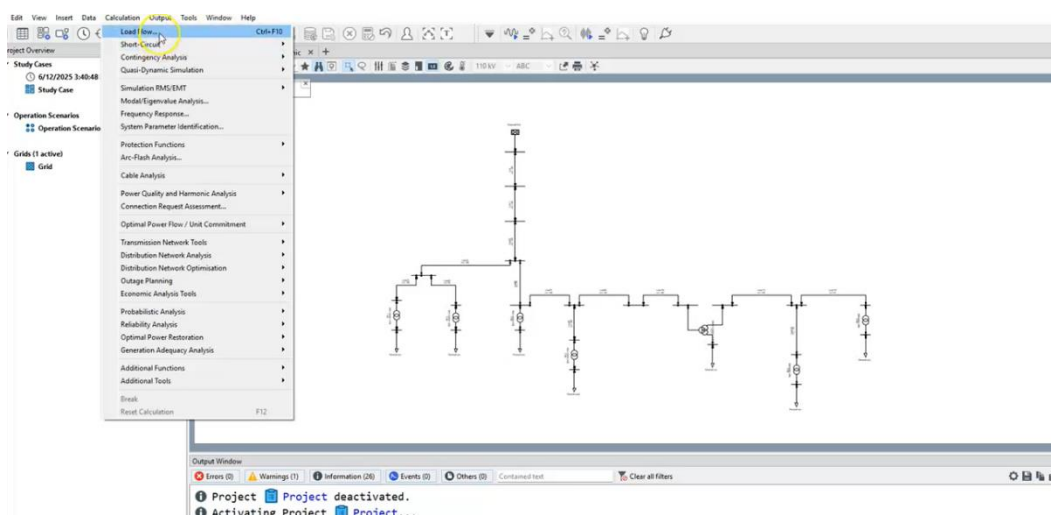
**Protection Analysis** - rele himoyasi sozlamalarini hisoblaydi va ularning o‘zaro mosligini tekshiradi.

**Power Quality** -tarmoqdagi energiya sifati va garmonikalar darajasini aniqlaydi.

**Optimal Power Flow** - tizimni eng kam isrof va eng yuqori iqtisodiy samaradorlik bilan ishlashini hisoblaydi.

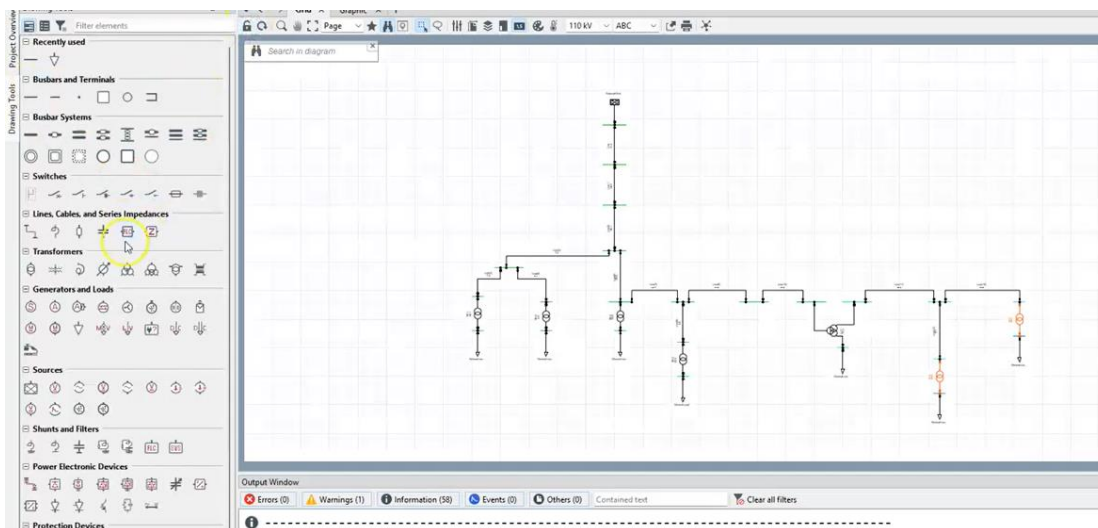
**Reliability Analysis** - tizimning ishonchliligini va iste’molchilarning o‘chib qolish ehtimolini baholaydi.

**Generation Adequacy** - stansiyalar quvvati kelajakdagi ehtiyojni qoplashga yetishini tahlil qiladi.



7-rasm. DIgSILENT PowerFactory dasturida elektr tarmog‘ini tahlil qilish jarayoni.

Tasvirda elektr tarmog‘ining grafik sxemasi va uning rejim ko‘rsatkichlarini (kuchlanish, quvvat, isrof) hisoblash uchun mo‘ljallangan asosiy buyruqlar ro‘yxati ko‘rsatilgan. Dasturiy majmua yordamida murakkab energetika tizimlarini modellashtirish va ularning ish samaradorligini optimallashtirish imkoniyatlari keltirib o‘tilgan.



8-rasm. DIGSILENT PowerFactory dasturining “Drawing Tools” (Chizish asboblari) paneli

Dastur oynasining chap tomonida joylashgan ushbu panel elektr tarmog‘ining modelini yaratishda ishlatiladigan barcha grafik elementlarni o‘z ichiga oladi. Ular quyidagi asosiy guruhlariga bo‘lingan:

**Busbars and Terminals (Shinalar va terminallar):** Turli kuchlanishli shinalar va ulanish nuqtalarini sxemaga kiritish uchun asboblari.

**Switches (Kommutatsiya apparatlari):** O‘chirgichlar, ajratkichlar (razedinitel) va zaminlagichlar kabi apparatlarning grafik belgilari.

**Lines, Cables and Series Impedances (Liniyalar va kabellar):** Havo elektr uzatish liniyalari va kabel tarmoqlarini chizish uchun mo‘ljallangan elementlar.

**Transformers (Transformatorlar):** Ikki va uch chulg‘amli transformatorlar hamda avtotransformatorlar modellarini qo‘shish asboblari.

**Generators and Loads (Generatorlar va yuklamalar):** Elektr energiya manbalari (generatorlar, quyosh va shamol stansiyalari) hamda iste’molchi yuklamalarining shartli belgilari[31].

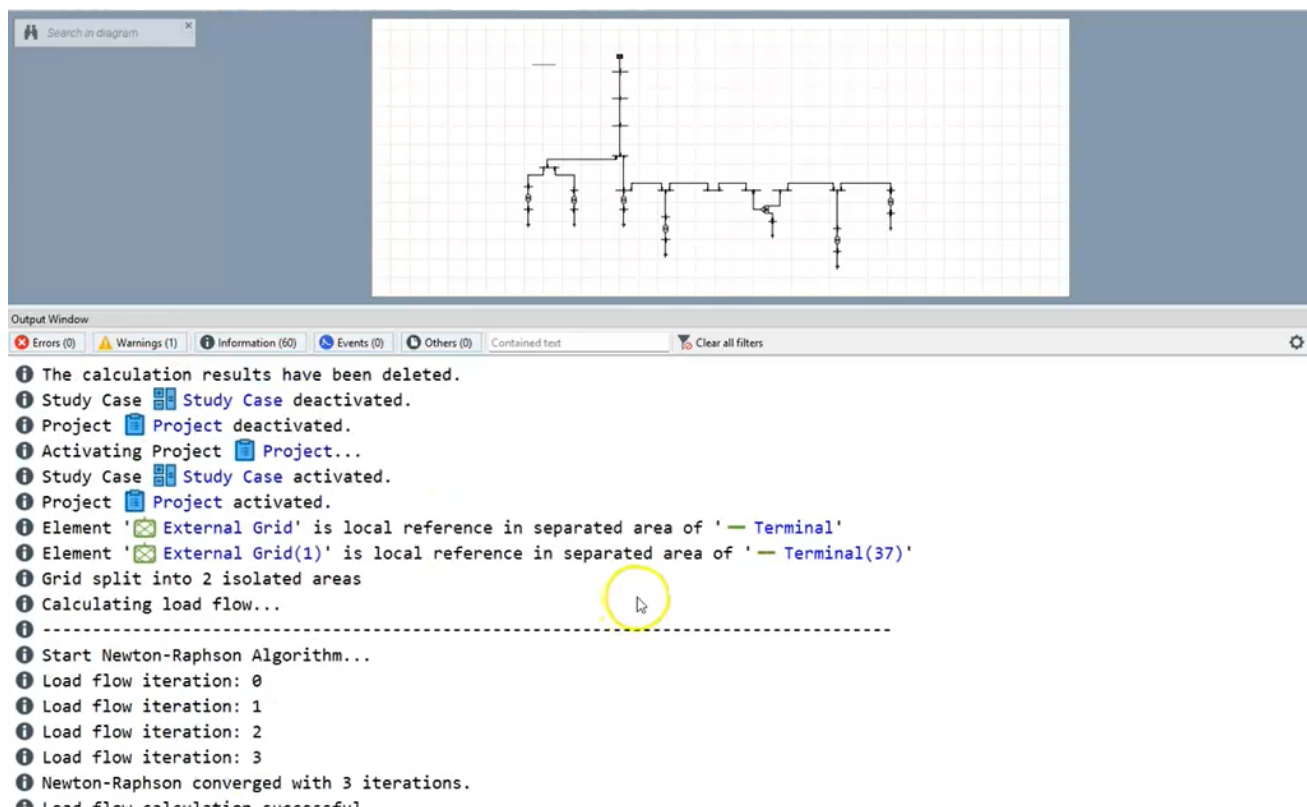
**Sources (Manbalar):** Tashqi elektr tarmog‘iga ulanish nuqtalarini (External Grid) ifodalash uchun ishlatiladi.

**Shunts and Filters (Shuntlar va filtrlar):** Kompensatsiya qurilmalari (kondensator batareyalari) va reaktiv quvvatni rostlovchi qurilmalar to‘plami[33].

**Protection Devices (Himoya qurilmalari):** Rele himoyasi va avtomatika qurilmalarini sxemaning kerakli nuqtalariga o'rnatish asboblari.

**Output Window** - bu dasturda amalga oshirilayotgan barcha texnik jarayonlar, loyihaning holati va hisob-kitob natijalari haqida foydalanuvchiga real vaqt rejimida ma'lumot beruvchi asosiy paneldir. U loyihani faollashtirishdan boshlab, murakkab matematik hisob-kitoblar yakunigacha bo'lgan barcha bosqichlarni matnli xabarlar ko'rinishida qayd etib boradi[32].

Ushbu oynaning dasturdagi ko'rinishi 9-rasmda keltirilgan bo'lib, oynaning yuqori qismida xabarlarni filtrlash tizimi mavjud. U foydalanuvchiga xabarlarni ahamiyatlilik darajasiga ko'ra saralash imkonini beradi.



9-rasm. Output Window (Xabarlar oynasi)

**Errors (Xatolar):** Sxemadagi jiddiy texnik kamchiliklarni ko'rsatadi (masalan, elementlarning ulanmay qolishi).

**Warnings (Ogohlantirishlar):** Hisob-kitobga to'sqinlik qilmaydigan, lekin e'tibor qaratilishi lozim bo'lgan og'ishlarni bildiradi.

**Information (Ma'lumotlar):** Dasturning ish faoliyati va bajarilgan amallar tarixi haqida xabar beradi.

Ushbu oyna muhandislar uchun diagnostika vositasi vazifasini o'tab, energetika tizimidagi nosozliklarni tezkor aniqlash va hisob-kitoblarning aniqligini nazorat qilish uchun xizmat qiladi[12].

## **2.2. Digsilent PowerFactory dasturi yordamida Angor tumani 0,4 kV elektr tarmoqlarini modellashtirish**

PowerFactory sanoat va energetikaning juda ko‘p sohalarida qo‘llanadi. Elektr uzatish tarmoqlari barqarorligini baholash, yirik shaharlar yoki hududlarning taqsimlash tarmoqlarini loyihalash, elektr stansiyalarini ekspluatatsiya qilish, qayta tiklanadigan energiya manbalarini tarmoqqa ulash bo‘yicha texnik-iqtisodiy tahlillarni o‘tkazish, rele himoya tizimlarini sozlash va ularning koordinatsiyasini aniqlash kabi vazifalarda keng foydalaniladi. Ayniqsa, zamonaviy energiya tizimlarida quyosh va shamol stansiyalari sonining ortayotganligi ushbu dasturga bo‘lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda.

