

**QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI**

MUSTAYEV RUSLAN AKTAMOVICH

**QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARIDAN
TA'MINLANUVCHI ELEKTR USKUNALAR UCHUN KONTAKTSIZ
QURILMALARNI ISHLAB CHIQISH VA TADQIQ QILISH**

05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Qarshi – 2024

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Mustayev Ruslan Aktamovich

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta'minlanuvchi elektr uskunalar uchun kontaktlessiz qurilmalarni ishlab chiqish va tadqiq qilish..... 3

Мустаев Руслан Актамович

Разработка и исследование бесконтактных устройств для электроустановок, питающихся от возобновляемых источников энергии..... 21

Mustaev Ruslan Aktamovich

Development and research of contactless devices for electrical installations powered by renewable energy sources..... 41

E'lon qilingan ishlar ro'xati

Список опубликованных работ

List of published works..... 45

**QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI**

MUSTAYEV RUSLAN AKTAMOVICH

**QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARIDAN
TA'MINLANUVCHI ELEKTR USKUNALAR UCHUN KONTAKTSIZ
QURILMALARNI ISHLAB CHIQISH VA TADQIQ QILISH**

05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Qarshi – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/T4246 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Toshkent davlat texnika universiteti va Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.qmii.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: Bobojanov Maxsud Kalandarovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy oponentlar: Sadullayev Nasullo Nematovich
texnika fanlari doktori, professor

Yuldashev Isroil Abriyevich
texnika fanlari doktori, professor

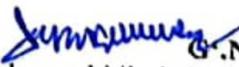
Yetakchi tashkilot: "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini
mexanizatsiyalash muhandislari instituti"
Milliy tadqiqot universiteti

Dissertatsiya himoyasi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2020.T.111.03 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil "18" ⁰¹ soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy, Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti konferensiyalar zali. Tel.: (+99875) 224-02-89, faks: (8375) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 132 raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy. Tel.: (+99875) 224-02-89, faks: (8375) 224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "26" 12 kuni tarqatildi.
(2024 yil "26" 12 dagi № 27 raqamli reestr bayonnomasi).




G.N. Uzoqov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor


X.A. Davlonov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
kotibi, texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori, dotsent


B. Urishev
Ilmiy kengash huzuridagi ilmiy
darajalar beruvchi ilmiy seminar raisi,
texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida elektr energiyasini ishlab chiqarish hamda elektr ta'minoti tizimiga integratsiya qilish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. An'anaviy energiya manbalarida ishlatiladigan yoqilg'ich resurslarini tejash va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan unumli foydalanish, ularning parametrlari hamda foydalanish rejimlarini optimallashtirish dolzarb masala hisoblanadi. Quyosh fotoelektrik stansiyalari mavjud bo'lgan kombinatsiyalashgan elektr ta'minoti tizimlarida vujudga keladigan quvvat isroflari nafaqat asosiy funksional elementlarning elektromagnit mutanosibligiga, balki tizimni boshqarish va himoya qilishda ishlatiladigan kommutatsion apparatlarga ham bog'liq. Bunday elektr tizimlarda kontaktsiz elektr qurilmalarni ishlatish maqsadga muvofiq ular kontaktli qurilmalarga nisbatan 10÷20 martagacha tezkor hisoblanadi¹. Ushbu turdagi kommutatsion apparatlarni qo'llash kombinatsiyalashgan quyosh elektr ta'minoti tizimlari samaradorligini va ishonchliligini oshiradi. Xususan kombinatsiyalashgan tizimda reaktiv quvvat kompensatsiyasini avtomatik tarzda amalga oshirish hamda quvvat koeffitsiyentini talab etilgan qiymatlarini doimiy ravishda ta'minlash tizim energiya samaradorligini oshiradi. Quyosh fotoelektrik stansiyalari tomonidan faqatgina aktiv quvvat generatsiya qilinishini inobatga olib, iste'molchilar tomonidan talab qilinadigan reaktiv quvvatni zarur miqdorda va operativ tarzda yetkazib berish orqali liniyalarda vujudga keladigan isroflarni kamaytirish, ularning o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish hamda sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda quyosh fotoelektrik stansiyalar mavjud bo'lgan elektr ta'minoti tizimlarida ishonchliligi yuqori bo'lgan kommutatsion apparatlardan foydalanib uskunalarni kommutatsiyalash, reaktiv quvvatni ratsional kompensatsiya qilish hisobiga elektr tarmoqlaridagi quvvat isrofini kamaytirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada elektr tarmoqlaridagi kuchlanish sifatini o'zgarmas holatini saqlash va rostlash hisobiga iste'mol qilinayotgan elektr energiyasini talab etilgan sifatini ta'minlash, shu tariqa elektr uskunalari ishlashining yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlariga erishishni ta'minlash masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda energetika tizimini takomillashtirish, elektr energiyasini generatsiya qilish imkoniyatlaridan maksimal foydalanish, jumladan qayta tiklanuvchan energiya manbalarini qo'llagan holda ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdorini oshirishga alohida ahamiyat berilmoqda. Qayta tiklanuvchi energiya ta'minoti tizimining ishonchliligi elektr iste'molchilarining kommutatsiyasi va quvvat uzatishni xavfsiz amalga oshirilishi bilan bog'liq. Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta'minlanuvchi suv nasoslarini kommutatsiyalash va kondensator batareyalarini quvvatini avtomatik boshqarish uchun kontaktsiz qurilmalar qo'llanilganda ular boshqalaridan tezligi, uzoq muddat xizmat qilishi, ishlaganda shovqin chiqarmasligi bilan ajralib turadi. Mavjud kontaktsiz ishga tushirish qurilmalari murakkab boshqaruv tizimiga ega bo'lib, bu

¹ <https://djvu.online/file/6NVQGZRgpOSlu>

esa ularni o‘rnatish, ishga tushirish, sozlash va texnik xizmat ko‘rsatish vaqtida qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi, bu omillar ularni keng qo‘llanilishiga to‘sqinlik qiladi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 9 sentyabrdagi PF-220-son “Energiya tejevchi texnologiyalarni joriy qilish va kichik quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi farmoni, 2023 yil 13 fevraldagi PQ-54-son “Yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanish sohasida davlat nazorati samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2023 yil 16 fevraldagi PQ-57-sonli “2023 yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejevchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorlari va boshqa ushbu yo‘nalishdagi hukumatimizning meyoriy-huquqiy hujjatlarida belgilab berilgan vazifalarni bajarishda mazkur dissertatsiya ishi muayyan miqdorda xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo‘yicha tadqiqotlar Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish usullarini rivojlantirish, nanotexnologiyalar, fotonika va boshqa ilg‘or texnologiyalar va qurilmalarni yaratish” ustuvor yo‘nalishiga mos keladi.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Kontaktsiz kommutatsiyalash qurilmalarini yaratish bo‘yicha taniqli xorijlik olimlar, jumladan R.A.Hamilton, G.R.Lezan, V.P.Ilyashov, G.M.Rubashov, A.A.Poskrobko, A.G.Soskov, I.M.Tumanov, Y.F.Vagapov va B.I.Kudrinlar tomonidan ilmiy izlanishlar amalga oshirilgan.

Elektr energiyani qayta tiklanuvchan energiya manbalari asosida samarali ishlab chiqarish va bunday stansiyalarni elektr energetika tizimiga integratsiyalash bilan bog‘liq bo‘lgan ilmiy muammolarni hal qilishga O‘zbekistonning taniqli olimlaridan X.F.Fazilov, S.A.Azimov, J.A.Abdullayev, R.A.Zaxidov, T.X.Nasirov, Q.R.Allayev, R.R.Avezov, X.M. Muratov, I.A. Yuldashev va boshqa olimlarning bir qator ilmiy ishlari bag‘ishlangan.

Respublikamizda kommutatsiyalovchi qurilmalarni takomillashtirish borasida yetakchi olimlar T.M.Qodirov M.K.Bobojanov, Z.O.Eshmurodov, E.G.Usmonov, A.N.Rasulov, M.M.Fayziyev, R.CH.Karimov, E.X.Abduraimov, M.S.Sa’dullayev va boshqalar katta hissa qo‘shganlar. Yuqoridagi olimlar tomonidan turli sohalarda foydalanish uchun ko‘p sonli kontaktsiz qurilmalar ishlab chiqildi va ishlab chiqarishga joriy etilgan.

Erishilgan ijobiy natijalarga qaramasdan, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta‘minlanuvchi elektr uskunalar kompensatsion qurilmalarining quvvatini avtomatik boshqarish uchun kontaktsiz ishga tushirgichlar sxemasini ishlab chiqish muammosi yetarli darajada o‘rganilmagan. Ishlab chiqilgan qurilmalar murakkab konstruksiya va katta o‘lchamlarga ega hamda tiristorning ishlashini boshqaradigan tizimi juda murakkab. Bu esa bunday qurilmalarni o‘rnatish, sozlash va texnik xizmat ko‘rsatishda qiyinchiliklar tug‘diradi hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta‘minlanuvchi tizimlarda keng qo‘llanilishiga to‘sqinlik qiladi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti hamda Qarshi muhandislik - iqtisodiyot institutida olib borilayotgan "Qayta tiklanuvchan energiya manbalari va markazlashgan elektr tarmog'ini o'zaro integratsiya qilish" va "Kontaktsiz qurilmalarni qo'llash orqali elektr ta'minoti tizimi ishonchligi va energiya samaradorligini oshirish" mavzularidagi tadqiqot yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi qayta tiklanuvchan energiya manbalari integratsiyalashgan elektr tarmoqlarida kontaktsiz qurilmalarni qo'llash orqali tizim ishonchligini oshirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

qayta tiklanuvchan energiya manbalari kombinatsiyalashgan tizimlarda reaktiv quvvatni avtomatik tarzda kompensatsiyalash vazifasini bajaradigan qurilmalarni konstruktiv jihatdan takomillashtirish zarurligini asoslash;

turli energiya manbalari mavjud elektr ta'minot tizimlarida reaktiv quvvatni avtomatik tarzda kompensatsiya qilish uchun konstruktiv jihatdan sodda hamda ishonchli kontaktsiz kommutatsiya qurilmasi sxemasini ishlab chiqish;

qayta tiklanuvchan energiya manbalari mavjud tarmoqlar uchun yangi turdagi kontaktsiz qurilmalar ishini modellashtirish va tarkibiga kiruvchi elementlarning parametrlarini hisoblash metodikasini takomillashtirish;

yangi turdagi kontaktsiz qurilma bilan jihozlangan uskunani eksperimental tadqiq qilish va tajriba natijalarini nazariy hisoblashlar qiymatlari bilan taqqoslash.

Tadqiqotning obyekti qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta'minlanuvchi elektr ta'minot tizimlaridagi kommutatsiya qurilmalari hisoblanadi.

