



# “Keles” podstansiyasida yangi ishga kiritilayotgan 220 kV kuchlanishli L-2-K-4 liniyaning immitatsion releli himoya modelini ishlab chiqish

Husniddin F. Shamsutdinov<sup>1)</sup>, Dilmur Q. Yodgorov<sup>2)</sup>, Ulug‘bek B. Turdiyev<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> PhD, dots., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O‘zbekiston; [shamsutdinovh83@gmail.com](mailto:shamsutdinovh83@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-1075-1927>

<sup>2)</sup> “O‘zbekiston MET” AJ Toshkent shahar MET filialiga qarashli “Keles” podstansiya boshlig‘i, Toshkent, 100093, O‘zbekiston; [dilmurqodirovich@gmail.com](mailto:dilmurqodirovich@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0002-3860-0215>

<sup>3)</sup> Markaziy Osiyo birlashgan energetika tizimi “Energiya” koordinatsion markazi xalqaro nodavlat notijorat tashkilot, Toshkent, 100047, O‘zbekiston; [turdiyevu23@gmail.com](mailto:turdiyevu23@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0005-2141-9841>

**Dolzarbli:** zamonaviy elektr energetika tizimida, elektr tarmoqlari ishonchligi va xavfsizligini ta‘minlashda releli himoya muhim rol o‘ynaydi. Ayniqsa Markaziy Osiyo yagona energetika tizimida ekspluatatsiya qilinayotgan 220 kV va undan yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari uchun dolzarb hisoblanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, mavjud releli himoya tizimlarining katta qismini elektromexanik qurilmalar tashkil etib, ularning aksariyati xizmat muddatini o‘tab bo‘lgan va texnik jihatdan eskirgan. Bu esa zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan mikroprotessorli qurilmalarga bosqichma-bosqich o‘tish zarurligini ko‘rsatadi.

**Maqsad:** DIGSILENT PowerFactory dasturiy ta‘minot asosida 220/110/10 kV kuchlanishli “Keles” podstansiyasida yangi ishga kiritilayotgan L-2-K-4-220 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyasining imitatsion releli himoya modelini ishlab chiqish.

**Usullari:** Elektron hisoblash mashinalari uchun loyihalash dasturlari, xususan DIGSILENT PowerFactory dasturiy ta‘minot kutubxonasidagi Siemens kompaniyasining mikroprosesorli 7SA6 versiyali qurilmasining modelidan foydalaniladi.

**Natijalar:** Yangi ishga kiritilayotgan L-2-K-4 havo elektr uzatish tarmog‘ining imitatsion modeli ishlab chiqilgan bo‘lib, ushbu imitatsion model yordamida real holat asosida verifikatsiya qilinishi natijasida model real holatlarga yuqori darajada mos kelishi isbotlandi. Shuningdek, imitatsion model yordamida himoya vositalarining ishlash holati tekshirildi hamda L-2-K-4 havo elektr uzatish tarmog‘ining masofali himoyasining birinchi, ikkinchi va uchinchi pog‘onalari doiraviy xarakteristikasi ichida joylashgan. Himoyaning birinchi, ikkinchi, uchinchi pog‘onalarning qarshiliklari mos holda 10,67 Om, 44,99 Om, 63,998 Om, ikkinchi va uchinchi pog‘onalarning sabr vaqtlari esa 1 va 3 sekundni tashkil etdi.

**Kalit so‘zlar:** Elektr energiyai tizimi, podstansiya, elektr uzatish liniyasi, qarshilik relesi, masofali himoya, o‘rnatma, himoya hududi.

**For citation:** Shamsutdinov Kh.F., Yodgorov D.Q., Turdiyev U.B. Development of a simulation model of relay protection for the newly commissioned 220 kV line L-2-K-4 at the Keles substation. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 3, pp. 116-123.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.16935290>

Received: 18.07.2025  
Revised: 25.07.2025  
Accepted: 15.08.2025  
Published: 23.08.2025

**Copyright:** © Khusniddin F. Shamsutdinov, Dilmur Q. Yodgorov, Ulugbek B. Turdiyev, 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Разработка имитационной модели релейной защиты для вновь вводимой линии 220 кВ Л-2-К-4 на ПС Келес

Хусниддин Ф. Шамсутдинов<sup>1)</sup>, Дилмур К. Ёдгоров<sup>2)</sup>, Улугбек Б. Турбиев<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> PhD, доц., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; [shamsutdinovh83@gmail.com](mailto:shamsutdinovh83@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-1075-1927>

<sup>2)</sup> “НЭС Узбекистан” АО Начальник подстанции Келес Ташкентского городского филиала НЭС, Ташкент, 100093, Узбекистан; [dilmurqodirovich@gmail.com](mailto:dilmurqodirovich@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0002-3860-0215>

<sup>3)</sup> Координационно-диспетчерский центр «Энергия» Объединенная энергосистема Центральной Азии — международная неправительственная некоммерческая организация, Ташкент, 100047, Узбекистан; [turdiyevu23@gmail.com](mailto:turdiyevu23@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0005-2141-9841>

**Актуальность:** в современной энергосистеме релейная защита играет важную роль в обеспечении надежности и безопасности электрических сетей. Особенно актуально для воздушных линий электропередачи напряжением 220 кВ и выше, работающих в объединенной энергосистеме Средней Азии. Анализ показал, что большинство существующих систем релейной защиты представляют собой электромеханические устройства, большинство из которых выработали свой ресурс и технически устарели. Это свидетельствует о необходимости постепенного перехода на микропроцессорные устройства, разработанные на базе современных цифровых технологий.