Dastur afzalliklarining eng katta qismi – hisob-kitoblarning nihoyatda aniq va xalqaro standartlar (IEC, IEEE) talablariga to‘liq mos ravishda bajarilishidadir. PowerFactory ko‘p yillardan beri eng ishonchli simulyatsiya vositalaridan biri sifatida tan olingan. Unda barcha elektr tizimlari uchun yagona platforma yaratilgan bo‘lib, foydalanuvchi bir dastur ichida ham barqarorlikni, ham qisqa tutashuvni, ham quvvat oqimini, ham himoya qurilmalari ishini tekshirishi mumkin.

PowerFactory dasturining yana bir ustunligi – avtomatlashtirish imkoniyatlari. Bu esa katta loyihalar, takrorlanuvchi hisob-kitoblar va ilmiy tadqiqotlar uchun ayniqsa qulaydir. Bundan tashqari, dastur MATLAB, MathCAD va SCADA tizimlari bilan bog‘lanishi mumkin, bu esa real vaqt rejimida monitoring va tahlil qilishni ta’minlaydi.

Angor tumani iste’molchilarining asosiy qismi 0,4 kV kuchlanishli tarmoqqa ulanganligi sababli, past kuchlanishli tarmoqlarning texnik holatini aniq baholash va ularning hozirgi yuklama rejimini modellashtirish elektr ta’minoti sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun 0,4 kV tarmoqlarni DIGSILENT PowerFactory dasturida modellashtirish mazkur tadqiqotning asosiy bosqichlaridan biridir. Modellashtirish orqali har bir transformator punktidan chiqayotgan past kuchlanishli tarmoqning kuchlanish darajasi, tok kuchi qiymati,

quvvat yo‘qotishlari hamda iste’molchilarning elektr ta’minoti ishonchliligi aniq baholandi.

0,4 kV tarmoq sxemalarini tayyorlash va ma’lumotlar bazasini shakllantirish elektr tarmoqlarini modellashtirish jarayonida Angor tumani elektr tarmoqlarini ekspluatatsiya qiluvchi korxonadan olingan quyidagi texnik ma’lumotlar dasturga kiritildi:

- 0,4 kV havo liniyalari uzunligi, markalari (AC-35, AC-50, AC-70 va boshqalar) va ularning qarshilik ko‘rsatkichlari;
- iste’molchilar zichligi va ulanish nuqtalari;
- transformator punktlarining pasport ma’lumotlari (quvvati, kuchlanish darajasi, kuchlanish yo‘qotishlari, yuklama tavsifi);
- iste’molchilarning o‘rtacha kunlik yuklama grafigi.

Dasturda har bir transformator punktining 0,4 kV chiqishidan boshlab, tarmoqning yakuniy uchigacha bo‘lgan barcha fazalar bo‘yicha grafik sxema yaratildi. Yuklama tugunlari maishiy va sanoat iste’molchilarining o‘rtacha aktiv va reaktiv quvvatlari asosida belgilandi.

Past kuchlanishli tarmoqlarni modellashtirishda quyidagi tamoillar qo‘llanildi:

**1. Tarmoqning bir va uch fazali modellari.** Maishiy iste’molchilarning ko‘pchiligi bir fazali yuklama bo‘lgani uchun ularning ulanishlari alohida fazalar bo‘yicha kiritildi.

**2. Nosimmetrik rejimlarni hisobga olish.** 0,4 kV tarmoqlarda yuklamaning fazalar bo‘yicha notekis taqsimlanishi odatiy hol bo‘lgani sababli, modellashtirishda 3-fazali nosimmetrik rejimi tanlandi. Bu esa tarmoqdagi haqiqiy kuchlanish farqlarini aniqlash imkonini beradi.

**3. Iste’molchi yuklamalarining dinamikasi.** Maishiy yuklamalar ertalab va kechki pik soatlarda keskin oshishini inobatga olgan holda, yuklama grafigi 24 soatga asoslangan holda kiritildi.

**4. Liniya qarshiliklari va yo‘qotishlarining aniqligi.** Kabel/havo liniyalari bo‘yicha aktiv va reaktiv qarshiliklar normativ hujjatlar asosida olib borildi.

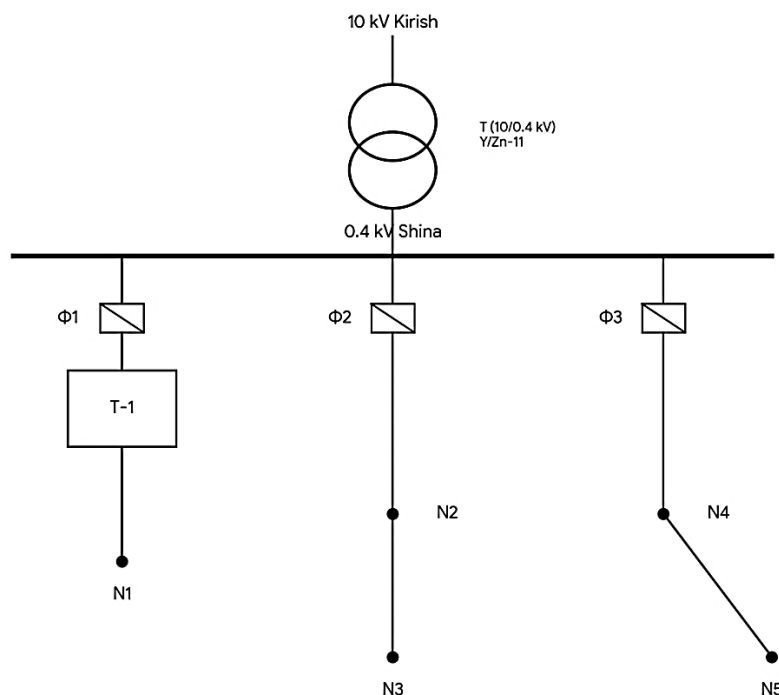
**Yuklama tokini hisoblash** 0,4 kV tarmoq bo‘yicha yuklama tokini hisoblash quyidagi maqsadlarga erishish uchun bajarildi:

- fazalar bo‘yicha kuchlanish darajasini aniqlash;
- transformatorning past kuchlanishli cho‘lg‘amiga tushayotgan real yuklamani baholash;
- liniyalarda sodir bo‘layotgan aktiv va reaktiv quvvat yo‘qotishlarini aniqlash;
- iste’molchilarga yetkazilayotgan kuchlanish darajasi O‘zDSt 3320:2018 talablari ( $\pm 10\%$ )ga mosligini tekshirish.

Ushbu dissertatsiya ishi ma’lumotlarini yig‘ish va qayta ishlash jarayonida Angor tumanidagi o‘rganilgan 0,4 kV tarmoq bo‘yicha, fazalar bo‘yicha yuklamaning notekis taqsimlanganligi, liniya uzunligi katta bo‘lgan hududlarda kuchlanishning pastligi, transformatorlarning kechki pik vaqtida nominal yoki ortiqcha yuklanishi va reaktiv quvvat kompensatsiyasining zarurati kabi muammolar aniqlandi.

Yuqoridagi muammolarni zamonaviy dasturiy ta’minot vositalaridan biri hisoblangan DIgSILENT PowerFactory orqali modellashtirish quyidagi afzalliklarni beradi:

- tarmoqdagi zaif uchastkalarni aniqlash;
- transformatorlarning optimal yuklama rejimini belgilash;
- iste’molchilarga yetkazilayotgan kuchlanish sifatini yaxshilash;
- texnik yo‘qotishlarni kamaytirish bo‘yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqish.



10-rasm. DlgSILENT PowerFactory dasturida 0,4 kV past kuchlanish tarmoqlarini modellashtirish

**0,4 kV kuchlanishli elektr tarmoqlarini modellashtirishda qo‘llanilgan qo‘shimcha hisoblash parametrlari va dastur funksiyalari.** DlgSILENT PowerFactory dasturida Angor tumani 0,4 kV elektr tarmoqlarini modellashtirish jarayonida natijalarning aniqligini oshirish maqsadida bir qator qo‘shimcha funksiyalar va texnik parametrlardan ham foydalanildi. Bular real ekspluatatsion rejimlarni maksimal darajada imitatsiyalash (vizuallashtirish) imkonini berdi.

1. Tarmoqning fazalar kesimi bo‘yicha alohida modellash. 0,4 kV tarmoqlarda fazalar bo‘yicha yuklamalar notekis bo‘lgani uchun, har bir faza A, B va C iste’molchilari bo‘yicha alohida modellash. Bu esa, fazalardagi tok asimmetriyasini, nol simdagi tok qiymatini hamda fazalararo kuchlanish farqlarini aniq olishga imkon berdi.

2. Nol simdagi tok va kuchlanish pasayishi tahlili. 0,4 kV kuchlanishli tarmoqlarda nol sim tokining ortishi turar-joy massivlarida eng ko‘p uchraydigan nosozliklardan biridir. Shu sababli modelga, nol sim qarshiligi, yerga ulanadigan nuqtalarning parametrlari, nol sim bo‘ylab oqayotgan tok qiymati aniq kiritiladi.

Hisoblash natijalari orqali nol simdagi tokning ortishi oqibatida ayrim uchastkalarda umumiy kuchlanish pasayishi oshganligi aniqlanadi.

3. Qisqa tutashuv hisob-kitobi. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarni baholashda faqat yuklama toki qiymati yetarli emas. Shu sababli modellashtirishda, bir fazali yer bilan qisqa tutashuv, ikki fazali o‘zaro hamda yer bilan qisqa tutashuv, to‘liq uch fazali qisqa tutashuv toklarini hisoblash amallari bajarildi. Hisoblashlar natijalari orqali quyidagi ma’lumotlar ega bo‘linadi:

- avtomatlarning himoya sozlamalariga mosligi;
- himoya qurilmalari ishga tushish vaqti;
- tarmoqning qisqa tutashuvga chidamliligi.

4. Kuchlanish profili bo‘yicha chiziqli tahlil. Har bir liniya bo‘yicha transformator shinasidan eng uzoq nuqtagacha kuchlanishning pasayish grafigi qurildi. Bu esa, kuchlanishning minimal qiymatga tushayotgan uchastkalarni, yuklamaning oshishiga bog‘liq ravishda kuchlanish o‘zgarishini, qaysi oraliqlarda qo‘shimcha elektr tarmog‘i qurish zarurligini aniqlashga xizmat qildi.

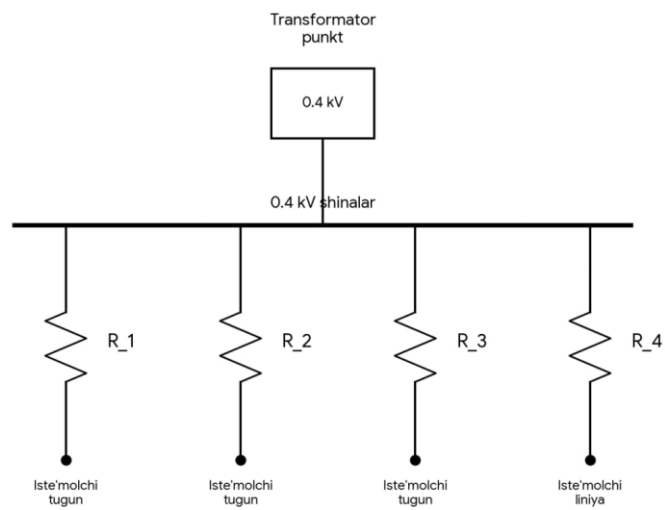
5. Quvvat yo‘qotishlarini komponentlar bo‘yicha ajratib hisoblash. Modellashtirish jarayonida aktiv yo‘qotishlar, liniyalardagi yo‘qotishlar ( $I^2 \cdot R$  bo‘yicha), transformator o‘zagidagi yo‘qotishlar, tarmoq nosimmetriyaligi sababli yuzaga keluvchi yo‘qotishlar kabi 3 guruhga ajratiladi. Bu yo‘qotishlarni solishtirish orqali tarmoqdagi energiya samaradorligi baholandi.

6. Transformatorning yuklama koeffitsientini aniqlash. Har bir TP bo‘yicha transformatorlar uchun yuklama koeffitsienti hisoblandi:

$$K_{yuk} = \frac{S_{fakt}}{S_{nom}} \times 100\%$$

7. Simlarning termik bardoshliligi tahlili. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarida havo liniyalari bo‘yicha tokning kritik qiymatga yaqinlashuvi analiz qilinadi. Natijada, yoz oylarida o‘tkazgichdan oqadigan tok ruxsat etilgan qiymatning 80%iga yetishi, ayrim joylarda sim qizishi tufayli energiya yo‘qotishlarining ortishi kuzatilishi mumkin.