Tadqiqotning predmeti qayta tiklanuvchan energiya manbalari integratsiyalashgan elektr tarmoqlari uchun yangi texnik sxemalarni ishlab chiqish va tadqiq qilishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida imitatsion modellashtirish, analitik va raqamli hisoblash usullari, turli jarayonlarda ishlaydigan elektr jixozlarni kommutatsiya qilish qurilmalarini nazariy va amaliy tadqiqotlarida, reaktiv quvvat kompensatsiyasi texnologik jarayonlarini tajribaviy tadqiq qilish va ko'p sonli tajriba natijalarini qayta ishlash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

quyosh fotoelektr stansiyalari asosidagi elektr ta'minoti tizimlarida reaktiv quvvatni avtomatik tarzda kompensatsiya qilish va elektr uskunalarini ishga tushirish uchun yangi turdagi kontaktsiz qurilma ishlab chiqilgan (№ FAP 02240);

kontaktsiz qurilmalar asosidagi gibrid fotoelektr stansiyalari integratsiyalashgan elektr ta'minoti tizimlarida reaktiv quvvatni operativ kompensatsiyalash orqali tizim samaradorligini oshirish imkonini beradigan, avtomatik boshqarish sxemasi ishlab chiqilgan;

tarmoqqa integratsiyalangan quyosh fotoelektr stansiyalaridan ta'minlanuvchi asinxron matorli suv nasosining energetik ko'rsatkichlarini aniqlash imkonini beradigan imitatsion model ishlab chiqilgan;

kombinatsiyalashgan elektr ta'minoti tizimidagi kontaktsiz qurilmalar ishlash ishonchliligini oshirish imkonini beradigan elementlarining chegaraviy tok va kuchlanishlari qiymatlarini hisoblashning uslubiyoti har bir elementning ishdan chiqishlar intensivligini inobatga takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta'minlanuvchi uskunalarni kommutatsiyalovchi bir hamda uch fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmalari takomillashtirilgan.

qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta'minlanuvchi uskunalarni reaktiv quvvatini kompensatsiyalovchi uch fazali kombinatsiyalashgan kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi takomillashtirilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi sanoat sharoitida zamonaviy usul va o'lchash vositalaridan foydalangan holda olingan tajriba natijalari bilan asoslanadi, olingan natijalarga matematik ishlovlar berish, kuzatuv va taqqoslash usullari, natijalarni qayta ishlashning umum e'tirof etilgan usullari qo'llanilganligi va amaliyotga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati har xil turdagi elektr jihozlari uchun mavjud ishga tushirgichlarning konstruksiyalari tahlili asosida soddalashtirilgan konstruksiyaga ega va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta'minlanuvchi elektr motorlarning ishonchli ishlashini ta'minlovchi, yangi turdagi ishga tushirgichlar ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati taklif etilayotgan takomillashtirilgan metodika asosida elektr jihozlarning ishlash muddatini uzaytirish imkonini beruvchi ishonchli, ixcham va tejamkor kontaktsiz qurilmalar ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta'minlanuvchi uskunalarni kommutatsiyalovchi kontaktsiz ishga tushirish qurilmalarini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

bir fazali elektr motorini kommutatsiyalovchi ishga tushirgich uchun O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk markazidan foydali modelga patent olingan (№ FAP 02240; 2023 yil). Natijada quyosh fotoelektrik stansiyalaridan elektr energiya bilan ta'minlanuvchi bir fazali elektr iste'molchilarni kommutatsiyalovchi va reaktiv quvvatini avtomatik kompensatsiyalovchi kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi takomillashtirilgan;

kontaktsiz qurilmalardan foydalangan holda reaktiv quvvatni avtomatik tarzda kompensatsiya qilish usuli "Muborak issiqlik elektr markazi"ga qarashli quyosh fotoelektrik stansiyasiga integratsiya qilingan elektr ta'minot tizimida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi "Issiqlik elektr stansiyalari" AJ ning 2023 yil 29 avgustdagi №04-20/613-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalashda elektr ta'minot tizimining sifat ko'rsatkichlari yaxshilashning, elektr energiyasi isrofi yil davomida 304,24 ming kW · soatga kamaytirishning hamda 123,4 mln. so'm iqtisodiy samaradorlikga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 10 ta ilmiy-amaliy anjumanlarda, shu jumladan, 6 ta xalqaro va 4 ta respublika anjumanlarida muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 21 ta ilmiy ishlar chop etilgan bo'lib, shu jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya qilingan 1 ta xalqaro va 6 ta respublika jurnallarida ilmiy maqolalar nashr qilingan. 1 ta maqola Scopus bazasiga kiruvchi to'plamlarda nashr etilgan hamda O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk markazidan bitta foydali modelga patent va EHM uchun 4 ta dasturiy mahsulotga mualliflik guvohnomalari olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiya hajmi 114 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati, tadqiqot maqsadi va vazifalari asoslangan; tadqiqot obyekti va predmeti ifodalangan; tadqiqotning respublika fan va texnologiyalar rivojlanishi ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan; ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan; dissertatsiya tadqiqoti natijalarining ishlab chiqarishga joriy qilinishi hamda sinov natijalari ko'rsatilgan; chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Quyosh fotoelektrik stansiyalarni boshqarish va ishonchliligini oshirish uchun kontaktsiz qurilmalar texnik sxemalari tahlili”** deb nomlangan birinchi bobida qayta tiklanuvchan energiya manbalari asosidagi qurilmalarni qo'llanilishi dolzarbligi, hozirgi holati hamda istiqbollari, quyosh fotoelektrik stansiyalari sxemalari va tarkibiy elementlari tahlili, quyosh fotoelektrik stansiyasining elektr ta'minoti tizimida reaktiv energiya iste'molini avtomatik boshqarish uchun kontaktsiz qurilmalar, fotoelektrik tizimdagi suv nasoslarini kommutatsiyalovchi kontaktli hamda yarimo'tkazgich asosidagi kontaktsiz ishga tushirgichlar tahlili bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Quyosh fotoelektrik stansiyalarining butlovchi jihozlari uchun kontaktsiz qurilmalarni ishlab chiqish”** deb nomlangan ikkinchi bobida tarmoqqa integratsiyalangan quyosh fotoelektrik stansiyalaridan ta'minlanuvchi suv nasosi uchun reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmalari, quyosh fotoelektrik tizimi ta'minoti ishonchliligi va muntazam ishlashini ta'minlovchi omillar, quyosh fotoelektrik stansiyalaridan ta'minlanuvchi bir fazali elektr iste'molchilar va uch fazali uskunalari uchun kontaktsiz qurilmalarini ishlab chiqish, quyosh fotoelektrik stansiyalaridan ta'minlanuvchi katta quvvatli suv nasoslarini kommutatsiyalovchi kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

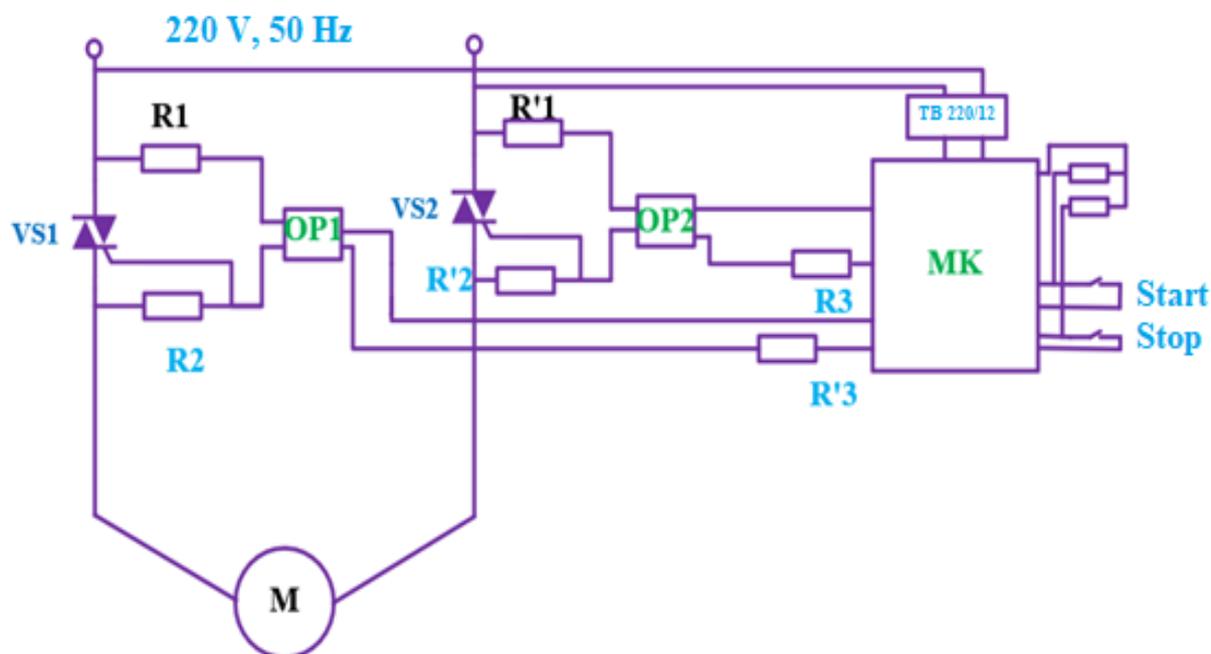
Elektr ta'minoti tizimining ishonchliligi tizimda foydalanilgan qurilma va elementlarning soni, ularning ishdan chiqish intensivligi qiymati kabi bir qancha parametrlarga bog'liq bo'lib, ishonchlilikka ta'sir etuvchi qurilmalardan biri bu kommutatsiya apparatlari hisoblanadi. Tizim ishonchliligini ta'minlashda asosan kontaktsiz kommutatsion qurilmalaridan foydalanish maqsadga muvofiq. Kontaktsiz kommutatsion qurilmalari kontakтли qurilmalarga qaraganda operativ ishga tushirish, shovqinsiz ishlashi va yuqori ishonchlilik ko'rsatkichlariga ega.

Qayta tiklanuvchan energiya manbalari mavjud bo'lgan elektr ta'minoti tizimlarida iste'molchilarni tarmoqqa uzib – ulash va reaktiv quvvat kompensatsiyasini operativ hamda ishonchli tarzda amalga oshirish uchun, kontaktsiz avtomatik tarzda boshqariladigan qurilmalardan foydalanish maqsadga muvofiq.

Yuqoridagilarni e'tiborga olgan holda konstruktiv jihatdan sodda, ishonchli, tarmoqdagi yuz beradigan jarayonlarga operativ tarzda ta'siran javob beradigan bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi ishlab chiqildi.

Ushbu kontaktsiz kommutatsiyalash qurilmasi qayta tiklanuvchan energiya manbalari mavjud tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish maqsadida foydalaniladigan kondensator batareyalarini, bir fazali elektr motorlarini, aktiv hamda aktiv-induktiv xarakterdagi yuklamalarni tarmoq kuchlanishi 220 V va chastotasi 50 Hz bo'lgan manbaga kommutatsiyalash uchun xizmat qiladi.

