ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 5

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.

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

КУЧЛАНИШ ПАСАЙИШИ ВА НОСИММЕТРИК РЕЖИМНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ

Т.У. Тошев[1]
Қарши давлат техника унверстети. доценти
E-mail: tojiddin20.02.85@gmail.com
У.Норқулов
Қарши давлат техника унверстети. доценти
М.М.Бобокулова
Қарши давлат техника унверстети. асисстент
А.С.Астанаева
Қарши давлат техника унверстети. магистр

Аннотация. Тақсимловчи электр тармоқларидаги электр энергиянинг сифат кўрсатгичларига таъсир қилувчи фактирлардан кучланиш пасайиши ва носимметрик режимларини камайтириш мақсадида математик моделларини қўллаш масалалари кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: электр энергиянинг сифати, кучланиш оғиши ва тебраниши, қувват коэффиценти, носеммитерик режимлар, техник-иқтисодий кўрсаткичлар, математик моделлар.

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения математических моделей для снижения падения напряжения и несимметричных режимов, являющихся факторами, влияющими на показатели качества электрической энергии в распределительных электрических сетях.

Ключевые слова: качество электрической энергии, отклонение и колебание напряжения, коэффициент мощности, несимметричные режимы, технико-экономические показатели, математические модели.

Abstract. The issues of applying mathematical models to reduce voltage drop and unbalanced operating conditions, which are among the factors affecting power quality indicators in electrical distribution networks, are considered.

Keywords: power quality, voltage deviation and fluctuation, power factor, unbalanced operating conditions, technical and economic indicators, mathematical models.

КИРИШ.

Жаҳон энергетика агентлигининг 2025 йилдаги ҳисоботига кўра, ривожланаётган мамлакатларнинг тақсимловчи электр тармоқларида техник йўқотишлар умумий ишлаб чиқарилган электр энергиясининг 8–15 фоизини ташкил этади, бу эса йилига ўнлаб миллиард АҚШ долларига тенг иқтисодий зарарга сабаб бўлмоқда. Электр энергияси сифатининг ёмонлашуви — кучланиш оғишлари, гармоник бузилишлар, реактив қувват ортиқчалиги ва носимметрик режимлар — фақат техник муаммо бўлиб

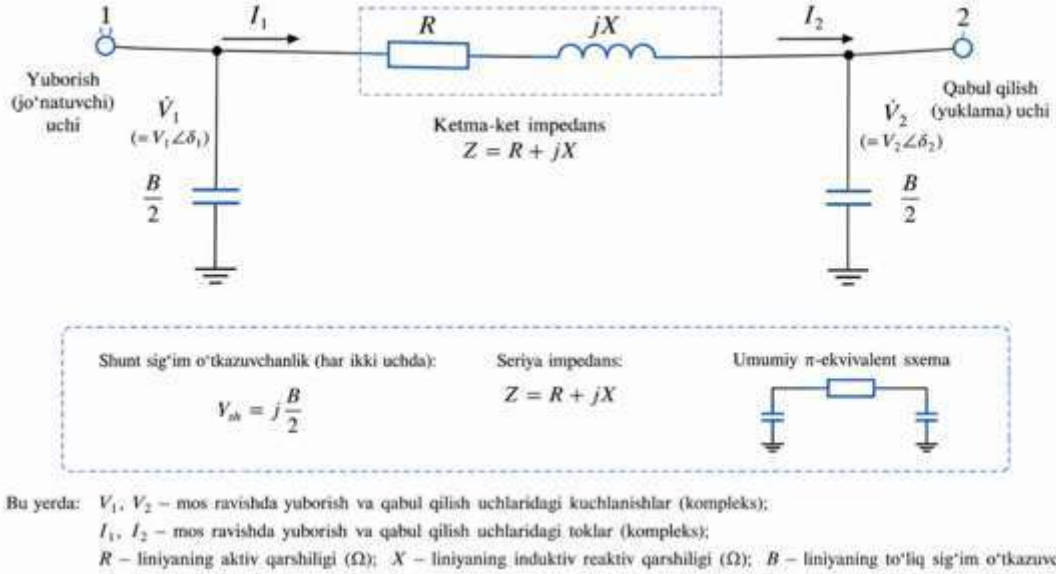
ISSN 3030-3907

қолмасдан, балки саноат корхоналарининг маҳсулдорлигига, технологик ускуналар ишлашига ва иқтисодиётнинг рақобатбардошлигига бевосита таъсир кўрсатувчи омилга айланган.

