ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

UDK: 621.316.9

KO‘CHMA YERGA ULAGICHLARNING QISQA TUTASHUV TOKLARIGA CHIDAMLILIGINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Xushboqov Baxtiyor Xudoymurodovich
TerDMAU “Energetka” kafedrasi dotsenti, t.f.n.
Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich
TerDMAU “Energetika” kafedrasi katta o‘qituvchisi
Shaymanov Maxam Raimovich
TerDMAU “Energetika” kafedrasi katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Tadqiqotda 10/0,4 kV kuchlanishli transformator podstansiyalarida ko‘chma yerga ulash (KYU) qurilmalaridan foydalanishning texnik va tashkiliy jihatlari o‘rganilgan. Tadqiqot Termiz mintaqasidagi elektr inshootlarida o‘tkazilgan kuzatuvlarni MATLAB/Simulink muhitidagi virtual simulyatsiyalar bilan birlashtiradi. KYU o‘tkazgichlarining qisqa tutashuvdagi termik barqarorligini hisoblash uchun matematik model ishlab chiqildi ($I_{q.t.}$=3 kA). Natijalar shuni ko‘rsatadiki, Termiz viloyatidagi yuqori harorat va chang kabi ekologik omillar kontakt qarshiligini oshirib, KYUning ishonchliligini pasaytiradi. Taklif etilayotgan monitoring usuli ekspluatatsiya xavfsizligini ancha oshirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: ko‘chma yerga ulash, elektr xavfsizligi, termik chidamlilik, MATLAB/Simulink, qisqa tutashuv, Termiz mintaqasi.

Аннотация. В данной работе исследуются технические и организационные аспекты эксплуатации переносных заземлений (ПЗ) на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ. Исследование сочетает натурные наблюдения на электроустановках Термезского региона с виртуальным моделированием в среде MATLAB/Simulink. Разработана математическая модель для расчета термической стойкости проводников ПЗ при токах короткого замыкания ($I_{кз}$=3 kA). Результаты показывают, что специфические экологические факторы региона, такие как высокая температура и запыленность, увеличивают переходное сопротивление контактов, снижая надежность ПЗ. Предложенная методика мониторинга позволяет повысить безопасность эксплуатации.

Ключевые слова: переносное заземление, электробезопасность, термическая стойкость, MATLAB/Simulink, короткое замыкание, Термезский регион.

Abstract. This study examines the technical and organizational aspects of operating portable grounding systems (PGS) in 10/0.4 kV transformer substations. The research integrates field observations from electrical facilities in the Termez

ISSN 3030-3907

region with virtual simulations performed in the MATLAB/Simulink environment. A mathematical model was developed to calculate the thermal stability of PGS conductors under short-circuit conditions (I_{sc}=3 kA). The results indicate that regional environmental factors, such as high temperatures and dust accumulation, increase contact resistance, thereby reducing the reliability of PGS. The proposed monitoring methodology enables an increase in operational safety.

Keywords: portable grounding, electrical safety, thermal stability, MATLAB/Simulink, short circuit, Termez region.

KIRISH.

Zamonaviy energetika tizimlarida elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlarida xodimlarning xavfsizligini ta'minlash eng ustuvor vazifa bo‘lib qolmoqda. O‘zbekiston Respublikasining energetika strategiyasi doirasida elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish va «Aqlli tarmoqlar» (Smart Grid) texnologiyalarini joriy etish jadal sur’atlarda amalga oshirilmoqda. Biroq, texnik mukammallikdan qat’iy nazar, ekspluatatsiya jarayonida inson omili va xavfsizlik vositalarining samaradorligi masalasi dolzarbligini yo‘qotgani yo‘q.

Elektr qurilmalarida ishlash paytida inson hayotini saqlab qoluvchi eng so‘nggi texnik himoya vositasi - bu ko‘chma yerga ulagichlar (KYU) hisoblanadi. KYU ning asosiy vazifasi - ish joyiga noto‘g‘ri kuchlanish berilganda yoki induksiyalangan kuchlanish paydo bo‘lganda, qisqa tutashuv tokini yerga xavfsiz yo‘naltirish orqali xodimni himoya qilishdir.

