УДК 621.311.2

РЕАКТИВ ҚУВВАТНИ АВТОМАТИК РОСТЛАШДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН КУЧЛАНИШ РЕЛЕЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШНИНГ ДОЛЗАРБЛИЛИГИ

Ниматов Камолиддин Бахриддинович

Қарши давлат техника университети, катта ўқитувчи

Қарши, Ўзбекистон.

E-mail: k.b.nimatov@gmail.com

Аннотация: Мақолада саноат корхоналарида электр энергиясини самарали бошқаришда реактив қувватни автоматик ростлаш ва кучланиш релеларининг аҳамияти ёритилган. Электромеханик, аналог ва рақамли релелар қиёсий таҳлил қилиниб, рақамли релеларнинг самарадорлиги исботланди. “Шуртан газ-кимё мажмуаси” мисолида кучланиш оғишларининг ишлаб чиқариш жараёнига таъсири кўрсатилди ҳамда ақлли тизимлар билан интеграциялашган янги авлод релеларини ишлаб чиқиш зарурияти асослаб берилди.

Калит сўзлар: Реактив қувват, кучланиш реллелари, электромеханик реле, аналог реле, рақамли реле, саноат корхоналари, автоматлаштириш, ақлли тизимлар, энергия самарадорлиги, ишлаб чиқариш узлуксизлиги.

Аннотация: В статье освещена важность автоматического регулирования реактивной мощности и применения напряженческих реле при эффективном управлении электроэнергией на промышленных предприятиях. Проведен сравнительный анализ электромеханических, аналоговых и цифровых реле, доказана эффективность цифровых реле. На примере «Шуртанского газохимического комплекса» показано влияние отклонений напряжения на производственный процесс, а также обоснована необходимость разработки нового поколения реле, интегрированных с интеллектуальными системами.

Ключевые слова: реактивная мощность, напряженческое реле, электромеханическое реле, аналоговое реле, цифровое реле, промышленные предприятия, автоматизация, интеллектуальные системы, энергоэффективность, бесперебойность производства.

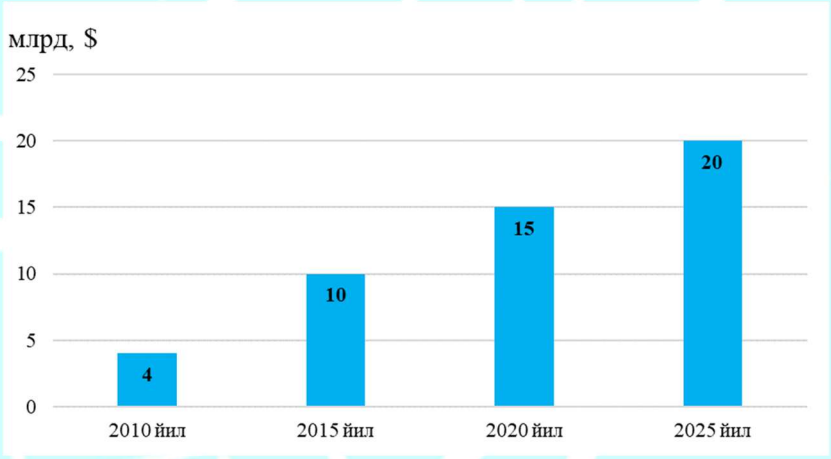
Abstract: The article highlights the importance of automatic reactive power control and the application of voltage relays in efficient energy management at industrial enterprises. A comparative analysis of electromechanical, analog, and digital relays was carried out, proving the effectiveness of digital relays. Using the example of the “Shurtan Gas Chemical Complex,” the impact of voltage deviations on the production process is demonstrated, and the necessity of developing a new generation of relays integrated with intelligent systems is substantiated.

ISSN 3030-3907

Keywords: reactive power, voltage relay, electromechanical relay, analog relay, digital relay, industrial enterprises, automation, intelligent systems, energy efficiency, production continuity.

