ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 6

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

ELEKTR YOYINI ANIQLASH UCHUN OPTIK O‘LCHASH VA NAZORAT TIZIMI

Maxmudov Maxsud Idrisovich
Buxoro davlat texnika universiteti. Elektr va energetika muhandisligi kafedrasi professori, texnika fanlari doktori, professor.
Mirzoyev Narzullo Nuriddinovich
Buxoro davlat texnika universiteti. Elektr va energetika muhandisligi kafedrasi dosenti, texnika fanlari bo’yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Inoyatov Inoyatxo’ja Ibodovich
Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktaranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr dugasini aniqlashda optik o‘lchov va nazorat tizimlarining texnik imkoniyatlari, ishlash prinsiplari va afzalliklari tahlil qilingan. Elektr dugasi xavfli fizik hodisa bo‘lib, u inson hayoti va elektr uskunalari uchun jiddiy zarar keltirishi mumkin. Shu bois, uni aniqlash va bartaraf etish tizimlarini joriy etish energiya tizimlarida xavfsizlik va samaradorlikni oshirishning dolzarb masalasi hisoblanadi. Optik sensorlar foton intensivligini aniqlash orqali real vaqtda ishlaydi va dugani avtomatik ravishda baholaydi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, mazkur texnologiya himoya tizimlarining ishonchliligini oshiradi hamda intellektual tarmoqlar bilan integratsiya qilish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: elektr dugasi**,** optik sensor, duga xavfi,elektr dugasini aniqlash, optik o‘lchov tizimi, nazorat tizimi, real vaqtda monitoring, duga foton intensivligi, himoya relelari, avtomatik himoya, intellektual energiya tarmoqlari, duga energiyasi, optik tola datchik, elektr xavfsizligi, ark flesh (arc flash), sensorli diagnostika, kam kuchlanishli qurilmalar, dugani masofadan aniqlash, tezkor reaksiya tizimi, energiya nazorati.

Аннотация. В данной статье рассматривается применение оптических систем измерения и контроля для обнаружения дуговых замыканий. Электрические дуги представляют значительную угрозу безопасности в электроустановках. Оптические датчики позволяют отслеживать вспышки дуги в режиме реального времени, определяя интенсивность фотонов. В исследовании подчёркиваются высокая чувствительность, надёжность и совместимость системы с интеллектуальными электросетями. Такие технологии улучшают системы защиты и считаются перспективными инструментами для современных интеллектуальных сетей.

Ключевые слова: электрическая дуга, оптический датчик, опасность возникновения дуги, обнаружение электрической дуги, оптическая измерительная система, система управления, мониторинг в реальном времени, интенсивность фотонов дуги, релейная защита, автоматическая

защита, интеллектуальные электросети, энергия дуги, волоконно-оптический датчик, электробезопасность, вспышка дуги, диагностика датчиков, низковольтные устройства, дистанционное обнаружение дуги, система быстрого реагирования, управление энергопотреблением.