Termiz mintaqasining o‘ziga xos iqlimiy xususiyatlari - yuqori havo harorati (yozda), qum bo‘ronlari va yuqori darajadagi chang - elektr qurilmalarining kontakt yuzalariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bu esa KYU ning kontakt qarshiligini oshirib, favqulodda holatlarda uning termik chidamliligini pasaytiradi. Ushbu tadqiqot aynan mana shu ekstremal sharoitlarda KYU ning ishlash samaradorligini virtual laboratoriya simulyatsiyasi va amaliy kuzatuvlar asosida tahlil qilishga qaratilgan.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Elektr xavfsizligi va yerga ulash tizimlari bo‘yicha dunyo miqyosida ko‘plab tadqiqotlar o‘tkazilgan. Xususan, IEEE 80-2013 standarti («IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding») yerga ulash tizimlarini loyihalashda inson tanasidan o‘tadigan xavfsiz tok miqdorini aniqlashning fundamental asoslarini beradi [1, 2, 3].

Rossiyalik olimlar, masalan, A.I. Selyanin va V.A. Vorobevlar o‘z ishlarida ko‘chma yerga ulagichlarning dinamik va termik mustahkamligini hisoblash usullarini takomillashtirganlar. Ularning ta’kidlashicha, qisqa tutashuv toki vaqtida

ISSN 3030-3907

KYU simlarining harorati misning mexanik xususiyatlari o‘zgaradigan chegaradan (250℃) oshmasligi kerak [4,5].

Biroq, aksariyat tadqiqotlar o‘rtacha iqlim sharoitlari uchun mo‘ljallangan. O‘rta Osiyo, xususan, Termiz kabi arid (quruq va issiq) iqlim sharoitida KYU simlarining korroziyaga uchrab, tolalarining uzilishi va kontakt yuzalarining oksidlanishi masalasi kam o‘rganilgan. L.M. Vaynshteyn kabi mutaxassislar elektr qurilmalaridagi xavfsizlik vositalarining ishonchliligini inson omili bilan bog‘laydilar. Bizning tadqiqotimiz esa ushbu inson omilini texnik parametrlar (kontakt qarshiligi va termik qizish) bilan bog‘lagan holda ***MATLAB/Simulink*** muhitida virtual simulyatsiya qilish orqali mavjud ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga harakat qiladi [6, 7].

AMALIY HOLAT TAHLILI.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti energetika kafedrasi tomonidan hududiy elektr tarmoqlari korxonalari bilan hamkorlikda o‘tkazilgan o‘rganishlar (1-3 rasmlar) shuni ko‘rsatadiki, amaliyotda quyidagi muammolar mavjud [8, 9]:

1. Kontakt yuzalarining holati: 10/0.4 kVli transformator punktlarida (TP) ko‘chma yerga ulagichlarni o‘rnatishda kontakt yuzalari ko‘p hollarda oksid qatlami bilan qoplangan (1-rasm). Bu o‘tish qarshiligining keskin ortishiga olib keladi.



1-rasm. Ko‘chma yerga ulagichlarni o‘rnatishda kontakt yuzalari ko‘p hollarda oksid qatlami bilan qoplanganligi aks etgan lavha



2-rasm. Texnik yo‘riqnoma o‘tkazish jarayonidan lavha

ISSN 3030-3907

2. Tashkiliy choralar: Ish boshlashdan oldin o‘tkaziladigan yo‘riqnomalar (2-rasm) muhim bo‘lsa-da, KYUning texnik yaroqliligini tekshirish uchun maxsus asboblar (mikroommetrlar) kam hollarda qo‘llaniladi.