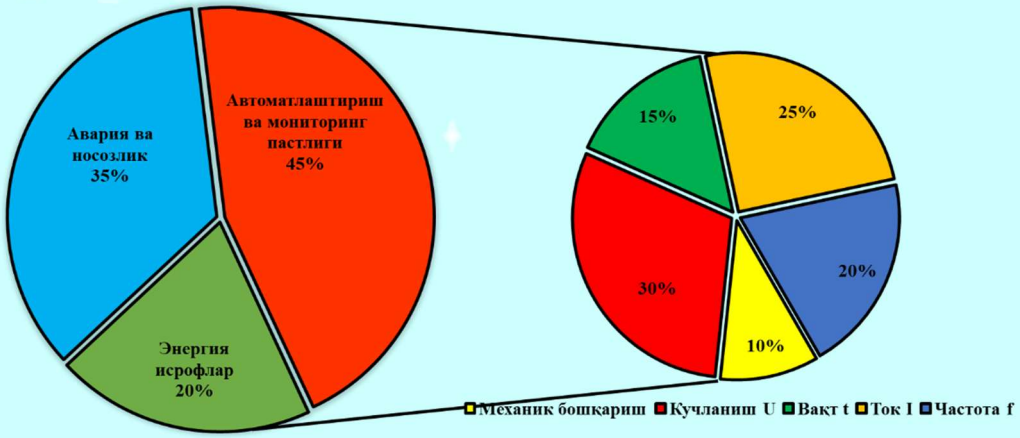
Введение

Электротехника саноати кундан-кунга жадал суръатлар билан ривожланиб бормоқда. Сўнгги йилларда ушбу соҳада янги технологиялар, хусусан, ақлли тизимлар кенг жорий этилмоқда. Замонавий бошқарув, назорат ва автоматлаштириш воситалари саноат ишлаб чиқаришида юқори самарадорликни таъминлаб, технологик жараёнларнинг узлуксизлигини оширишга хизмат қилмоқда.



1.1-расм. Саноат корхоналарида автоматлаштиришнинг йиллар кесимида ўзгариши.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики саноат корхоналаридаги мавжуд муаммоларнинг энг катта қисмини 45% ини автоматлаштириш муаммолари ташкил этади. Ушбу муаммоларнинг асосини кучланишни назорат қилиш билан боғлиқ масалалар ташкил этади.



1.2-расм. Саноат корхоналаридаги мавжуд носозликлар ва уларнинг улуши.

Шунинг учун саноат корхоналарида ақлли тизимлардан фойдаланиш улуши сезиларли даражада ортиб бориб, ишлаб чиқариш жараёнларининг автоматлаштирилиши, энергия тежамкорлиги, хавфсизлик даражасининг

ISSN 3030-3907

ошиши ва технологик жараёнларнинг узлуксизлигини таъминлаш масалаларига катта аҳамият қаратилмоқда. Бунда эса кучланиш релелари каби муҳим қурилмаларни янада такомиллаштириш ва уларни ақлли тизимлар билан интеграция қилишга эҳтиёж янада ортиб бормоқда. Чунки кучланишни белгиланган меъёрий кўсатгичларда (±5% оралиғида) таъминлаш бевосита ишлаб чиқариш жараёнларига таъсир этади.

Хусусан, узлуксиз режимда ишловчи “Шуртангаз кимё мажмуаси” саноат корхонаси тадқиқот объекти сифатида танлаб олинган бўлиб, ушбу корхонада йилига 4,2 млрд.м^3 газни қайта ишлаш имкониятига эга бўлиб, корхонанинг асосий фаолияти табиий газ, газ конденсати, суюлтирилган газ, полиэтилен грануласи, олтингугурт ва тайёр полиэтилен маҳсулотлари ишлаб чиқаришдан иборат. Ушбу махсулотларни ишлаб чиқаришда асосий технологияларни бажаришда электр двигателларини ўрни жуда катта бўлиб, корхонада 1000 В дан паст кучланишда ишлайдиган 1160 та асинхрон туридаги, ҳамда 6000В кучланишга мўлжалланган 23 та асинхрон ва синхрон электр двигателлар мавжуд. Ушбу двигателларни нормал ишлаши тармоқ кучланишининг қиймати билан бевосита боғлиқ бўлиб, кучланишнинг номинал қийматидан оғиши саноат корхоналарида ишлаб чиқариш унумдорлигига сезиларли таъсир кўрсатади. Кучланиш пасайиши электр двигателларида моментнинг камайишига олиб келиб, ускуналар айланиш тезлигини йўқотади ва автомат линияларда маҳсулот чиқиши секинлашади. Бу бир сменада ишлаб чиқариладиган маҳсулот сонининг ёки ҳажмининг камайиши, жараён вақтининг узайиши ва айрим ҳолларда маҳсулотда дефект пайдо бўлишига сабаб бўлади. Кучланиш ортиши эса жиҳозларнинг тез-тез ишдан чиқиши, автоматик тизимларида хато ишга тушиши ва электр двигателлар хизмат муддатининг қисқариши орқали умумий ишлаш вақтининг камайишига олиб келади. Бундан ташқари, кучланишнинг ортиқча оғиши ишлаб чиқариш циклининг бузилиши, авариялы тўхташлар ва жараёнларни қайта ишга туширишдаги вақт йўқотишларини келтириб чиқаради. Бу ҳолатлар ишлаб чиқариш унумдорлигини бир неча фоизга пасайтиради. Шу билан бирга, маҳсулот сифати пасайиши ва энергия сарфининг ортиши орқали харажатлар ошади. Паст кучланишда электр двигателларда ортиқча ток истеъмоли эса қўшимча энергия йўқотишларига сабаб бўлади, бу эса корхона иқтисодий самарадорлигига салбий таъсир кўрсатади.

