DOI: 10.65322/j.srd.02162026.33

UO‘T (UDK): 621.32:621.316.7

ZAMONAVIY YORITISH TIZIMLARIDA FOTO RELELARNING SAMARADORLIGINI QIYOSIY TAHLIL QILISH

Berkinov Elmurod Xoshimjonovich, *dotsent,*
Energetika muhandisligi kafedrasi,
E-mail: elmurod_8883@umail.uz,
Qirg‘izboyev Umidjon Iminjon o‘g‘li, *1-bosqich magistranti,*
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya: *Mazkur maqolada zamonaviy yoritish tizimlarida qo‘llaniladigan foto relelarning ishlash prinsipi, asosiy texnik parametrlari hamda ularning samaradorligi tahlil qilingan. Foto relelar yordamida yoritish tizimlarini avtomatlashtirish va energiya tejamkorligini oshirish imkoniyatlari ilmiy asosda yoritilgan. Turli turdagi (analog, raqamli va dasturlanadigan) foto relelarning qiyosiy tahlili orqali ularning afzalliklari va kamchiliklari aniqlangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, foto relelardan foydalanish elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada kamaytiradi hamda ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtiradi. Shuningdek, qurilmalarning sezuvchanlik darajasi, ish diapazoni va tashqi muhitga moslashuvchanligi ularning samaradorligiga bevosita ta’sir etishi ko‘rsatib berilgan. Maqolada amaliy qo‘llanish sohalari hamda iqtisodiy samaradorlik masalalari ham keng yoritilgan. Olingan natijalar zamonaviy energiya tejamkor yoritish tizimlarini loyihalashda muhim ahamiyat kasb etadi.*

Аннотация: *В данной статье рассмотрены принципы работы, основные технические параметры и эффективность фото-реле, применяемых в современных системах освещения. Освещены возможности автоматизации управления освещением и повышения энергоэффективности с использованием фото-реле. Проведен сравнительный анализ различных типов устройств (аналоговых, цифровых и программируемых), выявлены их преимущества и недостатки. Результаты исследования показывают, что использование фото-реле позволяет существенно снизить потребление электроэнергии и оптимизировать эксплуатационные расходы. Также установлено влияние чувствительности, рабочего диапазона и устойчивости к внешним условиям на эффективность работы устройств. В работе рассмотрены практические области применения и экономическая эффективность фото-реле. Полученные результаты имеют важное значение при проектировании энергоэффективных систем освещения.*

Abstract: *This article examines the operating principles, key technical parameters, and efficiency of photo relays used in modern lighting systems. The potential of photo relays for automation and energy efficiency improvement is analyzed from a scientific perspective. A comparative analysis of different types of relays (analog, digital, and programmable) is conducted, identifying their advantages and limitations. The results indicate that the use of photo relays significantly reduces electricity consumption and optimizes operational costs. It is also shown that sensitivity, operating range, and environmental adaptability directly influence device performance. The paper highlights practical applications and economic benefits of photo relays. The findings are valuable for designing efficient and reliable modern lighting systems.*

Kalit so‘zlar: *foto rele, yoritish tizimi, energiya tejamkorlik, avtomatlashtirish, fotodatchik, raqamli rele, sezuvchanlik, Smart Grid.*

Ключевые слова: *фотореле, система освещения, энергосбережение, автоматизация, фотодатчик, цифровое реле, чувствительность, Smart Grid.*

Keywords: *photo relay, lighting system, energy efficiency, automation, photosensor, digital relay, sensitivity, Smart Grid.*

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.33

Kirish. Zamonaviy yoritish tizimlarida energiya samaradorligini oshirish va avtomatlashtirish darajasini yuqori bosqichga ko‘tarish maqsadida yorug‘likka sezgir boshqaruv qurilmalari – foto relelarning qo‘llanilishi kengayib bormoqda. Foto relelar atrof-muhitning tabiiy yorug‘lik darajasini nazorat qilib, yoritish moslamalarining avtomatik yoqilishi yoki o‘chirilishini ta’minlaydi. Bu esa inson omilini kamaytirish, energiya tejamkorligini oshirish, elektr tarmoqlarining yuklanishini optimallashtirish hamda xavfsiz ishlash sharoitini yaratishda muhim omil hisoblanadi. Turli texnik ko‘rsatkichlarga ega bo‘lgan foto relelarning mavjudligi ularning samaradorligini qiyoslab, aniq sharoitlar uchun eng maqbul variantni tanlash zaruratini tug‘diradi. Foto relelarning samaradorligi ko‘plab omillarga bog‘liq bo‘lib, ular orasida sezuvchanlik darajasi, ish diapazoni, kechikish vaqti, elektr energiyasini iste’mol qilish miqdori, haroratga chidamlilik va uzoq muddatli ishlash barqarorligi alohida ahamiyatga ega. Raqamli, analog va dasturlanadigan foto rele modellari bir-biridan texnik imkoniyatlari, narxi va ekspluatatsiya qulayligi bilan farqlanadi. Shuning uchun ushbu qurilmalarni kompleks tahlil qilish, ularning amaliy afzalliklari va cheklovlarini aniqlash muhim ilmiy-amaliy vazifa sanaladi [1-3].