0,4 kV tarmoqlarining hisobiy ekvivalent sxemasi



11-rasm 0,4 kV tarmoqlar modeli

Tarmoqlarni modellashtirishda foydalanilgan sxemalar radial va past shinali strukturaga asoslangan, bu real ekspluatatsion tarmoqning soddalashtirilgan ko‘rinishini beradi.

### **2.3. DIgSILENT PowerFactory dasturi yordamida Angor tumani elektr tarmoqlari balansidagi kuch transformatorlarini modellashtirish**

Mazkur bo'limda tumandagi Angor 110/35/10 podstansiyasidagi mavjud kuch transformatorlarini DIgSILENT PowerFactory dasturi yordamida modellashtirish, ularning ish rejimlari, quvvat yo'qotishlari, kuchlanish pasayishi va issiqlik rejimlari tahlil qilindi. Angor tumani elektr ta'minoti tizimida 110/35/10 kV hamda 35/10 kV kuchlanish darajasida ishlovchi kuch transformatorlari umumiy yuklama taqsimoti, iste'molchilarni uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash va tarmoqlarning texnik ishonchliligini oshirishda muhim o'rin tutadi.

Angor tumanidagi mavjud 110/35/10 kV hamda 35/10 kV kuch transformatorlarining texnik holati va yuklama ko'rsatkichlarini baholash tarmoqning ishonchli ishlashi uchun muhim jarayondir. DIgSILENT PowerFactory dasturi ushbu transformatorlarning elektr parametrlarini aniq modellashtirish, ularning yuklama darajasini real ish rejimida tahlil qilish hamda kelgusida modernizatsiya bo'yicha takliflar ishlab chiqishda samarali vositadir.

Transformatorlar balansining aniq hisob-kitobi elektr energiyasi sifatini oshirish, texnik yo'qotishlarni kamaytirish va kelajakda modernizatsiya talab etadigan kuch qurilmalarini aniqlash imkonini beradi. Modellashtirish jarayoni mavjud ekspluatatsion ma'lumotlarga asoslanib, real tarmoq parametrlari bo'yicha bajarildi.

**Transformatorlar bo'yicha ma'lumotlar bazasini shakllantirish.** PowerFactory dasturiga Angor tumani elektr tarmoqlarini ekspluatatsiya qiluvchi korxona tomonidan taqdim etilgan kuch transformatorlariga oid quyidagi pasport ma'lumotlari kiritildi:

- Podstansiyalar kesimida o'rnatilgan transformatorlar soni va quvvatlari ( $S_{nom}$ );
- Podstansiyalardagi kuchlanish darajalari: 110/35/10 kV, 35/10 kV;
- Kuchlanishni rostlash diapazoni:  $\pm 8 \times 1,25\%$  yoki  $\pm 5 \times 2,5\%$ ;
- Transformatorlarning qisqa tutashuv kuchlanish qiymatlari:  $U_{k\%}$ ;

- Salt ishlash holatidagi aktiv quvvat yo‘qotishlari ( $P_0$ );
- Qisqa tutashuv rejimiga bog‘liq chulg‘am hamda magnit o‘zakdagi aktiv quvvat yo‘qotishlari ( $P_k$ );
- Transformatorlarning ulanish guruhlar.

Yuqoridagi ma’lumotlar asosida har bir transformator uchun alohida alohida PowerFactory dasturi yordamida loyiha modeli shakllantiriladi.

Transformatorlarni modellashtirishda quyidagi asosiy tamoyillar qo‘llaniladi:

1. Yuklama tokini aniqlash. Transformatorning yuqori va past kuchlanishli chulg‘amlaridagi quvvat oqimi, kuchlanish darajasi, toklar va yo‘qotishlar hisoblanadi. Bunda:

- nominal yuklama;
- kunlik maksimal yuklama (pik soat);
- minimal yuklama (tun) rejimlari bo‘yicha alohida hisob-kitoblar bajariladi.

2. Yuklama koeffitsientini aniqlash

$$K_{yuk} = \frac{S_{fakt}}{S_{nom}} \cdot 100\%$$

bunda:  $S_{fakt}$  — amalda iste’mol qilinayotgan quvvat [kVA],  $S_{nom}$  — modellashtirilayotgan transformatorning nominal quvvati [kVA]

Natijalar:

1. Tumanidagi ayrim 10/0,4 kV li transformator punktlarida — mavsumiy pik yuklamalar davrida iste’mol hajmi ortishi hisobiga yuklama darajasi 110–125% ga yetishi aniqlandi.

2. 110/35/10 kV kuchlanishli "Angor" podstantsiyasida — T-2 kuch transformatori yuqori quvvatlisiga almashtirilganligi sababli, tizimning yuklamasi barqarorlashib, hozirda 50–65% diapazonda xavfsiz ishlamoqda.

Bu ko‘rsatkichlar tuman bo‘yicha aynan iste’mol yuqori bo‘lgan ichki mahalla transformatorlarida ortiqcha yuklama va avariya xavfi hamon yuqori

ekanligini, tizimli ravishda yukni yengillatish (yangi TP o'rnatish) zarurligini aniqlash imkonini berdi.

3. Transformator yo'qotishlarini hisoblash. PowerFactory har bir transformator uchun yo'qotishlarni alohida hisoblash imkoniyatini beradi. Buning uchun mavjud transformatorning passport ma'lumotlarini, iste'molchi yuklama ma'lumotlarini belgilangan bo'limlarga kiritib chiqish talab etiladi. Kiritilayotgan ma'lumotlarning aniqligi isroflar bo'yicha modellashtirish sifatini oshiradi.

Angor tumanidagi ayrim istemolchi transformatorlarida qisqa tutashuv aktiv quvvat isroflari ( $P_k$ )ning belgilangan me'yordan ortishi yuklama qiymatining kattaligi bilan bog'liqligi tasdiqlandi.

4. Kuchlanish rostlash qurilmasi (PIIH) holatini modellashtirish. Rostlash pog'onalari turli holatlarga o'tkazilib, yuklama paytidagi kuchlanish barqarorligi baholandi. 110 kV tomonida  $\pm 8\%$  diapazon kuchlanishni me'yorda ushlab turishga yordam berishi modellashtirish natijasida aniqlandi.

5. Qisqa tutashuv rejimini hisoblash. Har bir transformator uchun, uch fazali, ikki fazali, bir fazali yer bilan qisqa tutashuv toklari hisoblandi. Natijalar himoya sozlamalarini tekshirishda muhim ahamiyatga ega.

Shu bilan birgalikda, transformator joylashuvi va ulanishi bo'yicha texnik ma'lumotlarga asosan, transformatorlarning podstantsiya sxemasidagi joylashuvi, parallel ishlayotgan transformatorlar uchun quvvat taqsimoti koeffitsientlari, himoya apparatlari (AV, RZA, AVT) sozlamalari, yuklama guruhlar: maishiy, sanoat, irrigatsiya, kommunal, real holatda 24 soatlik iste'molchi yuklamasi profili ma'lumotlari orqali PowerFactory uchun real tarmoqqa maksimal yaqinlashtirilgan raqamli model yaratildi.

Modellashtirish uch asosiy rejimda bajarildi:

1) Minimal yuklama (tungi soatlar) rejimi

- tarmoqdagi toklar past
- kuchlanish pasayishlari deyarli kuzatilmaydi
- reaktiv quvvat oqimlari transformatorning salt yurishi bilan bog'liq

2) O'rtacha kunlik yuklama rejimi

- iste'molchilar o'rtacha faoliyatda
- transformatorlar 40–70% oraliq'ida yuklangan
- texnik yo'qotishlar maksimal emas, ammo sezilarli darajada

3) Maksimal yuklama rejimi. Ushbu rejim tuman elektr tarmog'ining eng zaif nuqtalarini aniqlashda asosiy tahliliy ahamiyatga ega. Maksimal iste'mol (pik soatlari) davrida o'tkazilgan tahlil natijalari quyidagilarni ko'rsatdi:

- 10/0,4 kV li ichki transformator punktlarining aksariyati, ayniqsa aholi zich va tadbirkorlik rivojlangan hududlarda, me'yordan ortiq, ya'ni 110–125% oraliq'ida yuklanadi.

- 110/35/10 kV kuchlanishli “Angor” markaziy podstantsiyasi transformatorlari tizimli modernizatsiya tufayli maksimal rejimda ham 55–70% quvvat doirasida xavfsiz va barqaror ishlamoqda.

- Iste'molchilarning oxirgi nuqtalarida havo liniyalarining uzunligi va yuklamasi yuqoriligi sababli kuchlanish  $(0,85–0,88) \cdot U_H$  gacha pasayishi kuzatiladi.

- Yuqori yuklama va kuchlanish tushishi sababli tarmoqdagi aktiv quvvat (mis va texnik) isroflari keskin ortib, 18–22% ni tashkil etadi.

Bu natijalar tarmoqning ayrim uchastkalarida modernizatsiya zarurligini ko'rsatadi. Transformatorlarning issiqlik rejimini chuqur tahlil qilish. Transformator yuklamasi oshgan sari, yog' harorati ko'tariladi, mis chulg'amda issiqlik kuchayadi, izolyatsiya eskiradi.

PowerFactory dasturida transformatorning issiqlik rejimi quyidagilar asosida hisoblandi:

$$\Delta T = f(K_{yuk}, P_k)$$

bu yerda, transformatorning yuklanish koeffitsiyenti, qisqa tutashuvdagi aktiv quvvat isrofiga bog'liq holda haroratning o'zgarishi tahlil etiladi.

Ayniqsa yoz mavsumida transformatorlar issiqlik bo'yicha cheklangan rejimga o'tishi aniqlangan. Modellashtirish va o'lchov natijalari shuni ko'rsatdiki, aynan kuchlanishi 10/0,4 kV bo'lgan tarmoq transformatorlarida yuklamaning me'yordan yuqoriligi sababli o'zakdagi isroflari keskin yuqori. Bu ko'rsatkich

Angor tumani elektr tarmoqlaridagi umumiy texnik yo‘qotishlarning 38–48% qismini tashkil etishi aniqlandi.

Qisqa tutashuv rejimlarini modellashtirish jarayonidagi natijalar, 10 kV kuchlanishli elektr tarmog‘ida qisqa tutashuv toki 3,5–5,2 kA, 0,4 kV tarmoqda esa 4,5–7,8 kA bo‘lishi mumkinligi aniqlandi. Bu qiymatlar himoya relolari sozlamalarining to‘g‘riligini nazorat qilish uchun zarur.

Modellashtirish natijalarini tahlili elektr ta‘minoti tizimida quyidagi xulosalarni asoslash imkonini berdi:

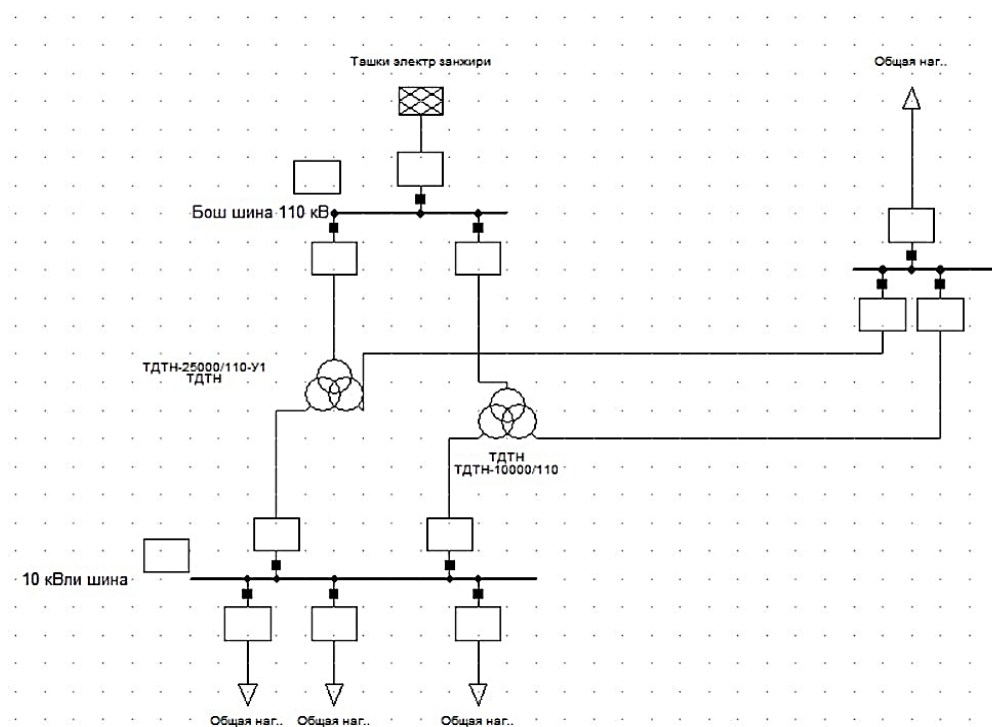
- yuklamasi ortiqcha bo‘lgan transformatorlarni katta quvvatlisiga almashtirish;
- RPN sozlamalarini qayta optimallashtirish;
- texnik yo‘qotishlarni 12–18% gacha kamaytirish;
- fazalar bo‘yicha yuklamani simmetriyalash orqali kuchlanish sifatini yaxshilash;
- 10 kV kuchlanishli elektr tarmoqlarida yangi kabel/havo liniyalarini loyihalashtirish orqali aholi punkti transformator podstansiyalarini yuklama markaziga ko‘chirish;
- parallel ishlovchi transformatorlar uchun quvvat taqsimotini optimallashtirish.