**Цель:** разработка имитационной модели релейной защиты вновь вводимой линии электропередачи Л-2-К-4-220 кВ на ПС «Келес» напряжением 220/110/10 кВ на базе программного обеспечения DIGSILENT PowerFactory.

**Методы:** программы проектирование для электронно-вычислительных машин, в частности, используется модель устройства микропроцессора Siemens версии 7SA6 из программной библиотеки DIGSILENT PowerFactory.

**Результаты:** разработана имитационная модель вновь вводимой в эксплуатацию воздушной сети электропередачи Л-2-К-4, проверка которой на реальных условиях показала высокую степень



соответствия модели реальным условиям. Также была проведена проверка работы защитных устройств с помощью имитационной модели, при этом первая, вторая и третья ступени дистанционной защиты воздушной сети электропередачи Л-2-К-4 располагались в пределах круговой характеристики. Сопротивления первой, второй и третьей ступеней защиты составляли 10,67 Ом, 44,99 Ом и 63,998 Ом соответственно, а время выдержки второй и третьей ступеней – 1 и 3 секунды.

**Ключевые слова:** Электроэнергетическая система, подстанция, линия электропередачи, реле сопротивления, дистанционная защита, уставка, зона защиты.

## Development of a simulation model of relay protection for the newly commissioned 220 kV line L-2-K-4 at the Keles substation

Khusniddin F. Shamsutdinov<sup>1</sup>, Dilnur Q. Yodgorov<sup>2</sup>, Ulugbek B. Turdiev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD, assoc.prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; [shamsutdinovh83@gmail.com](mailto:shamsutdinovh83@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-1075-1927>

<sup>2</sup> "NEG of Uzbekistan" JSC Head of the Keles substation of the Tashkent city branch of the NEG, Tashkent, 100093, Uzbekistan; [dilnurqodirovich@gmail.com](mailto:dilnurqodirovich@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0002-3860-0215>

<sup>3</sup> Coordination and Dispatch Center "Energy" United Energy System of Central Asia - international non-governmental non-profit organization, Tashkent, 100047, Uzbekistan; [turdiyevu23@gmail.com](mailto:turdiyevu23@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0005-2141-9841>

**Relevance:** in a modern power system, relay protection plays an important role in ensuring the reliability and safety of electrical networks. This is especially relevant for overhead power lines with a voltage of 220 kV and higher operating in the unified energy system of Central Asia. The analysis showed that the majority of existing relay protection systems are electromechanical devices, most of which have exhausted their service life and are technically obsolete. This indicates the need for a gradual transition to microprocessor devices developed on the basis of modern digital technologies.

**Aim:** development of a simulation model of relay protection of the newly introduced power transmission line L-2-K-4-220 kV at the Keles substation with a voltage of 220/110/10 kV based on the DIgSILENT PowerFactory software.

**Methods:** programs for designing electronic computers, in particular, the model of the Siemens microprocessor device version 7SA6 from the DIgSILENT PowerFactory software library is used.

**Results:** a simulation model of the newly commissioned overhead power transmission network L-2-K-4 was developed, and testing of it under real conditions showed a high degree of conformity of the model to real conditions. The operation of the protective devices was also tested using a simulation model, with the first, second and third stages of distance protection of the L-2-K-4 overhead power transmission network located within the circular characteristic. The resistances of the first, second and third stages of protection were 10.67 Ohms, 44.99 Ohms and 63.998 Ohms, respectively, and the exposure times of the second and third stages were 1 and 3 seconds.

**Keywords:** Electric power system, substation, transmission line, resistance relay, distance protection, setting, protection zone.

### 1. Kirish (Introduction)

Zamonaviy elektr energetika tizimlarida releli himoya vositalari tarmoqlarning ishonchli va xavfsiz ishlashini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Xususan, Markaziy Osiyo yagona energetika tizimida ekspluatatsiya qilinayotgan 220 kV va undan yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari uchun dolzarb hisoblanadi.

220–500 kV kuchlanishli, Markaziy Osiyo yagona energetika tizimi bilan Qozog'iston yagona energetika tizimini bog'lovchi davlatlararo elektr uzatish liniyalarida 30 ta liniya faoliyat yuritmoqda. Ular zamonaviy releli himoya qurilmalari bilan jihozlangan. Ushbu qurilmalar energetika tizimning barqarorligi va xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Ularning holatini va ishlash samaradorligini tahlil qilish uchun 193 ta releli himoya va avtomatika qurilmalarini o'z ichiga olgan statistik tahlil o'tkazildi. Ularning 129 tasi elektromexanik, 61 tasi mikroprotessorli va 3 tasi mikroelektron qurilmalardir.

Releli himoya va avtomatika qurilmalarining asosiy qismini elektromexanik qurilmalar tashkil etadi - bu jami 67% ni tashkil etadi. Mikroprotessorli qurilmalar 32%, mikroelektron qurilmalar esa faqat 220 kV kuchlanishli uchta davlatlararo havo elektr uzatish liniyalarida o'rnatilgan. Qurilmalarning katta qismi (67%), xizmat muddati me'yoridan oshgan holatda ekspluatatsiyada. Eskirgan elektromexanik qurilmalar soni - 127 ta, mikroelektron qurilmalar esa 3 ta. Ushbu ma'lumotlar mavjud qurilmalarni (ayniqsa elektromexanik va mikroelektron turlarini) zamonaviy raqamli ko'p funksiyali releli himoya va avtomatika qurilmalari bilan yangilash zarurligini ko'rsatmoqda.