Mazkur ishda foto relelarning ishlash prinsipi, asosiy parametrlari, turli modellarni o‘zaro qiyoslash metodologiyasi hamda amaliy sinov natijalari yoritib beriladi. Tahlillar orqali energiya tejash ko‘rsatkichlari, yoritish tizimlaridagi avtomatlashtirish samaradorligi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlariga ta’siri baholanadi. Tadqiqot natijalari real ekspluatatsiya sharoitlarida eng optimal foto rele turini tanlash va zamonaviy yoritish tizimlarining samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi ilmiy asoslarni taqdim etadi.

Tashqi muhitda yorug‘lik darajasi kamayganda (masalan, kechqurun), fotodatchikning qarshiligi oshadi yoki chiqish kuchlanishi kamayadi. Bu o‘zgarish boshqaruv blokida qayta ishlanadi va rele kontaktlari tutashadi, natijada elektr zanjiri (masalan, chiroq) yoqiladi. Tongda esa yorug‘lik darajasi oshganda, teskari jarayon sodir bo‘ladi va zanjir uziladi.

Elektr energetika tizimlarida turli turdagi himoya va boshqaruv apparatlari qo‘llanilib, ular elektr qurilmalarining xavfsiz ishlashini, ishonchliligini hamda energiya tejash samaradorligini ta’minlaydi. Shunday apparatlar orasida foto relelar alohida o‘rin tutadi. Foto relelar, odatda, yorug‘likka sezgir element asosida ishlovchi avtomatik qurilmalar bo‘lib, ular atrof muhitdagi yoritilish darajasiga qarab elektr zanjirini yoqish yoki o‘chirishni amalga oshiradi.

Foto relelar, asosan, yoritish tizimlari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, quyosh energetikasi va energiya tejamkor boshqaruv sohalarida keng qo‘llaniladi. Ularning asosiy afzalligi – inson aralashuvisiz ishlash, elektr energiyasini tejash, atrof-muhit sharoitlariga moslashuvchanlik hamda uzoq xizmat muddatidir [4-6].

Materiallar va metodlar. Foto rele (fotodatchik asosidagi rele) – bu atrof-muhitdagi yoritilish darajasini sezib, unga mos ravishda elektr zanjirini avtomatik tarzda boshqaruvchi elektron qurilma.

Uning asosiy qismlari quyidagilardan iborat:

- Fotoelement (fotodiod yoki fotorezistor) – yorug‘lik oqimiga sezgir bo‘lib, o‘z qarshiligini yoki chiqish signalini o‘zgartiradi;
- Kuchaytiruvchi blok (tranzistor yoki mikroprotsessorli modul) – fotodatchikdan kelgan signallarni kuchaytirib, rele mexanizmini boshqaradi;
- Ijrochi qurilma (elektr rele yoki tiristor) – elektr yuklamasini ulovchi yoki uzuvchi element;
- Tashqi qoplama va himoya moduli – qurilmani namlik, chang, harorat o‘zgarishidan himoya qiladi.

Shunday qilib, foto rele inson ishtirokisiz kechasi yoritishni yoqadi, kunduz esa o‘chiradi. Bu jarayon energiya tejamkorlikni va ekspluatatsiya qulayligini oshiradi.

Foto rele samaradorligi bir necha texnik va energetik omillar orqali baholanadi.

Foto relelarning samaradorligi, odatda, inson aralashuvisiz avtomatik boshqaruv orqali

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.33

energiya sarfini 25–35 % gacha kamaytirish imkonini beradi.