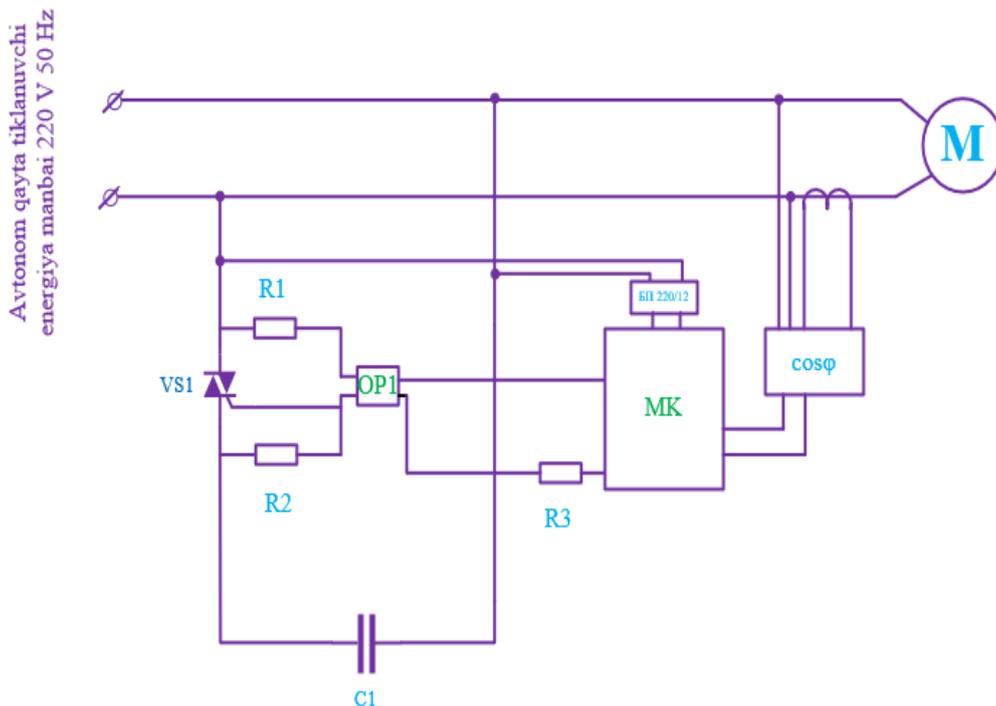
Yangi kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi kommutatsiya bloki, kuch simistorlaridan, boshqaruv zanjiridagi rezistorlar, optopara hamda mikrokontrollerdan iborat (1 – rasm).



1 – rasm. Bir fazali kontaktsiz ishga tushirgich sxemasi
 VS1, VS2 – simistorlar; OP1, OP2 - optoparalar,
 MK- mikrokontroller, TB- ta'minot bloki

Nazorat qilinadigan parametr sifatida $\cos\phi$ qiymatini doimiy ushlab turish vazifasi qo'yilishi mumkin va shu tarzda qayta tiklanuvchan energiya manbalari

mayjud tarmoqning ishonchliligi oshiriladi. 2-rasmda avtonom ishlovchi bir fazali tizimda kontaktsiz qurilma yordamida avtomatik tarzda quvvat koeffitsiyentini ushlab turish, ya'ni boshqacha so'z bilan aytganda reaktiv quvvatni operativ kompensatsiyalash sxemasi keltirilgan.



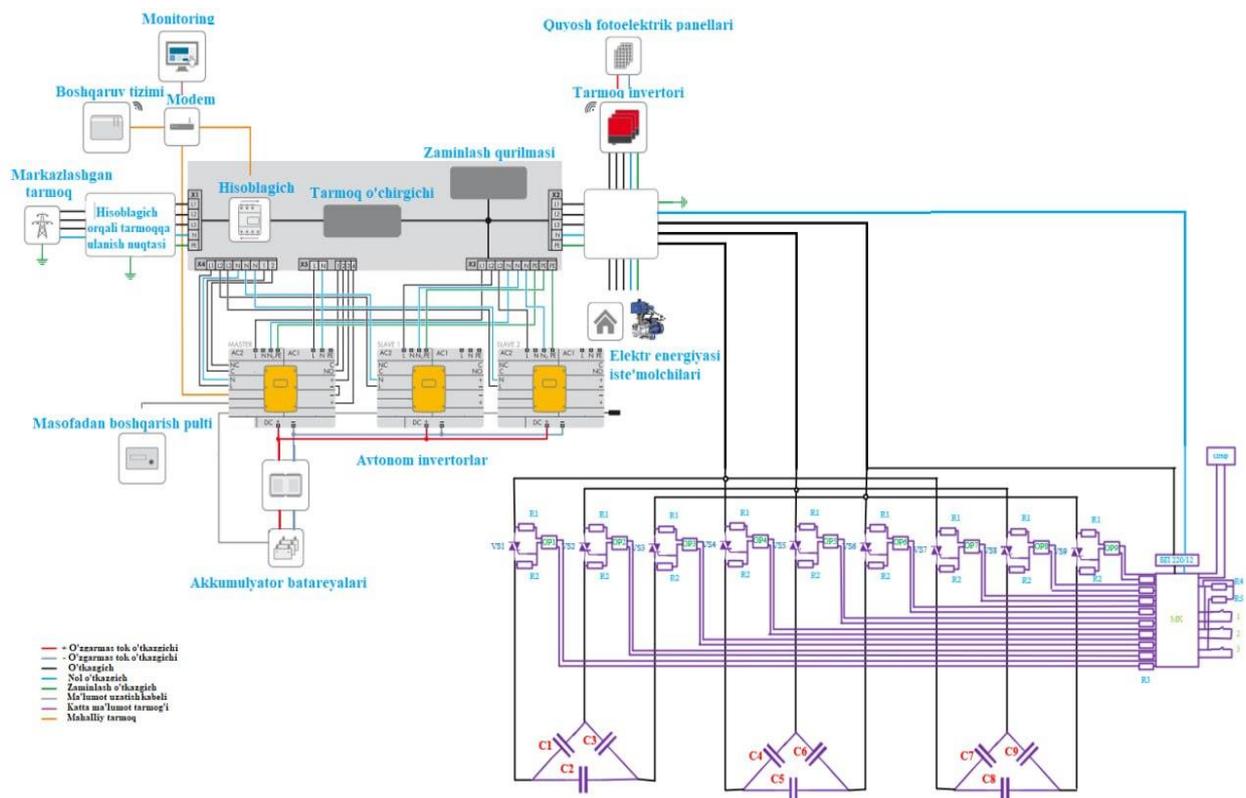
2 - rasm. Avtonom elektr ta'minoti tizimda bir fazali kontaktsiz reaktiv quvvat kompensatsiyasi sxemasi.

Uch fazali elektr iste'molchilarni elektr tarmog'iga ishonchli ulash hamda uzish uchun kontaktsiz ishga tushirgichlarni ishlab chiqish ham dolzarb vazifalardan biri hisoblanishini inobatga olib, uch fazali kontaktsiz kommutatsiya qilish qurilmasi ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan ishga tushirgich qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan ta'minlanuvchi uch fazali iste'molchilar hamda elektr motorlarni ishga tushirish uchun mo'ljallangan.

Gibrid quyosh fotoelektrik stansiyasi elektr ta'minoti tizimlarida kondensator batareyalarini kontaktsiz ulash uchun uch qutbli, uch fazali qurilma ishlab chiqildi. Ushbu qurilma simistor, diod, optopara, ta'minlash bloki hamda boshqaruv mikrokontroleridan iborat bo'lib, shovqinsiz ishlaydi va tarmoqqa qisqa vaqt ichida ulab - uzish imkonini beradi. Bu esa fotoelektr stansiya mavjud bo'lgan tarmoqda $\cos\phi$ qiymatini talab etilgan qiymatidan kelib chiqqan holatda reaktiv quvvatni qisqa vaqt ichida kerakli miqdorda kompensatsiyalash imkonini beradi.

Gibrid quyosh fotoelektrik stansiyasi, quyosh fotoelektrik panellari, tarmoq invertori, avtonom inverter, hisobga olish va monitoring tizimi hamda akkumulyator batareyalaridan iborat. Ushbu tizim elektr iste'molchilarini quyosh fotoelektrik panellaridan olingan elektr energiyasi bilan ta'minlaydi. Fotoelektrik panellar tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiya iste'mol qilinadigan miqdordan katta bo'lgan taqdirda ortiqcha energiya akkumulyator batareyalariga yoki markazlashgan elektr ta'minotiga yo'naltiriladi. Ushbu tizimdagi reaktiv energiyani iste'mol

qiluvchi abonentlar ushbu turdagi energiyani tarmoqdan iste'mol qiladilar. Markazlashgan tarmoqda uzilishlar vaqtida tarmoqdan reaktiv quvvat iste'moli ham to'xtaydi. Ushbu reaktiv quvvatni stansiyaning o'zida hosil qilishga ehtiyoj mavjudligi uchun, uch fazali kontaktsiz qurilmalar asosidagi reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmasi ishlab chiqildi (3-rasm). Ushbu reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmasi quyosh fotoelektrik stansiyasi iste'molchilari uchun talab etilgan miqdordagi reaktiv quvvatni ishlab chiqarishi bilan bir qatorda kuchlanish qiymatini ham rostdash imkonini beradi.



3 – rasm. Gibrid quyosh fotoelektrik stansiyasida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash sxemasi.

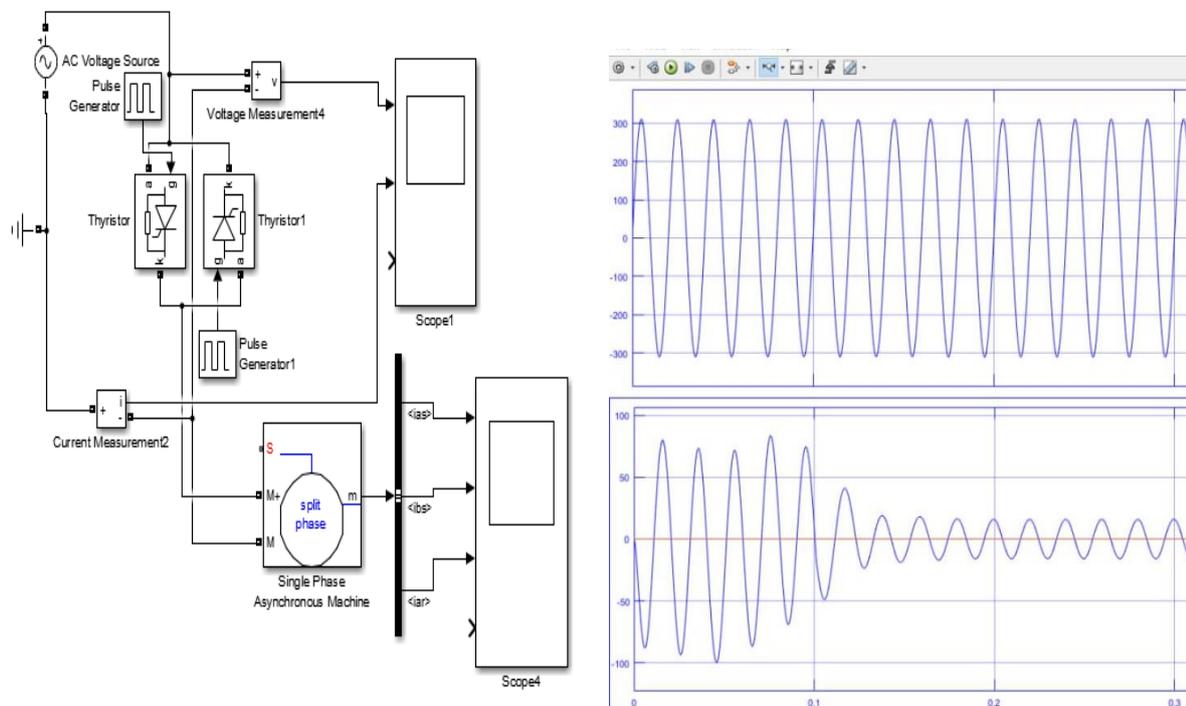
Tarmoqda reaktiv quvvatga talab sezilsa, PFR-12 qurilmasidan mikrokontrollerga navbatdagi qo'shish signali uzatiladi va mikrokontroller kerakli kondensator batareyalarini tarmoqqa ulash vazifasini bajaradi.