Ҳозирги кунда ишлаб чиқариш корхоналарида энг кенг қўлланилган электр истеъмолчилар бу асинхрон электр юритгичлар ҳисобланади. 1.1-жадвалда кучланиш оғишининг қиймати –10% дан +10% оралиқда асинхрон электр юриткичларнинг тавсифиларига таъсири кўрсатилган.

ISSN 3030-3907

1.1-жадвал

Асинхрон электр юритгичларнинг кучланиш ўзгаргандаги тавсифлар ўзгариши жадвали

№	Электр юритгич тавсифи	Кучланиш ўзгаргандаги тавсифлар ўзгариши	
		-10%	+10%
1.	Ишга тушурувчи ва айлантирувчи момент	-19%	+21%
2.	Синхрон айланиш частотаси	const	const
3.	Сирпаниш, %	+23%	-17%
4.	Номинал юкламада айланиш частотаси	-1,5%	+1%
5.	Номинал юкламада ротор токи	+14%	-11%
6.	Номинал юкламада статор токи	+10%	-7%
7.	Номинал юкламада чулғамларда t - ҳароратнинг ўзгариши	+5 ^{0}C дан +6 ^{0}C гача	Амалда ўзгармайди

1.1-жадвалда кучланишнинг ±10% ўзгариши асинхрон электр юритгич параметрларига таъсири кўрсатилган: кучланиш 10% га пасайганда айлантириш моменти 19% га камаяди, сирпаниш 23% га ортади, роторнинг айланиш частотаси 1,5% га пасаяди, ротор токи 14% га, статор токи 10% га ортади ва чўлгамлардаги ҳарорати (5÷6)°C га кўтарилади; кучланиш 10% га ошганда эса момент 21% га ортиб, сирпаниш 17% га камаяди, роторнинг айланиш частотаси 1% га ортади, ротор токи 11% га, статор токи эса 7% га камаяди ҳамда ҳарорат амалда ўзгармайди. Кучланишнинг номинал қийматдан оғиши электр юритгич моментини, тармоқдан истеъмол қилаётган токни ва электр двигателини сирпанишини сезиларли даражада ўзгартиради, бу эса иш унумдорлиги ва ишончлилигига салбий таъсир қилади. Шунинг учун ҳам кучланиш релеларини қўллаш муҳим аҳамият касб этади.

Бугунги кунда саноат корхоналарида қўлланилаётган кучланиш релелари турли техник ечим ва ишлаш принциплари асосида ишлаб чиқилган. Мавжуд кучланиш релелари асосан уч турга бўлинади: электромеханик, аналог ва рақамли релелар. Электромеханик релелар ўзининг содда конструкцияси, ишончлилиги ва мустаҳкамлиги билан ажралиб туради, бироқ уларнинг ишлаш тезлиги нисбатан паст ва конструктив имкониятлари чекланган. Аналог релелар кучланиш даражасини аниқлашда юқори аниқликка эга бўлиб, электромеханик қурилмаларга нисбатан сезиларли даражада тезкор ишлайди. Рақамли релелар электромеханик ва аналог релеларга нисбатан тезкорлиги, аниқлиги ва функционал имкониятлари билан устун. Улар мослашувчан дастурлаш, PLC

ISSN 3030-3907

билан интеграция ва тармоқни автоматик назорат қилиш имконини беради, шу билан бирга ишончлиликни оширади.

Ушбу релеларни таққослаш мақсадида 1.2-жадвалда келтирилган 9 та мезон ишлаб чиқилди, ҳамда ушбу мезонлар асосида релелар баҳоланди.