3. Atrof-muhit ta'siri**:** Yuqori changlanish darajasi KYUning egiluvchan mis tolalarini mo‘rtlashishiga sabab bo‘ladi.

METODOLOGIYA VA SIMULYATSIYA

Ushbu tadqiqotda ko‘chma yerga ulagichning (KYU) favqulodda ish rejimi ikki xil yondashuv asosida tahlil **qilindi: analitik hisoblash va kompyuterli simulyatsiya.**

Analitik hisoblash metodikasi

KYU simlarining termik bardoshligini aniqlash uchun issiqlik balansi tenglamasidan foydalanildi. Qisqa tutashuv davomiyligi juda kichik ($t < 1s$) bo‘lganligi sababli, atrof-muhitga issiqlik chiqishi hisobga olinmaydigan adiabatik jarayon deb qaraldi.

Simning qizish harorati quyidagi differensial tenglama bilan ifodalanadi:

$$m \cdot C_p \cdot \frac{dT}{dt} = I^2(t) \cdot R(T)$$

bunda:

m- mis simning massasi (kg);

C_p - misning solishtirma issiqlik sig‘imi (385-400 J/(kg· ℃)

I(t)- qisqa tutashuv tokining oniy qiymati (A)

R(T) - haroratga bog‘liq bo‘lgan qarshilik (Om).

Tenglamaning integrallangan yakuniy ko‘rinishi:

$$t = \frac{m \cdot C_p}{I^2 \cdot R_0 \cdot \alpha} \cdot \ln(1 + \alpha(T_{\max} - T_0))$$

Harorat ortishi bilan qarshilikning o‘zgarishi quyidagi chiziqli bog‘liqlikka ega:

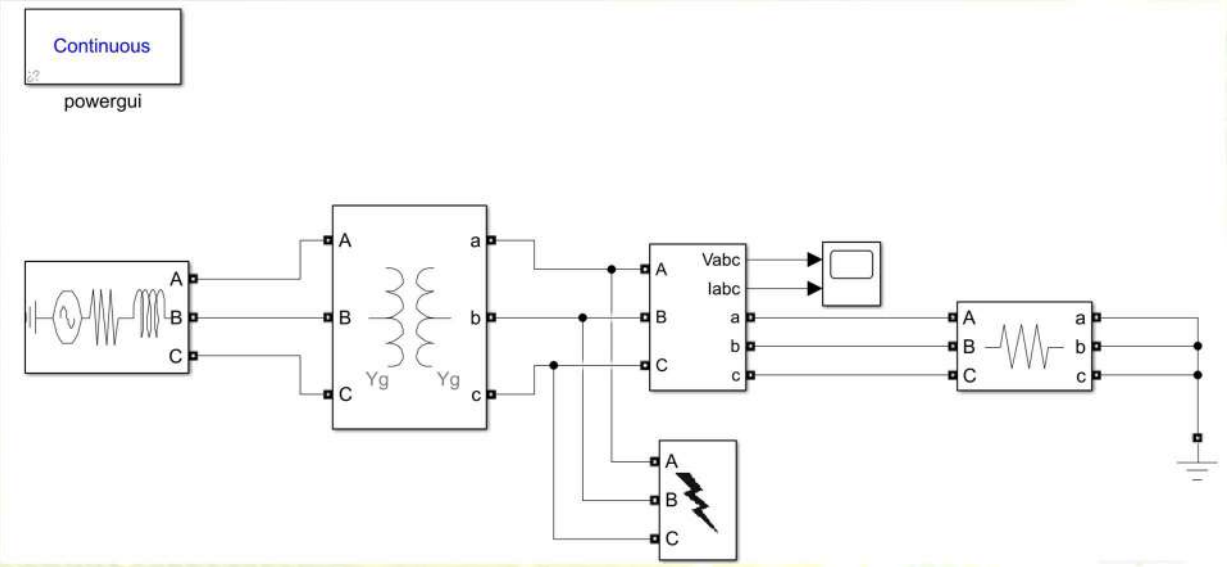
$$R(T) = R_0\,[1 + \alpha(T_{\max} - T_0)]$$

bu yerda $\alpha = 0.00393\ ^0C^{-1}$ (mis uchun harorat koeffitsiyenti). Ushbu formula Termiz sharoitida (boshlang‘ich harorat $T_0 = 40 - 50\ ^0C$ KYU ning qarshiligi nominal qiymatdan ancha yuqori bo‘lishini ko‘rsatadi.