Bu holda kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi mikrokontrollerga o'rnatilgan dastur yordamida hamda qat'iy ketma - ketlikda kondensator batareyalarini tarmoqqa ulash hamda ortiqcha reaktiv quvvat hosil bo'lganda kamaytirish vazifasini bajaradi. Bir vaqtning o'zida qurilma 3 ta quvvati har xil bo'lgan kondensator batareyalarini tarmoqqa quvvat oshib borish tartibida hamda kamayish tartibida kombinatsiyalashgan usulda ulash - uzish vazifasini bajaradi.

Dissertatsiyaning **“Fotoelektrik suv nasoslarining kontaktsiz ishga tushirish qurilmalarini modellashtirish va hisoblash”** deb nomlangan uchinchi bobida, tarmoqqa integratsiyalangan quyosh fotoelektrik stansiyalaridan ta'minlanuvchi nasos agregatining elektr ta'minoti tizimi imitatsion modelini ishlab

chiqish, quyosh fotoelektrik stansiyalaridan ta'minlanuvchi bir va uch fazali nasoslarni ishga tushirishda qo'llaniladigan kontaktsiz qurilmalarni imitatsion modelini yaratish, quyosh fotoelektrik stansiyalarida qo'llaniladigan kontaktsiz qurilmalar tarkibiy elementlarini hisoblash va tanlash metodikasini takomillashtirish, quyosh fotoelektrik stansiyalaridan ta'minlanadigan nasoslar va boshqa uskunalarni kontaktsiz ishga tushirish qurilmalarini ishonchlikka tekshirish bo'yicha ma'lumot keltirilgan.

MATLAB tizimining - Simulink vizual dasturlash paketi yordamida bir va uch fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasining imitatsion modellari ishlab chiqildi. Imitatsion modellar yordamida bir va uch fazali elektr motorlarining ishga tushirish jarayoni simulyatsiya qilindi hamda tok va kuchlanishlar o'zgarish ossillogrammalari olindi. 4-rasmda bir fazali tiristor asosidagi kontaktsiz ishga tushirish modeli va uning yordamida olingan kuchlanish va tok ossillogrammalari ko'rsatilgan.

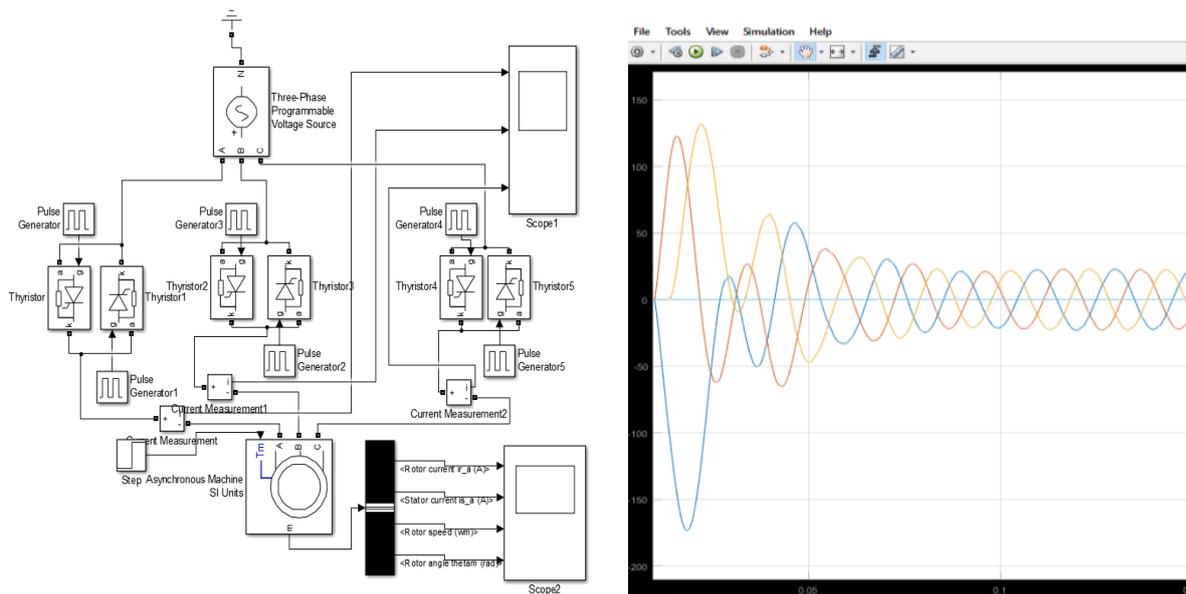


4-rasm. Bir fazali qurilmaning imitatsion modeli va uning yordamida olingan kuchlanish va tok ossillogrammalari

5-rasmda uch fazali nasosni kontaktsiz qurilma orqali ishga tushirish modeli va uni qo'llash orqali olingan toklar ossillogrammalari ko'rsatilgan. Sxema uch fazali kuchlanish manbaini simulyatsiya qiluvchi va "yulduz" usulda ulangan o'zgaruvchan kuchlanishli uchta Voltage Source blokdan, fazalarga qaraba – qarshi parallel ulangan oltita Tiristor, ... Tiristor 5 simulyatsiya qiluvchi tiristorlar bloklari, o'lchash va ro'yxatga olish, ishga tushirish vaqtida elektr motorining parametrlarini nazorat qilish uchun qurilmalar va qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron elektr motordan iborat.

Ossillogramma nasosning ishga tushirishdagi stator toklarining o'zgarishi parametrlarini ko'rsatadi. Bu yerda motorning ishga tushish toki 0,3 soniyadan so'ng

ruxsat etilgan qiymatga erishadi, bu kichik quvvatli asinxron motorlar uchun xosdir. Bu holda, tiristorli ishga tushirgich an'anaviy kommutatsiya qurilmasi kabi ishlaydi va elektr motorlari hamda texnologik uskunalarni ishga tushirish uchun puskatel sifatida qo'llanilishi mumkin.



5 - rasm. Uch fazali nasosni imitatsion modeli va asinxron motorni ishga tushirishdagi tokning ossillogrammalari

Yuqorida keltirilgan kontaktless qurilmalar elementlarini hisoblash va tanlash uchun takomillashgan metodika ishlab chiqildi.

Yuklama tokining hisobiy qiymati quyidagi ifodadan hisoblanadi:

$$I_{n.M.} = \frac{P_n}{3 \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos\varphi} \quad (1)$$

Yuklama tokining amplituda qiymati:

$$I_m = \sqrt{2} \cdot I_{n.M.} \quad (2)$$

Simistor orqali o'tuvchi tokning o'rtacha qiymati.

$$I_{orr} = \frac{I_m}{K_a} \quad (3)$$

Bu yerda $K_a = 3,14$ amplituda koeffitsiyenti.

Kuchlanishning amplituda qiymati.

$$U_m = \sqrt{6} \cdot U_n \quad (4)$$

Simistorning ta'sir etuvchi toki qiymati.

$$I_{t.e} = K_f \cdot I_{orr} \quad (5)$$

Bu yerda $K_f = \frac{K_a}{2} = \frac{3,14}{2} = 1,57$

Tok va kuchlanishning chegaraviy qiymatlarini tanlash shartlari:

$$I_{cheg} > I_{orr} \quad U_{ch} = 1,5 \cdot U_m \quad (6)$$

Nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalaridan kelib chiqib, tokning chegaraviy qiymatlarini aniqlashda quyidagi formuladan foydalanish taklif qilinadi: chegaraviy tok o'rtacha qiymatidan 3÷4 marta katta bo'lishi kerak.

$$I_{cheg} > 3 \div 4 \cdot I_{orr} \quad U_{ch} = 1,5 \cdot U_m \quad (7)$$

Oltita Pin li optosimistorlarning qarshiligi:

$$R_{os} = \frac{U_K}{I_{nom}} \quad (8)$$

Bir fazali sxemadagi R3 qarshilikning qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi.

$$R3 = \frac{E_K - U_{os.max}}{I_{ch.min}} \quad (9)$$

Xizmat muddati davomida svetodiod yorug‘ligi samaradorligini pasayishini hisobga olgan holda, $I_{ch.min}$ qiymatiga 30 % qo‘shiladi va natijaviy qiymat $I'_{ch.min} = 1,3 \cdot I_{ch.min}$ ifodadan aniqlanadi. Shuni hisobga olgan holda, R3 qarshilikni hisoblash formulasi quyidagicha bo‘ladi:

$$R3 = \frac{E_K - U_{os.max}}{I'_{ch.min}} \quad (10)$$

Shu tariqa kontaktsiz ishga tushirish qurilmalar elementlarini hisoblash metodikasi tok va kuchlanishning chegaraviy qiymatlari, $I_{ch.min}$ qiymatini hisoblashga yangicha yondashuvni inobatga olgan holda takomillashtirildi.

1 – jadval

Kontaktsiz ishga tushirgichlarning ishonchlikka tekshirish natijalari.

	1 – sxema 1 fazali	1 – sxema 3 fazali	2 – sxema 1 fazali	2 – sxema 3 fazali	3 – sxema 1 fazali	3 – sxema 3 fazali
$\lambda_{min}, 10^{-6} soat^{-1}$	146	205,4	66,88	100	27,3	41
$\lambda_{max} 10^{-6} soat^{-1}$	303	568	94,3	183	140,5	211
$T_{max}, soat$	6849	4869	14952	10000	36630	24390
$T_{min}, soat$	3300	1760	10605	5464	7117	4739
$T, soat$	5075	3315	12779	7732	21874	14564

Kontaktsiz ishga tushirish qurilmalarini ishonchlikka tekshirish uchun 3 ta muqobil sxemalar ko‘rib chiqilib, o‘zaro taqqoslandi.

Ishonchlik o‘rtacha ish vaqti - $T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}}$, o‘z navbatida kutilmaganda ishdan chiqishlarning intensivlik doimiyligiga (λ) bog‘liq.

