

## BIR FAZALI ELEKTR ISTE'MOLCHILARNI TIRISTOR VA SIMISTOR ASOSIDAGI KONTAKTSIZ QURILMALAR YORDAMIDA ISHGA TUSHIRISH.

I.N. Karimov.

*Qarshi davlat texnika universiteti.*

R.A. Mustayev.

*Qarshi davlat texnika universiteti.*

**Annotatsiya:** Kichik quvvatli elektr iste'molchilarni bir fazali elektr tarmog'idan samarali va xavfsiz tarzda ta'minlash, ayniqsa ularni kommutatsiyalash jarayonida, ishonchli va zamonaviy texnologiyalarga asoslangan kommutatsiya apparatlaridan foydalanishni talab etadi. An'anaviy rele yoki kontaktorlar asosidagi kommutatsiya qurilmalari uzoq yillardan buyon qo'llanib kelinayotgan bo'lsa-da, ular mexanik harakatlanuvchi qismlarga ega bo'lib, bu esa ularning xizmat muddati va ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ushbu maqolada simistor asosida ishlab chiqilgan kontaktless kommutatsiyalash qurilmasi haqida batafsil ma'lumotlar keltirilgan. Bunday qurilmalar, ayniqsa, maishiy yoki sanoat tarmoqlarida ishlatiladigan kichik quvvatli nasoslar, isitgichlar va boshqa bir fazali yuklamalarni avtomatlashtirib boshqarishda muhim ahamiyat kasb etadi. Simistor asosidagi kontaktless kommutatsiyalash qurilmalari o'zining ixchamligi, yuqori ishonchliligi, kam energiya sarfi va shovqinsiz ishlashi bilan ajralib turadi. Qurilma tarkibida mexanik kontaktlarning yo'qligi tufayli u uzoq muddat xizmat qiladi va servis xarajatlarini kamaytiradi. Shu bois, ushbu turdagi qurilmalar kichik quvvatli elektr tizimlarida keng qo'llanilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

**Kalit so'zlar:** tiristor, simistor, asinxron motor, energiya tejamkorlik, yuklama, magnitli ishga tushirgich, ishga tushirish toki, kontaktor.

**Аннотация:** Эффективное и безопасное обеспечение маломощных электрических потребителей от однофазной электрической сети, особенно в процессе коммутации, требует использования надежных и современных коммутационных аппаратов. Хотя коммутационные устройства на основе традиционных реле или контакторов используются в течение многих лет, наличие в них механических подвижных частей негативно сказывается на сроке службы и надежности. В данной статье представлены подробные сведения о бесконтактном коммутационном устройстве, разработанном на основе симистора. Такие устройства особенно важны для автоматического управления однофазными нагрузками, такими как маломощные насосы, обогреватели и другие бытовые или промышленные потребители. Бесконтактные коммутационные устройства на основе симисторов отличаются компактностью, высокой надежностью, низким энергопотреблением и бесшумной работой. Отсутствие механических

контактов в конструкции устройства обеспечивает его длительный срок службы и снижение затрат на техническое обслуживание. Поэтому такие устройства считаются целесообразными для широкого применения в маломощных электрических системах.

**Ключевые слова:** тиристор, симистор, асинхронный двигатель, энергоэффективность, нагрузка, магнитный пускатель, пусковой ток, контактор

**Abstract:** Ensuring efficient and safe power supply for low-power electrical consumers from a single-phase power network, especially during the switching process, requires the use of reliable and modern switching devices. Although traditional relay- or contactor-based switching systems have been used for many years, the presence of mechanical moving parts negatively affects their service life and reliability. This article provides detailed information about a contactless switching device developed based on a triac (thyristor). Such devices are particularly important for the automated control of single-phase loads such as low-power pumps, heaters, and other household or industrial consumers. Triac-based contactless switching devices are distinguished by their compact size, high reliability, low power consumption, and noiseless operation. Due to the absence of mechanical contacts, these devices offer a long service life and reduced maintenance costs. Therefore, the use of such devices is considered appropriate for widespread implementation in low-power electrical systems.