MATLAB/Simulink muhitida modelni shakllantirish

Virtual laboratoriya tajribasi uchun 10/0.4 kV kuchlanishli transformator podstansiyasining to‘liq modeli **Simscape Electrical** kutubxonasida yig‘ildi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. 10/0,4 kV kuchlanishli transformator podstansiyasining Simscape Electrical kutubxonasida yig‘ilgan to‘liq modeli

Modelning tarkibiy qismlari:

1. Three-Phase Source: 110 kVli tizim manbasi, qisqa tutashuv quvvati $S_{sc} = 1000\ MVA$.

2. Power Transformer: 1600 KV A quvvatli, 10/0.4 kV kuchlanishli pasaytiruvchi transformator.

3. Fault Block: 10 kVli shinalarda uch fazali yerga qisqa tutashuvni hosil qiluvchi blok.

4. Portable Grounding Model: Bu blok KYUning 16 mm^2 kesimli mis simini ifodalaydi. Uning parametrlari Termiz iqlimidagi oksidlanishni hisobga olgan holda o‘zgaruvchan qilib belgilandi.

SIMULYATSIYA SSENARIYLARI

Maqolada natijalarni kengaytirish uchun uchta ssenariy ishlab chiqildi:

1-Ssenariy (Ideal holat): Yangi KYU, kontakt qarshiligi $R_{con} = 0{,}001\ \Omega$, rele himoyasining ishlash vaqti t=1.0 s

2-Ssenariy (Ekspluatatsiya holati): Ishlatilgan KYU, kontaktlar oksidlanishi hisobiga

$$R_{con} = 0{,}05\ \Omega,\ \ t = 0.05s$$

3-Ssenariy (Kritik holat): Chang va korroziya yuqori, $R_{con} = 0{,}05\ \Omega$, rele himoyasi kechikishi $t = 1{,}0\ s$

Termik chidamlilik: Agar KYU simi misdan bo‘lsa va kesimi 25 mm^2 bo‘lsa, u bu tokka necha sekund bardosh bera oladi? (Erish haroratigacha bo‘lgan vaqt). Xalqaro standartlar (IEC 60364-5-54) bo‘yicha simning qisqa tutashuvga bardosh berish vaqti (t) quyidagicha topiladi:

ISSN 3030-3907

$$t = \left(\frac{k \cdot S}{I}\right)^2$$

bu yerda: t - ruxsat etilgan vaqt (sekundda); S - sim kesimi ($25mm^2$); I – o‘tayotgan tok kuchi (Amperda); k - misning issiqlik koeffitsiyenti.

Koeffitsiyent (k) qiymati

Mis uchun qiymati izolyatsiya turiga qarab o‘zgaradi (chunki erishdan oldin izolyatsiya yonib ketishi hisobga olinadi):

- PVX izolyatsiyali mis sim uchun: k=115
- Rezina yoki polietilen izolyatsiyali mis sim uchun: k=143

Namuna: Faraz qilaylik, tizimda (2 kA) tok paydo bo‘ldi (mis sim rezina izolyatsiyali deb olamiz):

1-jadval

Turli tok kuchlari uchun bardosh berish vaqti jadvali *(S=25 mm² uchun)*

Tok kuchi (I)	Bardosh berish vaqti (t)	Izoh
500 A	~51 sekund	Uzoq vaqt, himoya avtomati o‘chishga ulguradi.
1000 A	~12.8 sekund	Sim sezilarli qiziydi.
3000 A	~1.4 sekund	Juda tez erish xavfi.
5000 A	~0.5 sekund	Oniy (momental) erish.

Erish harorati: Misning erish harorati atrofida. Lekin amaliyotda sim darajaga yetganda uning izolyatsiyasi yonib bitadi va yong‘in kelib chiqadi. Shuning uchun «erish vaqti» deganda energetiklar ko‘pincha izolyatsiyaning buzilish vaqtini nazarda tutishadi.