Ishga tushirgich uchun kutilmaganda ishdan chiqishlarining ehtimoli quyidagi ifodadan topiladi:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (11)$$

Murakkab apparaturaning ishonchliligi alohida elementlarning uzluksiz ishlashiga bog‘liq, shuning uchun uzluksiz ishlashni miqdoriy baholash qurilmaning barcha elementlari ishonchliligini hisobga olishni talab qiladi. Uzluksiz ishlash vaqtining t davomiyligida qurilmaning ishonchliligi matematik jihatdan quyidagicha aniqlanadi:

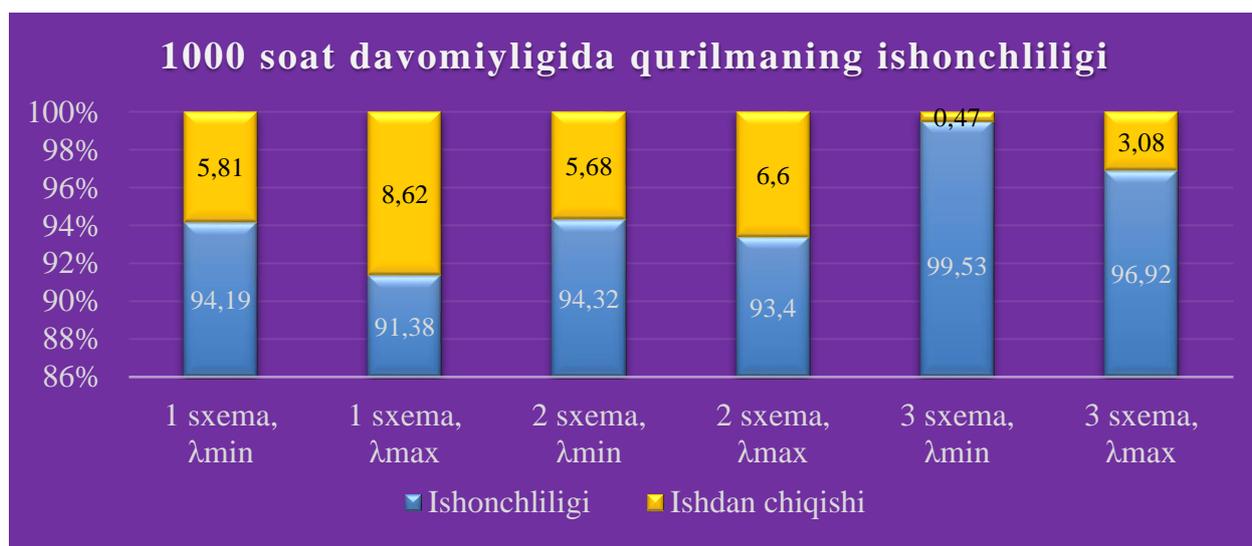
$$P = e^{-\lambda t} \quad (12)$$

Bu yerda: λ – kutilmaganda ishdan chiqishlar intensivlik doimiyligi;
 t – qurilmaning uzluksiz ishlash davomiyligi.

Agar qurilma n ta elementdan tashkil topgan bo‘lsa:

$$P_{qurilma} = e^{-\lambda_1 t} e^{-\lambda_2 t} \dots \dots e^{-\lambda_n t} = e^{-t(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)} \quad (13)$$

Shunday qilib, elektromagnit boshqariladigan kichik quvvatli kontaktlardan foydalangan holda, katta quvvatli tiristorlarni ishga tushirish qurilmasini 1000 soat ekspluatatsiya qilish davomida ishonchliligi $94,19 \div 91,38$ % ni, tiristorli kontaktsiz ishga tushirish qurilmasining ishonchliligi $94,32 \div 93,04$ %, simistorli qurilmaning ishonchliligi esa $99,53 \div 96,92$ % ni tashkil qiladi. 6-rasmda kontaktsiz ishga tushirish qurilmalarining ishonchlilik qiymatlari diagrammasi keltirilgan.



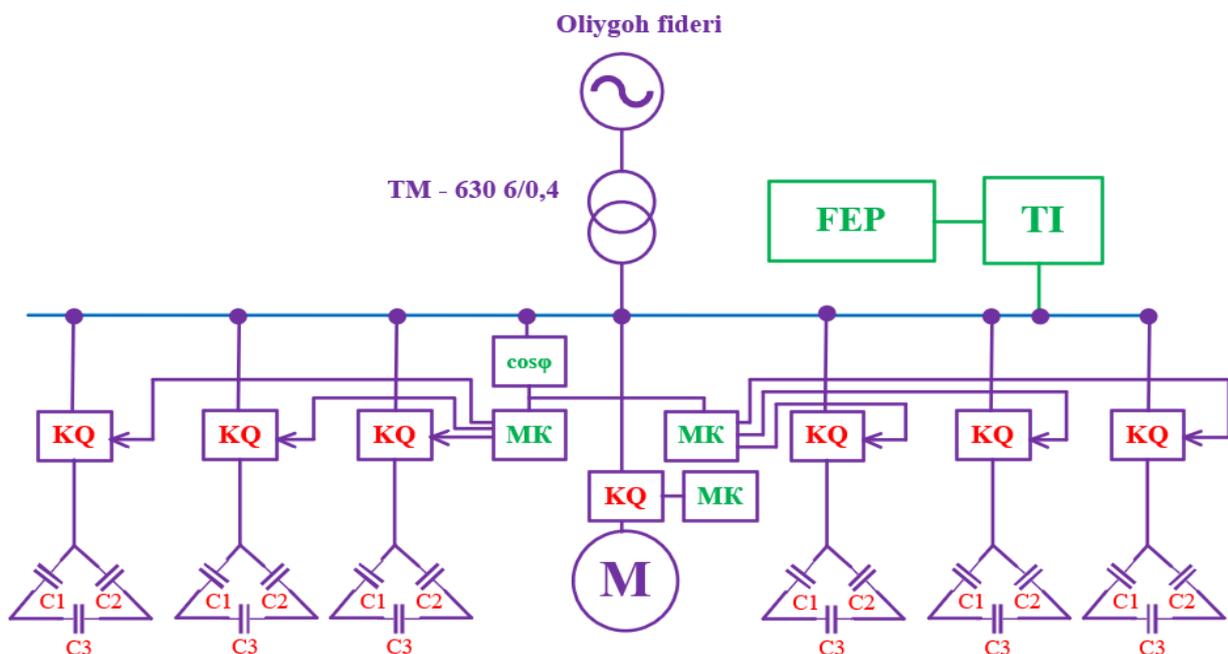
6 – rasm. Kontaktsiz ishga tushirish qurilmalarining ishonchlilik qiymatlari diagrammasi

Dissertatsiyaning “**Fotoelektrik quyosh elektr stansiyalarining energiya ta’minoti tarmoqlarida kontaktsiz qurilmalarni eksperimental tadqiq qilish**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida eksperimental tadqiqotning maqsadi, quyosh fotoelektrik stansiyalari tuzilmasi va tarkibiy elementlari, quyosh fotoelektrik stansiyalari elektr ta’minot tizimida reaktiv quvvatni ratsional kompensatsiya qilish tizimini tadqiq qilish, tarmoqqa integratsiyalangan quyosh fotoelektrik stansiyalari uchun yangi turdagi kontaktsiz qurilmalarni eksperimental tadqiq qilish, quyosh fotoelektrik stansiyalari elektr ta’minot tizimida reaktiv quvvatni ratsional kompensatsiya qilish qurilmasini mavjud analoglar bilan taqqoslash va tizimni iqtisodiy samaradorlik bo‘yicha tahlil qilish bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Quyosh fotoelektrik stansiyasi tarmoqqa integratsiya qilinganda, elektr iste’molchilarining tarmoqdan iste’mol qiladigan aktiv quvvati kamayadi, ular

iste'mol qilayotgan aktiv energiya quyosh elektr stansiyasi tomonidan ishlab chiqariladi. Natijada, tarmoqdan iste'mol qilinadigan aktiv va reaktiv quvvat o'rtasidagi nisbat o'zgaradi. Quyosh fotoelektrik stansiyasidan ta'minlash boshlanganda, tarmoqdagi quvvat koeffitsiyenti qiymati avvalgi qiymatidan pasayadi. Shu sababli, tarmoqdagi kam quvvat koeffitsiyenti hosil qiluvchi isroflarga yo'l qo'yimaslik uchun, quvvat koeffitsiyentini rostdlashga alohida e'tibor qaratish lozim.

7-rasmda kombinatsiyalashgan tizimda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmasini funksional sxemasi ko'rsatilgan. Yetishmayotgan quvvatning katta qismini reaktiv quvvat tashkil etadi va u transformator orqali iste'mol qilinadi. Bu holat quyosh fotoelektrik stansiyasi ishlab chiqarayotgan maksimal quvvatda hamda maksimal reaktiv quvvat iste'moli vaqtida maksimal qiymatga intiladi. Minimum reaktiv quvvat iste'molida hamda quyosh fotoelektrik stansiyasi energiya ishlab chiqarmaydigan holatda o'zining eng kichik qiymatiga erishadi. Quyosh paneli ishlab chiqarayotgan quvvat faqat aktiv quvvatni tashkil etganligi sababli $\cos\phi=1$ ga teng bo'ladi. Ta'minlanayotgan iste'molchilarni turi va xususiyatidan kelib chiqib, quvvat koeffitsiyentining qiymatlari $\cos\phi=0,7\div 1,0$ ga teng bo'ladi. Quvvati 630 kVA bo'lgan transformator mavjud elektr tarmog'iga integratsiya qilingan quyosh fotoelektrik stansiyasining o'rnatilgan quvvati 29 kWni tashkil etadi.



7 – rasmda kombinatsiyalashgan tizimda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmasini funksional sxemasi

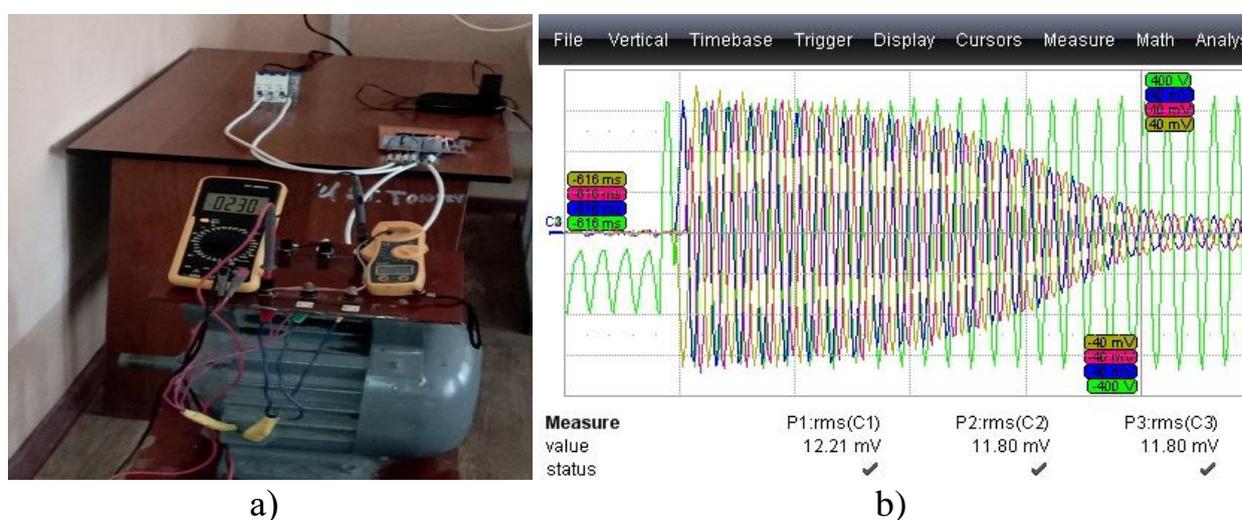
Ushbu qurilma reaktiv quvvatni 12 ta pog'onada rostdlash imkonini beradi. Signallarni qabul qiluvchi Pinlarni tartibiga qarab mikrokontroller kerakli quvvatdagi kondensator batareyasi quvvatini tarmoqqa ulash vazifasini bajaradi.