**Keywords:** thyristor, triac, asynchronous motor, energy efficiency, load, magnetic starter, starting current, contactor

### **Kirish.**

Hozirgi kunda elektr energiyasidan foydalanuvchi qurilmalarning soni ortib borayotganligi sababli, ularni elektr tarmog'iga ulash va uzishda turli xil kommutatsion qurilmalardan keng foydalanilmoqda. Eng ko'p tarqalganlari qatoriga magnitli ishga tushirgichlar, kontaktorlar, termik himoya relelari va boshqa turdagi releli boshqaruv tizimlari kiradi. Ushbu qurilmalar asosiy funksiyasi — elektr iste'molchilarni xavfsiz tarzda tarmoqqa ulash, uzish hamda ularni ortiqcha yuklama yoki qisqa tutashuvlardan himoyalashdan iborat. Biroq, an'anaviy mexanik asosga ega bo'lgan bu kommutatsion qurilmalar o'zlarining ish faoliyatida ba'zi muhim kamchiliklarga ham ega.

Birinchiidan, bunday qurilmalar tarmoq bilan iste'molchi o'rtasida kontaktlar orqali aloqa o'rnatadi. Ushbu kontaktlar metall materiallardan yasalgan bo'lib, ular orqali tok o'tadi. Vaqt o'tishi bilan ushbu kontaktlar oksidlanishi, qarshiligi ortishi yoki mexanik aşinishga uchrashi mumkin. Bu esa ulanish nuqtalarida ishonchlilikning pasayishiga, elektr yo'qotishlarining ortishiga va hatto chaqnash yoki qizib ketish holatlariga olib keladi.

Ikkinchidan, kommutatsion qurilmalarning ishchi chulgʻamlari (elektromagnit bobinalari) ish jarayonida doimiy tarzda elektr energiyasini sarflaydi. Bu energiya sarfi kichik boʻlsa-da, tarmoqdagi qurilmalar soni koʻp boʻlgan hollarda umumiy energiya yoʻqotishiga sezilarli taʼsir koʻrsatadi. Ayniqsa, bu holat yirik sanoat korxonalarida yoki uzluksiz ishlaydigan ishlab chiqarish liniyalarida dolzarb masalaga aylanadi. Ishchi chulgʻamdagi energiya sarfi, asosan, magnit maydon hosil qilish va kontaktlarni yopish-ochish funksiyalarini bajarish uchun kerak boʻladi.

Uchinchidan, kommutatsion qurilmalarda yuzaga keladigan mexanik kontakt qarshiligi, odatda, ulanish nuqtasining jipsligiga bogʻliq boʻladi. Agar kontaktlar orasida boʻshliq yuzaga kelsa yoki ularning siqilishi yetarli darajada boʻlmasa, tok oʻtishda qarshilik ortadi va bu joyda issiqlik ajralib chiqadi. Natijada qurilma qizib ketishi, kontaktlarning kuyib qolishi va hatto yongʻin xavfi yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli, bunday qurilmalarni doimiy ravishda texnik koʻrikdan oʻtkazish, kontaktlarning mahkamligini tekshirish va zarur holatlarda ularni almashtirish zarur boʻladi.

**Asosiy qism.** Zamonaviy texnologiyalar rivojlanishi bilan elektr energiyasini boshqarish, taqsimlash va avtomatlashtirish jarayonlarida kontaktsiz, yaʼni elektron asosda ishlovchi kommutatsiya qurilmalarining oʻrni tobora ortib bormoqda. Anʼanaviy mexanik kontaktlarga ega boʻlgan qurilmalar uzoq yillar davomida keng qoʻllanilib kelingan boʻlsa-da, ularning ishlash tezligi, ishonchliligi, xizmat muddati va texnik xizmat koʻrsatish boʻyicha maʼlum cheklovlari mavjud. Aynan shu sababli yarimoʻtkazgichlarga asoslangan kontaktsiz kommutatsiya qurilmalari oxirgi yillarda energetika, sanoat avtomatikasi va maishiy texnika sohalarida eng maqbul texnik yechim sifatida qaralmoqda.

Kontaktsiz kommutatorlar tiristor, simistor, IGBT, MOSFET kabi yarimoʻtkazgich elementlar asosida ishlab chiqiladi. Ushbu elementlar elektr zanjirini ulash yoki uzish jarayonini mexanik harakatlarsiz bajaradi. Mexanik kontaktlarning mavjud emasligi esa, avvalo, eskirish jarayonini bartaraf etadi. Maʼlumki, anʼanaviy kontaktlarning berkish va ajralish jarayonida uchqunlanish, kontaktlarning qizishi, oksidlanishi va natijada qarshilikning ortishi kuzatiladi. Bular esa juda koʻp holatlarda energiya isroflariga, ishonchlilikning pasayishiga hamda muntazam taʼmirlash zaruratiga olib keladi. Kontaktsiz qurilmalarda bunday muammolar yoʻq yoki minimal darajada boʻladi, chunki ular elektr signalni yarimoʻtkazgich kristallida boshqaradi.