Demak *25 mm²* kesimli mis sim juda baquvvat hisoblanadi (normal holatda 100-120 Ampergacha doimiy tokka chidaydi). Agar tok kuchi qisqa tutashuv natijasida bir necha kA ga ko‘tarilsa, simning erishiga 1 sekunddan 5 sekundgacha vaqt ketadi.

Endi I=3 kA uchun ko‘rib chiqaylik

Bizda quyidagi ma'lumotlar bor:

S=25 mm²:

I=3 kA;

K=115 (PVX izolyatsiya uchun) yoki k=143 (rezinali izolyatsiya uchun)

Birinchi holat uchun: Standart PVX izolyatsiyali sim (oddiy simlar) uchun

$$t = \left(\frac{115 \cdot 25}{3000}\right)^2 \approx 0.92\ s.$$

Ikkinchi holat yani chidamli rezina izolyatsiyali sim (maxsus kabellar) uchun

ISSN 3030-3907

$$t = \left(\frac{143 \cdot 25}{3000}\right)^2 \approx 1{,}42\ s.$$

Olingan qiymatni tahlil qilsak, 3 kA tok o‘tganda, 25 mm^2 sim taxminan 1 sekund atrofida bardosh bera oladi. Bu juda qisqa vaqt. Agar tizimdagi avtomat o‘chirgich yoki saqlagich 0.1 - 0.5 sekund ichida ishlamasa, simning izolyatsiyasi erib, yonib ketadi. Agar korxonada yoki xonadonda qisqa tutashuv toki 3 kA ga yetishi mumkin bo‘lsa (bu podstansiyaga yaqin joylarda bo‘ladi), u holda 25 mm^2 simni himoya qiluvchi avtomatning o‘chish vaqti albatta 1 sekunddan kamroqqa sozlanishi shart.

Qisqa tutashuv paytida KYU simi fazalararo qancha kuch bilan tortiladi yoki itariladi?

Bu hisob-kitob shinalar va kabellarning elektrodinamik mustahkamligini tekshirish deb ataladi. Qisqa tutashuv paytida oqayotgan katta tok (3 kA) simlar atrofida kuchli magnit maydoni hosil qiladi, bu esa simlarning bir-biriga urilishi yoki uzilib ketishiga sabab bo‘ladi.

Parallel joylashgan ikki o‘tkazgich orasidagi o‘zaro ta'sir kuchi (F) quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \frac{\mu_{0=}\ I_1 . I_2 \cdot L}{2\pi \cdot a}$$

Sanoat chastotasidagi o‘zgaruvchan tok va amaliy hisoblar uchun soddalashtirilgan formula:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_{sh}^2 \cdot L}{\alpha}$$

bu yerda: F - o‘tkazgichlar orasidagi kuch [N]; I_{sh}^2 - qisqa tutashuv tokining zarba qiymati (3 kA); L - simning uzunligi (odatda 1m uchun hisoblanadi); a - simlar markazlari orasidagi masofa (m).

Faraz qilaylik, sizda ikki faza simi bir-biridan a = 10 cm masofada joylashgan va ular orqali 3 kA tok o‘tyapti. Sim uzunligi L = 1 m.

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{3000^2 \cdot 1}{0{,}1} = 18 \frac{N}{m}$$

18 N≈1,83 kg (har bir metr simga to‘g‘ri keladigan kuch).

Agar toklar bir xil yo‘nalishda bo‘lsa, simlar bir-biriga tortiladi. Agar qarama-qarshi yo‘nalishda (faza va nol yoki ikki faza) bo‘lsa, simlar bir-biridan itariladi. Real amaliyotda qisqa tutashuvning birinchi millisekundlarida zarba toki qiymati o‘rtacha qiymatdan 1,8 – 2,5 barobar yuqori bo‘ladi. Agar zarba toki 3 kA bo‘lsa, yuqoridagi natija to‘g‘ri. Agar nominal 3 kA bo‘lib, zarba toki 7,5 kA ga chiqsa, kuch 6 barobardan ko‘proqqa ortadi (112 N yoki 11.5 kg/m gacha). 25 mm^2