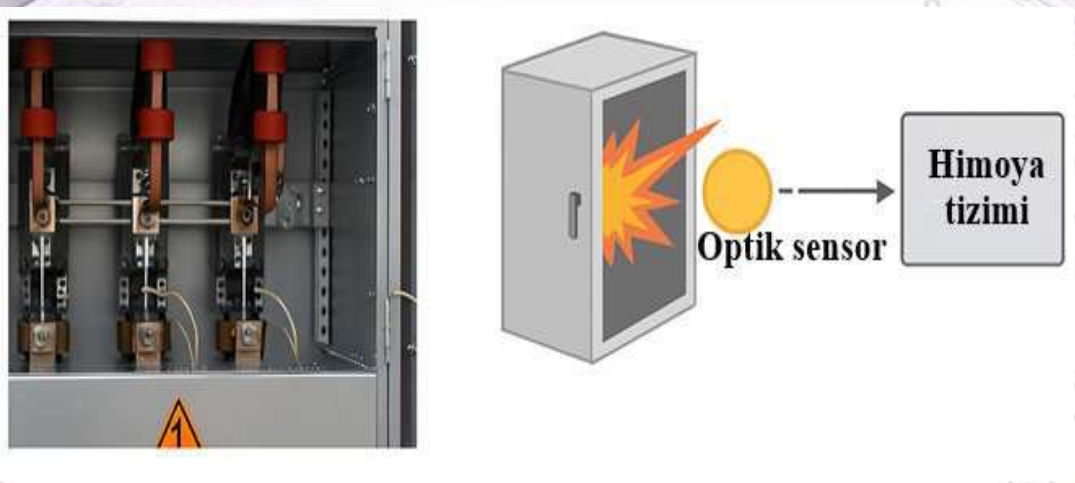
Abstract. This article explores the application of optical measurement and control systems for detecting electric arc faults. Electric arcs pose significant safety risks in electrical installations. Optical sensors enable real-time monitoring of arc flash events through the detection of photon intensity. The study highlights the system's high sensitivity, reliability, and compatibility with intelligent power networks. Such technologies improve protection systems and are considered promising tools for modern smart grid infrastructures.

Keywords: electric arc, optical sensor, arc fault, electric arc detection, optical measuring system, control system, real-time monitoring, arc photon intensity, relay protection, automatic protection, smart grid, arc energy, fiber optic sensor, electrical safety, arc flash, sensor diagnostics, low voltage devices, remote arc detection, rapid response system, energy management.

KIRISH.

35 kV va undan yuqori kuchlanishli elektr taqsimlash qurilmalarida elektr yoylari xavfli avariyalarga, yong‘inlarga va inson hayotiga tahdid soladi. Tradision himoya tizimlari elektr yoysini aniqlashda sust harakat qiladi. 35 kV li elektr taqsimlash qurilmalarida elektr yoysining hosil bo‘lishi sabablari va ularni bartaraf etishda quyidagi muammolarga duch kelinadi: 35 kV li qurilmalarda izolyatsiyaning eskirishi yoki shikastlanishi elektr yoysiga sabab bo‘ladi. Namlik va chang izolyatsiyani zaiflashtirib, yuza bo‘ylab tok o‘tishini kuchaytiradi. O‘tkazgichlar yoki shinalarning mexanik shikastlanishi yoyni yanada kuchaytiradi. Kontaktlarning bo‘shashishi va noaniq ulanishlar elektr razryadining paydo bo‘lishiga olib keladi. Qurilmani noto‘g‘ri montaj qilish yoy hosil bo‘lishi xavfini oshiradi. Noto‘g‘ri ventilyatsiya – harorat oshishi va izolyatsiyaning buzilishiga sabab bo‘ladi. Mavjud sensorlar yoki himoya tizimlari yoyni o‘z vaqtida aniqlamasligi mumkin. Yoyni bartaraf etish uchun avtomatik relelar to‘g‘ri vaqtda ishga tushmasligi. Hodimlarning ta’lim va malaka yetishmasligi xavfli vaziyatlarning kech aniqlanishiga olib keladi. Yoyni bartaraf etish tizimlarining yuqori qiymati va murakkabligi ularni ommaviy joriy qilishga to‘siq bo‘ladi.Shu sababli, yuqori aniqlikda va tezkor ishlaydigan optik sensorli aniqlash tizimlari so‘nggi yillarda juda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Optik elektr yoysini aniqlash tizimining

Optik elektr yoysini aniqlash tizimining asosiy elementlari quyidagilardan iborat:

1. Optik sensorlar (datchiklar). Ushbu sensor yoyning yorug‘lik impulsini sezadi, katta tezlikda reaksiya beradi (1–2 millisekund) va izolyatsiyasidagi kamchiliklarni aniqlaydi.