Elektron kommutatsiya qurilmalarining yana bir muhim afzalligi – ular shovqinsiz ishlashi. Mexanik relelar ishlaganda eshitiladigan tovushlar kontaktsiz qurilmalarda mavjud emas. Bundan tashqari, ular yuqori chastotali boshqaruv

signallarini qayta ishlay oladi, bu esa ularni murakkab avtomatika tizimlarida, masalan, PWM boshqaruvi, tezkor switching jarayonlari va mikroprotessorli boshqaruv bloklarida ishlatishga imkon beradi.

Kontaktsiz kommutatsiya qurilmalari ixcham o'lcamlari bilan ham ajralib turadi. Yarimo'tkazgichli elementlarning fizik o'lcamlari kichik bo'lgani uchun ular joy talabi kam bo'lgan qurilmalarda, masalan, aqlli uy tizimlari, avtomatlashtirilgan yoritish panellari, mini-kontrollerlar va kichik quvvatli nasoslar boshqaruvida keng qo'llanmoqda. Kichik o'lcam va yengil vazn energiya tejovchi tizimlarni loyihalashda muhim rol o'ynaydi.

Shuningdek, kontaktsiz qurilmalar yuqori ishonchlilikka ega. Ularning ishlash sikli millionlab yoqish-o'chirish jarayonlarini bemalol bajaradi. Bu an'anaviy relelarga qaraganda bir necha baravar ko'p demakdir. Uzoq xizmat muddati texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytiradi, tizim uzluksizligi esa yuqori darajada ta'minlanadi.

Bugungi kunda kontaktsiz kommutatsiya qurilmalari kichik quvvatli iste'molchilarni avtomatik boshqarish tizimlarida, masalan, suv nasoslari, ventilyatorlar, yoritish tizimlari, maishiy texnika boshqaruv bloklarida keng qo'llanmoqda. Shuningdek, ular "aqlli tarmoq" (Smart Grid), "aqlli uy" (Smart Home) va sanoat 4.0 tamoyillariga asoslangan avtomatlashtirilgan tizimlarda muhim komponent sifatida xizmat qiladi. Ularning tezkorligi, past energiya sarfi, ishonchliligi va ekspluatatsiya qulayligi zamonaviy boshqaruv tizimlarining talablariga to'liq javob beradi.

Natijada, elektron asosdagi kontaktsiz kommutatsiya qurilmalari kelajak energiya tizimlarining ajralmas qismi bo'lib bormoqda. Ularning keng qo'llanilishi elektr tarmoqlarining samaradorligi, xavfsizligi va avtomatlashtirish darajasini oshirishga xizmat qiladi.

**1-jadval.**

**Magnitli ishga tushirgichlar iste'mol quvvatlari.**

Magnitli ishga tushirgichlarning tok qiymati bo' yicha darajasi.	Magnitli ishga tushirgichlarning chulg' amini ishga tushish vaqtidagi quvvat	Magnitli ishga tushirgichlarning chulg' amini ishga tushgandan keyingi vaqtdagi	Magnitli ishga tushirgichlarni ishga tushish vaqti, ms
1	68	8	17
2	87	8,6	22
3	200	20	25
4	280	40	20

5	350	45	
6	530	60	25

1-jadvalda magnitli ishga tushirgichlarning turli tok darajalarida ishga tushish va ish rejimida iste'mol qiladigan quvvat miqdorlari keltirilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, magnitli ishga tushirgichlar ishga tushish vaqtida juda yuqori quvvat talab qiladi, masalan, birinchi darajadagi ishga tushirgich 68 Vt, oltinchi darajadagi esa 530 Vt quvvat iste'mol qiladi. Ishga tushgandan keyingi barqaror rejimda bu qiymat ancha kamayadi, ya'ni 8–60 Vt oralig'iga tushadi. Biroq shunga qaramay, ular doimiy ravishda elektr energiyasini talab qiluvchi qurilmalar sirasiga kiradi.

Magnitli ishga tushirgichlarning chulg'amlarida energiya iste'moli doimiy mavjud bo'lib, ular ishlayotgan barcha vaqt davomida tarmoqdan quvvat tortadi. Bu esa energetik tizim manbasidan ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining ma'lum bir qismini faqat boshqaruv apparaturasini ushlab turishga sarflanishiga olib keladi. Yirik sanoat korxonalarida o'nlab, ba'zan yuzlab ishga tushirgichlar ishlatilishini hisobga olsak, bu juda katta energiya yo'qotishlariga sabab bo'ladi. Shuning uchun zamonaviy energiya tejavchi texnologiyalarni joriy qilish jarayonida magnitli ishga tushirgichlar o'rnini kam quvvat iste'mol qiladigan elektron kontaktsiz qurilmalar egallab bormoqda.