1.2-жадвал

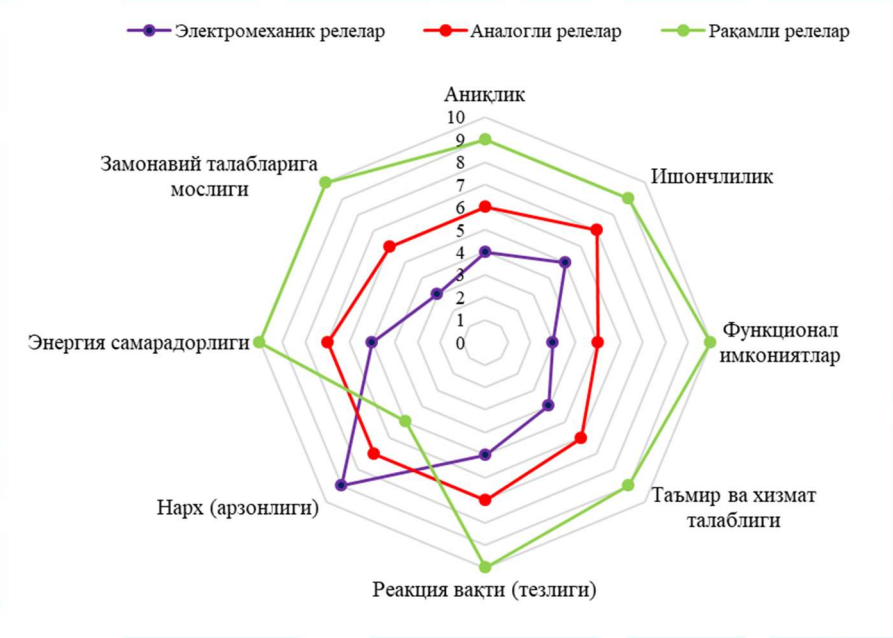
Ҳозирги кунда қўлланилаётган релеларни таққослаш мезони

№	Критерия	Электромеханик реле	Аналог реле	Рақамли реле
1.	Ишлаш принципи	Механик ҳаракат ва контактлар	Электрон аналог схемалар	Микропроцессор асосида ҳисоблаш
2.	Аниқлик	Паст (±5–10%)	Ўртача (±2–5%)	Юқори (±1% ва камроқ)
3.	Ишончлилик	Механик қисмлар эскиради, таъмир талаб қилади	Қисмлар сезгир, аммо ҳаракатланувчи қисм йўқ	Юқори ишончлилик, ҳаракатланувчи қисмлар йўқ
4.	Функционал имкониятлар	Чекланган, фақат бир функция	Чекланган, баъзи қўшимча функциялар	Кўп функцияли, комплекс ҳимоя ва мониторинг
5.	Таъмир ва хизмат кўрсатиш	Мунтазам механик хизмат талаб қилади	Камроқ хизмат талаб қилади	Деярли хизмат талаб этмайди, дастурий янгиланади
6.	Реакция вақти	Узун (десяток миллисекунд)	Қисқарган	Жуда қисқа (миллисекунддан ҳам кам)
7.	Нарх	Арзон	Ўртача	Қиммат, лекин функционали юқори
8.	Энергия сарфи	Юқори	Ўртача	Жуда паст
9.	Замонавий талабларга мослиги	Паст	Ўртача	Юқори, интеллектуал тизимлар билан интеграцияланади

1.2-жадвалда келтирилган кўрсаткичлар асосида, уларнинг энг афзал кўрсатгичи базавий қиймат сифатида танланилиб, бошқалари ушбу

ISSN 3030-3907

кўрсатгичга нисбатан баҳоланди ва натижа 1.3-расмда радар диаграмма кўринишида акс эттирилди.