O‘zbekiston energetika tizimida ham PowerFactory asosiy professional vositalardan biri sifatida qabul qilingan. Amaliy va innovatsion ishlanmalarni tayyorlash hamda hisoblash ishlarini amalga oshirish uchun PowerFactory dasturi yordamida tarmoq modellarini yaratish, isroflarni hisoblash, turg‘unlik tahlili va himoya qurilmalarini tekshirish – eng to‘g‘ri va zamonaviy yondashuv hisoblanadi.

“Angor”-110/35/10 kV podstansiyasi Angor tuman markazida joylashgan bo‘lib, elektr ta‘minoti tizimining markaziy elementi hisoblanadi. Podstansiya 110 kV kuchlanishli havo liniyalari orqali elektr energiyasini qabul qiladi, 35 kV va 10 kV kuchlanishli chiquvchi tarmoqlar orqali aholi punktlari va ijtimoiy obyektlarga elektr energiya yetkazib beradi. Ushbu podstansiya modellashtirish

ob'ekti sifatida tarmoqning ishonchliligi, kuchlanish barqarorligi va energiya yo'qotishlarini tahlil qilish uchun asosiy rol o'ynaydi. Tadqiqot ob'yekti sifatida tanlangan Angor podstansiyasining PowerFactory dasturi yordamida qurilgan bir chiziqli sxemasi

10-rasmda keltirilgan.



10-rasm. PowerFactoryda tadqiq qilinadigan uchastka sxemasi

Tahlillar natijasida olingan xulosalarga asoslanib, 2.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar olindi. Ushbu ko'rsatgichlarni DIgSILENT PowerFactory dasturining tegishli funksiyalari yordamida sxemaga kiritish natijasida 10-rasmdagi sxema hosil qilindi

## Angor tumani kuch transformatorlarining pasport ma'lumotlari

2.1-jadval

| <i>№</i> | <i>Ko'rsatkich</i><br><i>Markasi</i> | <i>TДTH-10000/110-35/6(10) YI</i> | <i>TДTH-25000/110-35-6(10) YI</i> |
|----------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1        | Nominal quvvat, MVA                  | 10                                | 25                                |
| 2        | Yuqori chulg'am kuchlanishi, kV      | 115                               | 115                               |
| 3        | O'rta chulg'am kuchlanishi, kV       | 38,5                              | 38,5                              |
| 4        | Past chulg'am kuchlanishi, kV        | 11                                | 11                                |
| 5        | Salt ishlash quvvat isrofi, kVt      | 11,5                              | 25                                |
| 6        | Qisqa tutashuv quvvat isrofi, kVt    | 76                                | 120                               |
| 7        | Qisqa tutashuv kuchlanishi           | 10,5 %                            | 10,5 %                            |

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, DIgSILENT PowerFactory dasturi yordamida imitatsion modellashtirish bugungi kunda energetika tizimini optimallashtirish masalasini yechishning ishonchli usulini tashkil qiladi. Shu bilan birgalikda, DIgSILENT PowerFactory dasturi energetika tizimlarini loyihalash, ekspluatatsiya qilish va tahlil etishda eng samarali vositalardan biridir. Angor podstantsiyasining modellashtirilgan sxemasi orqali tarmoqning ishlash rejimlari chuqur o'rganildi, bu esa kelgusida tarmoqni optimallashtirish, modernizatsiya qilish va energiya yo'qotishlarini kamaytirish bo'yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi.

Ushbu bo'limda Angor tumanidagi asosiy kuch transformatorlari (Angor NS-110/35/10 kV, QNP-35/10 kV va mahalliy kichik podstantsiyalar) pasport ma'lumotlari asosida DIgSILENT PowerFactory muhitida yaratilgan imitatsion modeli qurildi. Transformatorlarning nominal quvvati, qisqa tutashuv kuchlanishi, impuls bardoshlik kuchlanishi, transformatsiya koeffitsienti, sovitish tizimi turi, hamda mis yo'qotishlari dasturga kiritilib, tarmoqning barqarorligi va yuklanish darajasi aniqlandi.

### **III-BOB. DIGSILENT POWERFACTORY DASTURIDA MODELLASHTIRISH NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI**

#### **3.1. Digsilent PowerFactory dasturi yordamida modellashtirishning afzalliklari**

DIGSILENT PowerFactory dasturi zamonaviy elektr energetika tizimlarini tahlil qilish va modellashtirish uchun mo'ljallangan ilg'or muhandislik vositasi hisoblanadi. Bugungi kunda elektr energiyasi ta'minotida ishonchlilik, samaradorlik va xavfsizlikni ta'minlash muhim bo'lib, aynan shu maqsadlarda PowerFactory dasturi keng qo'llaniladi. U dasturiy ta'minot orqali nafaqat tarmoqning real holatini aniq modellashtirish, balki turli ish rejimlarida tarmoqning holatini oldindan prognoz qilish mumkin. Shu bilan birga, dastur nafaqat statik, balki dinamik modellashtirish imkoniyatini ham beradi, bu esa tarmoqdagi vaqtga bog'liq jarayonlarni, masalan, qisqa tutashuvdan keyingi tiklanish yoki yuklamaning o'zgarishini tahlil qilish imkonini yaratadi[14].

PowerFactory dasturining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

##### *1.Yuklama oqimlarini aniqlik bilan hisoblash.*

PowerFactory dasturida tarmoqning joriy ish holatida tok va kuchlanishlarning taqsimlanishini hisoblash imkonini beradi. Bu tahlil yordamida transformatorlar, kabel va havo liniyalarining maksimal yuklama chegarasi aniqlanadi, tarmoq bo'ylab energiya oqimi kuzatiladi. Shu bilan birga, ortiqcha yuklamalar va yo'qotishlarni kamaytirish bo'yicha samarali strategiyalar ishlab chiqish mumkin. Dastur barcha tugunlar bo'yicha kuchlanish qiymatini aniqlab beradi, bu esa iste'molchilarga yetkazilayotgan elektr energiyasi sifatini baholashda muhim ahamiyatga ega.

##### *2.Qisqa tutashuv tahlili.*

Avariya holatlarida, jumladan qisqa tutashuvlar yuz berganda toklarning maksimal qiymatini aniqlash orqali tarmoqning xavfsizligini baholash mumkin. PowerFactory dasturi yordamida qisqa tutashuv toklarining elektr tarmog'iga ta'sirini prognoz qilish, himoya qurilmalari va releli tizimlarning javobini tahlil qilish, transformatorlar va liniyalarni himoya qilish choralarini aniqlash mumkin.

Bu xususiyat tarmoqni favqulodda holatlarga tayyorlashda va himoya vositalarini to'g'ri tanlashda juda muhimdir[26].

### *3.Kuchlanish uzluksizligini tahlil qilish.*

Tarmoqdagi kuchlanish darajasining uzluksizligini saqlash va barqarorligini ta'minlash PowerFactory yordamida amalga oshiriladi. Kompensatsiya qurilmalari, masalan kondensator batareyalari yoki reaktorlarning ta'siri dastur yordamida baholanadi. Shu orqali tarmoqdagi kuchlanish o'zgarishlari monitoring qilinadi, energiya yetkazib berishda uzilishlar va pasayishlar oldi olinadi. Kuchlanishning sutkalik va mavsumiy o'zgarishlarini tahlil qilish imkoniyati ham ushbu dasturda mavjud[15].

### *4.Texnik parametrlarni real qiymatlar asosida kiritish.*

PowerFactory dasturida transformatorlar, kabel va havo liniyalari, reaktiv va aktiv qarshiliklar kabi barcha texnik elementlarning real qiymatlari kiritilishi mumkin. Bu esa modellashtirish natijalarini yuqori darajada ishonchli qiladi. Shu orqali tarmoqning haqiqiy holatini yaqin natijalar bilan aniqlash, yo'qotishlarni tahlil qilish va optimal boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish mumkin.

### *5.Turli ish rejimlarida hisoblash imkoniyati.*

Dastur yordamida uch fazali va bir fazali, balanslangan va nobalans ish rejimlari hisoblanadi. Shu bilan birga, tarmoqning maksimal yuklama va avariya holatlarida ishlashini prognoz qilish mumkin. Bu imkoniyatlar tarmoqning xavfsizligini oshirish, transformator va liniyalarni optimal yuklash, shuningdek energiya yo'qotishlarini kamaytirish uchun zarur[21].

### *6.Statik va dinamik modellashtirish:*

Statik modellashtirish: tarmoqning joriy ish rejimi, yuklama toklari, kuchlanish qiymati va quvvat isroflarini aniqlash imkonini beradi.

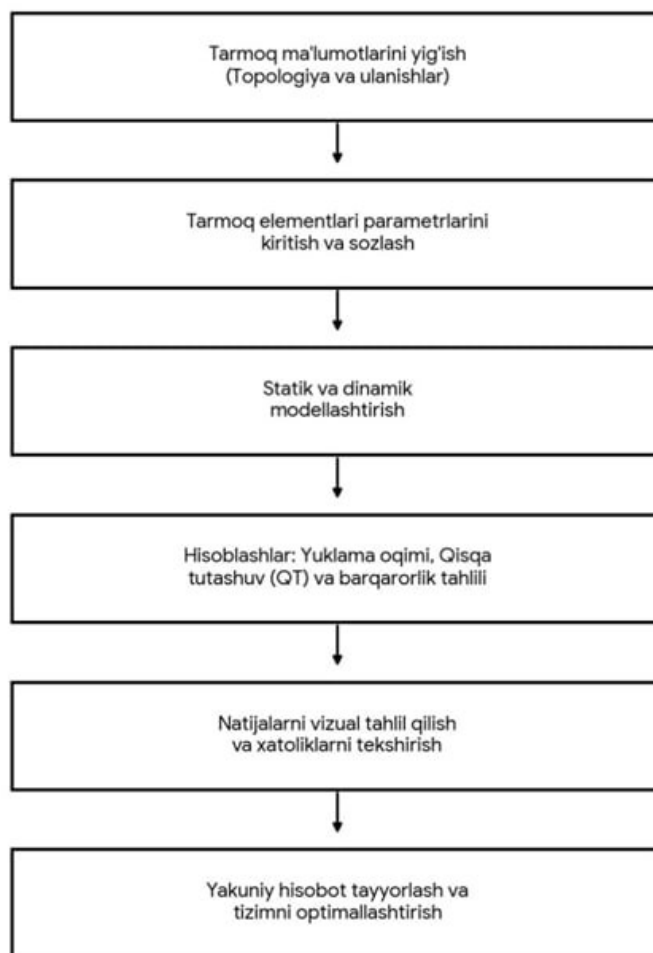
Dinamik modellashtirish: tarmoqning vaqtga bog'liq jarayonlarini, masalan yuklamaning o'zgarishi, qisqa tutashuvdan keyingi rejim va reaktiv quvvat boshqaruvi tahlil qilinadi. Bu esa avariya holatlari va vaqtinchalik uzilishlarga tayyorgarlikni oshiradi.