2. Signalni qayta ishlash moduli (kontroller). Sensordan kelgan signalni qabul qiladi, haqiqiy yoy yoki yolg‘on signalni farqlaydi va xavfli holatda himoya choralarini ishga tushiradi.

3. Himoya relesi (avtomatik uzish qurilmasi). Kontroller buyrug‘iga ko‘ra ishlaydi, keladigan signal asosida elektr ta’minotini uzadi va yoyning tarqalishining oldini oladi.

4. Elektr ta’minoti blogi.Tizimni barqaror ishlatish uchun uzluksiz kuchlanish manbasi hisoblanadi, zarur hollarda AKB (akkumulyator) bilan ta’minlanadi.

5. Optik kabellar. Sensorlar va kontroller o‘rtasidagi ma’lumot uzatish kanallari hisoblanadi, yuqori tezlikli va yorug‘likka sezgir tarmoqlardir.

6. Signalizatsiya va monitoring paneli. Yoyni aniqlaganda yorug‘lik/ovozli signal yuboriladi; Operatorlarga xolat to‘g‘risida ogohlantirish yuboradi..

Optik elektr yoysini aniqlash tizimining **matematik modeli**, bu yorug‘lik signalini aniqlash, qayta ishlash va himoya reaksiyasini avtomatlashtirish jarayonlarini matematik formulalar orqali ifodalashdan iborat. Quyida bu tizim uchun matematik model ishlab chiqildi:

Yorug‘lik yoysining foton intensivligi bu elektr yoysi (razryadi) vaqtida chiqadigan yorug‘lik nurlanishining bir vaqt birligida va bir yuzaga tushayotgan fotonlar soni yoki energetik zichligini ifodalovchi fizik kattalikdir. Shundan kelib chiqib elektr yoysi yuzaga kelganda chiqadigan nurlanish quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

ISSN 3030-3907

bu yerda: I(t) — vaqtga bog‘liq ravishda yorug‘lik intensivligi (lyumen), I_0 — yoyning boshlang‘ich intensivligi, α — nur so‘rilish koeffisienti (sensor va muhitga bog‘liq).

Optik sensor chiqish signali. Sensor fotonlarni elektr tokiga aylantiradi:

$$V_{sensor}(t) = k \cdot I(t)$$

bu yerda:

$V_{sensor}(t)$— sensor chiqishidagi kuchlanish (volt), k — sensorning fotoelektr sezgirlik koeffisienti.

Yoyni aniqlash algoritmi (logik funksiyasi). Signal ma’lum bir chiziqli porogdan oshib ketganda, yoy mavjud deb qabul qilinadi:

$$D(t) = \begin{cases} 1, & agar\ V_{sensor}(t) \geq V_{chegara} \\ 0, & aks\ holda \end{cases}$$

bu yerda: D(t) — yoy holati (1 — aniqlandi, 0 — aniqlanmadi), $V_{chegara}$ — sensorda o‘rnatilgan chegarali kuchlanish qiymati.

Himoya reaksiyasining kechikishi (ta’sir vaqti). Himoya reaksiyasi kechikish bilan amalga oshiriladi:

$$\tau = t_{det} + t_{proc} + t_{rele}$$

bu yerda: t_{det} — yoyni aniqlash vaqti, t_{proct} — signalni qayta ishlash vaqti, t_{relay}— releni ishga tushirish vaqti.

Odatda, bu vaqtlar jami: **1 – 5 ms** atrofida bo‘ladi.

Ishonchli aniqlash ehtimoli (P_{detect})

$$P_{aniqlash} = 1 - e^{-\lambda t}$$

bu yerda: λ — sensorning ishonchliligi koeffisienti, t — aniqlash vaqti (ms).

Tizim funksional sxemasi matematik modelllariga asoslanib yakuniy matematik model ifodasini shunday yozamiz:

$$Yoy\ hodisasi \Rightarrow I(t) \Rightarrow V_{sensor}(t) \Rightarrow Releytriger$$
$$\Rightarrow Elektr\ ta'minotini\ o'chir$$

Yuqorida keltirilgan matematik modellardan foydalanib optik elektr yoysini aniqlash tizimining ishlash jarayoni uchun blok-algoritm ishlab chiqildi va uning tavsifi quyida keltirildi.