## 2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

So‘nggi yillarda tashqi ta‘sir va ichki nosozliklar tufayli yuzaga kelayotgan avariya holatlari soni ortib bormoqda. Shu bilan bir qatorda, energetika tizimida yashil energetikaning ulushi yuqori darajada o‘tib borayotgani natijasida, tarmoqlarda qisqa tutashuv toklarining kamayib ketishi, o‘rnatilgan releli himoyalarning sezgirligini kamayib yuborishiga va ularning noto‘g‘ri ishlashiga olib kelishi mumkin. Releli himoyaning ishlashini aniq takrorlay oluvchi modellarni yaratish va ularni tadqiq qilish, tizimning turli ish rejimlardagi avariya holatlarini aniqlay olishini oshirish va uning avariyaalarga ta‘sir javobini yaxshilash orqali samaradorlikni oshirish imkonini beradi [1, 2].

Tadqiq qilinayotgan Toshkent shahar magistral elektr tarmoqlari filiali tasarrufidagi “Keles” podstansiyasi Toshkent shahridagi Olmazor, Shayhontoxur tumanlarini, Toshkent viloyatining Toshkent, Yangiyo‘l va Chinoz tumanlaridagi ijtimoiy soha ob‘ektlarini, tadbirkorlik sub‘ektlarini hamda aholi iste‘molchilarini muntazam, uzluksiz va sifatli elektr energiyasi bilan ta‘minlaydi.

**1-jadval.** Keles podstansiyasiga kiruvchi va chiquvchi havo elektr uzatish liniyalari

**Table 1.** Overhead power lines entering and leaving Keles substation

| №   | Havo tarmog‘ining nomi | Kuchlanishi (kV) | Havo tarmog‘i uzunligi (km) | Tarmoq simining markasi | Ruxsat etilgan yuklamasi (A) |
|---|------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>Kiruvchi havo tarmoqlari</b>           |                        |                  |                             |                         |                              |
| 1   | L-2-K-1                | 220              | 18,133                      | AS-500/10               | 945                          |
| 2   | L-2-K-2                | 220              | 29,716                      | AS-400/51               | 825                          |
| 3   | L-2-K-3                | 220              | 29,087                      | AS-400/51               | 825                          |
| <b>Yangi kiritilayotgan havo tarmog‘i</b> |                        |                  |                             |                         |                              |
| 1   | L-2-K-4                | 220              | 18,447                      | AS-500/10               | 945                          |
| <b>Chiquvchi havo tarmoqlari</b>          |                        |                  |                             |                         |                              |
| 5   | L-K-F-1                | 220              | 88,867                      | AS-400/51, AS-240/39    | 945                          |
| 6   | L-K-F-2                | 220              | 88,867                      | AS-400/51, AS-240/39    | 945                          |
| 7   | L-Yuksak               | 220              | 28,471                      | AS-500/10               | 945                          |

Podstansiya 2013 yilda ishga tushirilgan bo‘lib, umumiy quvvati 400 MVA, podstansiyaning 220 kV tomonida I va II shinalar tizimi mavjud bo‘lib, ishchi holatidagi 3 ta 220 kV kuchlanishli havo tarmoqlari: Toshkent issiqlik elektr stansiyasidan (GES-2) L-2-K-1-220 kV, L-2-K-2-220 kV, L-2-K-3-220 kV kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari kirib keladi. Keles podstansiyasidan Yuksak podstansiyasiga L-Yuksak-220 kV, Keles podstansiyasidan Feruz podstansiyasiga L-K-F-1-220 kV va L-K-F-2-220 kV havo tarmoqlari chiqib ketadi.

Podstansiyaning 110 kV kuchlanish tomonida I va II shinalar tizimi mavjud bo‘lib, 2 ta 110 kV kuchlanishli havo tarmoqlari L-Navoi-1-110 kV va L-Navoi-2-110 chiqadi.

Podstansiya yangi ishga kiritilishi rejalashtirilgan L-2-K-4 havo tarmog‘ining loyihasi DigSilent PowerFactory dasturi yordamida loyihalandi va masofali himoyasining o‘rnatmalari aniqlandi va o‘rnatildi.

PowerFactory — bu DIGSILENT kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan elektr energetika tizimlarini modellashtirish, tahlil qilish va boshqarish uchun mo‘ljallangan kuchli dasturiy platformadir. Dastur elektr energiyasi tizimlarining statik va dinamik ish rejimlarini tahlil qilish, himoya vositalarining ishlashini modellashtirish va optimallashtirish imkonini beradi [5].

PowerFactory platformasida:

- Releli himoyasi qurilmalari uchun mantiqiy algoritmlar va o‘tkinchi jarayonlarni modellashtirish mumkin;
- Turli avariya holatlarini yaratish, ularga ta‘sir vaqti, selektivlik, ishonchlilik kabi parametrlarni baholash imkoniyati mavjud;
- O‘rnatilgan kutubxonalar orqali standart rele funksiyalarini tanlash, shuningdek foydalanuvchi tomonidan o‘z individual mantiqiy sxemalarini yaratish mumkin.