An'anaviy magnitli ishga tushirgichlar bilan yana bir muammo shundaki, ular mexanik kontaktlarga ega bo'lgani uchun eskirish, yong'in uchqunlari hosil bo'lishi, kontaktlarning qizishi, oksidlanishi va vaqt o'tishi bilan qarshilik ortishi kabi kamchiliklarga ega. Bu esa qurilmaning ishlash ishonchligini pasaytiradi hamda texnik xizmat ko'rsatishni muntazam talab qiladi. Kontaktsiz qurilmalar esa mexanik qismga ega bo'lmagani uchun bunday kamchiliklardan butunlay holi hisoblanadi.

Asinxron motorlar ishga tushirilganda nominal tokdan bir necha baravar katta bo'lgan ishga tushish toki hosil bo'ladi. Amaliyotda bu  $I_{ish} = (5 \div 7) I_n$  ga teng bo'lishi mumkin. Masalan, nominal toki 10 A bo'lgan motor ishga tushirilganda 50–70 A gacha tok tortishi mumkin. Bunday yuqori tok tarmoqdagi kuchlanishning pasayishiga, boshqa iste'molchilarda kuchlanishning "cho'kishiga" va elektr jihozlar ishining noturg'unlashuviga sabab bo'ladi. Yirik korxonalarda esa bunday o'ta yuklangan ishga tushish jarayonlari avtomatlashtirilgan tizimlarda muammo tug'dirishi mumkin.

Kontaktsiz kommutatsiyalash qurilmalari, xususan tiristorli yoki simistorli ishga tushirish sxemalari yordamida motorni yumshoq ishga tushirish (soft start) amalga oshiriladi. Bu usulda motor bosqichma-bosqich kuchlanish ostida ishga tushadi va ishga tushish toki nominal qiymatga yaqin bo'ladi. Natijada:

- elektr tarmog'idagi kuchlanish sifati buzilmaydi;

- motor chulgʻamlarining mexanik va termik zoʻriqishi kamayadi;
- elektr jihozlarining xizmat muddati uzayadi;
- energiya sarfi optimallashtiriladi.

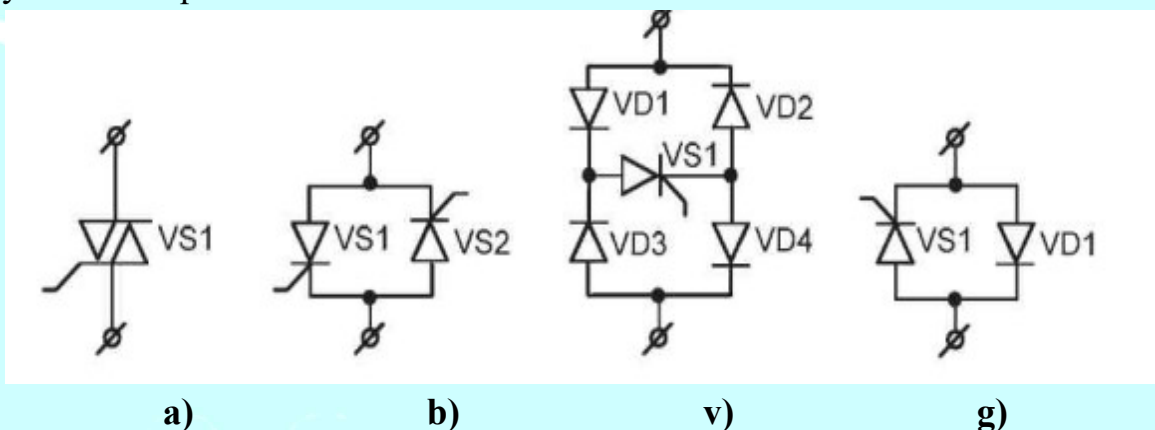
Kontaktsiz kommutatsiya qurilmalari yarim oʻtkazgich elementlariga asoslanadi. Ular orasida eng keng tarqalganlari — **diod, simistor, tiristor** boʻlib, ushbu elementlar elektr zanjirlarini juda yuqori tezlikda, ishonchli va uchqunsiz ulash-uzishga imkon beradi. Tiristorlarning kuchli toklarni boshqarish qobiliyati ularni ayniqsa motorlarni ishga tushirish, fazani boshqarish, quvvatni tartibga solishda juda samarali qiladi. Simistorlar esa oʻzgaruvchan tok zanjirlarini boshqarishda keng ishlatiladi.