Elektr dugasini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimining xatoligini hisoblash tizimning ishonchliligi va aniqligiga baho berishda muhim bosqich hisoblanadi. Ushbu hisoblash asosan sensorning foton signaliga nisbatan chuqur tahlil hamda noaniqlik manbalarini inobatga olgan holda amalga oshirildi.

Optik o‘lchov tizimida umumiy xatolik (Δ) quyidagi formula bilan baholandi:

ISSN 3030-3907

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_{sensor})^2 + (\Delta_{ADC})^2 + (\Delta_{tashqi})^2}$$

Bu yerda: Δ_{sensor} – sensor (fotodetektor) noaniqligi (%), Δ_{ADC} – analog-raqamli o‘zgartirgich xatosi (%), Δ_{tashqi} – tashqi ta’sirlar (nam, tuman, qo‘shimcha yorug‘lik) ta’siri (%).

Agar sensor xatosi: Δ_{sensor}=1.5%, Analog raqamli o‘zgartkichning xatosi: Δ_{ADC}=0.8% va tashqi ta’sirlar: Δ_{tashqi}=1.2% bo‘lsa

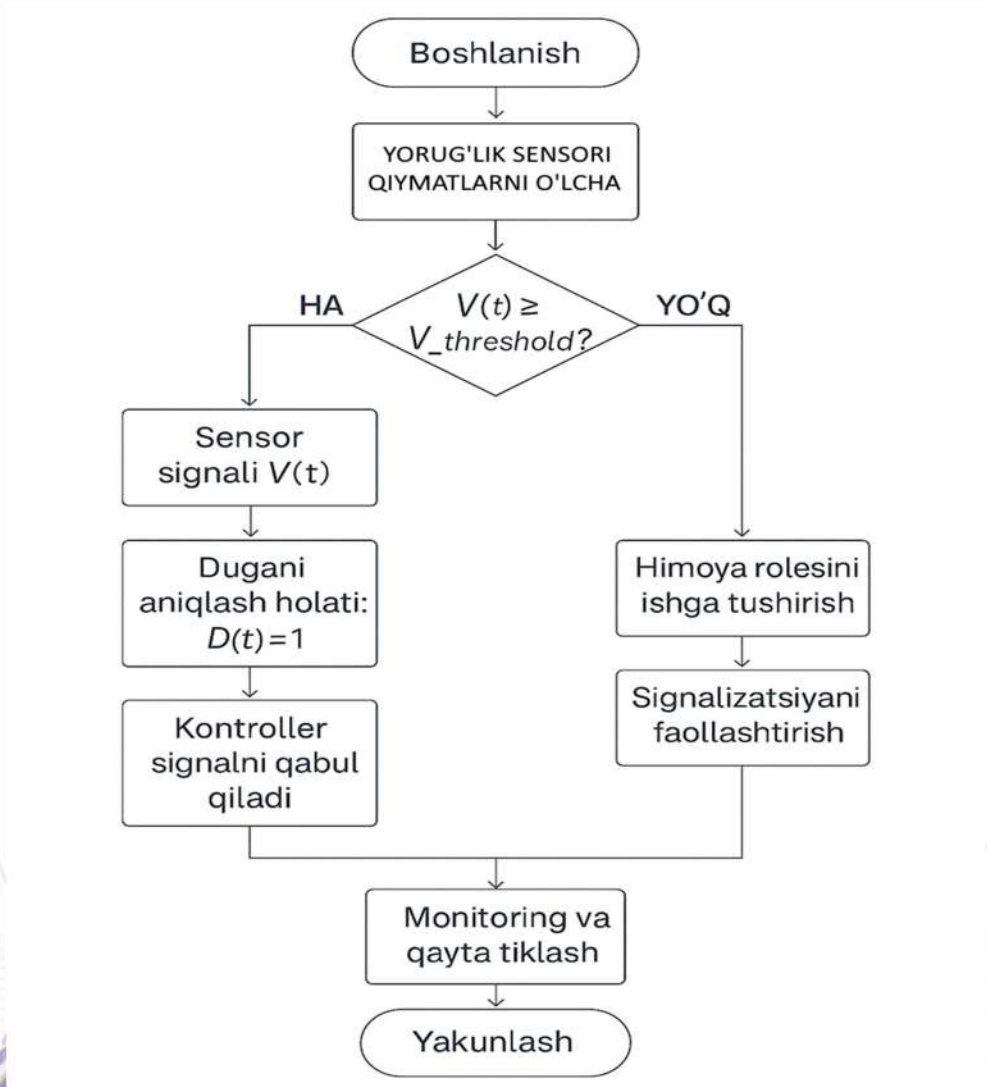
$$\Delta = \sqrt{(1.5)^2 + (0.8)^2 + (1.2)^2} = 2{,}08\ \%$$