Releli himoya modelini PowerFactory dasturida yaratish uchun quyidagi bosqichlarni bosib o‘tish kerak [5]:

1. Energetika ob‘ektning sxematik modeli:

- Elektr uzatish liniyasi, transformator, kuchlanish manbalari, yuklamalar va boshqa elementlar modelga kiritiladi.
- Ob‘ektning O‘zbekiston Respublikasi Energetika tizimi real topologiyasiga muvofiq tarzda tuzish muhimdir.



2. Releli himoya qurilmasini tanlash va sozlash:
  - SHDE 2801 modelidagi himoya funksiyalarini yaratish (3 pog'onali masofali himoya (I, II, III hududi), maksimal tokli himoya, yerga qisqa tutashuvdan himoya va h.k.);
  - Har bir himoya elementining koeffitsiyentlari, sabr vaqtlari, tok va kuchlanish cheklovlari aniqlanadi;
  - Blokirovka, qayta ulanish va yo'nalishni tanlash shartlari mantiqiy algoritmlar orqali ifodalanadi.
3. Avariya holatlarini yaratish:
  - Turli avariya ssenariylari (fazalararo qisqa tutashuvlar, yerga tutashuvlar, fazani uzilishi va h.k.) simulyatsiya qilinadi;
  - Har bir holatda releli himoya qurilmasining ishlash vaqti va selektivligi kuzatiladi.
4. Natijalarni tahlil qilish:
  - Simulyatsiya natijalariga asosan qurilmaning avariya bo'lgan javob vaqti, noto'g'ri ishlash ehtimoli, selektivligi va barqarorligi baholanadi;
  - Rele funksiyalarining grafik va raqamli ko'rinishdagi natijalari analiz qilinadi (ya'ni, vaqt-tok tavsiflari).
5. Modelni real ma'lumotlar asosida verifikatsiya qilish.
 

Modelni faqat nazariy jihatdan sinab ko'rish yetarli emas — uni real hayotda yuz bergan avariya ma'lumotlari asosida ham tekshirish zarur.

Verifikatsiya uchun ishlatiladigan ma'lumotlar:

  - O'zbekiston Respublikasi Energetika tizimidagi 220 kV kuchlanishli real elektr uzatish liniyasida yuz bergan avariya holati;
  - Avariya vaqtida releli himoya tomonidan qayd etilgan hodisalar jurnali (soatlar, tok, kuchlanish qiymatlari);
  - Uskunalar ishlashi haqidagi real arxivlar (tizim registratorining ma'lumotlari).

Verifikatsiya bosqichlari:

  1. Avariya holati PowerFactory modelida aynan real sharoitda tiklanadi;
  2. Modeldagi releli himoyaning javobi real voqealar bilan solishtiriladi;
  3. Agar natijalar o'xshash bo'lsa, model aniqligi va ishonchliligi tasdiqlanadi.

### 3. Natijalar (Results)

«220/110/10 kV kuchlanishli "Keles" podstantsiyasida yangi ishga kiritilayotgan L-2-K-4-220 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyasining releli himoyasini modellashtirishda, quyida ko'rsatilgan DIGSILENT bibliotekasidan Simens mikroprosessorli 7SA6 verisiyalı qurilmasining modelidan foydalanamiz [5].

Bu standart modelning etalon model qilib olinishiga sabab, O'zbekiston energetika tizimidagi releli himoya qurilmalarining tuzilishiga o'xshashligidir. U quyida ko'rsatilgan funksiyalarni bajaruvchi himoya bloklaridan iborat:

- To'rtburchakli va doirvaıy xarakteristikali masofali himoya bloklaridan;
- Maksimal tokli himoya blokidan;
- Yuqori kuchlanish liniyalarining qizishni oldini oluvchi himoya blokidan;
- Yerga qisqa tutashishdan pog'onali himoya blokidan;
- Kuchlanish oshishi va tushishidan himoya blokidan;
- Chastota oshish va tushishidan himoya bloklaridan.

