BIR FAZALI ELEKTR TARMOQLARIDA KONTAKTSIZ ISHGA TUSHIRGICHLAR ORQALI REAKTIV QUVVATNI KOMPENSATSIYALASH.

R.A. Mustayev
Qarshi davlat texnika universiteti "Elektr ta'minoti va intellektual energetik tizimlar" kafedrasi dotsenti.,
Ch.D. Bozorova
Qarshi davlat texnika universiteti "Elektr ta'minoti" mutaxassisligi 2-bosqich magistranti.
Z.F.Abdullayeva
Qarshi davlat texnika universiteti "Energetika muhandisligi" yo'nalishi 2-bosqich talabasi.

Annotatsiya.Ushbu maqolada bir fazali elektr iste'molchilarini kontaktsiz tarzda boshqarish uchun mo'ljallangan mikrokontroller asosidagi kommutatsiya qurilmasining tuzilishi va ishlash prinsipi yoritilgan. Taklif etilgan qurilma simistor va optoparalar asosida ishlaydi hamda an'anaviy kontaktli ishga tushirish qurilmalariga xos kamchiliklarni bartaraf etadi. Qurilma reaktiv quvvat kompensatsiyasi, suv nasoslari va kichik quvvatli elektr yuritmalarini avtomatik boshqarishda yuqori tezkorlik va ishonchlilikni ta'minlaydi. Qurilmaning konstruktiv tuzilishi, element tanlovi, boshqaruv algoritmi hamda texnik afzalliklari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: Kontaktsiz kommutatsiya, simistor, optopara, mikrokontroller, reaktiv quvvat kompensatsiyasi, bir fazali yuklama, FV stansiya, boshqaruv tizimi.

Аннотация: В данной статье рассмотрена структура и принцип работы бесконтактного устройства пуска однофазных электрических потребителей на основе микроконтроллера. Предлагаемое устройство, основанное на симисторах и оптопарах, устраняет недостатки традиционных контактных пускателей. Устройство обеспечивает высокую скорость и надежность при управлении реактивной мощностью, конденсаторными батареями, водяными насосами и маломощными электроприводами. Представлены конструктивные особенности устройства, выбор элементов, алгоритм управления и технические преимущества.

Ключевые слова: Бесконтактная коммутация, симистор, оптопара, микроконтроллер, компенсация реактивной мощности, однофазная нагрузка, солнечная фотоэлектростанция, система управления.

Abstract This article presents the structure and operating principle of a microcontroller-based contactless switching device designed for single-phase electrical loads. The proposed system, built on triacs and optocouplers, eliminates the drawbacks of conventional contact-based starters. The device provides high-

ISSN 3030-3907

speed and reliable operation for reactive power compensation, capacitor bank switching, water pumps, and low-power electric drives. The construction of the device, component selection, control algorithm, and technical advantages are analyzed in detail.

Keywords: contactless switching, triac, optocoupler, microcontroller, reactive power compensation, single-phase load, photovoltaic station, control system.

Kirish.

Hozirgi davrda elektr yuritmalarni ishga tushirish va boshqarish tizimlarida yuqori ishonchlilik, energiya samaradorligi hamda xizmat muddati uzunligini ta’minlash eng muhim talablar qatoriga kiradi. An’anaviy kontaktli ishga tushirish qurilmalari ko‘p yillardan buyon sanoat va maishiy elektr tarmoqlarida keng qo‘llanib kelayotgan bo‘lsa-da, ular konstruktiv xususiyatlariga ko‘ra bir qator jiddiy kamchiliklarga ega. Xususan, kontaktlarning mexanik eskirishi, ulanish–uzilish vaqtida uchqun hosil bo‘lishi, kontaktlarning qizishi va ishlash barqarorligining pasayishi ularning xizmat muddatiga bevosita salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bunday kamchiliklar elektr yuritma va iste’molchilarni ishga tushirish jarayonida texnik nosozliklar, elektr energiya sifatining yomonlashuvi hamda avariya holatlarining yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi.