Foto relelar turli maqsadlarda ishlatiladi va ular tuzilish hamda funksiyasiga ko‘ra quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi:

Maishiy foto relelar. Yoritish tizimlarini avtomatik boshqarish uchun mo‘ljallangan. Ular 220 V kuchlanishda ishlaydi va tashqi sensor orqali atrof muhit yoritilishini aniqlaydi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan misol – ko‘cha yoritgichlarini avtomatik yoqib-o‘chirish**.**

Sanoat foto relelari. Bu turdagi relelar yuqori kuchlanishli va yuklamali tizimlarda ishlaydi. Ular yuqori sezuvchanlikka ega bo‘lib, tashqi aralashuvlarga chidamli. Asosan, energiya ta’minoti tarmoqlari, ishlab chiqarish sexlari, avtomatika liniyalarida qo‘llaniladi.

Fotoelektrik relelar. Optik sezgirlikka asoslangan bo‘lib, ular yorug‘lik nurining mavjudligi yoki yo‘qligiga qarab ishlaydi. Masalan, sensorli eshiklar, lift tizimlari, xavfsizlik datchiklarida ishlatiladi.

Raqamli (mikroprotsessorli) foto relelar. Zamonaviy texnologiyalarda eng ilg‘or turi hisoblanadi. Ular mikroprotsessor yordamida ishlaydi, yorug‘lik sezgirlik darajasini avtomatik sozlaydi, vaqt va kechikish funksiyalariga ega. Shuningdek, tarmoqdagi kuchlanish o‘zgarishlariga barqaror ishlaydi.

Foto relelar ko‘pincha boshqa avtomatik boshqaruv apparatlari – vaqt relesi, harorat relesi, harakat datchiklari, mexanik kalitlar bilan birgalikda yoki o‘rniga ishlatiladi. Quyidagi 1-jadval ularning samaradorligini qiyosiy ko‘rsatadi.

1-jadval

Boshqaruv apparatlarini qiyosiy tahlili

Turi	**Javob vaqti**	**Energiya sarfi**	**Ishonchlilik**	**Texnik xizmat**	**Samaradorlik bahosi**
Foto rele	Juda tez (≤ 0.5 s)	Juda kam	Yuqori	Kam talab qiladi	95 %
Harakat datchigi	O‘rta (1–3 s)	Kam	O‘rta	O‘rta	85 %
Vaqt relesi	O‘rta	Kam	Yuqori	O‘rta	90 %
Harorat relesi	Sekin	Kam	O‘rta	O‘rta	80 %
Mexanik kalit	Tez	Yuqori	Past	Ko‘p talab qiladi	70 %

Ko‘rinib turibdiki, foto relelar samaradorlik, ishonchlilik va energiya tejamkorligi bo‘yicha boshqa apparatlardan ustun turadi. Ayniqsa, ularning avtomatik va kontaktlarsiz ishlash prinsipi tufayli ekspluatatsiya qulayligi oshadi.

Natijalar. Energiya tejash bugungi kunda elektr energetikasi sohasidagi eng dolzarb masalalardan biridir. Foto relelarning asosiy samaradorlik manbai – yoritish tizimlarining ortiqcha ishlashini bartaraf etishdir. Masalan:

- Agar ko‘cha chiroqlari tun bo‘yi emas, balki faqat qorong‘ilik paytida ishlasa, bir yil davomida o‘rtacha 25–40 % elektr energiyasi tejash mumkin.
- Sanoat binolarida foto rele yordamida yoritish tizimlarini avtomatik boshqarish har oyda 10–15 % energiya iqtisodi beradi.
- Boshqaruv tizimlarida foto relelar orqali o‘z-o‘zini nazorat qiluvchi tizim yaratiladi, bu esa inson xatosini kamaytiradi va ekspluatatsiya xarajatlarini qisqartiradi.

Formulada bu samaradorlik quyidagicha ifodalanadi:

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.33

$$\eta = \frac{E_t - E_f}{E_t} \times 100\%$$

bu yerda η-foto relening samaradorligi, %; E_t-foto relesiz energiya sarfi; E_f-foto rele bilan ishlashdagi energiya sarfi;

Agar $E_t = 1000kWh$ va $E_t = 700kWh$ bo‘lsa, unda demak, 30 % energiya tejashga erishiladi.