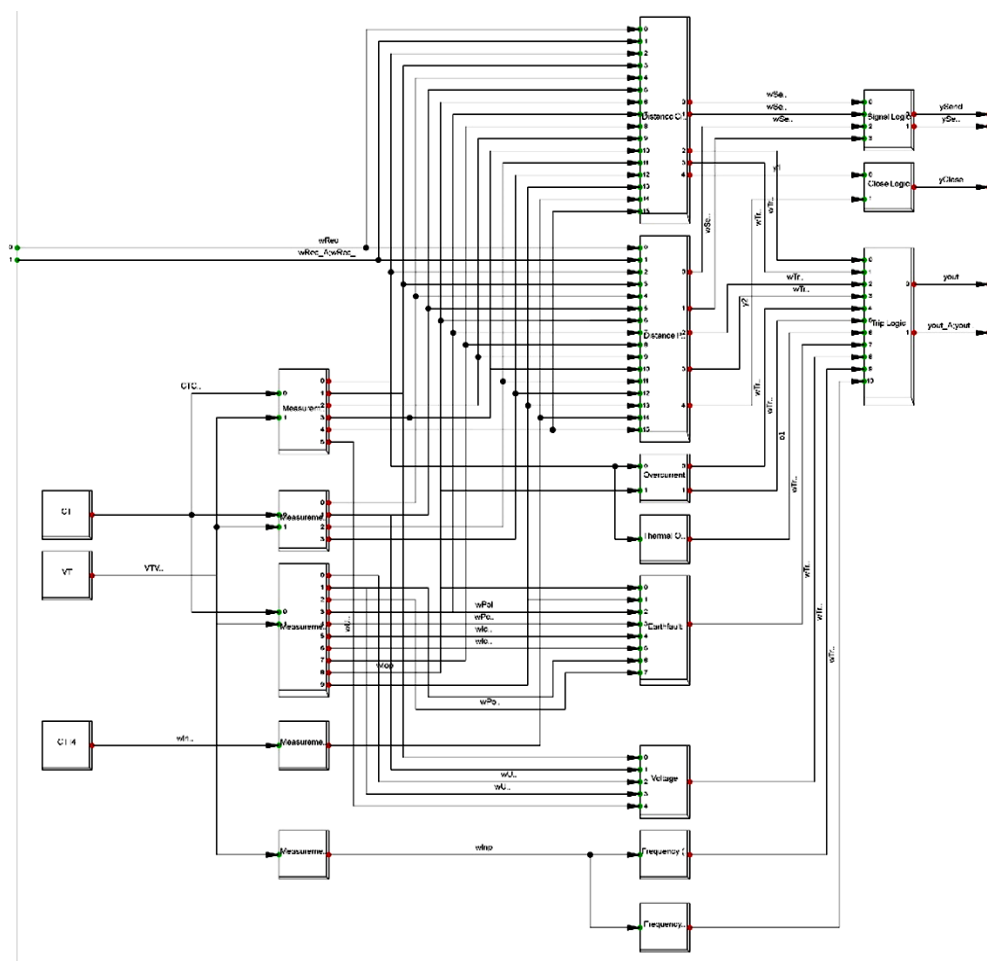
Ushbu modelga O'zbekiston energetika tizimidagi releli himoya qurilmalariga to'liq mosligini ta'minlash maqsadida, masofali himoya bloklarida quvvat tebranishidan himoya funksiyasi qo'shimcha o'rnatilgan.

7SA6 verisiyalı Simens kompaniyasining DIGSILENT PowerFactory programmasida yaratilgan modelning ishlash prinsipi qo'yidagicha. Tok va kuchlanish transformatorlari o'lehov bloklari bilan bog'langan bo'lib, ularga har bir fazadagi tok va kuchlanish qiymatlari yuboriladi. O'z navbatida o'lehov bloklari ularning turli matematik formulalar yordamida aktiv, reaktiv, nol va teskari qiymatlarini hisoblab, chiqish signallar sifatida turli himoya bloklariga uzatadi. Har bir himoya blogi kerakli kirish parametrlarini qabul qilgandan so'ng, ichki mantiqiy va matematik hisoblash jarayonini boshlaydi va chiqish signallari uzgichni uzish yoki qo'shish bloklariga boshqarish signallarini yuboradi [5].

Doiraviy xarakteristikaga ega masofali himoya blogi quyida ko'rsatilgan ichki elementlardan iborat:

- himoyani ishga tushirish elementi ("RelFdetect" ili "RelFdetsie", yoki "RelFdetabb", yoki "RelFdetaegalst", yoki "RelFdetalst" turi);
- qutblantiruvchi element (Polarizing "RelZpol" turi);
- himoyani yo'nalishni belgilab beruvchi element (Diraction "RelSeldir" turi);
- maksimal yuklamada himoyaning ishlashini bloklovchi element (Load Area "RelDisloadenc" turi);

- quvvat tebranishini sezuvchi element (Power swing "RelDispSpoly" turi);
- avtomatik qayta ulovchi elementi (Reclosing "RelRecl" klass);
- qarshilik reyelari (Z1, Z2...5 "RelDispoly" turi);
- sabr vaqt reyelari (TZ1, TZ2...5 "RelTimer" turi);
- mantiqiy funksiyalarni bajaruvchi element (Z1, Z2...5 Trip, Trip Logic "RelLogdip" turi).



**1-rasm.** DiGSILENT kutubxonasidan Siemens mikroprotseptorli 7SA6 versiyali kurilmasining modelining tuzilishi.

**Fig.1.** Structure of a model of a Siemens microprocessor version 7SA6 device from the DiGSILENT library.

Masofali himoya blogi kirish parametrlari - faza toklari va kuchlanishlari, ularning nol va teskari ketma-ketliklari hamda aktiv va reaktiv tashkil etuvchi qiymatlarini o'z ichiga oladi.