Shu sababli so‘nggi yillarda kontaktli ishga tushirish qurilmalarini kontaktsiz elektron boshqaruv tizimlari bilan almashtirishga bo‘lgan talab sezilarli darajada ortib bormoqda. Kontaktsiz qurilmalar yarim o‘tkazgich elementlari asosida ishlagani sababli ularda mexanik harakatlanuvchi qismlar mavjud emas. Bu esa tizimning ishonchliligini oshiradi, uchqun hosil bo‘lishining oldini oladi, xizmat muddatini uzaytiradi va boshqaruv jarayonida yuqori tezkorlikni ta’minlaydi. Kontaktsiz qurilmalar hozirda quyidagi sohalarda keng qo‘llanilmoqda:

– zaxira manbalarni avtomatik ulash tizimlari (AVR);
– reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalash qurilmalari;
– yuklamasi keskin o‘zgaradigan elektr iste’molchilari;
– turli ish rejimlariga ega elektr yuritmalarni ishga tushirish va boshqarish jarayonlari.

Ayniqsa, reaktiv quvvat kompensatsiyasi tizimlarida kontaktsiz kommutatsiya texnologiyalarining ahamiyati katta. Hozirgi paytda ko‘pchilik korxona va elektr tarmoqlarida kondensator batareyalarini ulash va uzishda kontaktorlar qo‘llanadi. Biroq kontaktorlarning sekin ishlashi, ulanish vaqtida katta tok zarbalari, kontaktlarning qizishi va eskirishi kabi omillar reaktiv quvvatni ratsional kompensatsiyalash imkoniyatini cheklaydi. Optimal kompensatsiya uchun esa kondensator batareyalarining turli quvvatlilarini qisqa vaqt oralig‘ida,

ISSN 3030-3907

ketma-ketlikni o‘zgartirgan holda avtomatik boshqarish talab etiladi. Bu vazifani bajarishda kontaktsiz elektron kommutatsiya elementlarining roli juda muhim.

Mazkur tadqiqotda kichik quvvatli bir fazali elektr iste’molchilarni mikrokontroller asosida kontaktsiz tarzda ishga tushirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Taklif etilgan tizimda tiristor, simistor kabi yarim o‘tkazgich elementlari yordamida yuklamani xavfsiz, tezkor va barqaror boshqarish imkoniyati yaratilgan. An’anaviy kontaktli tizimlardagi mexanik eskirish, uchqunlanish va xizmat muddati qisqaligi kabi muammolar bartaraf etilishi bilan birga, yuklamaning ishga tushish jarayoni silliq, energiya tejamkor va tarmoq sifat ko‘rsatkichlariga ta’siri minimal bo‘lishi ta’minlanadi.

Tadqiqotda taklif qilinayotgan kontaktsiz boshqaruv tizimining funksional blok sxemasi, ish algoritmi, mikrokontroller dasturlash prinsiplari hamda tajriba sinovlaridan olingan natijalar batafsil yoritilgan. Ushbu izlanish natijalari zamonaviy elektr yuritmalarini boshqarish tizimlarini takomillashtirish, energiya tejamkorlikni oshirish va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishda amaliy ahamiyatga ega.

Asosiy qism. Elektr ta’minoti tizimlarida iste’molchilarni tarmoqqa ulash–uzish, yuklama rejimlarini boshqarish hamda reaktiv quvvat kompensatsiyasini operativ va yuqori ishonchlilik bilan amalga oshirish bugungi kunning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Sanoat va maishiy sohalarda yuklamalarning turlicha xususiyatga ega bo‘lishi, ularning ishga tushish jarayonida katta tok zarbalari yuzaga kelishi, shuningdek, tarmoqdagi kuchlanish tebranishlari, qisqa tutashuvlar yoki ortiqcha yuklanishlar elektr apparaturaning barqaror ishlashiga jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli elektr tarmoqlarida an’anaviy kontaktli kommutatsion apparatlarning o‘rniga kontaktsiz avtomatik boshqariladigan qurilmalarni joriy etish tizimning umumiy ishonchliligini sezilarli darajada oshiradi.