1.3-расм. Амалда қўлланилаётган кучланиш релеларини баҳолашнинг қиёсий таҳлили “Radar” диаграммаси

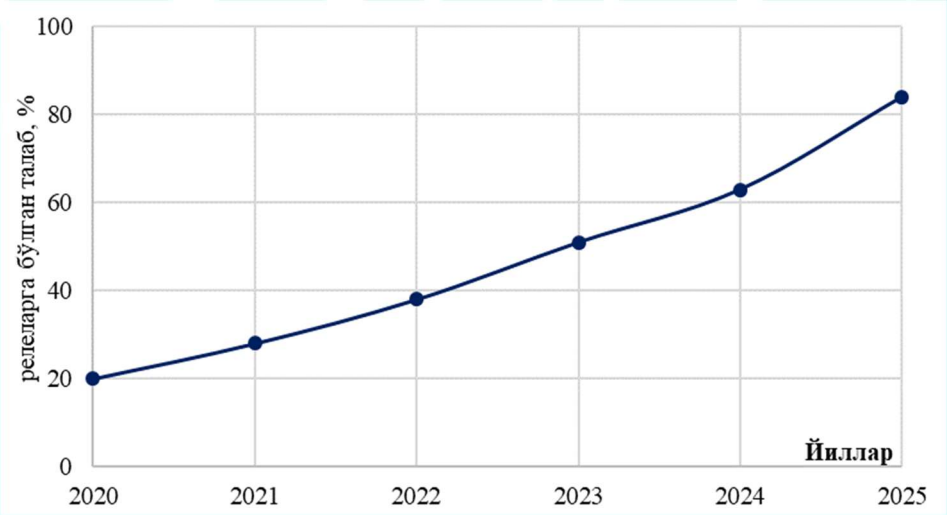
1.3-расмда келтирилган кучланиш релеларини қиёсий таҳлил қилиш “Радар” диаграммасидан маълум бўладики, рақамли релелар нисбатан самаралироқдир. Рақамли релелар замонавий микропроцессор технологиясига асосланган бўлиб, кенг функционал имкониятлар, дастурий созлаш ва ақлли тизимлар билан интеграция қилиш имконини беради.

Бозор таҳлилларига кўра, бугунги кунда саноат корхоналарида ишлатилаётган кучланиш релеларининг тахминан (60–70)% электромеханик тизимларга тўғри келади. Бунинг асосий сабаби — уларнинг узоқ йиллик амалиётда синовдан ўтган ишончлилиги ва техник хизмат кўрсатишнинг нисбатан осонлиги. Шу билан бирга, рақамли ва замонавий аналог релеларнинг нархи юқорироқ бўлгани сабабли уларни кенг миқёсда жорий этиш айрим корхоналар учун иқтисодий жиҳатдан мураккаблик туғдиради. Шу боис, келажакда маҳаллий ишлаб чиқарувчилар томонидан арзон, аммо функционал имкониятлари кенг бўлган рақамли релеларни яратиш муҳим вазифа бўлиб қолмоқда. Зеро, 2025-йил 22-январда қабул қилинган “Электротехника саноатини ривожлантиришни янги босқичга олиб чиқишга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги Президент қарорида ҳам соҳада ишлаб чиқаришни кенгайтириш, маҳсулотларни маҳаллийлаштириш, юқори қўшилган қийматли ва импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришни рағбатлантириш, божхона ва солиқ имтиёзлари бериш, давлат харидларида маҳаллий ишлаб чиқарувчиларга устуворлик яратиш ҳамда

ISSN 3030-3907

2025–2027-йилларда электротехника саноатини модернизация қилиш бўйича аниқ режалар белгилаб берилган.

Рақамли релеларни ишлаб такомиллаштириш билан бир қаторда, уларни масофадан бошқариш ва доимий мониторинг қилиш саноат жараёнларининг хавфсизлиги ва самарадорлигини таъминлашда катта аҳамиятга эга. Бугунги кунда ушбу қурилмаларни SCADA, IoT ва бошқа ақлли тизимлар билан интеграция қилиш зарурати тобора ортиб бормоқда. Бундай интеграция нафақат реал вақт режимида кучланишни назорат қилиш, балки авариявий ҳолатларни олдиндан аниқлаш, автоматик ростлаш ва тизимни масофадан созлаш имконини бериб ақлли тизимларга интеграциялашган ҳолда ишлайдиган кучланиш релеларига бўлган талаб йилдан йилга ошиб бормоқда (1.4-расм).



1.4-расм. Ақлли тизимларга интеграциялашган кучланиш релеларига бўлган талабнинг йиллар кесимида ўсишини диаграммаси

Бозор маълумотларига кўра, ақлли кучланиш релелари сегменти 2024-йилда тахминан 1,5 миллиард АҚШ долларига тенг бўлиб, йиллик ўсиш суръати (CAGR) 9,2% ни ташкил этади (1.2-расм). Бу кўрсаткич умумий реле бозорининг ўртача 5,7% лик ўсишидан юқори қийматларни ташкил этади. Шунингдек, ҳимоя релелари бозори 3,5 миллиард долларлик ҳажмга эга бўлиб, йиллик 7,5% ўсмоқда, бу эса замонавий электр тармоқларида ақлли ҳимоя воситаларига талаб ошиб бораётганини англатади.