Ya’ni, umumiy xatolik ≈ **2.08% ga teng**

Iurilmaning aniqliligi quyidagicha baholandi:

$$A_{aniqlilik} = 100\% - \Delta = 100\% - 2{,}08\ \% = 97.92\%$$

Optik o‘lchov tizimining umumiy xatoligi **2–3% atrofida** bo‘lishi uni aniq va ishonchli texnologiyaga aylantiradi. Xatolikni kamaytirish uchun sensor kalibrovkasi, filtrlash algoritmlari va tashqi nurlanishdan himoya vositalari joriy etiladi.



2-rasm. Optik elektr yoysini aniqlash tizimining ishlash jarayoni uchun blok-algoritm

ISSN 3030-3907

Optik yoy aniqlash uchun blok-algoritm tizimining ishlash tartibi.

1. Boshlanish. Tizim elektr ta’minotiga ulangan holda, doimiy kuzatuv rejimida faoliyat yuritadi va sensorlar doimiy ravishda muhitdagi yorug‘lik o‘zgarishini kuzatib boradi.

2. Agar muhitda elektr yoysiga xos intensiv yorug‘lik chiqsa, optik sensor buni aniqlaydi. Bunday yorug‘lik odatda 1–5 ms ichida sensor tomonidan qayd etiladi.

3. Sensor signali chiqaradi (V_{sensor}). Yorug‘lik intensivligi $V(t)=k\cdot I(t)$ ko‘rinishli elektr kuchlanishi signaliga aylantiriladi:

Tizimda avvaldan belgilangan porog (chegara) qiymat mavjud bo‘ladi. Agar sensor signali ushbu porogdan yuqori bo‘lsa — bu elektr yoysi deb qabul qilinadi.

5. Yoyni aniqlash holati $D(t) = 1$. Yoyning mavjudligi ikkilik funksiya asosida belgilanadi: $D(t)=1$(yoy bor).

6. Kontroller signalni qabul qiladi. Sensordan kelgan signal kontroller mikroprotsessoriga yuboriladi. Kontroller signalni tekshirib, uning haqiqiy yoki yolg‘on ekanini baholaydi.

7. Himoya relesi ishga tushadi. Agar yoy aniqlangan bo‘lsa, relelar orqali elektr zanjiri uziladi. Bu reaksiya juda tezkor bo‘lib 1-3 millisekund ichida amalga oshiriladi.

8. Elektr ta’minoti uziladi. Himoya rele elektr ta’minotini avtomatik uzadi. Bu yong‘in, uskunalarning yonishi yoki odamlarga zarar yetkazishning oldini oladi.

9. Signalizatsiya faollashadi. Sistemadan ovozli va yorug‘lik signallari beriladi. Operatorlarga yoy sodir bo‘lgan joy va vaqt haqida ma’lumot yetib boradi.