Kontaktsiz qurilmalar mexanik kontaktlarga ega bo‘lmagani sababli, ularda elektr yoyi hosil bo‘lmaydi, kontaktlarning kuyishi yoki mexanik eskirishi kuzatilmaydi. Bu esa qurilmaning xizmat muddatini uzaytiradi, texnik xizmat ko‘rsatish davriyligini kamaytiradi hamda uzib–ulash jarayonida yuqori tezkorlikni ta’minlaydi. Ayniqsa, quyosh fotoelektrik stansiyalari ulushi yuqori bo‘lgan elektr ta’minoti tizimlarida, yuklamalarning ko‘p marta va tez-tez ulanishi talab etiladigan hollarda, bunday qurilmalar juda samarali hisoblanadi.

Mana shu ehtiyojlardan kelib chiqib, konstruktiv jihatdan sodda, ishonchli va tarmoqdagi jarayonlarga tez reaksiya bera oladigan bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi ishlab chiqildi. Ushbu qurilma quyosh fotoelektrik stansiyalari tomonidan ishlab chiqarilgan energiyani taqsimlash va iste’molchilarga uzatish jarayonlarida, shuningdek, reaktiv quvvatni kompensatsiya qiluvchi kondensator batareyalarini avtomatik kommutatsiyalashda qo‘llash uchun mo‘ljallangan.

ISSN 3030-3907

Mazkur kontaktsiz kommutatsiyalash apparati:

- bir fazali suv nasoslari;
- aktiv yuklamalar (isitkich, maishiy jihozlar);
- sig‘im xarakterli yuklamalar (kondensator batareyalari);
- aktiv-induktiv yuklamalar (kichik elektr motorlar);

kabi iste’molchilarni 220 V kuchlanish, 50 Hz chastotali bir fazali tarmoqqa xavfsiz va ishonchli ulash uchun xizmat qiladi. Qurilmaning qo‘llanish sohasi keng bo‘lib, u aynan kontaktsiz ishlashi sababli yuqori tezkorlik, ixchamlik, kam isish va texnik xizmat ko‘rsatish talablarining minimal darajada bo‘lishi bilan ajralib turadi.

Qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipi

Kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi umumiy holda ikki asosiy bo‘limdan tashkil topadi:

1. Kommutatsiya bloki – kuch simistori (VS1, VS2) yordamida yuklama tokini o‘tkazuvchi asosiy qism.
2. Boshqaruv bloki – optopara (OP1, OP2), qarshiliklar (R1, R2, R3) hamda mikrokontrollerdan iborat bo‘lib, kommutatsiya jarayonini avtomatik boshqaradi.

(1-rasmda qurilmaning umumiy tuzilma sxemasi ko‘rsatiladi.)

Kommutatsiya bloki va boshqaruv bloki tarmoq kuchlanishiga bevosita ulanadi. Mikrokontrollerga “PUSK” tugmasi orqali buyruq berilganda, R3 qarshilik orqali boshqaruv toki oqib o‘tadi va optoparalarning OP1 hamda OP2 diodlari yorishadi. Optoparalar yorishgandan so‘ng ularning chiqish qutblari ochiladi va kuchlanish R1 qarshilik orqali simistor boshqaruv elektrodlariga uzatiladi.

R2 qarshilik ikkinchi yarim davrni boshqarish uchun zarur bo‘lgan tokni simistorga yetkazib beradi. Natijada simistor ochilib, yuklamani tarmoqqa ulaydi va elektr motor yoki boshqa iste’molchi ishga tushadi. Simistorning afzalligi shundaki, u yarim o‘tkazgich printsipida ishlaydi, kommutatsiya jarayonida elektr yoyi hosil qilmaydi va yuklama tokini silliq o‘tkazadi.