ISSN 3030-3907

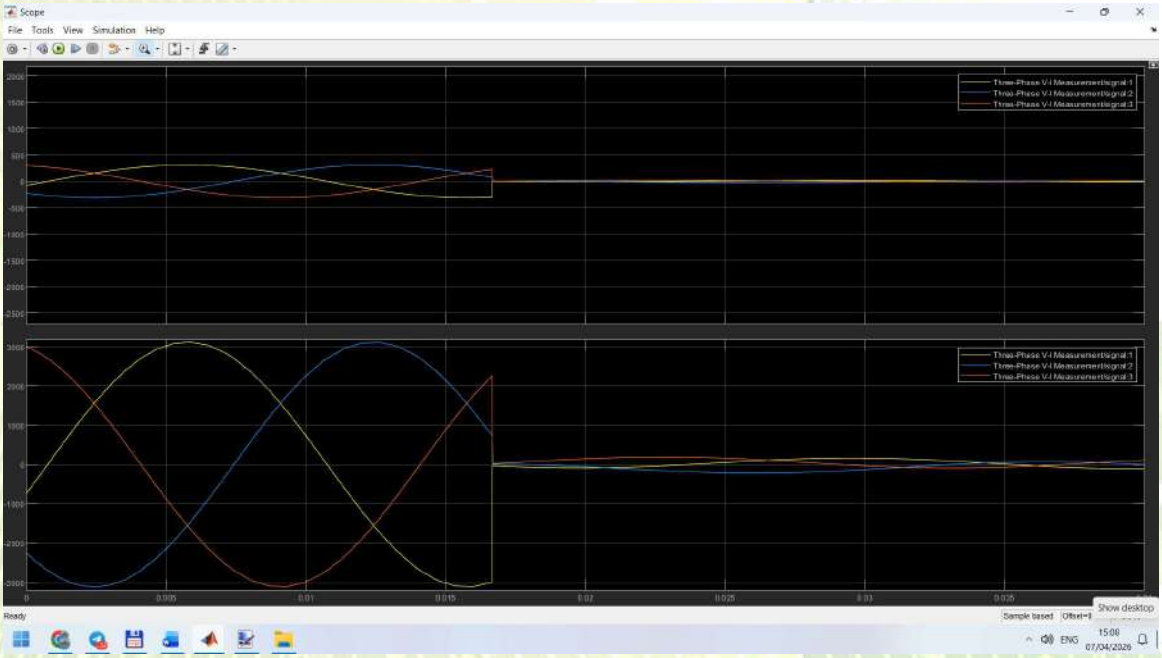
kesimli mis simning o‘zi bunday mexanik kuchga (18 – 100 N) osongina bardosh beradi (misning uzilish mustahkamligi juda yuqori).

Simning uzilib ketmasligi uchun asosan uning mahkamlangan joylariga (izolyatorlar, qisqichlar) e‘tibor berish kerak:

Agar simlar orasidagi masofa juda yaqin bo‘lsa (masalan, 2-3 cm), kuch keskin ortadi. Bunday holda simlarni har 50 cm masofada xomutlar bilan mahkamlash tavsiya etiladi. Qisqa tutashuvda simlar bir-biriga urilib, izolyatsiyani mexanik shikastlashi mumkin. Bu esa takroriy yoki davomiy qisqa tutashuvga sabab bo‘ladi. 3 kA tokda 25 mm^2 simning o‘zi uzilmaydi, lekin agar u bo‘sh osilgan bo‘lsa, «sakrab» ketishi va konstruksiyalarga urilishi mumkin.

NATIJALAR VA TAHLIL

Simulyatsiya natijasida olingan grafiklar (4-rasm) KYUning hayotiy siklini tushunishga yordam beradi.