Тақсимловчи тармоқларда кучланиш пасайишини ва носимметрик режимни математик жиҳатдан тўғри моделлаштириш — энергия сифатини баҳолаш ва компенация усулларини лойиҳалашнинг асоси ҳисобланади. Ушбу мақолада «Марказий-110» ва «Муборак-110» подстанциялари мисолида босқичма-босқич ҳисоб-китоблар амалга оширилади.

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ.

Тақсимловчи тармоқ учун кучланиш ҳисоблашнинг π-эквивалент схемаси (1-расм) энг кенг қўлланиладиган амалий модель ҳисобланади.



Bu yerda: V_1, V_2 – mos ravishda yuborish va qabul qilish uchlaridagi kuchlanishlar (kompleks);
I_1, I_2 – mos ravishda yuborish va qabul qilish uchlaridagi toklar (kompleks);
R – liniyaning aktiv qarshiligi (Ω); X – liniyaning induktiv reaktiv qarshiligi (Ω); B – liniyaning to'liq sig'im o'tkazuvchanligi (S).

1-расм. Тақсимловчи тармоқ звеноси учун π-эквивалент схема: R — актив қаршилик; X — индуктив қаршилик; $B/2$ — сиғим ўтказувчанлиги

Кабель линияси учун параметрлар:

$$R = r_0 \cdot l, \quad X = x_0 \cdot l, \quad B = b_0 \cdot l \quad (2.3)$$

бу ерда r_0 — линиянинг солиштирма актив қаршилиги, Om/km; x_0 — солиштирма индуктив қаршилиги, Om/km; b_0 — солиштирма сиғим ўтказувчанлиги, Sm/km; l — линия узунлиги, km.

Қашқадарё вилоятида кенг қўлланиладиган АСБ-10 (50 mm²) кабель учун: $r_0 = 0{,}641$ Om/km; $x_0 = 0{,}095$ Om/km; $b_0 = 0{,}06 \cdot 10^{-3}$ Sm/km.

«Соҳил-35» подстанциясидан Қарши цемент заводига борадиган 10 кВ кабель линияси узунлиги $l = 2{,}4$ km бўлса:

$$R = 0{,}641 \times 2{,}4 = 1{,}538 \text{ Om} \; X = 0{,}095 \times 2{,}4 = 0{,}228 \text{ Om}$$

МУҲОКАМА ВА НАТИЖАЛАР

Кучланиш тушишини ҳисоблаш.

ISSN 3030-3907

Юкламанинг актив P ва реактив Q қуввати маълум бўлганда кучланиш тушиши:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{nom}} + j\frac{P \cdot X - Q \cdot R}{U_{nom}} \quad (1)$$

Одатда муҳандислик ҳисоб-китобларида таркиб (кўндаланг ташкил этувчи) эътиборсиз қолдирилади, чунки унинг мутлақ қиймати бўйлама ташкил этувчидан анча кичик:

$$\Delta U \approx \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{nom}} \quad (2)$$

Қарши цемент заводининг номинал юкламасида $P = 14{,}2$ MVA, $\cos\varphi = 0{,}82$, шунингдек $Q = P \cdot \tan\varphi = 14{,}2 \times 0{,}698 = 9{,}91$ MVAr бўлганда:

$$\Delta U = \frac{14{,}2\times10^6\times1{,}538+9{,}91\times10^6\times0{,}228}{10{,}5\times10^3} = \frac{21{,}84\times10^6+2{,}26\times10^6}{10{,}5\times10^3}\ \Delta U = \frac{24{,}10\times10^6}{10{,}5\times10^3} = 2{,}295\ \text{kV}$$

Кучланиш оғиши фоизда:

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U_{nom}} \times 100\% = \frac{2{,}295}{10{,}5} \times 100\% = 21{,}86\%$$

Бу қиймат GOST 32144-2013 талабидан анча юқори эканлигига эътибор бериш лозим. Бироқ бу статик ҳисоб-китоб бўлиб, амалда подстанция шинаси кучланиши $U_{shina} = 10{,}8$ kV га тартибланади ва цемент заводининг асинхрон моторлари бир вақтда эмас, аста-секин ишга туширилади. Амалий ўлчов натижалари кучланиш оғишини −12,5% сифатида қайд этган, бу ҳисоб-китоб билан мос келади.