Agar elektr motorni tarmoqdan uzish zarurati tug‘ilsa, boshqaruv blokidagi “STOP” tugmasi bosiladi. Shunda mikrokontroller optoparalarga beriladigan boshqaruv tokini to‘xtatadi. Optoparalar faoliyatdan to‘xtaganidan so‘ng simistorga boshqaruv toki uzatilmaydi va simistor tabiiy ravishda yopiladi. Shu tariqa yuklama tarmoqdan ajraladi.

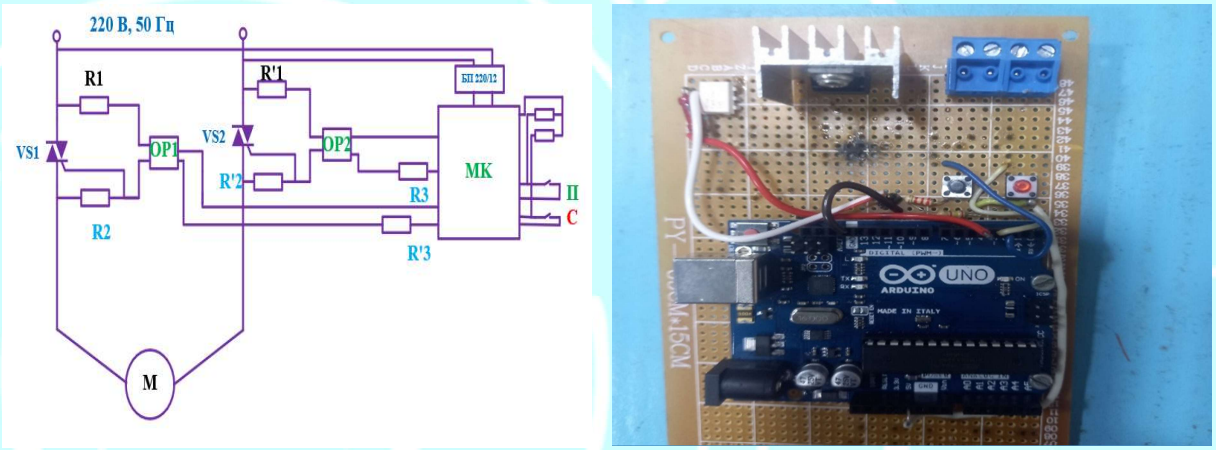
Qurilmaning afzalliklari

Ishlab chiqilgan kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi quyidagi afzalliklarga ega:

- mexanik elementlar yo‘qligi sababli yuqori ishonchlilik;
- kommutatsiya jarayonining uchqunsiz amalga oshishi – bu xavfsizlikni oshiradi;
- tezkor ishlash – kondensator batareyalarini qisqa vaqt ichida ulash imkoniyati;
- tarmoq tebranishlariga tezkor javob – kuchlanish o‘zgarishi, yuklama zarbasi kabi holatlarda samarali boshqaruv;
- uzoq xizmat muddati – mexanik eskirish mavjud emas;

ISSN 3030-3907

• quyosh fotoelektrik stansiyalari bilan to‘liq integratsiyalashgan boshqaruv tizimi.



1 – rasm. Bir fazali kontaktsiz ishga tushirgichning sxemasi va uning umumiy ko‘rinishi

Bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasining tarkibiy elementlari.

Ishlab chiqilgan bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi yuqori ishonchlilik, tezkor kommutatsiya va xavfsizlikni ta’minlovchi bir qator elektron komponentlardan tashkil topgan. Qurilmaning asosiy elementlari quyidagilardan iborat:

- BTA16-800B turidagi VS1 va VS2 simistorlari
- MOC3063 turidagi optoparalar (optosimistorlar)
- “PUSK” va “STOP” boshqaruv tugmalari
- R1, R2, R3 va R’1, R’2, R’3 qarshiliklar majmui
- Arduino UNO mikrokontrolleri
- Boshqaruv bloki uchun ta’minot manbai

Quyida ushbu elementlarning vazifalari va texnik parametrlariga asoslangan kengaytirilgan tushuntirish beriladi.