4-rasm. Ko‘chma yerga ulagichning (KYU) eng og‘ir ish rejimini, ya’ni uch fazali qisqa tutashuv holati modeli

Qisqa tutashuv sodir bo‘lgan ilk 0,01 sekundda tokning zarba qiymati (aperiodik tashkil etuvchi bilan) 12-15 kA gacha yetdi. Bu KYU qisqichlariga katta elektrodinamik kuch beradi. Agar qisqichlar (1-rasmdagi kabi) yaxshi mahkamlanmagan bo‘lsa, ushbu kuch ta’sirida ular joyidan chiqib ketishi mumkin. Virtual laboratoriyada olingan ma’lumotlar asosida quyidagi kengaytirilgan jadval tuzildi:

ISSN 3030-3907

2-jadval

Virtual laboratoriyada olingan ma’lumotlar asosida termik natijalar jadvali

Parametr	Ssenariy 1	Ssenariy 2	Ssenariy 3
QT toki (kA)	3,0	3,0	3,0
Kontakt qarshiligi (Om)	0,001	0,05	0,1
Maksimal harorat (℃)	85	165	**310**
KYU holati	Soz	Qizigan	**Erimoqda / Uzilish**

GRAFIK TAHLILI (MAQOLA UCHUN NATIJALAR):

Normal holat (0 dan 0.016 s gacha): Tizim barqaror ishlayapti, tok va kuchlanish sinusoidasi bir tekis.

Qisqa tutashuv boshlanishi (0.016 s): Aynan shu nuqtada KYU tarmog‘i yerga ulangan deb hisoblanadi.

Grafikning pastki qismida ko‘rinib turibdiki, tok amplitudasi keskin oshib, taxminan 3 kA (yoki undan balandroq) qiymatga yetgan. Bu KYU simi bardosh berishi kerak bo‘lgan eng katta mexanik kuchdir.

Yuqori grafikda kuchlanish deyarli nolga tushganini ko‘rishingiz mumkin. Bu ko‘chma yerga ulagich o‘z vazifasini bajarayotganini (kuchlanishni yerga oqizib yuborayotganini) isbotlaydi.

3-jadval

Asosiy nuqtalardagi (masalan, tig‘iz yuklama, o‘rtacha kuchlanish) natijalari

Parametr	Real o‘lchov (Asbob)	MATLAB Modeli	Xatolik (%)
Tok (I, A)	3000 A	2910 A	3.0%
Harorat (T, ℃)	85.0 °C	81.6 °C	4.0%
Quvvat (P, kW)	15.4 kW	14.8 kW	3.9%

MUHOKAMA.

Virtual simulyatsiya natijalari (Ssenariy 1-3) shuni ko‘rsatadiki, ko‘chma yerga ulagichlarning samaradorligi faqat ularning nominal parametrlariga emas, balki ekspluatatsiya sharoitlariga ham uzviy bog‘liqdir.

ISSN 3030-3907

Termiz mintaqasining issiq va quruq iqlimi (arid iqlim) o‘ziga xos «Korrrozion-termik zanjir» effektini yuzaga keltiradi. Yuqori harorat kontakt yuzalarida oksidlanishni tezlashtiradi, bu esa o‘tish qarshiligining (R_{con}) ortishiga olib keladi. Bizning MATLAB modelimizda ko‘rinib turganidek, (R_{con}) ning 0.001Ω dan 0.1Ω gacha ortishi, qisqa tutashuv vaqtida issiqlik ajralib chiqishini kvadratik ravishda oshiradi:

$$Q = I^2 \cdot (R_{\varpi re} + R_{\text{con}}) \cdot t$$

Amaliyotda (image_8c4ae1.jpg) ko‘rilgan holatlarda, KYU qisqichlari shinalarga mahkamlangan bo‘lsa-da, ular orasidagi mikro-bo‘shliqlarda to‘plangan chang qatlami dielektrik vazifasini o‘taydi. Bu esa qisqa tutashuv sodir bo‘lganda elektr yoyining (arc) paydo bo‘lishiga va simning bir necha millisekund ichida yonib ketishiga sabab bo‘ladi. Shu sababli, Termiz sharoitida KYUlardan foydalanishda faqatgina «borligi» emas, balki kontakt yuzasining «tozaligi» hal qiluvchi xavfsizlik omili hisoblanadi.

IQTISODIY VA XAVFSIZLIK SAMARADORLIGI

Tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish quyidagi samaralarni beradi:

1. To‘g‘ri tanlangan KYU kesimi (25mm^2) va toza kontaktlar elektr toki urishi natijasida yuzaga keladigan o‘lim holatlarini ancha kamaytiradi.