1.3-жадвал

Бозор маълумотларига кўра, ақлли кучланиш релелари сегментлари ҳажми ва ўсиш суръати

№	Сегментлар	2024 қиймати (миллиард)	CAGR
1.	Ақлли релелар	$1,5	9,2%
2.	Умумий реле бозори	$9,1	5,7%

ISSN 3030-3907

3.	Smart тармоқ ҳимоя релелари	$3,5	7,5%
4.	Ҳимоя релелари бозори	$3,25	5,8%

Янги авлод кучланиш релеларини яратиш долзарблиги, бир томондан, мавжуд бозор эҳтиёжларининг ўсиши, бошқа томондан, технологик ривожланишнинг тез суръатлари билан изоҳланади. Айни пайтда корхоналар нафақат ишончли ва арзон қурилмаларни, балки ақлли тармоқлар билан мос ишлайдиган, маълумотларни реал вақт режимида қайта ишлаш ва таҳлил қилиш имкониятига эга бўлган ечимларни талаб қилмоқда. Шу сабабли, инновацион, дастурий таъминот билан интеграциялашган ва маҳаллий шароитларга мослаштирилган янги кучланиш ростлаш ечимларини ишлаб чиқиш саноатида муҳим ўрин эгаллайди. Шундан келиб чиқиб, мақолада реактив қувватни автоматик ростлашда дастурий таъминот билан интеграциялашган ҳолда ишлайдиган сабр вақти бошқариладиган контактсиз кучланиш релесини ишлаб чиқиш бўйича ишлар олиб борилди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ.

1. Beitullaeva, R., Tukhtaev, B., Norboev, A., Nimatov, K., & Djuraev, S. (2023). Analysis of pump operation in common pressure pipelines using the example of the “Chirchik” pumping station. In E3S Web of Conferences (Vol. 460, p. 08015). EDP Sciences.
2. Ibragimov, M., Akbarov, D., Fayziyev, M., Beytullaeva, R., Nimatov, K., & Safarov, K. S. (2023, March). Analysis of the methods of diagnosing asynchronous motors according to vibration indicators. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1142, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
3. Fayziyev, M., Ochilov, Y., Nimatov, K., & Mustayev, R. (2023). Analysis of payment priority for electricity consumed in industrial enterprises on the base of classified tariffs. In E3S Web of Conferences (Vol. 384, p. 01039). EDP Sciences.
4. Usmanov, E., Kholikhmatov, B., Rikhsitillaev, B., & Nimatov, K. (2023). Device for reducing asymmetry. In E3S Web of Conferences (Vol. 461, p. 01052). EDP Sciences.
5. Markaev, N., Akbarov, D., Radjapov, Z., Beytullaeva, R., & Nimatov, K. (2024, November). Effects of electrical treatment on the tissues of grape cuttings and characteristics of the equivalent replacement scheme. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3244, No. 1, p. 060006). AIP Publishing LLC.
6. Рахмонов, И. У., Ниёзов, Н. Н., Ниматов, К. Б., Ушаков, В. Я., угли Омонов, Ф. Б., Реймов, К. М., & Нажимова, А. М. (2025). Mathematical model for reducing active power losses by regulating reactive power at enterprises with continuous production mode. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering, 336(2), 159-171.

ISSN 3030-3907

7. Baxriddinovich, N. K., & Malik o‘g‘li, M. X. (2024, Aprel). MASHINASOZLIK KORXONALARI ENERGIYA SAMARADORLIGINING HOZIRGI KUNDAGI HOLATI. In INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONFERENCE (Vol. 2, No. 23, pp. 182-189).
8. Kamoliddin B. Nimatov Ikromjon U. Raxmonov. (2025/1) PROBLEMS OF ENERGY AND SOURCES SAVING. Kontaktsiz kuchlanish relelari asosida reaktiv quvvatni boshqarishni modellashtirish usullari.
9. K.B. Nimatov I.U.Rakhmonov. (2023/10) International Journal of AdvancedResearch in Science, Engineering and Technology. Application of Contactless Voltage Regulators in Automatic Reactive Power Consumption Control

ISSN 3030-3907