BTA16-800B simistori (VS1, VS2)

Qurilmaning asosiy kommutatsiya elementi bu — BTA16-800B simistori bo‘lib, u o‘zgaruvchan tok zanjirlarini ikki yarim davrda ham kommutatsiyalash imkonini beruvchi yarim o‘tkazgich elementdir. Simistorning tanlanish sababi — uning yuqori tokka chidamliligi va yuqori tezlikda ochilib-yopilish qobiliyatidir.

Asosiy texnik xususiyatlari:

- Nominal tok qiymati: 16 A
- Ishga tushish toki (surge current):
  - 170 A — 8,3 ms davomida
  - 160 A — 10 ms davomida
- Boshqaruv elektrodiga kerak bo‘ladigan tok: 50 mA
- Gate kuchlanishi: 1,5 V atrofida
- Maksimal teskari kuchlanish (VDRM/VRRM): 800 V
- Tarmoq chastotasi: 50 Hz

ISSN 3030-3907

- Ish harorati: –40 °C dan +125 °C gacha

Bu parametrlar simistorning suv nasoslari, kondensator batareyalari, aktiv va induktiv yuklamalar kabi turli iste'molchilarni xavfsiz va uzluksiz kommutatsiyalash imkonini beradi. Ayniqsa motorlarni ishga tushirish vaqtida yuzaga keladigan yuqori impulsli toklarni bardoshli o'tkazishi qurilmaning ishonchliligini oshiradi.

MOC3063 optoparasi

MOC3063 optoparasi boshqaruv zanjiri va yuqori kuchlanishli kuch zanjirlari o'rtasida galvanik ajratish vazifasini bajaradi. Bu element mikrokontrollerning 5 voltli past kuchlanishli chiqish signallarini simistorga xavfsiz tarzda uzatadi.

Texnik xususiyatlari:

- Maksimal boshqaruv kuchlanishi: 240 V
- Maksimal boshqaruv toki: 1 A
- Ta'minot uchun kerak bo'lgan kuchlanish: 1,5 V
- O'rtacha iste'mol toki: 10 mA
- Izolyatsiya kuchlanishi: 1500 V

MOC3063 tarkibida optik aloqa orqali ishlovchi optosimistor mavjud bo'lib, u simistorni tarmoq kuchlanishining nol nuqtasida kommutatsiyalash imkonini beradi. Bu esa elektr zarbalari, yuqori dv/dt hodisalari va tok zarbalari kabi salbiy jarayonlarni kamaytiradi. Natijada qurilma boshqaruv jarayoni silliq, xavfsiz va barqaror bo'ladi.

"PUSK" va "STOP" tugmalari

Bu tugmalar foydalanuvchi interfeysi sifatida xizmat qiladi va qurilmaning ish jarayonini mikrokontroller orqali boshqaradi.

- Tugma bosilganida mikrokontrollerning mos PIN kirishlariga 5 V kuchlanish uzatiladi.
- "PUSK" tugmasi — qurilmani ishga tushirish buyrug'ini beradi.
- "STOP" tugmasi — yuklamani tarmoqdan uzish jarayonini ishga tushiradi.

Ushbu tugmalar mikrokontroller uchun raqamli boshqaruv signali bo'lib, ularning ishdan chiqish ehtimoli juda past. Shu bilan birga, ular qurilmaning tashqi boshqaruvi uchun qulaylik yaratadi.

R1, R2, R3 va R'1, R'2, R'3 qarshiliklar

Qarshilik elementlari qurilmaning boshqaruv zanjirida toklarni cheklash, signallarni stabilizatsiya qilish hamda optoparaga va simistorga beriladigan boshqaruv signallarining amplitudasini me'yorlashtirish vazifalarini bajaradi.

Ularning asosiy funksiyalari:

- R1 — optoparadan simistorga uzatilayotgan boshqaruv signalini cheklaydi.