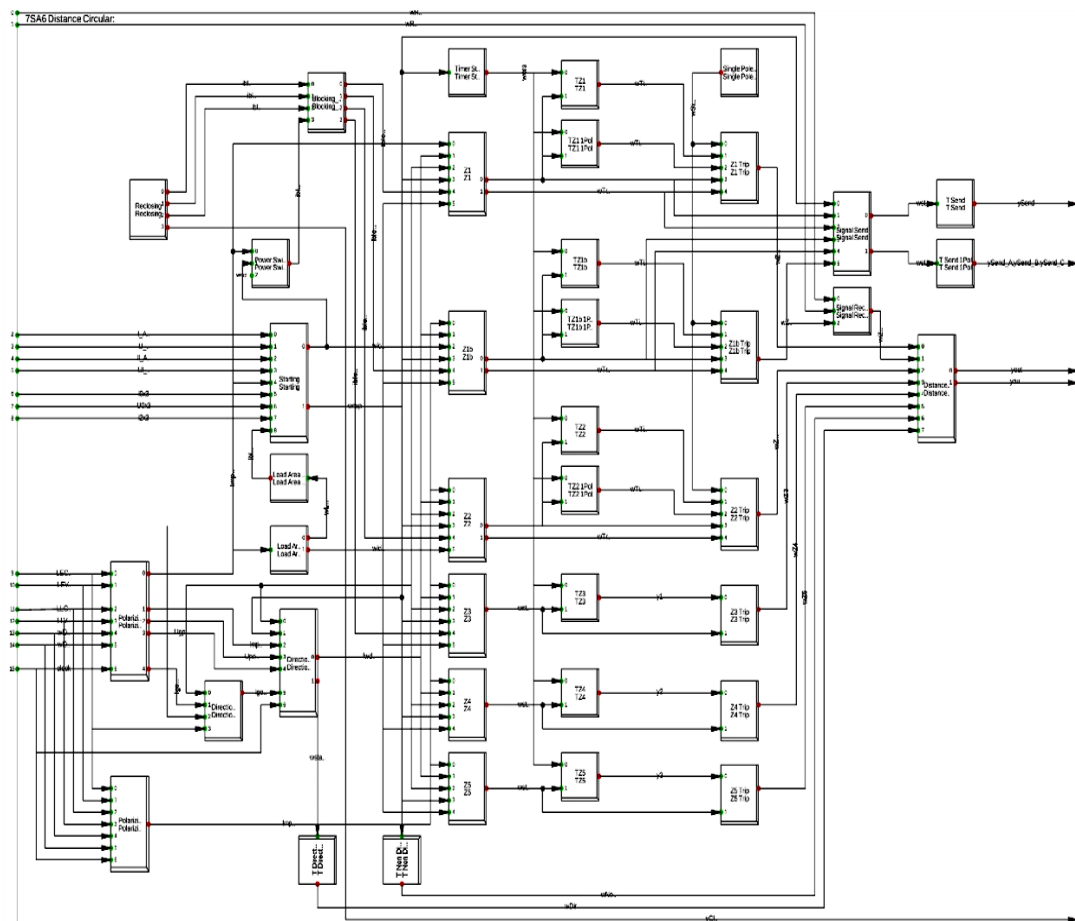
- $I_A; I_B; I_C$ .
- $U_A; U_B; U_C$ .
- $I_{0x3}, U_{0x3}$ .
- $I_{2x3}$ .

Bu kirish signallari 2-rasmda ko'rsatilgani kabi qutblantiruvchi va himoyani ishga tushiruvchi ichki elementlarga ulangan.

Qutblantiruvchi element o'z navbatida kirish signallarini matematik hisoblashlar orqali chiqish signallariga aylantirib uzidan keyingi elementlarga yuboradi. Quyida ko'rsatilgan ushbu signallarning bir qismi ko'rsatilgan [5]:

- $R_A; R_B; R_C, Ri_A; Ri_B; Ri_C,$
- $X_A; X_B; X_C, Xi_A; Xi_B; Xi_C,$

Bu signallar, doiraviy xarakteristiga ega masofali himoya reyelari va boshqa reyelarga 2-rasmda ko'rsatilgani kabi bog'langan. Yuqorida keltirilgan elementlar alohida ishga tushirish va ishdan chiqarish funksiyalarga ega. Bu har bir elementning ishdan chiqish holatlarini taxlil qilish imkonini beradi.



2-rasm. Doiraviy xarakteristikaga ega masofali himoya bogli.  
 Fig.2. A distance protection block with a circular characteristic.

Yangi loyixalangan L-2-K-4 havo tarmog'ining uch pog'ona masofali himoyasining metodik ko'rsatmalar asosida hisobalangan o'rnatmalari va L-2-K-3 havo tarmog'ining uch pog'ona masofali himoyasining hozirda ishlab turgan o'rnatmalari orasidagi bog'liqlik tahlil qilingan.

Bunda ikkala havo liniyasida 3 pog'onali doiraviy xarakteristikaga ega, 2-jadvalda ko'rsatilgan o'rnatmalar masofali himoya funksiyasida o'rnatilgan.