10. Monitoring va qayta tiklash.Yoyning sababi bartaraf etiladi (qisqa tutashuv, izolyatsiya muammosi). Tizim texnik xizmat ko‘rsatgandan keyin qayta ishga tushiriladi.

11. Yakunlash. Tizim o‘zining asosiy vazifasini — avariyani oldini olishni bajaradi.Natijada elektr ta’minoti xavfsiz, nazoratli va optimal tarzda tiklanadi.

Elektr yoysini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimining asosiy afzalliklari.

Optik o‘lchov tizimlari yoyni juda tez — millisekundlar ichida aniqlash qobiliyatiga ega.

1. Bu tizimlar real vaqtda ishlab, odam ishtirokisiz avtomatik ravishda ishga tushadi.

2. Yoyni vizual yorug‘lik impulsi orqali aniqlab, aniqlik darajasi yuqori bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

3. Sensorlar kichik o‘lchamli va montajlash oson bo‘lgan qurilmalardan iborat.

4. Elektromagnit xalaqitlarga chidamliligi tufayli ishonchli ishlaydi.

5. Elektr xavfsizligini ta’minlashda asosiy nazorat mexanizmi sifatida xizmat qiladi.

6. Zudlik bilan himoya relelarini faollashtirib, uskunalarni yonib ketishdan saqlaydi.

7. Masofadan turib nazorat va boshqarish imkoniyatini yaratadi.

8. Sanoat, energetika va podstansiyalarda keng qo‘llaniladi.

9. Bu tizimlar orqali inson xavfsizligi va tizim barqarorligi sezilarli darajada yaxshilanadi.

Elektr yoysini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimining iqtisodiy samaradorligini baholashda tizimni joriy etish natijasida kelib chiqadigan iqtisodiy foyda va xarajatlarni solishtirish orqali amalga oshirildi.

1-Jadval

Iqtisodiy samaradorlikni baholash mezonlari:

№	Mezon	Ta’siri
1	Qurilma yoki transformatorning yonib ketishining oldini olish	Mahsulot/uskunani saqlab qoladi
2	Elektr ta’minotidagi uzilishlarni qisqartirish	Korxonalarda ishlab chiqarish to‘xtamaydi
3	Remont va tiklash xarajatlarini kamaytirish	Qisqa muddatda qayta ish boshlanadi
4	Xodimlarning xavfsizligini ta’minlash	Sog‘liqni saqlash va jarohat xarajatlari kamayadi
5	Elektr energiyasi yo‘qotishlarini kamaytirish	Tarmoqdagi energiya balansi yaxshilanadi

Solishtirma hisob:

Yoyni aniqlashsiz holatda:

- Transformator yonib ketsa: 30000–100000$ USD zarar.
- Elektr ta’minoti 1 soatga to‘xtasa: 5000–10000$ USD ishlab chiqarish to‘xtashi.
- Remont va texnik xizmat: 3000–10000 USD.
- Yangidan qurilma o‘rnatish: 20000$ USD.

Optik yoy nazoratini o‘rnatish bilan:

- Tizim narxi: 5000–15000$ (bir ob’ekt uchun).
- Har yili 1–2 marta himoya faol bo‘lib, uskunani saqlab qoladi.
- 3 yilda o‘zini to‘liq qoplaydi.
- 5–10 yillik xizmat muddatida 50000$ iqtisodiy foyda keltiradi.

ISSN 3030-3907

Optik yoy aniqlash tizimlari boshlang‘ich sarf-xarajat talab qilsa-da, ularning **iqtisodiy samarasi 1–2 yil ichida o‘zini to‘liq qoplaydi,** tizim xavfsizligi, ishonchliligi va uskunalarni muhofaza qilishda katta foyda beradi.