Kondensator batareyalari ikkita guruhga bo'lingan bo'lib, ularning quvvatlari 2,5 kVAr, 5 kVAr, 7,5 kVAr va reaktiv quvvatni rostdlash chegarasi 2,5 kVAr dan 30 kVAr gacha bo'ladi.

Yangi ishga tushirish qurilmasi quvvati 3 kW gacha bo'lgan qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan ta'minlanuvchi elektr iste'molchilarni ishga tushirish hamda iste'mol qilinayotgan reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish imkonini beradi. Yangi qurilma qo'llagan holda uch fazali elektr iste'molchilari, jumladan AO41-6 tipidagi uch fazali asinxron motor qayta tiklanuvchi energiya manbalari integratsiya qilingan tarmoqqa ulandi.

Ushbu asinxron motorning texnik xarakteristikalari quyida keltirilgan: $R=1 \text{ kW}$; $\cos\varphi = 0,72$; $n=960 \text{ ayl/min}$; $U=220\text{V}/380\text{V}$, $U=220\text{V}$ da $I= 4,8 \text{ A}$; $U=380 \text{ V}$ da, $I = 2,8 \text{ A}$; $\eta=77\%$, $I_{\text{ish.tu}}/I_n=6$.

Asinxron motor, quvvati 5 kW bo'lgan 4 ta va 10 kW bo'lgan 1 ta tarmoq inverteri mavjud quyosh fotoelektrik stansiyasi integratsiya qilingan tarmoqqa ulandi, tarmoq faza kuchlanishlari: $U_{Af}=229 \text{ V}$; $U_{Bf}=230 \text{ V}$; $U_{Cf}=232 \text{ V}$.

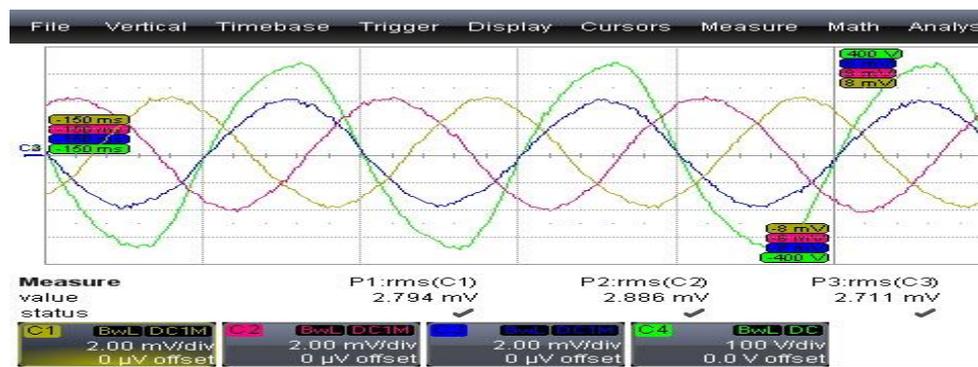


8 – rasm. Motorning kontaktless ishga tushirgich orqali tarmoqqa ulash vaqtidagi kuchlanish hamda tok ossillogrammasi

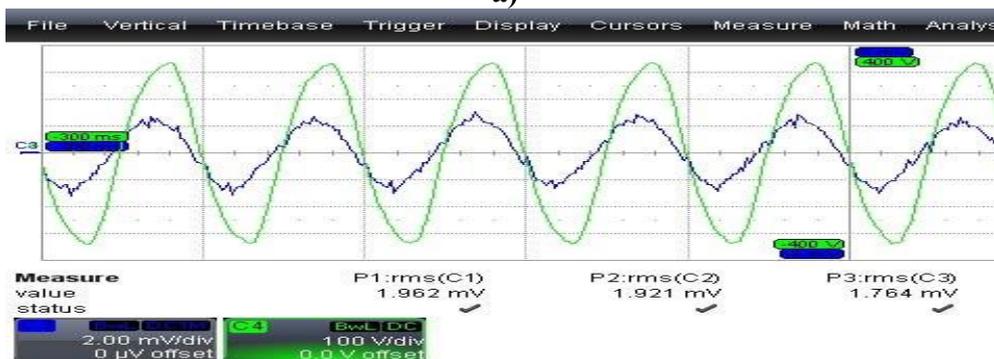
Asinxron motorning qayta tiklanuvchan energiya manbalari mavjud tarmoqqa ta'sirini tadqiq qilish tajriba stendi 8 a- rasmda ko'rsatilgan. Elektr motorning ishga tushirish, ishchi va reaktiv quvvatini kompensatsiyalash rejimlari o'rganildi.

Uch fazali kontaktless qurilmaning kommutatsiya jarayonidagi kuchlanish va tok ossillogrammalari LeCroy64Xi-A turidagi ossillograf yordamida olindi. Motor qayta tiklanuvchan energiya manbalari mavjud tarmoqqa ulanib, uning ishga tushish vaqtidagi kuchlanish hamda tok ossillogrammalari 8 b- rasmda tasvirlangan.

Quyosh fotoelektrik stansiyasi integratsiya qilingan tarmoqqa ulangan AO41-6 tipidagi motorning ishga tushirish, ishchi va reaktiv quvvatini kompensatsiyalash rejimlarida har bir fazadagi tok va kuchlanishlar qiymatlari: $U_{Af}=228 \text{ V}$; $U_{Bf}=227 \text{ V}$; $U_{Cf}=230 \text{ V}$; ishga tushirishdagi tok qiymatlari $I_{Af}=12,21 \text{ A}$; $I_{Bf}= 11,8 \text{ A}$; $I_{Cf}=11,8 \text{ A}$; ishchi rejimdagi tok qiymatlari $I_{Af}=2,79 \text{ A}$; $I_{Bf}= 2,88 \text{ A}$; $I_{Cf}=2,71 \text{ A}$ 9 a -rasm, va reaktiv quvvatini kompensatsiyalash rejimlaridagi tok qiymatlari $I_{Af}=1,96 \text{ A}$; $I_{Bf}= 1,92 \text{ A}$; $I_{Cf}=1,76 \text{ Amp}$ ni tashkil etdi 9 -rasm b.



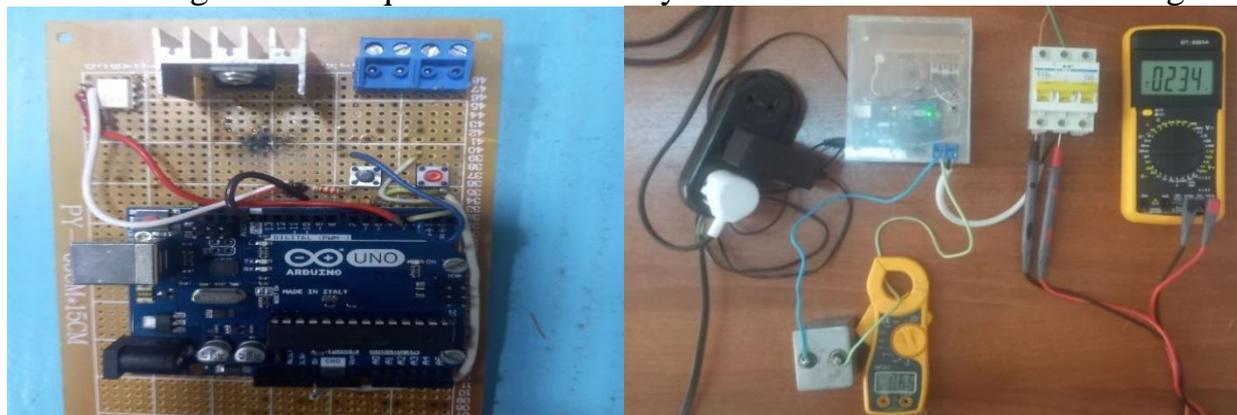
a)



b)

9 - rasm. Motor qayta tiklanuvchan energiya manbalari mavjud tarmoqqa ulanganda ish (a) va reaktiv quvvatini kompensatsiyalash (b) rejimidagi kuchlanish hamda tok ossilogrammalari

Bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi simistor, simistorni sovitish uchun qoʻllanilgan radiator, uch dona turli qarshilik qiymatiga ega rezistorlar, optosimistor, boshqaruv bloki vazifasini bajaruvchi mikrokontrollerdan hamda boshqaruv blokini taʼminlovchi 220/5 Voltli taʼminot manбайдan iborat. Bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasini umumiy koʻrinishi 10 – rasmda tasvirlangan.



10 - rasm. Bir fazali qurilma orqali kondensator batareyasini quyosh fotoelektrik stansiyasi mavjud tarmoqqa ulanishini umumiy koʻrinishi.

Bir fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmasi orqali reaktiv quvvat kompensatsiyasi uchun qoʻllaniladigan kondensator batareyasini tarmoqqa ulash orqali undagi tok va kuchlanish qiymatlari aniqlandi. MBGO-2 turli kondensator batareyasini texnik parametrlari: U_n kuchlanishi 400 V, sigʻimi 10 mkF $\pm 10\%$. Kontaktsiz kommutatsiyalash jarayonida kondensator ulangan faza kuchlanishi 234 V, kondensator batareyasidan oqib oʻtuvchi tok 0,65 A, reaktiv quvvati 152 VAR ni tashkil etdi.

XULOSA

“Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta’minlanuvchi elektr uskunalari uchun kontaktsiz qurilmalarni ishlab chiqish va tadqiq qilish” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi umumiy xulosalar taqdim etildi:

1. Qayta tiklanuvchan energiya manbalari mavjud bo‘lgan tizimlar va sxemalarini tahlil qilish asosida, ushbu tizimlarni ishonchliligi ularda qo‘llanilayotgan kommutatsion apparatlarga bog‘liq ekanligi aniqlandi hamda kondensator batareyalari quvvatini avtomatik rostlash va asinxron motorlarni kommutatsiyalash uchun konstruktiv jihatdan sodda va arzon kontaktsiz qurilmalar ishlab chiqish zarurligi asoslandi.

2. Qayta tiklanuvchan energiya manbalari integratsiyalashgan tizimlarda kondensator batareyalari quvvatini avtomatik rostlash va asinxron motorlarni kommutatsiyalash uchun kontaktsiz qurilmalar ishlab chiqildi (FAP 02240). Natijada, yangi kommutatsion apparatlarni qo‘llash orqali elektr ta’minoti tizimi ishonchliligi oshirish va ularning optimal ishlashini ta’minlash imkoni yaratildi hamda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmasi tannarxini 27,8% ra kamaytirishga erishildi.