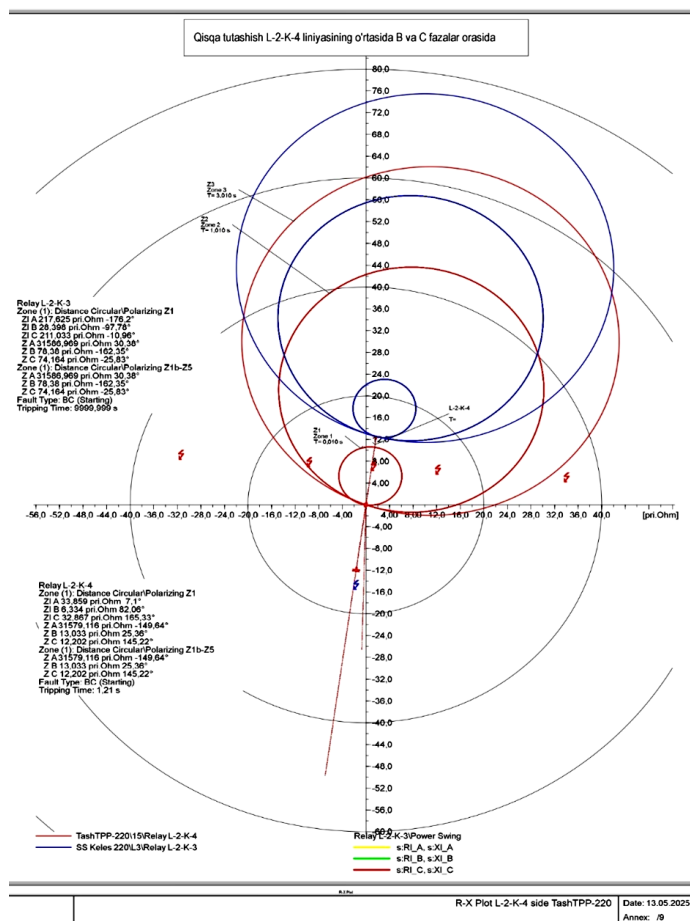
2-jadval. Masofali himoyaning o'rnatmalari

Table 2. Distance protection settings

|   | Protection Device | Location     | Branch  | Stage (Phase) | Impedance [pri. Ohm] | Impedance [sec. Ohm] | Angle [deg] | Time | Diraction |
|---|-------------------|--------------|---------|---------------|----------------------|----------------------|-------------|------|-----------|
| 1 | Relay L-2-K-3     | SS Keles 220 | L-2-K-3 | Z1            | 10,6                 | 4,8                  | 75,00       | 0,00 | Forward   |
|   |                   |              |         | Z1b           | 10,67                | 4,85                 | 75,00       | 0,00 | Forward   |
|   |                   |              |         | Z2            | 44,99                | 20,45                | 75,00       | 1,00 | Forward   |
|   |                   |              |         | Z3            | 63,998               | 29,09                | 75,00       | 3,00 | Forward   |
| 2 | Relay L-2-K-4     | TashTPP-220  | L-2-K-4 | Z1            | 10,67                | 4,85                 | 82,00       | 0,00 | Forward   |
|   |                   |              |         | Z2            | 44,990003            | 20,45                | 70,00       | 1,00 | Forward   |
|   |                   |              |         | Z3            | 63,998002            | 29,09                | 70,00       | 3,00 | Forward   |

3-rasmda L-2-K-4 havo tarmog'ining GES-2 tomonida o'rnatilgan (Relay L-2-K-4) masofali himoyasining doiraviy xarakteritikasi qizil rang bilan va L-2-K-3 havo tarmog'ining Keles podstansiyasida tomonida o'rnatilgan (Relay L-2-K-3) masofali himoyasining 3 pog'onasi doiraviy xarakteristikasi ko'k rang bilan belgilangan. L-2-K-4 havo tarmog'i himoyasiga nisbatan L-2-K-3 havo tarmog'i masofali himoyasi godografi ko'rsatilgan. Xarakteristikada dekart kordianatalari X va Y o'qlari mos ravishda R-aktiv va X-reaktiv qarshiliklar bilan almashtirilgan.

Himoyalar pog'onalarining katta qismi 1-kvadratda joylashganligi ularning bir xil to'g'ri yo'nalishga ega ekanligini ko'rsatadi.



**3-rasm.** L-2-K-4 havo tarmog'ining Toshkent IES tomonida o'rnatilgan (Relay L-2-K-4) va L-2-K-3 havo tarmog'ining Keles podstansiyasi tomonida o'rnatilgan (Relay L-2-K-3) doiraviy xarakteristikali 3 pog'ona masofali himoyalarning bog'liqlik godogrofi

**Fig.3.** Connection diagram of 3-stage distance protection with a circular characteristic installed on the Tashkent TPP side of the L-2-K-4 overhead network (Relay L-2-K-4) and on the Keles substation side of the L-2-K-3 overhead network (Relay L-2-K-3)

#### 4. Munozara (Discussion)

Havo tarmoqlarida qisqa tutushuv sodir bo'lganda, uning qarshiligi havo tarmog'ining qarshiligiga yaqin qarshilikkacha kamayashiga olib keladi va masofali rele bu o'zgarishlarni tez aniqlaydi, ya'ni ular tarmoq qarshiligini muntazam o'lchab boradi.

Avariya holat sifatida L-2-K-4 havo tarmog'i uzunligining yarmida ikki fazali B va C qisqa tutashuv sodir qilinib, yuqorida ta'kidlangan ikkala himoya vositasining ishlash holati tekshirildi. Bunda qisqa tutashuv belgisi har bir himoya uchun o'zining rangida (3-rasm) ko'rsatilgan. Bu belgilarning joylashish o'rni hamda har bir himoyaning B va C fazalar to'la qarshiligi va burchak qiymatlaridan shuni aniqlash mumkinki, qisqa tutashuv L-2-K-4 havo tarmog'ining masofali himoyasining birinchi, ikkinchi va uchinchi pog'onalari doiraviy xarakteristikasi ichida joylashgan bo'lib, o'rnatilgan sabr vaqtlaridan keyin ularni ishlashiga olib keladi. L-2-K-3 havo tarmog'ining masofali himoyasi uchun esa birinchi, ikkinchi va uchinchi pog'onalari doiraviy xarakteristikalaridan tashqarida ya'ni 3 kvadratta joylashgan bo'lib, himoyalar yo'nalishlari bir xil bo'lishiga qarasdan uning ishlashiga olib kelmaydi. Bunga sabab qisqa tutushish tokining yo'nalishi L-2-K-3 havo tarmog'ida GES-2 tominidan Keles podstansiyasi tarafga bo'lganligi, ushbu havo tarmog'ining Keles podstansiyasida o'rnatilgan va havo tarmog'i tomon yo'naltirilgan masofali himoyasi himoya zonasidan tashqarida bo'lishiga olib keldi. Bu holat tizimning hozirgi vaqtidagi ish rejimiga mosligi, o'rnatilgan himoyalarning tug'ri ishlagani, modelning real qurilmalarga mos ishlayotganligini bildiradi.