Foto rele o‘rnatishning iqtisodiy samaradorligi ularning ishlash davrida qayta-qayta kompensatsiyalanadi. Quyidagi omillar iqtisodiy samaradorlikni belgilaydi:

1. Boshlang‘ich xarajatlar – qurilmaning narxi va montaj ishlari.
2. Ekspluatatsiya xarajatlari – texnik xizmat, sozlash, energiya sarfi.
3. Tejalgan energiya miqdori – yil davomida kamaygan energiya iste’moli.
4. Qoplash muddati – qurilma narxi energiya tejalishi hisobiga necha oyda qoplanishi.

Masalan, bir yoritish liniyasi uchun 100 000 so‘mlik foto rele o‘rnatilganda, u oyiga 10 kWh energiya tejasa, 1 yilda 120 kWh tejaladi. Agar 1 kWh narxi 1 200 so‘m bo‘lsa, yillik iqtisod 144 000 so‘m bo‘ladi. Demak, qurilma 8 oyda o‘zini qoplaydi.

Zamonaviy foto relelarning afzalliklari quyidagicha:

1. Kontaktlarsiz boshqaruv – mexanik qismlar yo‘q, demak ishonchlilik yuqori.
2. Tezkorlik – yorug‘lik o‘zgarishiga soniyalar ichida javob beradi.
3. Energiya tejamkorlik – faqat kerak paytda yoritish ishlaydi.
4. Uzoq xizmat muddati – 10 yilgacha uzluksiz ishlashi mumkin.
5. Barqarorlik – harorat, namlik va kuchlanish tebranishlariga nisbatan chidamli.
6. Moslashuvchanlik – sezuvchanlik darajasini (lux bo‘yicha) sozlash mumkin.
7. Iqtisodiy foyda – ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi.
8. Integratsiyaga moslik – avtomatika va “aqlli uy” tizimlariga ulanish imkoniyati bor.

Muhokama. Foto relelarning kamchiliklari va ularni bartaraf etish yo‘llari quyidagicha:

- Yorug‘lik manbalariga noto‘g‘ri yo‘naltirilsa, noto‘g‘ri ishga tushishi mumkin;
- Arzon modellarda sezuvchanlik past bo‘ladi;
- Ekstremal haroratlarda fotodatchik xususiyatlari o‘zgaradi;
- Yorug‘lik manbasi ko‘zgu yoki oyna orqali qaytgan bo‘lsa, qurilma noto‘g‘ri signal beradi;

Bartaraf etish choralari:

- Datchikni to‘g‘ri joylashtirish;
- Himoya qopqog‘ini o‘rnatish;
- Sifatli (IP54 va undan yuqori) modellarni tanlash;
- Sezuvchanlik darajasini sinov asosida kalibrlash.

Ko‘cha yoritish tizimlari. Shahar yoritgichlari foto rele orqali avtomatik boshqariladi. Kechasi chiroqlar avtomatik yoqiladi, tongda esa o‘chadi. Bunda 25–30 % energiya tejashga erishiladi.

Quyosh energetika tizimlari. Quyosh panellari bilan ishlovchi tizimlarda foto relelar quyosh nurining mavjudligini aniqlaydi va batareyalarni ulash yoki ajratishni amalga oshiradi. Bu tizimlarning ishonchliligini oshiradi.