3. MATLAB tizimining - Simulink vizual dasturlash paketi yordamida tarmoqqa integratsiyalangan FESdan ta’minlanuvchi nasos agregati tizimini hamda bir va uch fazali kontaktsiz ishga tushirish qurilmalarini imitatsion modellari ishlab chiqildi. Imitatsion modeldan foydalangan holda bir va uch fazali nasoslarining ishga tushirish jarayonlari simulyatsiya qilindi hamda tok va kuchlanishlar ossillogrammalari olindi.

4. Kontaktsiz ishga tushirish qurilmalar elementlarini hisoblash metodikasi tok va kuchlanishning chegaraviy qiymatlari, $I_{ch.min}$ qiymatini hisoblashga yangicha yondashuvni inobatga olgan holda takomillashtirildi. Natijada, yangi metodikani qo‘llash orqali optoparalarning ishlash toki 20% ga kamayishi hisobiga kontaktsiz ishga tushirish qurilmasining ishonchliligi ortdi.

5. Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta’minlanuvchi nasoslari hamda uskunalarni kontaktsiz ishga tushirish qurilmalari ishonchlilikka tekshirish natijalariga ko‘ra, simistorli kontaktsiz qurilmasi (R=99,53 %), elektromagnit bilan boshqariladigan tiristorlarni ishga tushirish qurilmasi (R=94,19 %) hamda tiristorli kontaktsiz qurilmasiga qaraganda (R=94,32%) yaxshiroq ko‘rsatkichlarga ega ekanligi aniqlandi. Natijada, yangi turdagi kontaktsiz qurilmalar boshqalariga nisbatan (5,21÷5,34) % yuqori ishonchlilik ko‘rsatkichlarga ega ekanligi ko‘rsatib berildi.

6. Reaktiv quvvatni avtomatik ravishda kompensatsiyalovchi qurilma “Issiqlik elektr stansiyalari” aksionerlik jamiyati “Muborak IEM” filialining FES integratsiya qilingan sex nasoslarini ta’minlovchi tizimida joriy etildi va yillik iqtisodiy samara 123,4 mln. so‘mni tashkil etdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ РnD.03/30.09.2020.Т.111.03
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
КАРШИНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

МУСТАЕВ РУСЛАН АКТАМОВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ПИТАЮЩИХСЯ ОТ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

05.05.06- Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (РnD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Карши– 2024

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2023.4.PhD/T4246

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете и Каршинском инженерно-экономическом институте.

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)), размещен на веб-странице Научного совета (www.qmii.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Бобожанов Махсуд Каландарович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Садуллаев Насулло Нематович**
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Юлдашев Исроилад Абриевич**
доктор технических наук, профессор

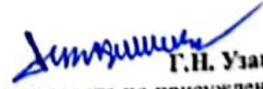
Национальный исследовательский университет
«Ташкентский институт инженеров ирригации и
мелиорации сельского хозяйства»

Защита диссертации состоится «18» 01 2025 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте (Адрес: 180100, г.Карши, ул. Мустакиллик, 225. Конференц-зал Каршинского инженерно-экономического института Тел.: (+99875)-224-02-89; факс: (+99875)-224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрирована №122). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. тел (+99875) 224-02-89), факс: (+99875)-224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «26» 12 2024 года.
(реестр протокола рассылки №27 от «26» 12 2024 года).




Г.Н. Узаков
Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор


Х.А. Давлонов
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., доцент


Б.Уришев
Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Востребованность и актуальность темы диссертации. В мире придается особое значение вопросам выработки электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии и их интеграции в систему электроснабжения. Актуальными являются также вопросы экономии топливных ресурсов, применяемых в традиционных источниках энергии и эффективного использования возобновляемых источников энергии, оптимизации их параметров и режимов использования. Потери мощности, возникающие в комбинированных системах электроснабжения, имеющих в своем составе солнечные электростанции, зависят не только от электромагнитной совместимости основных функциональных элементов, но и от коммутационных аппаратов, используемых для управления и защиты системы. В таких электрических системах целесообразно использовать бесконтактные электрические устройства, быстродействие которых, как считается, в 10÷20 раз выше по сравнению с контактными.² Использование коммутационных аппаратов этого вида повышает эффективность и надежность комбинированных солнечных систем электроснабжения. В частности, энергоэффективность комбинированной системы повышается за счет автоматической компенсации реактивной мощности и постоянного обеспечения требуемых значений коэффициента мощности в такой системе. С учетом того, что солнечные электростанции генерируют только активную энергию, важное значение имеют снижение потерь, возникающих на линиях, повышение пропускной способности данных линий, а также улучшение показателей качества за счет предоставления потребителям требуемой реактивной мощности оперативно и в необходимом количестве.

В мире проводятся научные исследования, нацеленные на сокращение потерь мощности в сетях за счет рациональной компенсации реактивной мощности и коммутации оборудования с использованием коммутационных аппаратов высокой надежности в системах электроснабжения, в состав которых входят солнечные фотоэлектрические станции. В этом направлении особое внимание уделяется вопросам обеспечения требуемого качества потребляемой электроэнергии за счет поддержания и регулирования качества напряжения в электрических сетях и достижения таким образом высоких технико-экономических показателей работы электрооборудования.

В нашей республике придается особое значение совершенствованию электроэнергетической системы, максимальному использованию возможностей генерации электроэнергии, в том числе увеличению объема выработки электроэнергии за счет использования возобновляемых источников энергии. Надежность системы возобновляемого энергоснабжения зависит от вида коммутации потребителей электроэнергии и безопасного осуществления передачи мощности. При использовании бесконтактных устройств для коммутации электрических насосов, питающихся от возобновляемых источников энергии, и автоматического управления мощностью

² <https://djuv.online/file/6NVQGZRgpOSlu>

конденсаторных батарей, которые отличаются от других устройств быстротой действия, длительным сроком службы и отсутствием шума при работе. Существующие бесконтактные пусковые устройства имеют сложную систему управления, что создает трудности при их установке, наладке, запуске и техническом обслуживании, эти факторы препятствуют их широкому применению.

Данная диссертационная работа в определенной мере служит реализации задач, намеченных в Указе Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 года № УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности», постановлениях Президента Республики Узбекистан от 13 февраля 2023 года № ПП-54 «О мерах по повышению эффективности государственного контроля в сфере использования топливно-энергетических ресурсов», от 16 февраля 2023 года № ПП-57 «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году», а также других нормативно-правовых документах по данному направлению.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологии, фотоники и других передовых технологий».

Степень изученности проблемы. Научными исследованиями по созданию бесконтактных коммутационных устройств занимался ряд зарубежных ученых, в частности, R.A.Hamilton, G.R.Lezan, В.П.Ильяшов, Г.М.Рубашов, А.А.Поскробко, А.Г.Сосков, И.М.Туманов, Ю.Ф. Вагапов, Б.И.Кудрин.

Решению научных проблем, связанных с эффективной выработкой электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии и интеграцией станций на основе возобновляемых источников энергии в электроэнергетическую систему, посвящены научные работы таких известных ученых Узбекистана, как Х.Ф.Фазылов, С.А.Азимов, Дж.А.Абдуллаев, Р.А.Захидов, Т.Х.Насыров, К.Р.Аллаев, Р.Р.Авезов, Х.М.Муратов, И.А.Юлдашев и других учёных.

В нашей республике большой вклад в совершенствование коммутационных устройств внесли такие ведущие ученые, как Т.М.Кадыров, М.К.Бобожанов, З.О.Эшмуродов, А.Н.Расулов, Э.Г.Усманов, М.М.Файзиев, Э.Х.Абдураимов, Р.Ч.Каримов, М.С.Саъдуллаев и другие. Вышеперечисленными учеными разработано и внедрено в производство множество бесконтактных устройств, предназначенных для использования в различных отраслях.

Несмотря на достигнутые положительные результаты, проблема разработки схем бесконтактных пускателей для автоматического

регулирования мощности компенсирующего устройства электрооборудования, питающихся от возобновляемых источников энергии, изучена недостаточно. Разработанные устройства имеют сложную конструкцию и большие размеры, сложной является также система управления работой тиристора. Это, в свою очередь, создает трудности при установке, наладке и техническом обслуживании таких устройств, а также препятствует их широкому применению в системах, питающихся от возобновляемых источников энергии.

Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов “Взаимная интеграция возобновляемых источников энергии и централизованной электрической сети” и “Повышение надежности и энергоэффективности системы электроснабжения посредством применения бесконтактных устройств”, реализуемых в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова и Каршинском инженерно-экономическом институте.

Цель исследования заключается в повышении надежности системы электроснабжения с интегрированными в них источниками возобновляемой энергии путём применения бесконтактных устройств.

Задачи исследования:

обоснование необходимости конструктивного усовершенствования устройств, выполняющих функцию автоматической компенсации реактивной мощности в комбинированных системах с использованием возобновляемых источников энергии;

разработка схемы простого в конструктивном плане и надежного бесконтактного коммутационного устройства, предназначенного для автоматической компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения с различными источниками энергии;

моделирование нового типа бесконтактных устройств для сетей с возобновляемыми источниками энергии и совершенствование методики расчета входящих в их состав элементов;

экспериментальное исследование установки, оснащенной бесконтактным устройством нового вида и сравнение результатов эксперимента со значениями теоретических расчетов.

Объектом исследования являются коммутационные устройства в системе электроснабжения с питанием от возобновляемых источников энергии.

Предметом исследования являются разработка и исследование новых технических схем для электрических сетей с интегрированными в них возобновляемыми источниками энергии.

Методы исследования. В процессе исследования использованы методы имитационного моделирования, анализа и цифрового расчета, теоретического и практического исследования устройств коммутации электрических приборов, различающихся по принципу работы, экспериментального

исследования технологических процессов компенсации реактивной мощности, обобщения результатов эксперимента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан новый тип бесконтактного устройства для автоматической компенсации реактивной мощности и пуска электроустановок в электроэнергетических системах на основе солнечных фотоэлектрических станций (№ FAP 02240);

разработана схема автоматического управления на основе бесконтактных устройств, позволяющая повысить эффективность систем электроснабжения с интегрированными гибридными фотоэлектростанциями путём оперативной компенсации реактивной мощности;

создана имитационная модель, позволяющая определять энергетические показатели водяного насоса с асинхронным двигателем, питающегося от интегрированных в сеть солнечных фотоэлектрических станций;

с учетом интенсивности отказов каждого элемента усовершенствована методика расчета значений предельных токов и напряжений элементов бесконтактных устройств в комбинированной системе электроснабжения, позволяющая повысить надежность работы системы.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны одно- и трехфазные бесконтактные пусковые устройства для коммутации электроустановок с питанием от возобновляемых источников энергии;

разработано трехфазное комбинированное бесконтактное пусковое устройство для компенсации реактивной мощности электроустановок, питающихся от возобновляемых источников энергии.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается результатами экспериментов, полученными в промышленных условиях с использованием современных методов и средств измерений, и обусловлена применением методов математической обработки полученных результатов, наблюдения и сравнения, общепризнанных методов обработки результатов, а также их внедрением в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что на основе анализа конструкций существующих пусковых устройств для различных видов электроустановок обоснована необходимость разработки новых видов пускателей, имеющих упрощенную конструкцию и обеспечивающих надежную работу электродвигателей, питающихся от возобновляемых источников энергии.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что на основе предлагаемой усовершенствованной методики разработаны и испытаны надежные, компактные и экономичные бесконтактные устройства, позволяющие продлить срок службы электроустановок.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных в процессе разработки бесконтактных пускателей, коммутирующих электроустановки питающихся от возобновляемых источников энергии:

в Центре интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан получен патент на полезную модель (№ FAP 02240; 2023 год) на пускателя для коммутации однофазного электрического двигателя. В результате было усовершенствовано бесконтактное пусковое устройство для коммутации однофазных потребителей, питающихся от солнечных фотоэлектрических станций, и для автоматической компенсации реактивной мощности;

способ автоматической компенсации реактивной мощности путем использования бесконтактных устройств внедрен в систему электроснабжения Мубарекской ТЭЦ с интегрированной солнечной фотоэлектрической станцией (справка АО “Тепловые электрические станции” Республики Узбекистан №04-20/613 от 29 августа 2023 года). В результате за счет автоматической компенсации реактивной мощности удалось достичь улучшения показателей качества системы электроснабжения, уменьшения потерь электроэнергии на 304,24 тысячи кВт-часов и экономического эффекта в размере 123,4 миллиона сумов в течение года.