ISSN 3030-3907

• R2 — ikkinchi yarim davr kommutatsiyasini ta’minlaydi va simistorning to‘liq ochilishini kafolatlaydi.
• R3 — mikrokontrollerdan optoparaga berilayotgan tokni moslashtiradi.
• R’1, R’2, R’3 — qo‘shimcha himoya, filtr, stabilizatsiya zanjirlarida foydalaniladi.

Ular qurilmaning xavfsiz ishlashi, qisqa tutashuvlardan himoyalanishi va boshqaruv signallarining to‘g‘ri shakllanishi uchun zarur komponentlar hisoblanadi.

Arduino UNO mikrokontrolleri

Arduino UNO qurilmaning “miya”si bo‘lib, barcha boshqaruv jarayonlarini amalga oshiradi:

• “PUSK”/“STOP” tugmalaridan keladigan signallarni qabul qiladi
• Optoparalarni yoqish/o‘chirish signallarini generatsiya qiladi
• Kommutatsiya jarayonini tarmoq kuchlanishining nol nuqtasi bilan sinxronlashtiradi
• Qurilmaning ish holatini nazorat qiladi

Arduino UNO qulay dasturlash muhiti, ishonchliligi va ko‘p funksionalligi sababli ushbu qurilma uchun eng optimal variantlardan biridir.

Boshqaruv bloki ta’minoti

Boshqaruv bloki 5 V yoki 12 V li barqarorlikka ega ta’minot manbai bilan ishlaydi. Bu manba:

• Mikrokontrollerning barqaror ishlashini
• Optopara LED qismi uchun yetarli tok ta’minlanishini
• Shovqinlarga chidamlilikni
• Tizimning umumiy elektr xavfsizligini ta’minlab beradi.

Xulosa Yuqoridagi tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, elektr ta’minoti tizimlarida iste’molchilarni tarmoqqa ulash–uzish jarayonini kontaktsiz elektron qurilmalar yordamida amalga oshirish yuqori samaradorlik va ishonchlilikni ta’minlaydi. Taklif etilgan bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi konstruktsiyasining sodda bo‘lishi, yarim o‘tkazgich elementlaridan foydalanilishi hamda mikrokontroller orqali boshqarilishi uning zamonaviy energiya ta’minoti tizimlarida qo‘llanilish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Qurilmaning yaratilishi orqali an’anaviy kontaktli kommutatsiya elementlariga xos bo‘lgan kamchiliklar — mexanik eskirish, uchqunlanish, qizib ketish va sekin ishlash kabi omillar bartaraf etildi. Simistor asosidagi kommutatsiya bloki yuqori tezlikda ishlashi va elektr yoyining hosil bo‘lmasligini ta’minlashi tufayli xizmat muddati ancha uzayadi, texnik xizmat ko‘rsatish zarurati esa deyarli yo‘qoladi.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, ushbu qurilmaning quyosh fotoelektrik stansiyalari bilan mos ishlashi, reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish tizimlarida kondensator batareyalarini tezkor boshqarish imkoniyatini yaratishi uning amaliy ahamiyatini yanada oshiradi. Natijada elektr ta’minoti tizimining barqarorligi, energiya sifat ko‘rsatkichlari va ekspluatatsion ishonchlilik sezilarli darajada yaxshilanadi.