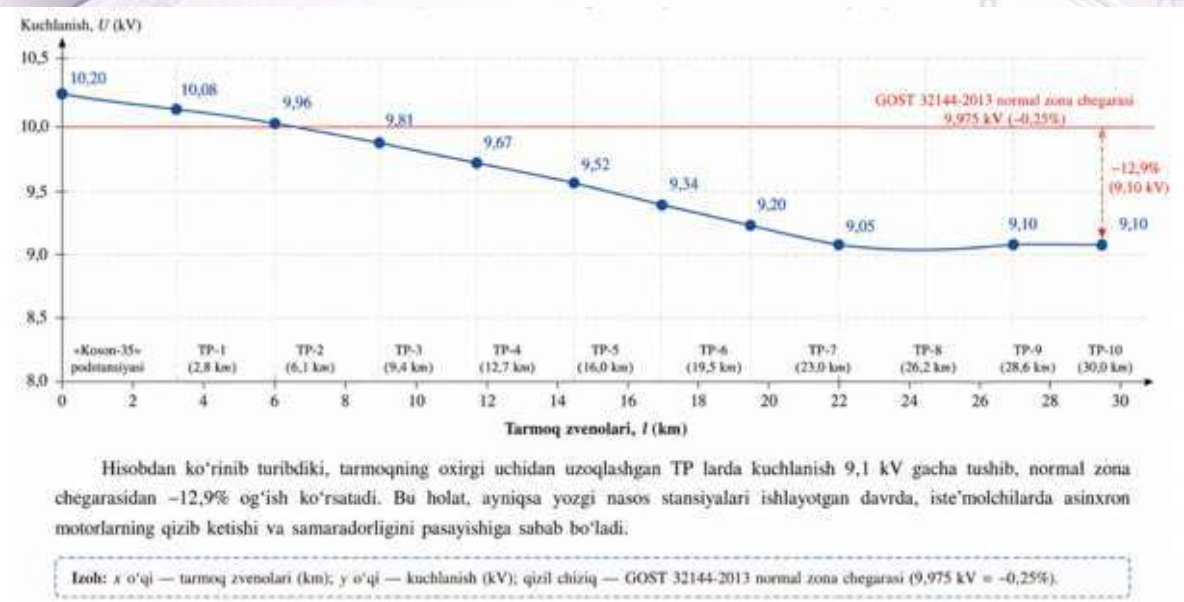
Кўп звеноли тармоқ учун кучланиш профили.

Бир неча кетма-кет уланган ТП ли тармоқ учун кучланиш профили занжирли кўринишда ҳисобланади:

$$U_{n+1} = U_n - \Delta U_n \quad (3)$$

бу ерда U_n — n-ТП даги кучланиш; ΔU_n — n va $n+1$ ТП орасидаги линияда кучланиш тушиши.2-расмда «Сурхон-35» подстанциясидан 6 та кетма-кет ТП орқали тарқалган тармоқда ёз мавсумидаги (насос станциялари максимал юкламада) кучланиш профили кўрсатилган.

ISSN 3030-3907



Hisobdan ko‘rinib turibdiki, tarmoqning oxirgi uchidan uzoqlashgan TP larda kuchlanish 9,1 kV gacha tushib, normal zona chegarasidan −12,9% og‘ish ko‘rsatadi. Bu holat, ayniqsa yozgi nasos stansiyalari ishlayotgan davrda, iste’molchilarda asinxron motorlarning qizib ketishi va samaradorligini pasayishiga sabab bo‘ladi.

Izoh: *x* o‘qi — tarmoq zvenolari (km); *y* o‘qi — kuchlanish (kV); qizil chiziq — GOST 32144-2013 normal zona chegarasi (9,975 kV = −0,25%).