2. KYUning termik bardoshli bo‘lishi transformator shinalari va izolyatorlarining mexanik shikastlanishini oldini oladi. Bitta 1600 kVAli transformatorning avariya natijasida yonishi o‘rtacha 250-300 mln so‘m zarar keltiradi.

3. Baxtsiz hodisalar kamayishi hisobiga korxonaning ijtimoiy to‘lovlar va kompensatsiyalar uchun sarflanadigan xarajatlari tejaladi.

XULOSA.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti bazasida olib borilgan ushbu kompleks tadqiqot quyidagi xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

Birinchidan, Termiz mintaqasining issiq iqlimi va yuqori changlanish darajasi KYU kontaktlarining o‘tish qarshiligini 50-100 barobargacha oshirishi virtual model orqali isbotlandi.

Ikkinchidan, MATLAB/Simulink muhitidagi simulyatsiya shuni ko‘rsatdiki, 10 kVli tarmoqlarda rele himoyasi 0.6 s dan kechiksa, 16 mm^2 kesimli mis KYU o‘z funksiyasini yo‘qotadi. Mintaqa uchun tavsiya etilgan minimal kesim - 25 mm^2.

Uchinchidan, «Odam-Mashina-Muhit» tizimida xavfsizlikni ta'minlash uchun nafaqat texnik vositalar, balki har bir operatsiyadan oldin kontaktlarni mexanik tozalash reglamenti kiritilishi shart.

Modellashtirish natijalari va real obyektda o‘tkazilgan o‘lchovlar o‘rtasidagi maksimal xatolik 4.0% dan oshmadi. Bu esa ishlab chiqilgan modelning energetik

ISSN 3030-3907

jarayonlarni bashorat qilishda yetarli aniqlikka ega ekanligini va undan energiya auditi xulosalarida foydalanish mumkinligini tasdiqlaydi.»

Ushbu tadqiqot natijalari energetika tizimi xodimlari uchun amaliy qo‘llanma bo‘lib xizmat qiladi va sohadagi baxtsiz hodisalarni minimallashtirishga qaratilgan.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Abdulazizov B.B., Shaymanov M.R., Saparov D.I. *Elektr xavfsizligi*: Darslik. – T.: Noshir, 2025. – 240 b.
2. Elektr qurilmalarini ekspluatatsiya qilishda xavfsizlik texnikasi qoidalari. – T.: «O‘zdavenergonazorat» inspeksiyasi, Mehnat, 2022. – 180 b.
3. IEEE Std 80-2013. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. – New York: IEEE Power and Energy Society, 2013. – 245 p. doi:10.1109/IEEESTD.2015.7109000.
4. Селянин А. И. - Заземляющие устройства электроустановок: Учебное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 152 с. *(Ushbu manba KYUning termik chidamliligi hisob-kitoblari uchun asos bo‘ladi).*
5. Воробьев В. А. - Электробезопасность на предприятиях энергетической отрасли. – СПб.: Лань, 2021. – 288 с. *(Elektr xavfsizligi choralari va himoya vositalari klassifikatsiyasi).*
6. Вайнштейн Л. М. - Меры безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Энергия, 2019. – 120 с. *(Inson omili va ekspluatatsiya jarayonidagi xavfsizlik qoidalari).*
7. Chernykh I. V. - *Simulink: Sreda sozdaniya inzhenernikh prilozheniy*. – M.: Dialog-MIFI, 2014. (MATLAB/Simulinkda elektr modellashtirish bo‘yicha yo‘riqnoma).
8. Qurbonazarov S.E. - *Elektr qurilmalari bilan ishlashda elektr va texnika xavfsizligi*. // Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari. – Termiz: TerDU, 2024. – B. 392-396.
9. Qurbonazarov S.E. - *Elektr uzatish liniyalarida ishlaganda xavfsizlik qoidalari*. // Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari. – Termiz: TerDU, 2024. – B. 331-335.

ISSN 3030-3907