Xulosa: Elektr yoysini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimini qo‘llashning istiqbollari juda keng va dolzarb hisoblanadi. Bunday tizimlarni kelgusidagi qo‘llanish yo‘nalishlari va rivojlanish istiqbollari quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi:

O‘lchov- nazorat tizimini qo‘llashning istiqbollari:

1. Intellektual energetika tarmoqlariga integratsiya – smart-grid texnologiyalari bilan birgalikda ishlash imkoniyati yuqoriligi.
2. Avtomatlashtirilgan podstansiyalarda ommaviy joriy etish – inson aralashuvini kamaytirgan holda xavfsizlikni oshiradi.
3. Sanoat energetika tarmoqlarida keng qo‘llash – ishlab chiqarish jarayonlarini to‘xtatishni oldini oladi.
4. Raqamlashtirilgan monitoring platformalariga ulanish – SCADA, IoT, va Big Data tizimlari bilan uzviy bog‘lanish imkoni bo‘ladi.
5. Distansion kuzatuv va tahlil qilish imkoniyatlari – markazlashgan dispetcherlik tizimida ishlatish.
6. Himoya tizimlarini optimallashtirish va tezkorlikni oshirish – avariya reaksiya vaqti qisqaradi.
7. Kichik va mobil elektr tarmoqlarida ham tatbiq etish – mahalliy taqsimlash punktlarida va transformator punktlarida.
8. Ko‘p sensorli to‘liq intellektual tushunish tizimlari – faqat yoyni emas, balki uning darajasi, davomiyligi va xavfini baholaydi.
9. Qaydlar va tahlillar uchun avtomatik hisobotlar tuzish – energetik audit va xavf tahlili jarayonlarini soddalashtiriladi.
10. Xalqaro standartlarga mosligi tufayli eksportbop – mahalliy ishlab chiqarishda mahsulotni xalqaro bozorga olib chiqish imkoniyati tug‘uladi.

Ilmiy va amaliyotdagi istiqbollar:

- Neyron tarmoqlar va AI bilan integratsiya – yoyni aniqlashda sun’iy intellektning roli ortadi.
- Optik sensorlar narxining tushishi – texnologiya ommaviylashishi tezlashadi.
- O‘zbekiston energetika tizimida tatbiq qilish uchun grant va investisiya loyihalari – mahalliy qo‘llash imkoniyati ortadi.
- Yangi standartlar asosida sertifikatlashtirish – xavfsizlik va ishonchlilikni ta’minlash yo‘lida muhim qadam qo‘yiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. IEEE Std 1683™-2014.*Guide for Application of Optical Sensors for Arc Flash Detection*.

2. Y. Liu, Z. Bo, B. Zhang (2020)."*Optical Detection Techniques for Electric Arc Faults in MV Switchgear"*, IEEE Transactions on Power Delivery.
3. M. G. Danikas & D. P. Agoris (2016) – *"A Review of the Use of Optical Sensors in Arc Fault Detection"*, Electrical Engineering Journal.
4. ABB Technical Paper (2019) – *"Arc Flash Protection Systems: Principles and Applications"*
5. Schneider Electric White Paper (2021) – *"Preventing Arc Flash with Optical Detection Technologies"*.
6. Dr. Michael Koch (Siemens AG) – *"Real-time Arc Flash Detection Systems in MV Panels"*, Siemens Seminar Notes, 2022.
7. U. S. Department of Energy (DOE) – *"Arc Flash Hazard Analysis and Mitigation"*, Handbook, 2018.
8. DIN EN 61439-1 / IEC 61439-1. *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – General rules*
9. Xitoydagi Xi'an Jiaotong University ilmiy ishlari."*Development of Fiber Optic Sensors for Arc Detection"*, Chinese Journal of Electrical Engineering.
10. Ko'p tomonlama muhandislik jurnallari (Scopus/Elsevier/MDPI) ."*Arc Flash Detection in Smart Grids"*, *"Artificial Intelligence in Fault Detection"*, *"IoT-based Protection Systems"*

ISSN 3030-3907