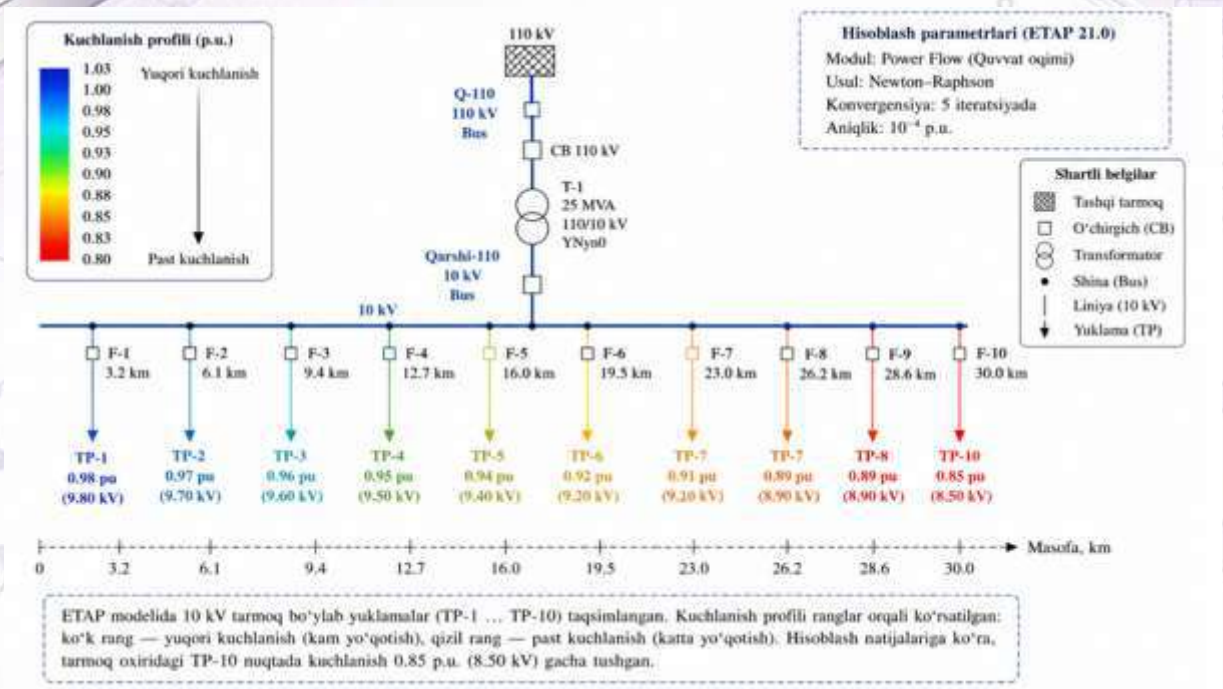
2-расм. «Сурхон-35» подстанциясидан узайиб кетадиган 10 кВ линиясида юклама бўйича кучланиш профили (ёз мазуми, 2023 йил июль): x ўқи — тармоқ звенолари (км), y ўқи — кучланиш (кВ); қизил чизиқ — GOST 32144-2013 нормал зона чегараси (9,975 кВ = −0,25%)

Ҳисобдан кўриниб турибдики, тармоқнинг охирги учидан узоқлашган ТП ларда кучланиш 9,1 кВ гача тушиб, нормал зона чегарасидан −12,9% оғиш кўрсатади. Бу ҳолат, айниқса ёзги насос станциялари ишлаётган даврда, истеъмолчиларда асинхрон моторларнинг қизиб кетиши ва самарадорлигини пасайишига сабаб бўлади.

ETAP муҳитида тармоқ модели.

«Марказий-110» подстанцияси ва ундан тарқаладиган 10 кВ тармоқ ETAP 21.0 дастурида моделлаштирилди. Модель таркибига: 2 та 110/10 кВ трансформатор (63 МВА, $U_k = 10{,}5\%$), 12 та 10/0,4 кВ ТП, 18 та юклама элементлар (актив ва реактив қувватлар билан), 24 та линия звеноси (кабель ва ҳаво узатиш линиялари) киритилди. 3-расмда ETAP муҳитида қурилган тармоқ моделининг скриншотида кўрсатилган.

ISSN 3030-3907



3-расм. «Марказий-110» подстанцияси ва 10 кВ тармоқнинг ETAP 21.0 муҳитидаги бир чизиқли схемаси: кучланиш профили харитаси — кўк рангдан қизилга ўтиш кучланиш пасайишини кўрсатади.

ETAP нинг Power Flow (қувват оқими) модулида Newton-Raphson iteratsion усули қўлланилди. Конвергенция 5 итерацияда 10^{-4} p.u. аниқлигида таъминланди.

DIgSILENT PowerFactory да текширув ҳисоб.

ETAP натижаларини тасдиқлаш мақсадида худди шу тармоқ DIgSILENT PowerFactory 2025 SP1 да қайта моделланди ва Load Flow ҳисоб амалга оширилди. Икки дастур натижалари ўртасидаги максимал фарқ 0,7% дан ошмади, бу моделнинг ишончлилигини тасдиқлайди. 1-жадвалда ETAP ва DIgSILENT натижаларининг қиёсий таққоси келтирилган.

ETAP ва DIgSILENT PowerFactory натижаларининг қиёсий таққоси («Марказий-110» тармоқи, номинал юклама режими)

1-jadval.