### *7.Interaktiv va vizual tahlil imkoniyati.*

PowerFactory grafik interfeysi orqali tarmoq elementlarini vizual ko‘rinishda tasvirlash, diagrammalar va grafiklar yordamida natijalarni tahlil qilish imkonini beradi. Bu esa dissertatsiya ishida tahlil natijalarini tushunarli shaklda taqdim etishga yordam beradi[22].

### *8.Optimizatsiya va tavsiyalar ishlab chiqish.*

Modellashtirish natijalari asosida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, transformatorlarning yuklamalarini optimal darajada ta‘minlash, kuchlanish darajasini barqarorlashtirish va tarmoqni samarali boshqarish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish mumkin. Shu bilan birga, dastur energetika tizimi rivojlanishi uchun ilg‘or boshqaruv strategiyalarini sinash imkoniyatini beradi.



3.1-rasm. Powerfactory yordamida modellashtirish jarayoni blok-sxemasi

Powerfactory yordamida modellashtirish jarayoni blok-sxemasida keltirilgan birinchi bosqichda tarmoq ma'lumotlarini yig'ish bevosita Angor tumani elektr ta'minoti korxonasi ma'sul xodimlari hamda meyoriy hujjatlarda keltirilgan ma'lumotlar asosida hosil qilinadi. Tarmoq sxemasi chizilgandan so'ng, har bir elementning texnik pasport ma'lumotlari dasturning tegishli bo'limlariga kiritiladi. Masalan: liniyalarning qarshiligi va o'tkazuvchanligi, transformatorlarning quvvati va transformatsiya koeffitsiyenti, generatorlarning nominal parametrlari va cheklovlari.

Statik va dinamik modellashtirish bosqichida tizimning ishlash rejimlari modellashtiriladi[18]:

Statik modellashtirish: Tarmoqning barqaror, normal ish holatidagi parametrlarini o'rganish uchun ishlatiladi.

Dinamik modellashtirish: Tarmoqdagi o'tish jarayonlari, yirik yuklamalarning ulanishi yoki avariya holatlarida tizimning holatini (vaqt davomida o'zgarishini) tahlil qilish uchun elementlarning dinamik modellari (regulyatorlar, qo'zg'atish tizimlari) sozlanadi.

Hisoblashlar bosqichi dasturning asosiy hisoblash bo'g'inidir. Bu yerda uchta muhim hisob-kitob bajariladi. Tarmoq tugunlaridagi kuchlanishlar va liniyalardan oqib o'tayotgan quvvatlar aniqlanadi. Tarmoqning turli nuqtalarida avariya holatlari ro'y bergandagi tok kuchini hisoblab, himoya apparatlarini tanlashga yordam beradi. Tizimning yirik buzilishlardan so'ng qayta muvozanatga kela olish qobiliyatini tekshiradi[17].

Natijalarni vizual tahlil qilish va xatoliklarni tekshirish bo'limida, hisob-kitoblar tugagach, dastur natijalarni grafiklar, diagrammalar va rangli sxemalar ko'rinishida taqdim etadi (masalan, me'yordan past kuchlanishli tugunlar yoki haddan tashqari yuklangan liniyalar qizil rangda ko'rsatiladi). Muhandis ushbu vizual ma'lumotlar asosida hisoblashdagi xatoliklarni yoki tarmoqdagi muammoli joylarni aniqlaydi.

Yakuniy hisobot tayyorlash va tizimni optimallashtirish bo'g'inida, barcha hisob-kitob natijalari jamlanib, jadvallar va hisobotlar ko'rinishida eksport

qilinadi. Ushbu natijalarga tayanib, elektr tarmog‘ining ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligini oshirish, quvvat isroflarini kamaytirish hamda tarmoqni optimallashtirish bo‘yicha yakuniy muhandislik qarorlari qabul qilinadi.

Ushbu dastur yordamida Angor tuman elektr tarmoqlari tahlili o‘tkazilganda, eng zarur ko‘rsatkichlardan biri, tarmoqlarning yuklanish holatini vizual ko‘rish imkoniyatiga ega bo‘lamiz. Tarmoq yuklamasi katta bo‘lgan hudud iste‘molchilariga qo‘shimcha iste‘molchi ulash qanday natijalarni keltirib chiqarishi hamda tizim elementlarining unga ta‘sirini baholash imkoniyati tug‘iladi[19].

### **3.2 Angor tumanida modellashtirish doirasida olib borilgan ishlar tahlili**

Ushbu dissertatsiya ishida Angor tumani elektr ta‘minoti tizimining mavjud holatini baholash, elektr energiyasi yo‘qotishlarini aniqlash hamda tarmoqning ish rejimlarini optimallashtirish maqsadida kompleks modellashtirish ishlari amalga oshirildi. Tadqiqotlar Angor tumani elektr tarmoqlari korxonasidan olingan texnik hujjatlar, podstansiyalar pasport ma‘lumotlari, transformator punktlari tavsiflari va amaldagi yuklama ko‘rsatkichlari asosida bajarildi.

Tadqiqotning birinchi bosqichida Angor tumani elektr ta‘minoti tizimining tarkibi va tuzilishi o‘rganildi. Tahlillar natijasida tuman iste‘molchilarini elektr energiyasi bilan ta‘minlashda Angor 110/35/10 kV, Dunkon 110/10 kV, Rayhon 35/10 kV va Davr 35/10 kV podstansiyalari ishtirok etishi aniqlandi (3.1-jadval). Podstansiyalar bo‘yicha o‘rnatilgan transformator quvvatlari tahlili shuni ko‘rsatdiki, tumandagi jami transformator quvvati 73 602 kVA ni tashkil etadi. Shundan 48 195 kVA quvvat Angor 110/35/10 kV podstansiyasi hissasiga to‘g‘ri keladi. Bu esa umumiy quvvatning 65,5 foizini tashkil qilib, mazkur podstansiyaning tuman elektr ta‘minoti tizimidagi asosiy energiya taqsimlash markazi ekanligini ko‘rsatadi

### Angor tumanidagi mavjud podstansiyalar. 3.1-jadval

| Nomi                  | kVA           |
|-----------------------|---------------|
| PS Angor 110/35/10 kV | 48 195        |
| PS Dunkon 110/10 kV   | 11 561        |
| PS Rayhon             | 7 540         |
| PS Davr 35/10 kV      | 6 306         |
| <b>Jami</b>           | <b>73 602</b> |

Mazkur holatni hisobga olib, tadqiqot obyekti sifatida Angor 110/35/10 kV podstansiyasi tanlandi va keyingi modellashtirish ishlari aynan ushbu podstansiya elektr tarmoqlari misolida amalga oshirildi. Keyingi bosqichda podstansiyaning elektr sxemasi o'rganilib, kuch transformatorlari, 10 kV shinalar, elektr uzatish liniyalari va transformator punktlari bo'yicha texnik ma'lumotlar yig'ildi. Tahlillar davomida Angor podstansiyasidan F-1, F-2, F-3, F-5, F-6, F-8, F-9, F-10, F-11 va F-12 fiderlari orqali elektr energiyasi uzatilishi aniqlandi. Har bir fider bo'yicha transformator punktlari soni, quvvati va joylashuv hududlari o'rganildi.

Olib borilgan ishlar natijasida Angor podstansiyasi balansida 100 dan ortiq 10/0,4 kV transformator punktlari mavjudligi aniqlandi. Transformator punktlarining quvvatlari 25 kVA dan 1000 kVA gacha bo'lgan oraliqda o'zgaradi. Eng ko'p uchraydigan quvvatlar 100 kVA, 160 kVA, 250 kVA va 400 kVA ni tashkil etadi (3.1-jadval). Ayrim aholi zich joylashgan hududlarda 630 kVA va 1000 kVA quvvatli transformatorlarning mavjudligi elektr yuklamasining yuqoriligidan dalolat beradi.

### Angor podstansiyasidagi umumiy Transformator ro'yxati 3.1-jadval

| T/r | PS nomi               | Fider | MFY            | TP raqami va quvvati |
|-----|-----------------------|-------|----------------|----------------------|
| 1   | PS Angor 110/35/10 kV | F-5   | Zartepa MFY    | TP-1-5-05 250 kVA    |
| 2   | PS Angor 110/35/10 kV | F-10  | 2008 y. Egasiz | TP-1-10-44 100 kVA   |
| 3   | PS Angor 110/35/10 kV | F-3   | Uzbekiston MFY | TP-1-3-02 400 kVA    |

|    |                       |      |                      |                    |
|----|-----------------------|------|----------------------|--------------------|
| 4  | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Uzbekiston MFY       | TP-1-8-14 250 kVA  |
| 5  | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Dexkonittifok MFY    | TP-1-1-04 400 kVA  |
| 6  | PS-Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangiturmush MFY.    | TP-1-10-27 250 kVA |
| 7  | PS-Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY          | TP-1-10-39 160 kva |
| 8  | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kush tegirmon MFY    | TP-1-1-13 160 kVA  |
| 9  | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zarteppa MFY         | TP-1-5-05 250 kVA  |
| 10 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Markaz MFY           | TP-1-8-06 250 kVa  |
| 11 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Xomkon MFY           | TP-1-2-14 100 kVA  |
| 12 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Yangi turmush MFY    | TP-1-5-01 630 kVA  |
| 13 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kayron MFY           | TP-1-1-20 160 kVA  |
| 14 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY          | TP-1-10-18 63 kVA  |
| 15 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY          | TP-1-10-07 160 kVA |
| 16 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kadimiy Angor MFY    | TP-1-8-01 40 kVA   |
| 17 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangiobod MFY        | TP-1-11-04 250 kVA |
| 18 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kushtegirmon MFY     | TP-1-1-14 250 kVA  |
| 19 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Kadimiy Angor MFY    | TP-1-3-18 250 kVA  |
| 20 | PS Angor 110/35/10 kV | F-12 | Navbaxor MFY         | TP-1-12-01 630 kVA |
| 21 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod MFY        | TP-1-11-09 160 kVA |
| 22 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Dexkon birlashuv MFY | TP-1-5-20 250 kVA  |
| 23 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Korasuv MFY          | TP-1-6-07 63 kVA   |
| 24 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Xujamkon MFY         | TP-1-11-21 250 kVA |
| 25 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY          | TP-1-10-14 160 kVA |
| 26 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori xujakiya MFY  | TP-1-11-06 250 kVA |

|    |                       |      |                      |                    |
|----|-----------------------|------|----------------------|--------------------|
| 27 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq Guli           | TP-31 400 kVA      |
| 28 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush        | TP-1-10-22 400 kVA |
| 29 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Gilambob MFY         | TP-1-2-10 250 kVA  |
| 30 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY         | TP-1-9-10 100 kVA  |
| 31 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashqon MFY       | TP-1-5-17 400 kVA  |
| 32 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Xamkon MFY           | TP-1-2-12 250 kVA  |
| 33 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Yangiobod MFY        | TP-1-9-20 100 kVA  |
| 34 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yuqori xo'jaqiya MFY | TP-1-11-14 100 kVA |
| 35 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Kattaqum MFY         | TP-1-5-22 250 kVA  |
| 36 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Dexkon birlashuv MFY | TP-1-5-19 630 kVA  |
| 37 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY         | TP-1-9-08 250 kVA  |
| 38 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Xomkon MFY           | TP-1-2-19 160 kVA  |
| 39 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Karvon MFY           | TP-1-5-14 160 kVA  |
| 40 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Kayron MFY           | TP-1-8-11 100 kVA  |
| 41 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashqon MFY       | TP-1-5-10 250 kVA  |
| 42 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kushtegirmon MFY     | TP-1-1-15 160 kVA  |
| 43 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashkon MFY       | TP-1-5-28 25 kVA   |
| 44 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Karvon MFY           | TP-1-5-18 250 kVA  |
| 45 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Kayron MFY           | TP-1-8-12 400 kVA  |
| 46 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Xamkon MFY           | TP-1-2-13 160 kVA  |
| 47 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | 2006 y. 9-Maktab     | TP-1-9-07 63 kVA   |
| 48 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Gulzor MFY           | TP-1-6-04 160 kVA  |
| 49 | PS-110/35/10 kV Angor | F-9  | Uzbekistan MFY       | TP-1-9-27 63 kVA   |
| 50 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori Xujakiya MFY  | TP-1-11-07 400 kVA |
| 51 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kadimiy Angor MFY    | TP-1-1-01 63 kVA   |
| 52 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulug'bek MFY         | TP-1-11-27 160 kVA |