#### 5. Xulosa (Conclusion)

PowerFactory dasturida rele himoyasi modelini yaratish va uni simulyatsiya qilish elektr tarmoqlaridagi nosozliklarga aniq va tezkor javob beradigan tizimlarni ishlab chiqishda muhim vositadir.



Immitatsion model orqali:

- Nosozliklarni aniqlash va tahlil qilish aniqligi oshadi;
- Releli himoya algoritmlarini optimallashtirish va ularni real sharoitga moslashtirish imkoniyati paydo bo'ladi;
- Energetika tizimi barqarorligini ta'minlovchi zamonaviy himoya vositalarining tajriba asosida ishlab chiqilishi amalga oshadi.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, mavjud releli himoya tizimlarining katta qismini elektromexanik qurilmalar tashkil etib, ularning aksariyati xizmat muddatini o'tab bo'lgan va texnik jihatdan eskirgan. Bu esa zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan mikroprotessorli qurilmalarga bosqichma-bosqich o'tish zarurligini ko'rsatadi.

PowerFactory dasturiy muhitida zamonaviy releli himoya modelini yaratish va uni real avariya holati asosida verifikatsiya qilish orqali quyidagilarga erishildi:

- O'zbekiston Respublikasi Energetika tizimi sharoitlariga mos keluvchi 3 pog'onali masofali himoya algoritmi ishlab chiqildi;
- himoya elementlarining ishlash samaradorligi avariya simulyasiyalari orqali baholandi;
- model real holatlarga yuqori darajada mos kelishi isbotlandi.

Ushbu yondashuv elektr uzatish tizimlarining ishonchligini oshirish, nosozliklarga selektiv va tezkor javob qaytarish va zamonaviy raqamli releli himoya vositalarini keng joriy etish uchun muhim zamin yaratadi.

## ADABIYOT

1. Blackburn J.L., Domin T.J. Protective Relaying Principles and Applications, Third Edition. CRC Press, 2006. -664 p.
2. Das J.C. Power System Protective Relaying. CRC Press; 1st edition, 2020. -728 p.
3. Elmore W.A. Protective Relaying: Theory and Applications. Taylor & Francis, USA, 2004. - 410 p.
4. Gurevich W. Electric relays. Principles and applications. Taylor & Francis Group, Israel Electric Corporation Haifa, Israel, 2005. -704 p.
5. S. D. J. McArthur, P. Crolla, and G. W. Ault. (2015). Modelling and simulation of smart grids using DIGSILENT PowerFactory. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 73, 340–347.
6. Rismuxamedov D.A., To'ychiyev F.N. Rele himoya [Matn]: o'quv qo'llanma /D.A.Rismuxamedov, F.N.To'ychiyev. – Toshkent. Bookmany print, 2023. – 230 b.
7. Stanley H. Horowitz. Arun G. Phadke. Power system relaying. - 3rd edition. John Wiley & Sons, England, 2008. -348 p.
8. Agafonov A. I., Brostilova T. YU., Djazovski N. B. Sovremennaya releynaya zavita i avtomatika elektroenergeticheskix sistem: Uchebnoe posobie /2-e izd., pererab. i dop. Izd. Infra-Injeneriya, 2020. -300 s.

## REFERENCES

1. Blackburn J.L., Domin T.J. Protective Relaying Principles and Applications, Third Edition. CRC Press, 2006. -664 p.
2. Das J.C. Power System Protective Relaying. CRC Press; 1st edition, 2020. -728 p.
3. Elmore W.A. Protective Relaying: Theory and Applications. Taylor & Francis, USA, 2004. - 410 p.
4. Gurevich W. Electric relays. Principles and applications. Taylor & Francis Group, Israel Electric Corporation Haifa, Israel, 2005. -704 p.
5. S. D. J. McArthur, P. Crolla, and G. W. Ault. (2015). Modelling and simulation of smart grids using DIGSILENT PowerFactory. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 73, 340–347.
6. Rismukhamedov D.A., To'ychiyev F.N. Relay protection [Text]: teaching aid /D.A. Rismukhamedov, F.N. To'ychiyev. – Tashkent. Bookmany print, 2023. – 230 p. (In Uzb).
7. Stanley H. Horowitz. Arun G. Phadke. Power system relaying. - 3rd edition. John Wiley & Sons, England, 2008. -348 p.
8. Agafonov A. I., Brostilova T. YU., Djazovski N. B. Sovremennaya releynaya zavita i avtomatika elektroenergeticheskix sistem: Uchebnoe posobie /2-e izd., pererab. i dop. Izd. Infra-Injeneriya, 2020. -300 s. (In Russ).