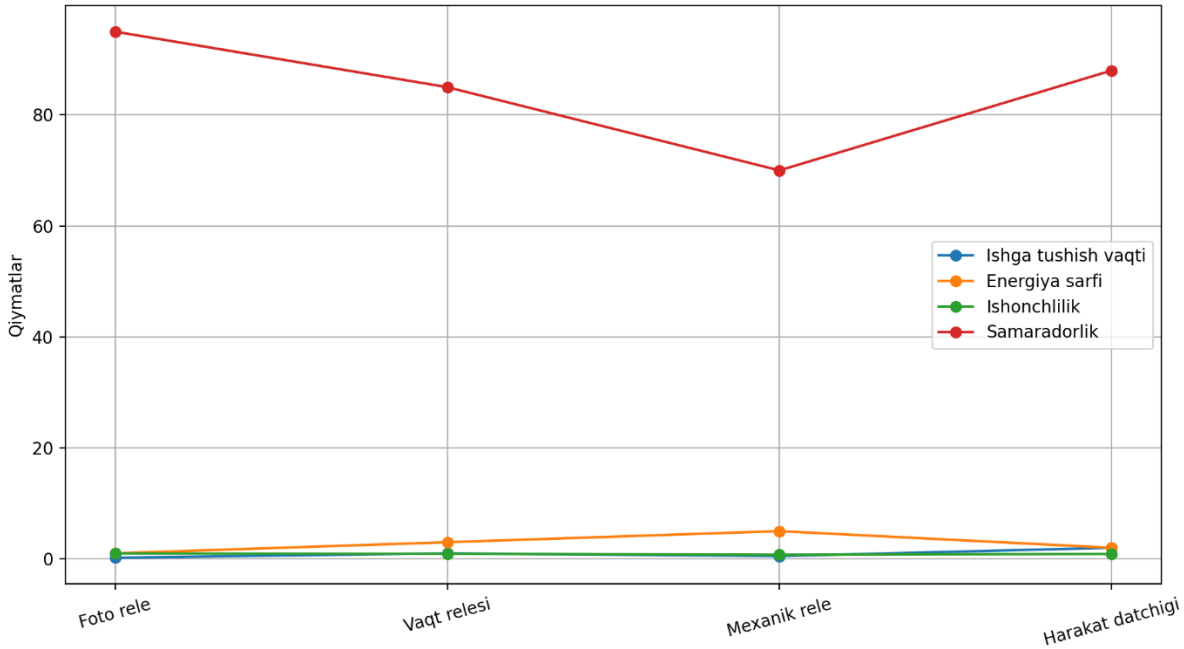
Avtomatik xavfsizlik tizimlari. Fotoelektrik relelar nurlar to‘silganda ishga tushadi. Ular binolarni qo‘riqlash, eshiklarni avtomatik yopish yoki signalizatsiyani faollashtirish uchun ishlatiladi.

Sanoat avtomatikasi. Ishlab chiqarish liniyalarida foto relelar detallar o‘tishini aniqlaydi, shuningdek, konveyer tizimlarini nazorat qiladi.

Quyidagi 1-rasmda turli texnik parametrlar bo‘yicha foto relelar va boshqa boshqaruv

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.33

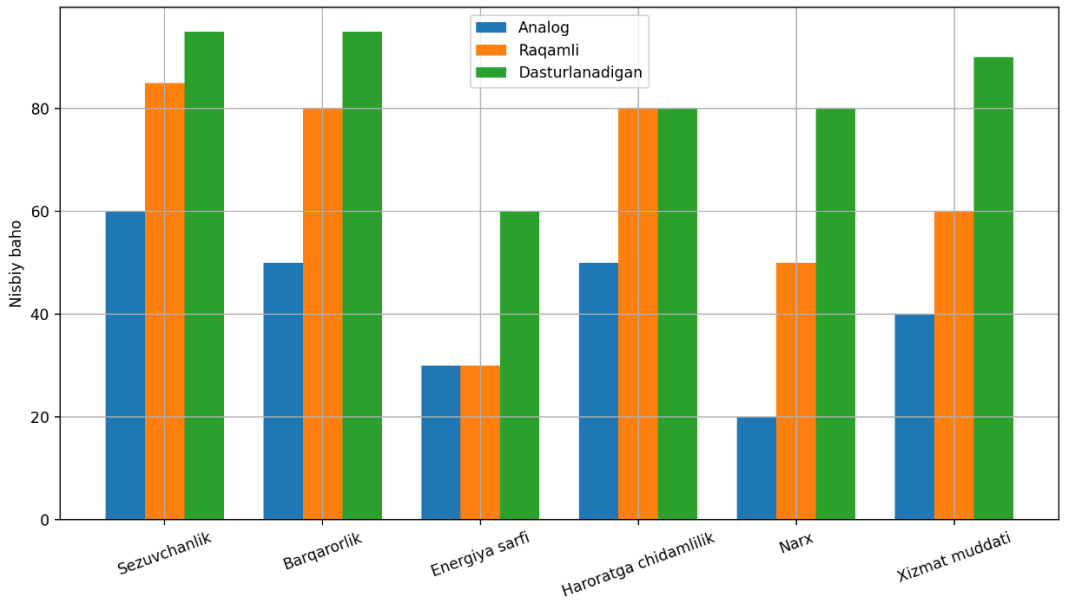
qurilmalari samaradorligi solishtirilgan:



1-rasm. Rele va datchiklarni qiyosiy tahlili

Natijalardan ko‘rinadiki, foto relelar samaradorlik, energiya tejamkorlik va ishonchlilik bo‘yicha eng yuqori natijani beradi. Ayniqsa, ularning xizmat muddati va texnik xizmatga bo‘lgan ehtiyoji minimal.