|    |                       |      |                       |                    |
|----|-----------------------|------|-----------------------|--------------------|
| 53 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulug‘bek MFY          | TP-1-11-30 100 kVA |
| 54 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Dexqonittifoq MFY     | TP-1-1-21 63 kVA   |
| 55 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Korabog MFY           | TP-1-10-34 100 kVA |
| 56 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY          | TP-1-10-28 160 kVA |
| 57 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | O‘zbekiston MFY       | TP-1-3-14 100 kVA  |
| 58 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navboxor MFY          | TP-1-10-05 160 kVA |
| 59 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Gilambob MFY          | TP-1-2-10 160 kVA  |
| 60 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Qorasuv MFY           | TP-1-6-06 250 kVA  |
| 61 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Dexkonittifok MFY.    | TP-1-1-26 160 kVA  |
| 62 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navruz MFY            | TP-1-10-37 25 kVA  |
| 63 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | 1988 y.Egasiz         | TP-1-6-01 160 kVA  |
| 64 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Yukori tallashkon MFY | TP-1-2-06 250 kVA  |
| 65 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod MFY         | TP-1-11-02 100 kVA |
| 66 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY     | TP-1-10-08 160 kVA |
| 67 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY           | TP-1-10-11 100 kVA |
| 68 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulug‘bek MFY          | TP-1-11-35 100 kVA |
| 69 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Korasuv MFY           | TP-1-6-06 250 kVA  |
| 70 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Guliston MFY          | TP-1-10-03 250 kVA |
| 71 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navbaxor MFY          | PKTPN 400 kVA      |
| 72 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yuqori xo‘jaqiya MFY  | TP-1-11-18 250 kVA |
| 73 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod MFY         | TP-1-11-19 100 kVA |
| 74 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulug‘bek MFY          | TP-1-11-28 25 kVA  |
| 75 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY          | TP-1-9-03 40 kVA   |
| 76 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Qadimiy Angor MFY     | TP-1-8-01 100 kVA  |
| 77 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Yangi turmush MFY     | TP-1-5-23 25 kVA   |

|     |                       |      |                       |                         |
|-----|-----------------------|------|-----------------------|-------------------------|
| 78  | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Yukori tallashkon MFY | TP-1-2-05 63 kVA        |
| 79  | PS Davr 35/10 kV      | F-2  | Navroʻz MFY           | TP-1-10-09 400/10/0 kVA |
| 80  | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zang gilambob MFY     | TMG 400 kVA             |
| 81  | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulugbek MFY           | TP-1-11-29 400 kVA      |
| 82  | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulugbek MFY           | TP-1-11-11 250 kVA      |
| 83  | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Xoʻjanqo MFY          | TP-1-1-21 400 kVA       |
| 84  | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Navbaxor MFY          | TP-1-3-04 63 kVA        |
| 85  | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Karvon MFY            | TP-1-5-16 160 kVA       |
| 86  | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Yangiobod MFY         | TP-1-6-11 100 kVA       |
| 87  | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Gilambob MFY          | TP-1-2-11 160 kVA       |
| 88  | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Xomkon MFY            | TP-1-2-13 100 kVA       |
| 89  | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Dexqonittifoq MFY     | KTPS 1-3-2 160 kVA      |
| 90  | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashqon MFY        | TP-1-5-11 250 kVA       |
| 91  | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Yukori tallashkon MFY | TP-1-2-03 400 kVA       |
| 92  | PS Angor 110/35/10 kV | f-10 | Sharq Guli MFY        | TP-1-10-80 1000 kVA     |
| 93  | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Yukori Talashkon MFY  | TP-1-2-06 400 kVA       |
| 94  | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulugʻbek MFY          | TP-1-11-33 63 kVA       |
| 95  | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq Guli MFY        | TP-1-10-84 30 kVA       |
| 96  | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Gilambob MFY          | TP-1-2-09 400 kVA       |
| 97  | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Yukori Xujakiya MFY   | TP-1-2-02 100 kVA       |
| 98  | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kayron MFY            | TP-1-1-09 250 kVA       |
| 99  | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq Guli MFY        | TP-1-10-12 63 kVA       |
| 100 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Markaz MFY            | TP-1-8-07 100 kVA       |
| 101 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Gulzor MFY.           | TP-1-6-09 630 kVA       |
| 102 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navbaxor MFY          | TP-1-10-32 25 kVA       |

|     |                       |      |                          |                    |
|-----|-----------------------|------|--------------------------|--------------------|
| 103 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Korabog MFY              | TP-1-10-33 250 kVA |
| 104 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Uzbekiston MFY           | TP-1-3-22 250 kVA  |
| 105 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY        | TP-1-10-21 630 kVA |
| 106 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Gulzor MFY               | TP-1-6-02 160 kVA  |
| 107 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Novbaxor MFY             | TP-1-10-05 250 kVA |
| 108 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq guli MFY           | TP-1-10-04 100 kVA |
| 109 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori xujakiya MFY      | TP-1-11-08 250 kVA |
| 110 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq Guli MFY           | TP-1-10-48 250 kVA |
| 111 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | maxalla Yangiabad        | TP-1-11-20 160 kva |
| 112 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Markaz MFY.              | TP-1-8-06 250 kVA  |
| 113 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Ulug‘bek MFY             | TP-1-11-13 250 kVA |
| 114 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashqon MFY           | TP-1-5-09 630 kVA  |
| 115 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Markaz MFY               | TP-1-8-09 100 kVA  |
| 116 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9. | Guliston MFY             | TP-1-9-06 100 kVA  |
| 117 | PS Angor 110/35/10 kV | F2   | Yukori Tallashkon MFY    | TP-1-2-02 250 kVA  |
| 118 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY             | TP-1-9-28 40 kVA   |
| 119 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori xujakiya MFY      | TP-1-11-25 25 kVA  |
| 120 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq Guli MFY           | TP-1-10-85 630 kVA |
| 121 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod max. (PP-2661) | TP-1-11-23 400 kVA |
| 122 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Navbaxor MFY             | TP-1-3-06 63 kVA   |
| 123 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zartepa MFY              | TP-1-5-05 400 kVA  |
| 124 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY              | TP-1-10-42 160 kva |
| 125 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Navbaxor MFY             | TP-1-9-02 160 kVA  |
| 126 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY        | TP-1-10-43 400 kVA |
| 127 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Korasuv MFY              | TP-1-11-23 100 kVA |

|     |                       |      |                       |                    |
|-----|-----------------------|------|-----------------------|--------------------|
| 128 | PS Angor 110/35/10 kV | f-1  | Dexqonittifoq MFY     | TP-1-1-03 160 kVA  |
| 129 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yuqori Tallashqon MFY | TP-1-11-03 100 kva |
| 130 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY.    | TP-1-10-65 100 kVA |
| 131 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Dexkon itfok MFY      | TP-1-1-05 100 kVA  |
| 132 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Madaniyat MFY         | TP-1-1-10 250 kVA  |
| 133 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kushtegirmon MFY      | TP-1-1-14 400 kVA  |
| 134 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY           | TP-1-10-10 400 kVA |
| 135 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Kadimiy Angor MFY.    | TP-1-8-03 250 kVA  |
| 136 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq Guli MFY        | TP-1-10-35 63 kVA  |
| 137 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zang gilambob MFY     | TP-1-5-08 630 kVA  |
| 138 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY     | TP-1-10-47 25 kVA  |
| 139 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Korasuv MFY           | TP-1-6-05 100 kVA  |
| 140 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Markaz MFY            | TP-1-8-05 250 kVA  |
| 141 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY           | TP-1-10-13 100 kVA |
| 142 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Kadimiy Angor MFY     | TP-1-3-31 160 kVA  |
| 143 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Qorasuv MFY           | TP-1-6-27 160 kVA  |
| 144 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY          | TP-1-9-01 100 kVA  |
| 145 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zang gilambob MFY.    | TP-1-5-06 400 kVA  |
| 146 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Markaz MFY            | TP-1-8-06 160 kVA  |
| 147 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Madaniyat MFY         | TP-1-1-10 100 kVA  |
| 148 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Qadimiy Angor MFY     | TP-1-8-04 100 kVA  |
| 149 | PS Angor 110/35/10 kV | f-10 | Navro‘z MFY           | TP-1-10-38 160 kVA |

|     |                       |      |                      |                     |
|-----|-----------------------|------|----------------------|---------------------|
| 150 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Dexqonittifoq MFY    | TP-1-1-07 250 kVA   |
| 151 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY    | TP-1-10-26 40 kVA   |
| 152 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Kattakum MFY         | TP-1-5-25 100 kVA   |
| 153 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kushtegirmon MFY     | TP-1-1-18 160 kVA   |
| 154 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori xujakiya MFY  | TP-1-11-24 160 kVA  |
| 155 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Qorabog' MFY         | TP-1-10-33 400 kVA  |
| 156 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Madaniyat MFY        | TP-1-1-08 40 kVA    |
| 157 | PS Angor 110/35/10 kV | F-2  | Gilambob MFY         | TP-1-2-01 40 kVA    |
| 158 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Gulzor MFY           | TP-1-6-09 160 kVA   |
| 159 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Dexkon itfok MFY     | TP-1-1-06 160 kVA   |
| 160 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod MFY        | TP-1-11-22 100 kVA  |
| 161 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Korasuv MFY          | TP-1-6-13 25 kVA    |
| 162 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yuqori xo'jaqiya MFY | TP-1-11-16 100 kVA  |
| 163 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro'z MFY          | TP-1-10-09 160 kVA  |
| 164 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Sharq Guli MFY       | TP--1-10-80 250 kVA |
| 165 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Karvon MFY           | TP-1-5-13 250 kVA   |
| 166 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zartepa MFY          | TP-1-5-06 250 kVA   |
| 167 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Shark guli MFY       | TP-1-10-02 250 kVA  |
| 168 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Shark guli MFY.      | TP-1-9-49 250 kVA   |
| 169 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kadimiy Angor MFY    | TP-1-1-02 40 kVA    |
| 170 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kadimiy Angor MFY    | TP-1-8-03 160 kVA   |
| 171 | PS Angor 110/35/10 kV | F3   | Uzbekiston MFY       | TP-1-3-01 630 kVA   |
| 172 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Navruz MFY           | TP-1-3-11 630 kVA   |
| 173 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Karvon MFY           | TP-1-5-13 160 kVA   |

|     |                       |      |                          |                    |
|-----|-----------------------|------|--------------------------|--------------------|
| 174 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Kayron MFY               | TP-1-1-19 160 kVA  |
| 175 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Yangiobod MFY            | TP-1-9-17 100 kVA  |
| 176 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | maxalla Ozod -<br>Buxoro | TP-1-11-32 250 kva |
| 177 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashqon MFY           | TP-1-5-12 630 kVA  |
| 178 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Kayran MFY               | TP-1-8-10 160 kVA  |
| 179 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Gulzor MFY               | TP-1-6-08 100 kVA  |
| 180 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Yuqori<br>Tallashqon MFY | TP-1-2-07 100 kVA  |
| 181 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Sharq Guli MFY           | TP-1-10-83 400 kVA |
| 182 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Guliston MFY             | TP-1-9-47 630 kVA  |
| 183 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Guliston                 | TP-1-9-04 400 kVA  |
| 184 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Yuqori xo'jaqiya<br>MFY  | TP-1-11-18 250 kVA |
| 185 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashkon MFY           | TP-1-5-15 250 kVA  |
| 186 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Madaniyat MFY            | TP-1-1-12 160 kVA  |
| 187 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Qorabog' MFY             | TP-1-5-02 400 kVA  |
| 188 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zang gilambob<br>MFY     | TP-1-5-07 63 kVA   |
| 189 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Navruz MFY               | TP-1-3-17 400 kVA  |
| 190 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY             | TP-1-9-05 250 kVA  |
| 191 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori Xujakiya<br>MFY   | TP-1-11-34 160 kVA |
| 192 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmuz<br>MFY      | TP-1-10-45 25 kVA  |
| 193 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Qadimiy Angor<br>MFY     | TP-1-8-01 100 kVA  |
| 194 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Maradaniyat MFY          | TP-989 250 kVA     |
| 195 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Markaz MFY               | TP-1-8-48 250 kVA  |
| 196 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori Xujakiya<br>MFY.  | TP-1-11-24 250 kVA |