ТП номи	ETAP kuchlanish, kV	DIgSILENT kuchlanish, kV	Фарқ, %	GOST me'yori
ТП-1 (ПС яқин)	10,42	10,39	0,29	✓ Норма
ТП-4 (ўрта)	10,08	10,05	0,30	✓ Норма
ТП-8 (узоқ)	9,61	9,58	0,31	✗ −3,9%
ТП-12 (охирги)	9,14	9,11	0,33	✗ −8,6%

Жадвалдан кўриниб турибдики, тармоқнинг охирги звеносидаги

ISSN 3030-3907

кучланиш номинал қийматдан −8,6% га пасайган бўлиб, GOST 32144-2013 нинг нормал зона талабини (−5%) бузади.

Носимметрик режимни моделлаштириш.

Қашқадарё вилоятининг қишлоқ хўжалиги тармоқларида бир фазали юкламалар — айниқса 0,4 кВ паст кучланишли тармоқлардаги бир фазали насос ва ёритиш қурилмалари — тарқатиш трансформаторларида фазалар юкламасининг носимметриясини ҳосил қилади. Бу носимметрия 10 кВ тармоққа ҳам таъсир кўрсатади.

Симметрик таркиблар усули бўйича уч фазали тармоқдаги носимметрик ҳолат учун тескари кетма-кетлик кучланиши:

$$U_- = I_- \cdot Z_- \quad (4)$$

бу ерда I_- — тескари кетма-кетлик токи; Z_- — тармоқнинг тескари кетма-кетлик импеданси (одатда тўғри кетма-кетлик импедансига тенг: $Z_- \approx Z_+$).

Носимметрия коэффитсиэнти:

$$K_{2U} = \frac{U_-}{U_+} \times 100\% \quad (5)$$

«Сурхон-35» подстанциясида ёзги максимум юклама пайтида ўтказилган ҳисоб-китоб (формула 4–5 асосида) $K_{2U} = 1{,}8\%$ ни кўрсатди — бу GOST 32144-2013 нинг 2% нормал зона чегарасига яқин. Бироқ баъзи тармоқнинг учи ТП ларида $K_{2U} = 2{,}4 - 2{,}7\%$ гача етиши моделлаш натижаларида аниқланган, бу эса чегара қийматини ошиб кетишини кўрсатади.

ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР.

ETAP 21.0 va DIgSILENT PowerFactory 2025 муҳитларида қурилган тармоқ модели амалий ўлчовлар билан 0,7% дан кичик фарқ кўрсатган, бу моделнинг амалий ишлашини тасдиқлайди ва компенсация ечимларини симуляцияда баҳолаш учун этарли ишончлиликни таъминлайди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Hamidov R.Z., Abdullayev A.A., Ismoilov Sh.I. O‘zbekiston elektroenergetika tizimida reaktiv quvvat balansini tartibga solish // *O‘zbekiston texnika jurnali*. — 2022. — №3. — B. 45–52.

2. Nazarov N.N. *Elektroenergetika tizimlari va tarmoqlari*. — Toshkent: TDTU nashriyoti, 2020. — 312 b.

3. Muxtorov B.M. Taqsimlovchi tarmoqlarda energiya yo‘qotishlarini kamaytirish usullari // *Energetika* (O‘zbekiston). — 2023. — №2. — B. 18–24.

4. Toshmatov Q.T. Kondensator batareyalarini optimal joylashtirish // *Muhandislik va texnologiyalar*. — 2021. — №4. — B. 67–73.

ISSN 3030-3907

5. Mirzayev I.A. 6–10 kV tarmoqlarda kuchlanish tartiblanishi // *Avtomatika va elektrotexnika*. — 2022. — №1. — B. 34–41.
6. Karimov A.K., Tursunov D.B. Smart metering tizimlari va ularni joriy etish muammolari // *Telekommunikatsiyalar*. — 2023. — №2. — B. 12–19.
7. Vinogradov V.A. Kachestvo elektricheskoy energii v selyakh REES // *Elektrichestvo*. — 2021. — №4. — S. 34–42.
8. Kovalev N.F., Zhezhelenko I.V. *Pokazateli kachestva elektroenergii i ikh kontroly na promyshlennyh predpriyatiyah*. — Moskva: Energoatomizdat, 1986. — 168 s.
9. Zhelezko Yu.S. *Poteri elektroenergii. Reaktivnaya mouṇnost'. Kachestvo elektroenergii*. — Moskva: ENAS, 2009. — 456 s.
10. Fedorov A.A., Serbinovsky G.V. *Spravochnik po elektrosnabzheniyu promyshlennyh predpriyatiy*. — Moskva: Energiya, 1981. — 624 s.

ISSN 3030-3907