Quyidagi 2-rasmda uch xil foto rele turining asosiy ko‘rsatkichlarini taqqoslaydi. Zamonaviy elektr tarmoqlari, ayniqsa, “aqlli tarmoqlar” (Smart Grid) konsepsiyasida ishlaydigan tizimlarda foto relelarning ahamiyati ortib bormoqda. Ular:



2-rasm. Analogli, raqamli va dasturlanadigan qurilmalarning taqqoslanishi

- Avtomatik boshqaruvni soddalashtiradi;
- Energiya tejashga xizmat qiladi;
- Uzoq muddatli barqarorlikni ta’minlaydi;

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.33

- Avariya holatlarining oldini oladi;
- Tizimni ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali qiladi.

Shuningdek, quyosh fotoelektr stansiyalarida ham foto relelar quyosh nuri mavjudligiga qarab avtomatik tarzda batareyalarni ulash o‘chirish orqali tizimning samaradorligini oshiradi.

Xulosa. Yorug‘likka sezgir boshqaruv qurilmalari bo‘lgan foto relelar zamonaviy yoritish tizimlarida energiya tejamkorligi, avtomatlashtirish darajasi va ekspluatatsiya qulayligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Ularning samaradorligini qiyoslash orqali aniq foydalanish sharoitlari uchun optimal qurilmani tanlash imkoniyati yuzaga keladi. Tadqiqot davomida turli turdagi foto relelarning texnik parametrlari – sezuvchanlik darajasi, ish diapazoni, kechikish vaqti, energiya iste’moli, harorat barqarorligi hamda xizmat muddatiga doir ko‘rsatkichlar tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, raqamli va dasturlanadigan foto relelar barqaror ishlashi, sozlash imkoniyatlari kengligi va tashqi omillarga nisbatan yuqori chidamliligi bilan ajralib turadi. Analog foto relelar esa oddiy tuzilishi va arzonligi bilan amaliyotda keng qo‘llanilsada, sezuvchanlikning barqarorligi hamda uzoq muddatli ishlash ko‘rsatkichlari jihatidan raqamli modellardan ortda qoladi.

Qiyosiy tahlil natijalariga ko‘ra, foto rele tanlashda faqat narx omiliga emas, balki yoritish tizimining o‘ziga xos talablari, atrof-muhit sharoitlari, qurilmaning sozlash diapazoni va energiya tejash ko‘rsatkichlariga e’tibor qaratish zarur. Ayniqsa, tashqi yoritish tizimlari, ko‘cha chiroqlari va xavfsizlik yoritgichlarida raqamli yoki kechikish moduliga ega foto relelar samaradorlik bo‘yicha yuqori natija beradi. Ichki yoritish yoki kam yuklama talab qiladigan obyektlarda esa sodda analog relelar ham yetarli bo‘lishi mumkin. Umuman olganda, foto relelarning samaradorligini ilmiy-uslubda qiyoslash energiya tejamkor, ishonchli va barqaror ishlaydigan yoritish tizimlarini loyihalashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Olingan natijalar amaliyotda optimal foto rele turini aniqlashga yordam beradi va zamonaviy yoritish tizimlarining umumiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Karimov A. Avtomatlashtirilgan yoritish tizimlari, Toshkent, 2021.
2. Usmonov N. Sensor texnologiyalari va ularning qo‘llanilishi, Toshkent, 2022.
3. IEEE Lighting Control Systems Journal, Vol. 14, 2023.
4. Валихонова М.И., Беркинов Э.Х. Технические решения по снижению потер энергии в линиях электропередачи высокого напряжения // Universum: технические науки: научный журнал. 2025. № 6(135). Част 7. с.4-8
5. Berkinov E.X. Elektr uzatish va taqsimlash tizimlarining ishonchliligini oshirishda an’anaviy va zamonaviy relelarni tadqiq qilish // Mexanika va Texnologiya ilmiy jurnali. 2025, 6-jild, Maxsus son-1, 438-444-b.
6. Berkinov E.X. Transformatorlarni differensial himoyasida qo‘llaniladigan mikroprotsessorli himoya qurilmalarining elektromagnitli relelardan afzalliklari // Qurilish va ta’lim ilmiy jurnali, 2025, Maxsus son-1, 278-287-b.