Zamonaviy kontaktsiz uskunalarning asosiy afzalliklari quyidagilar:

- quvvat sarfi juda past;
- shovqinsiz ishlaydi;
- mexanik kontaktlar boʻlmagani uchun ishonchlilik yuqori;
- tezkor kommutatsiya bajaradi;
- xizmat muddati uzoq;
- kichik oʻlcham va ixcham konstruktsiya.

Shu sababli, elektr motorlarini ishga tushirish va boshqarish jarayonida magnitli ishga tushirgichlardan elektron kontaktsiz kommutatsiya qurilmalariga oʻtish bugungi kunda sanoat, qishloq xoʻjaligi, energetika va maishiy texnika sohalarida dolzarb va samarali yechim sifatida qaralmoqda.

Kontaktsiz qurilmalarni quyidagi yarim oʻtkazgichli sxemalardan foydalanilmoqda.



1-rasm. Yarim oʻtkazgichlar asosidagi sxemalar

a, b, v xemalar asosida asinxron motorlarni ishga tushirishda tiristorlardan oʻtadigan tokning oʻrtacha qiymati :

$$I_{orrn} = \frac{1}{\pi} \int I_m \sin \omega t dt = \frac{2}{\pi} I_m = 0,9 I_n. \quad (1)$$

Bu yerda:

$I_m$  — yuklama tokining amplituda qiymati.

$I_H$  — yuklama tokining tasir etuvchi qiymati.

1-rasmda a va v sxemalari uchun yuklama tokining o'rtacha qiymati tiristor (simistor) dan o'tadigan tok qiymatiga teng:

$$I_{o'rn} = I_{o'rt} = I_{o'rs} = 0,9I_{nn} .(2)$$

Bu sxemada tiristor (simistor)dan o'tadigan tok to'g'ri va teskari yo'nalishda ham aynan shu tiristor (simistor) orqali o'tadi. Bu esa tiristor (simistor)ni normadan ortiq qizishiga olib keladi va sovitish tizimini yaxshilashni talab etadi.

1-rasmning b sxemada tiristor o'rtacha toki yuklama tokining o'rtacha qiymatini yarmiga teng:

$$I_{o'r} = \frac{I_{o'rn}}{2} = 0,45I_n .(3)$$

Bu sxemada tiristorlar faqat bir yo'nalishdagi tok davrini o'tkazadi. Tiristordan o'tadigan tok miqdori kichik bo'lganligi sababli yuqori qiymatdagi sovitish tizimini talab etmaydi. Shu sababli tiristorli kommutatsiyalash qurilmalarini b sxema orqali yaratish qulay va tejamkor hisoblanadi. Juda kam ishlatiladigan g sxemaga kelsak, bu yerda tiristordagi o'rtacha tok qiymati b sxemadagi tok qiymatiga aynan teng bo'ladi:

$$I_{o'rt} = \frac{I_{o'rn}}{2} = 0,45I_n .(4)$$

Ushbu sxemada tok qiymati kichik bo'lgani bilan iste'molchi tokini faqat yarim davrini rostdash mumkin. Shu sababli bu sxema faqat yuklamani qisman rostdash talab etilganda qo'llaniladi.

**Xulosa** o'rnida shuni aytishimiz mumkinki, qo'llanilgan elektron tiristorli kommutatsiyalash qurilmasi elektr mexanik relelar va magnit ishga tushirgichlar iste'mol qiladigan quvvatga nisbatan bir necha barobar kam elektr energiya iste'mol qiladi va shu bilan birga qurilmani ishlash ishonchligini oshiradi. Bunday qurilmalar o'z navbatida keng qo'llab, ko'p miqdorda iste'mol qiladigan energiyani kamaytirish mumkin. An'anaviy kommutatsion qurilmalar elektr tarmoqlarida hanuz keng qo'llanayotgan bo'lsa-da, ularning samaradorligi va ishonchligini oshirish uchun muntazam texnik xizmat ko'rsatish talab etiladi. Shu bilan birga, energiya tejamkorlik va xavfsizlikni ta'minlash maqsadida, zamonaviy kontaktsiz kommutatsiyalash texnologiyalariga o'tish dolzarb masala hisoblanadi.

#### 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 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.