|     |                       |      |                      |                       |
|-----|-----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| 197 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1. | Dexqonittifoq MFY    | TP-1-1-05 250 kVA     |
| 198 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zang Gilambob MFY    | TP-1-5-48 400 kVA     |
| 199 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Navro‘z MFY          | TP-1-3-15 160 kVA     |
| 200 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Karvon MFY           | TP-1-5-16 100 kVA     |
| 201 | PS Angor 110/35/10 kV | F-1  | Yangi turmush MFY    | TP-1-10-44 160 kVA    |
| 202 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | Qadimiy Angor MFY    | TP-1-8-15 160 kVA     |
| 203 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Guliston MFY         | TP-1-09-18 100 kVA    |
| 204 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Navro‘z MFY          | TP-1-3-07 630 kVA     |
| 205 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yukori xujaiiya MFY  | TP-1-11-07 250 kVA    |
| 206 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Navro‘z MFY          | TP-1-10-31 100 kVA    |
| 207 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod MFY        | TP-1-11-12 250 kVA    |
| 208 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Kattaqum MFY         | TP-1-5-25 KTP 100 kVA |
| 209 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY    | TP-1-10-20 250 kVA    |
| 210 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod MFY        | TP-1-11-10 160 kVA    |
| 211 | PS Angor 110/35/10 kV | F-12 | Uzbekiston MFY.      | TP-1-12-01 250 kVA    |
| 212 | PS Angor 110/35/10 kV | F-8  | g./r-n: ANGOR TUMANI | TP-1-1-10 250 kVA     |
| 213 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | g./r-n: ANGOR TUMANI | TP-1-11-11 400 kVA    |
| 214 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zarteppa MFY         | TP-1-5-03 100 kVA     |
| 215 | PS Angor 110/35/10 kV | F-3  | Navro‘z MFY          | TP-1-3-08 100 kVA     |
| 216 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY    | TP-1-10-16 250 kVA    |
| 217 | PS Angor 110/35/10 kV | F-11 | Yangiobod MFY        | TP-1-9-19 100 kVA     |
| 218 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Kattaqum MFY         | TP-1-5-24 63 kVA      |
| 219 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Tallashkon MFY       | TP-1-5-12 100 kVA     |

|     |                       |      |                   |                      |
|-----|-----------------------|------|-------------------|----------------------|
| 220 | PS Angor 110/35/10 kV | F-9  | Shark guli MFY    | TP-1-9-09 100 kVA    |
| 221 | PS Angor 110/35/10 kV | F-6  | Yangi obod MFY    | TP-1-11-05 63 kVA    |
| 222 | PS-Angor 110/35/10 kV | F-6  | Qorasuv MFY       | TP-1-6-16 kV 250 kVA |
| 223 | PS Angor 110/35/10 kV | F-5  | Zarteppa MFY      | TP-1-5-04 250 kVA    |
| 224 | PS Angor 110/35/10 kV | F-10 | Yangi turmush MFY | TP-1-10-15 25 kVA    |

Transformator punktlari bo'yicha ma'lumotlar tizimlashtirilib, ularning barchasi DlgSILENT PowerFactory dasturiga kiritildi. Har bir transformator uchun nominal quvvat, transformatsiya koeffitsienti, qisqa tutashuv kuchlanishi va yuklama parametrlari shakllantirildi. Shuningdek, 10 kV va 0,4 kV elektr uzatish tarmoqlari bo'yicha liniya uzunliklari, sim markalari hamda elektr parametrlarining raqamli bazasi yaratildi.

Modellashtirishning navbatdagi bosqichida elektr tarmog'ining bir chiziqli sxemasi ishlab chiqildi. Yaratilgan model yordamida yuklama oqimlari hisoblandi va tarmoq elementlarining ish rejimlari baholandi. Hisoblash natijalari ayrim fiderlarda yuklama darajasi boshqa yo'nalishlarga nisbatan yuqoriligini ko'rsatdi. Xususan, F-10 va F-11 fiderlarida iste'molchilar soni ko'pligi sababli quvvat oqimlari nisbatan yuqori qiymatlarga ega ekanligi aniqlandi[20].

Kuchlanish rejimlarini tahlil qilish natijasida elektr tarmog'ining ayrim uzoq nuqtalarida kuchlanish pasayishi kuzatilishi mumkinligi aniqlandi. Modellashtirish natijalari ayrim uchastkalarda kuchlanishning me'yoriy qiymatdan 6–11 foizgacha kamayishini ko'rsatdi. Bunday holat, asosan, elektr uzatish liniyalarining uzunligi va yuklamaning ortib borishi bilan izohlanadi.

Transformatorlarning yuklanish darajasi ham alohida tahlil qilindi. Olingan natijalarga ko'ra, tarmoqdagi 10/0,4 kV transformatorlarning taxminan 23 foizi yuqori yuklama ostida ishlayotganligi aniqlandi. Ayrim transformatorlarda

yuklanish nominal qiymatga yaqinlashgan bo'lsa, ayrimlarida esa mavjud quvvatlardan to'liq foydalanilmayotgani kuzatildi. Bu esa yuklamalarni qayta taqsimlash imkoniyatlari mavjudligini ko'rsatadi[22].

Bundan tashqari, modellashtirish davomida elektr energiyasi yo'qotishlari tahlili ham bajarildi. Tahlillar elektr energiyasining asosiy qismi 10 kV va 0,4 kV elektr uzatish liniyalarida hamda transformatorlarda yo'qotilishini ko'rsatdi. Ayniqsa uzoq masofadagi iste'molchilarni ta'minlovchi liniyalarda texnik yo'qotishlar yuqoriroq ekanligi aniqlandi.

Olingan natijalar asosida Angor tumani elektr tarmoqlarini rivojlantirish bo'yicha bir qator texnik tavsiyalar ishlab chiqildi. Jumladan, yuqori yuklangan transformatorlarni almashtirish, yuklamalarni fiderlar bo'yicha qayta taqsimlash, ayrim uchastkalarda sim kesimlarini oshirish hamda avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish tavsiya etildi. Ushbu tadbirlar elektr energiyasi yo'qotishlarini kamaytirish, kuchlanish sifatini yaxshilash va elektr ta'minoti ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

Umuman olganda, olib borilgan modellashtirish ishlari Angor tumani elektr ta'minoti tizimining mavjud texnik holatini kompleks baholash, tarmoqning zaif nuqtalarini aniqlash hamda uni optimallashtirish bo'yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqish imkonini berdi. Ushbu natijalar kelgusida tarmoqni modernizatsiya qilish va elektr energiyasi sifatini oshirish bo'yicha qarorlar qabul qilishda muhim amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

### 3.3. Iqtisodiy va ekologik qism

Angor tumanida elektr ta'minoti tizimi 4 ta yirik podstantsiya orqali amalga oshiriladi. Ushbu dissertatsiyada asosiy e'tibor Angor 110/35/10 kV podstantsiyasining ishlash rejimini tahlil qilish va uni optimallashtirish masalalariga qaratildi. Mazkur podstantsiya orqali 224 ta transformator punkti elektr energiyasi bilan ta'minlanib, taxminan 50 ming nafar aholi, shuningdek Angor tumani hokimiyati binosi, Angor dehqon bozori hamda boshqa davlat va xususiy tashkilotlar elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlanadi. Shu sababli ushbu podstantsiya tuman elektr ta'minoti tizimining asosiy va muhim tugunlaridan biri hisoblanadi.

Tahlil natijalariga ko'ra, mazkur hududda yiliga iste'mol qilinadigan elektr energiyasi hajmi o'rtacha 43–45 mln kWh ni tashkil etadi. Shundan asosiy qismi aholi iste'moliga to'g'ri kelib, qolgan qismi ijtimoiy va xo'jalik obyektlari hissasiga to'g'ri keladi. Mavjud holatda 0,4 kV past kuchlanishli tarmoqlarda hamda transformator punktlarida elektr energiyasi yo'qotishlari yuqori bo'lib, o'rtacha 15–17 % ni tashkil etadi. Hisob-kitoblarga ko'ra, bu yiliga taxminan 7 mln kWh elektr energiyasining yo'qotilishiga olib kelmoqda.

Elektr tarmoqlarining texnik holatini yaxshilash va mavjud muammolarni aniqlash maqsadida **DigSILENT PowerFactory** dasturi yordamida modellashtirish ishlari olib borildi. Modellashtirish jarayonida transformatorlarning yuklama darajasi, fazalar bo'yicha notekis taqsimlanish, liniyalardagi yuklama va kuchlanish yo'qotishlari chuqur tahlil qilindi. Natijada tarmoqni optimallashtirish, yuklamalarni qayta taqsimlash va nosimmetrik rejimlarni bartaraf etish orqali umumiy yo'qotishlarni 9–10 % gacha kamaytirish mumkinligi aniqlandi.

Dastur yordamida optimallashtirilgan sxema hisob kitoblari asosida yo'qotishlar hajmi taxminan 4,4 mln kWh ni tashkil etishi aniqlandi. Demak, modellashtirish natijasida yiliga 2,6 mln kWh elektr energiyasini tejash imkoniyati yuzaga keladi. Elektr energiyasining o'rtacha narxi 975 so'm deb qabul qilinganda, yillik iqtisodiy samaradorlik 2,5 mlrd so'mni tashkil etadi.

Bundan tashqari, 224 ta transformator punktining ish rejimi tahlili shuni ko'rsatdiki, ularning ma'lum qismi ortiqcha yuklama bilan, ayrimlari esa yetarli darajada yuklanmasdan ishlayotgan. Modellashtirish asosida yuklamalarni optimal taqsimlash orqali transformatorlarning ishlash rejimi yaxshilanadi, ortiqcha qizish holatlari kamayadi va xizmat muddati uzayadi. Natijada texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash xarajatlari yiliga o'rtacha 200–250 mln so'mga kamayadi.

Elektr tarmoqlarini optimallashtirish uchun zarur bo'lgan investitsiya hajmi 2–2,5 mlrd so'mni tashkil etadi. Yillik umumiy iqtisodiy samaradorlik esa 2,5 mlrd so'mdan oshiq bo'lib, loyiha o'zini 0,9–1 yil ichida to'liq qoplaydi. Bu esa mazkur loyihaning iqtisodiy jihatdan yuqori samarador ekanligini ko'rsatadi[24].

Umuman olganda, Angor tumani elektr tarmoqlarini modellashtirish va optimallashtirish elektr energiyasi yo'qotishlarini sezilarli darajada kamaytirish, ekspluatatsiya xarajatlarini qisqartirish va mavjud uskunalardan samarali foydalanish imkonini beradi.

## **Ekologik qism**

Elektr energetika tizimlarining samaradorligini oshirish nafaqat iqtisodiy, balki ekologik jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, elektr energiyasini ishlab chiqarish jarayonida katta miqdorda yoqilg'i sarflanishi va zararli gazlar ajralib chiqishini hisobga olsak, energiya yo'qotishlarini kamaytirish ekologik barqarorlikni ta'minlashda muhim omil hisoblanadi[23].

Olib borilgan modellashtirish natijalariga ko'ra, Angor 110/35/10 kV podstantsiyasi orqali ta'minlanayotgan hududda yiliga 1,69 mln kWh elektr energiyasini tejash imkoniyati mavjud. Ma'lumki, issiqlik elektr stansiyalarida o'rtacha hisobda 1 kWh elektr energiyasi ishlab chiqarishda 0,5 kg karbonat anhidrid ( $\text{CO}_2$ ) atmosferaga chiqariladi. Shundan kelib chiqib, amalga oshirilgan optimallashtirish natijasida yiliga taxminan 1320 tonna  $\text{CO}_2$  chiqindilarining kamayishiga erishiladi.

Bundan tashqari, elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmining qisqarishi natijasida oltingugurt oksidlari ( $\text{SO}_2$ ) va azot oksidlari ( $\text{NO}_x$ ) kabi zararli moddalarning atmosferaga chiqarilishi ham kamayadi. Hisob-kitoblarga ko'ra, yiliga 6–7 tonna  $\text{SO}_2$  hamda 3–4 tonna  $\text{NO}_x$  chiqindilarining kamayishi kuzatiladi. Bu esa atmosfera havosining sifatini yaxshilash, ekologik muhitni sog'lomlashtirish va aholi salomatligini muhofaza qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Angor tumani qishloq xo'jaligiga ixtisoslashgan hudud bo'lib, ekologik muvozanatni saqlash bu yerda alohida ahamiyatga ega. Elektr tarmoqlarida yuklamalarni optimallashtirish natijasida transformator va elektr uzatish liniyalarida ortiqcha qizish holatlari kamayadi, bu esa avariya va yong'in xavfini pasaytiradi. Natijada atrof-muhitga yetkazilishi mumkin bo'lgan zararlarning oldi olinadi.