Umuman olganda, ishlab chiqilgan kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi kichik quvvatli bir fazali elektr iste’molchilarini avtomatik boshqarish, reaktiv quvvat kompensatsiyasi, suv nasoslari va boshqa maishiy hamda sanoat yuklamalarini samarali kommutatsiyalash uchun texnik va iqtisodiy jihatdan maqbul yechim hisoblanadi. Kelgusida uning funksional imkoniyatlarini kengaytirish, intellektual boshqaruv algoritmlarini qo‘llash va ko‘p fazali tizimlar uchun modifikatsiyalar ishlab chiqish istiqbolli yo‘nalish sifatida tavsiya etilad.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Fayziyev, M., Tuychiev, F., Mustayev, R., & Ochilov, Y. (2023). Development and research of non-contact starting devices for electric consumers and motors. In E3S Web of Conferences (Vol. 384, p. 01038). EDP Sciences.
2. Kalandarovich, B. M., Mansurovich, F. M., Aktamovich, M. R., Elmurodovich, B. O., & Erkinovich, T. S. (2021). Applying the non-contact devices for starting a single-phase asynchronous electric motor. Вестник науки и образования, (11-2 (114)), 31-35.
3. Aktamovich, M. R., & Azamat o‘g‘li, R. M. (2023, June). “YASHIL IQTISODIYOT” GA O ‘TISHNING ENERGETIK JIHATLARI. In " USA" INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE TOPICAL ISSUES OF SCIENCE (Vol. 8, No. 1).
4. 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). EDP Sciences.
5. Bobojanov, M., Fayziyev, M., & Mustayev, R. (2022). ELEKTR MOTORLARNI ISHGA TUSHIRISH UCHUN KONTAKTSIZ QURILMALAR. Innovatsion texnologiyalar, 1, 11-13.
6. Файзиев, М. М., Абдурасулов, А., Маматкулов, А. Н., Каримов, И. Н., Мустаев, Р. А., & Тоштурдиев, Ш. Ж. У. (2019). Зарядные устройства для тока на базе магнитного усилителя. Наука, техника и образование, (8 (61)), 22-27.
7. Бобоназаров, Б. А., Бейтуллаева, Р. Х., & Мустаев, Р. А. (2019). ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПРИВОД ДЛЯ МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ. Интернаука, (12-1), 43-46.
8. Mustayev, R. A., & Babayev, O. E. (2024). MIKROKONTROLLER ORQALI BOSHQARILUVCHI KONTAKTSIZ ISHGA TUSHIRISH QURILMASI

ISSN 3030-3907

ORQALI KONDENSATOR BATAREYALARNI BOSHQARISH. Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi, 14(3), 19-21.
9. Rafikova, G., Mustaev, R., Pirimov, R., & Zokirova, F. (2023). Increasing the environmental cleanness of industrial enterprises. In E3S Web of Conferences (Vol. 461, p. 01100). EDP Sciences.
10. Бобажанов, М. К., Файзиев, М. М., Мустаев, Р. А., & Бозоров, И. Р. (2021). ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПУСКА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ. Наука, техника и образование, (2-2 (77)), 65-67.
11. Бобажанов, М. К., Файзиев, М. М., Абдурасулов, А., Мустаев, Р. А., & Сайфиев, С. Э. (2020). Математическая модель расчета с применением бесконтактных элементов в управлении электрическими устройствами. Вестник науки и образования, (14-2 (92)), 5-8.
12. Kholikhmatov, B., Djumabekova, A., Ismailova, Z., & Mustaev, R. (2024, June). Design and evaluation of a logical framework for an instructional simulator in basic power supply principles. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3152, No. 1, p. 050031). AIP Publishing LLC.
13. Mahmutkhonov, S., Baizhonova, L., Mustayev, R., & Tashmatova, S. (2025, November). Dynamic analysis of voltage-ampere characteristics and harmonic distortions in electric arc furnaces. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3331, No. 1, p. 070023). AIP Publishing LLC.
14. Karimov, I., & Mustayev, R. (2025). BIR FAZALI ELEKTR ISTE'MOLCHILARNI TIRISTOR VA SIMISTOR ASOSIDAGI KONTAKTSIZ QURILMALAR YORDAMIDA ISHGA TUSHIRISH.
15. Karimov I., Mustayev R. KICHIK QUVVATLI BIR FAZALI ELEKTR ISTE'MOLCHILARNI SIMISTOR ASOSIDAGI KONTAKTSIZ QURILMALAR YORDAMIDA ISHGA TUSHIRISH. – 2025.

ISSN 3030-3907