Shuningdek, yuklamaning fazalar bo'yicha muvozanatlashtirilishi elektromagnit maydonlarning kamayishiga olib keladi. Bu esa aholi yashash hududlarida elektromagnit ta'sir darajasini pasaytirib, inson salomatligi uchun qulay sharoit yaratadi[25].

Xulosa qilib aytganda, Angor tumani elektr ta'minoti tizimini modellashtirish va optimallashtirish natijasida energiya resurslaridan samarali foydalanish ta'minlanadi, zararli chiqindilar hajmi sezilarli darajada kamayadi hamda ekologik xavfsizlik darajasi oshadi. Ushbu loyiha hududning barqaror ijtimoiy-iqtisodiy va ekologik rivojlanishiga xizmat qiladi.

## **Yakuniy xulosa**

Ushbu dissertatsiya Angor tumanining elektr ta'minoti tizimini zamonaviy raqamli vositalar asosida tahlil qilish, modellashtirish va uning samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqishga bag'ishlandi. Tadqiqot doirasida 110/35/10 kV "Angor" podstantsiyasi, 10 kV taqsimlovchi tarmoqlar hamda 0,4 kV iste'molchi tarmoqlarining amaldagi texnik holati o'rganilib, DIgSILENT PowerFactory dasturida ularning raqamli modeli yaratildi.

Olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari va modellashtirish natijalari shuni ko'rsatdiki, Angor tumani elektr ta'minoti tizimida qator tizimli muammolar mavjud. Jumladan, tarmoq elementlari bo'yicha yuklamaning notekis taqsimlanganligi aniqlanib, ayrim transformator punktlarida yuklama darajasi 90–97 % gacha yetishi kuzatildi. Bu esa transformatorlarning tez eskirishi, issiqlik yuklanishining ortishi hamda avariyaaviy o'chishlar ehtimolining oshishiga olib kelmoqda. Shu bilan birga, past kuchlanishli (0,4 kV) tarmoqlarda kuchlanishning sezilarli darajada pasayishi holatlari aniqlanib, ayrim uchastkalarda iste'molchilarga yetib borayotgan kuchlanish qiymati 190–204 V gacha tushib ketishi kuzatildi. Bu esa maishiy va sanoat elektr jihozlarining barqaror ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi hamda ularning ishdan chiqish xavfini oshiradi.

Hisob-kitoblar natijasida elektr energiyasi texnik yo'qotishlari darajasi 8,5–11,3 % atrofida ekanligi aniqlandi, bu esa amaldagi normativ ko'rsatkichlardan yuqori hisoblanadi. Yo'qotishlarning asosiy qismi uzun 0,4 kV liniyalar, eskirgan kabel tarmoqlari va yuklamaning nosimmetrik taqsimlanishi bilan bog'liq. Bundan tashqari, podstantsiya va taqsimlovchi tarmoqlarda avtomatlashtirish darajasi yetarli emasligi, xususan masofaviy monitoring, avariyalarni tezkor aniqlash, avtomatik qayta ulash (APV) hamda zamonaviy rele himoya tizimlarining yetarli darajada joriy etilmaganligi aniqlandi. Bu holat tizimning ishonchliligi va boshqaruv samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

**DIgSILENT PowerFactory** dasturida amalga oshirilgan modellashtirish natijalari tarmoqning maksimal yuklama rejimida kuchlanish pasayishi 12–14 %

gacha yetishini, ayrim liniyalarda esa tok qiymatlari ruxsat etilgan chegaralardan oshishini ko'rsatdi. Shu asosda tarmoqni optimallashtirish bo'yicha ilmiy asoslangan yechimlar ishlab chiqildi.

Tadqiqot natijalariga asoslanib quyidagi ilmiy-amaliy takliflar ilgari surildi: 0,4 kV tarmoqlarda kuchlanishni barqarorlashtirish maqsadida qo'shimcha taqsimlash punktlarini joriy etish va fazalar bo'yicha yuklamani balanslash; eskirgan 10 kV havo liniyalarini bosqichma-bosqich kabel liniyalarga almashtirish orqali yo'qotishlarni kamaytirish; podstantsiyani modernizatsiya qilish va rele himoya hamda avtomatika tizimlarini zamonaviy raqamli qurilmalar bilan jihozlash; SCADA tizimini joriy etish orqali real vaqt rejimida monitoringni yo'lga qo'yish; modellashtirish natijalari asosida optimal ish rejimlarini ishlab chiqish hamda prediktiv diagnostika vositalarini qo'llash orqali avariya holatlarini sezilarli darajada kamaytirish.

Olib borilgan optimallashtirish chora-tadbirlari natijasida elektr energiyasi yo'qotishlarini 15–17 % dan 9–10 % gacha kamaytirish mumkinligi ilmiy asoslab berildi. Bu esa yiliga taxminan 2,6 mln kWh elektr energiyasini tejash imkonini beradi. Iqtisodiy hisob-kitoblarga ko'ra, ushbu tejash natijasida yiliga 1,3 mlrd so'mdan ortiq iqtisodiy samaraga erishiladi, umumiy samaradorlik esa 1,5 mlrd so'mga yetadi va loyiha 1,5–2 yil ichida o'zini to'liq qoplaydi. Ekologik jihatdan ham tadqiqot muhim natijalarni ko'rsatdi. Elektr energiyasi tejash hisobiga yiliga taxminan 1320 tonna CO<sub>2</sub> hamda sezilarli miqdorda boshqa zararli gazlar chiqindilarining kamayishiga erishiladi. Bu esa hududning ekologik holatini yaxshilash, atmosfera havosini muhofaza qilish va aholi salomatligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Yakun sifatida aytish mumkinki, olib borilgan modellashtirish, texnik tahlillar, grafik va hisob-kitoblar Angor tumanining elektr ta'minoti tizimini yanada samarali, ishonchli va zamonaviy talablar asosida rivojlantirish uchun zarur bo'lgan ilmiy asosni yaratdi. Transformatorlarning joriy holati aniq baholanib, ularni takomillashtirish bo'yicha aniq, hisob-kitobli, iqtisodiy jihatdan asoslangan takliflar ishlab chiqildi. Ushbu dissertatsiya Angor tumanining

energetik infratuzilmasini modernizatsiya qilishda muhim ilmiy-amaliy manba bo'lib xizmat qiladi[11].

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

### O'zbekiston Respublikasi normativ-huquqiy hujjatlari

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining “Elektr energetikasini modernizatsiya qilish va ishonchliligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ–4389–son qarori. – Toshkent, 2019.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining “2030-yilgacha bo‘lgan davrda barqaror rivojlanish maqsadlari”ni amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ–3238–son qarori. – Toshkent, 2017.
3. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Elektr tarmoqlarini ekspluatatsiya qilish qoidalari” tasdiqlangan nizomi. – Toshkent, 2020.
4. “O'zbekiston Milliy elektr tarmoqlari” AJ yillik hisobotlari va texnik reglamentlari, 2019–2024.

### Darsliklar va o'quv qo'llanmalar

6. Toshpo'latov N.T. *Elektr tizimlarini loyihalash* // Darslik– Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati, 2019. – 344 b.
7. Usmonxo'jayev N va boshqalar.. *Elektr taminoti*. // Darslik – Toshkent: Fan va texnologiya, 2017.-432.b
8. Anderson, P. M. and Mirheydar, M., Analysis of a Diesel-Engine Driven Generating Unit and the Possibility for Voltage Flicker. // IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 10, no. 1, pp. 37–47, March 1995.
9. Stevenson W., Grainger J. *Power System Analysis*. //– McGraw-Hill, 2019.

### DIGSILENT PowerFactory bo'yicha manbalar

10. DIGSILENT GmbH. *PowerFactory User Manual*. – Gomaringen, Germany, 2023.
11. DIGSILENT GmbH. *PowerFactory Tutorials – Load Flow, Short Circuit & Dynamic Analysis*. – 2022.
12. DIGSILENT GmbH rasmiy sayti: <https://www.digsilent.de/en/>
13. Chen X., Li Y. *Simulation and Analysis of Distribution Networks using DIGSILENT*. – IEEE, 2021.

### **Elektr tarmoqlari va ta'minoti bo'yicha ilmiy maqolalar**

14. Patel R., Singh S. *Voltage stability assessment in distribution networks*. // – Energy Reports, 2021.
15. Mohamed A., Hafez O. *Optimization of transformer loading and loss reduction in LV networks*. // – Electric Power Systems Research, 2020.
16. Khakimov M. *O'zbekiston hududiy elektr tarmoqlarida zamonaviy energiya tejamkor texnologiyalar* // – “Energetika” jurnali, 2022.
17. Rasulov O. *Past kuchlanish tarmoqlarida kuchlanish yo'qotishlarini kamaytirish usullari*. // – TMI ilmiy to'plam, 2023.

### **Energiya tejamkorligi va raqamlashtirish**

18. International Energy Agency (IEA). *Digitalization & Energy*. // – Paris, 2021.
19. IEEE Smart Grid. *Smart Distribution Systems* // – IEEE Press, 2022.
20. Tilakov.I.U *Xorijiy mamlakatlada raqamli energetika loyihalari*. // ilmiy maqola “Raqamli iqtisodiyot” ilmiy elektiron jurnali 13-son, 2025.

### **Elektr tarmoqlarining texnik ko'rsatkichlari va loyihalash**

22. Kersting W. *Distribution System Modeling and Analysis*. //– CRC Press, 2018.
23. Rudenko Y., Kucherov Y. *Power Supply Systems Reliability* // – Springer, 2016.

### **Statistik va amaliy ma'lumotlar**

24. Endrenyi J. *Reliability Modeling in Electric Power Systems*. // – Wiley, 2017.
25. <https://www.het.uz/> Hududiy elektr tarmoqlari AJ rasmiy web sayti.
26. O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi: rasmiy statistik ma'lumotlar (2019–2024).
27. T.Gayipov, A.Sa'dullayev. *Elektr energetika tizimlarining holatlarini boshqarish va optimallashtirish* //O'quv qo'lanma, Voris Nashriyoti – 2019. – bet.30,

28. Tiguntsev S.G., Akhmedov S.B. O‘zbekistonning Namangan viloyatida elektr tarmoqlaridagi energiya yo‘qotishlarini kamaytirish bo‘yicha chora-tadbirlarni ishlab chiqish // Elektr energetikasida ilmiy va amaliy tadqiqotlar jurnali. – 2022. – № 4. – 45–52-betlar.

29. Kundur P. *Power System Stability and Control*. // – McGraw-Hill, 2019.

30. Hingorani N., Gyugyi L. *Understanding FACTS*. // – IEEE Press, 2020..

31. Doshanova M.Yu, Solixov B.M, Aliev R.R. *Elektr ta’minot tizimlarini raqamli modellashtirishda qo‘llaniladigan dasturiy vositalarning qiyosiy tahlili*. // International Scientific Journal Science and Innovation, “Raqamli texnologiya obyektlarini energiya bilan ta’minlashni rivojlantirishning zamonaviy muammolari va istiqbollari” maxsus soni, 2024-yil 1-mart

32. Dr. Zhaoyu Wang, *Distribution System Transformers* // 1113 Coover Hall, Ames, IA, [wzy@iastate.edu](mailto:wzy@iastate.edu), The slides are developed based in part on Electric Power and Energy Distribution Systems, Models, Methods and Applications, Subrahmanyam S. Venkata, Anil Pahwa, IEEE Press & Wiley, 2022

33. Otamirzaev Olimjon Usubovich, Atamirzaev Toxirjon Usmanovich, *Elektr tarmoqlari ish rejimini optimallashtirish usullari va ularning tahlili* // Mexanika va Texnologiya ilmiy jurnali, ISSN 2181-158X, 5-jild, 1-son, 2024

34. Billinton R., Allan R.N. *Reliability Evaluation of Power Systems* // Springer, 2018.