Апробация результатов исследований. Результаты исследования прошли обсуждение на 10 научно-практических конференциях, в том числе 6 международных и 4 республиканских конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы в общей сложности 21 научных работ, из них 1 статья опубликована в зарубежном и 6 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций, 1 статья опубликована в сборнике материалов конференций, индексируемом в базе SCOPUS. В Центре интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан получен патент на полезную модель и 4 авторских свидетельства на программный продукт для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, охарактеризованы ее цели и задачи, показаны объект и предметы исследования, а также его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий нашей Республики, описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о результатах

проведенных испытаний, внедрении результатов исследований в производство, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Анализ технических схем бесконтактных устройств для управления солнечными фотоэлектрическими станциями и повышения их надежности»** приводятся данные об актуальности применения установок на основе возобновляемых источников энергии, нынешнем положении дел в этой области и ее перспективах, а также анализ схем и составных элементов солнечных фотоэлектрических станций, анализ бесконтактных устройств для автоматического управления потреблением реактивной энергии в системе электроснабжения с солнечной фотоэлектрической станцией, контактных и бесконтактных полупроводниковых пускателей, коммутирующих водяные насосы в фотоэлектрической системе.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Разработка бесконтактных устройств для комплектуемого оборудования солнечных фотоэлектрических станций»**, содержатся данные об устройствах компенсации реактивной мощности для водяных насосов, питающихся от интегрированных в сеть солнечных фотоэлектрических станций, факторах, обеспечивающих надежность и бесперебойность работы солнечных фотоэлектрических систем электроснабжения, разработке бесконтактных устройств для однофазных электропотребителей и трехфазного оборудования, питающихся от солнечных фотоэлектрических станций, а также о бесконтактном пусковом устройстве, коммутирующем водяные насосы большой мощности с питанием от солнечных фотоэлектрических станций.

Надежность системы электроснабжения зависит от нескольких параметров, таких как количество установок и элементов, используемых в системе, значения интенсивности выхода из строя, и одним из устройств, влияющих на надежность, считается коммутационные аппараты. Для обеспечения надежности системы целесообразно использовать в основном бесконтактные коммутационные устройства. По сравнению с контактными бесконтактные коммутационные устройства имеют более высокие показатели оперативности пуска, бесшумности работы и надежности.

В системах электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии для оперативного и надежного подключения потребителей к сети и отключения их от сети, а также для компенсации реактивной мощности целесообразно использовать бесконтактные устройства с автоматическим управлением.

С учетом вышеизложенного был разработан простой по конструкции и надежный однофазный бесконтактный пускатель, оперативно реагирующий на происходящие в сети процессы.

Новое бесконтактное коммутационное устройство служит для коммутации конденсаторных батарей, используемых для компенсации реактивной мощности в сетях с возобновляемыми источниками энергии, для

подключения и отключения однофазных электродвигателей, активных и активно-индуктивных нагрузок к сети с напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

Новый бесконтактный пускатель состоит из коммутационного блока, силовых симисторов, резисторов в цепи управления, оптопар и микроконтроллера (рис.1).

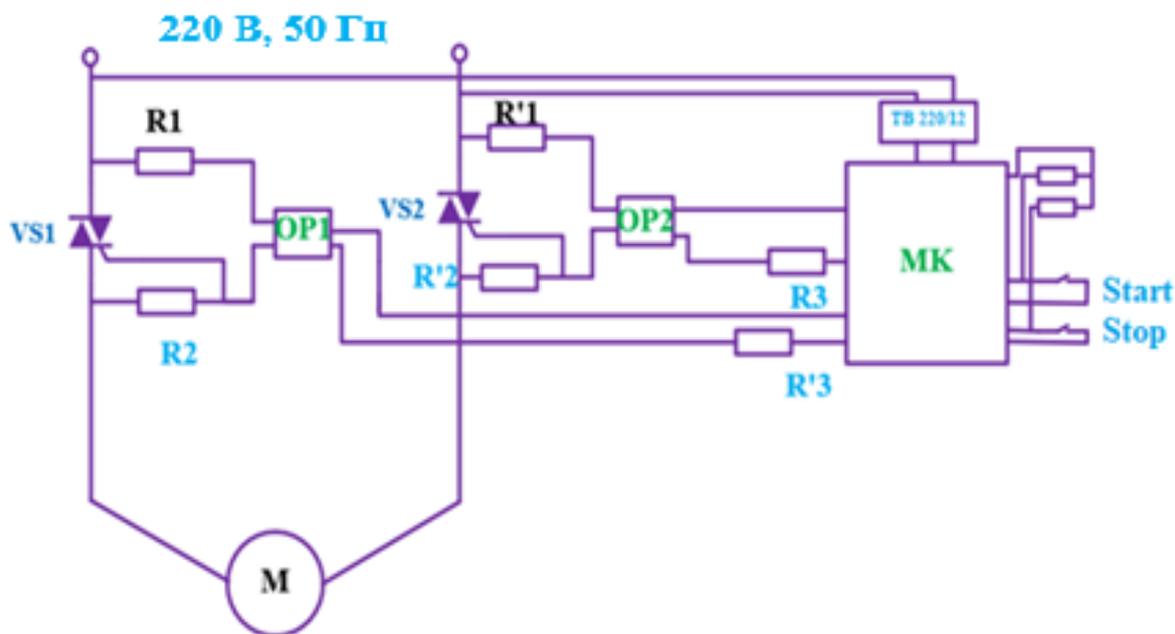


Рис.1. Схема однофазного бесконтактного пускателя
VS1, VS2 – симисторы; OP1, OP2 - оптопары,
МК- микроконтроллер, ТВ- блок питания

В качестве контролируемого параметра может быть поставлена задача постоянного удержания значения $\cos\phi$, и таким образом повышается надежность системы с возобновляемыми источниками энергии.

На рисунке 2 представлена схема автоматического поддержания коэффициента мощности в автономно работающей однофазной системе при помощи бесконтактного устройства, другими словами, схема оперативной компенсации реактивной мощности.

С учётом того, что разработка бесконтактных пускателей для надежного подключения к сети и отключения от сети трехфазных электропотребителей также является актуальной задачей, разработано трехфазное бесконтактное коммутационное устройство. Разработанный пускатель предназначен для подключения и отключения трехфазных потребителей и электродвигателей питающихся от возобновляемых источников энергии.

Для бесконтактного подключения конденсаторных батарей в гибридных системах электроснабжения с солнечной фотоэлектрической станцией разработано трехполюсное, трехфазное устройство. Данное устройство, состоящее из симистора, диода, оптопары, блока питания и управляющего микроконтроллера, работает бесшумно и позволяет за короткий промежуток времени осуществлять подключение к сети и отключение от сети

потребителей. Это позволяет, исходя из требуемого значения $\cos\varphi$ в сети с фотоэлектрической станцией, оперативно компенсировать реактивную мощность в требуемом объеме.

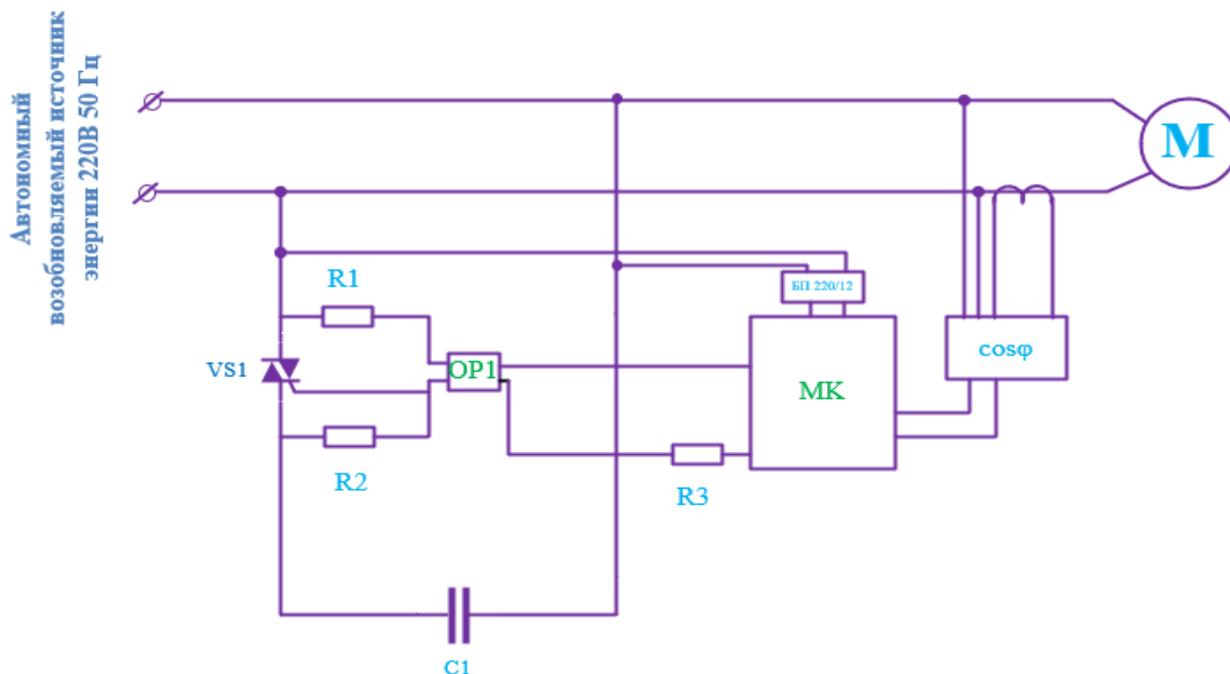


Рис.2. Схема однофазной бесконтактной компенсации реактивной мощности в автономной системе электроснабжения

Гибридная солнечная фотоэлектрическая станция состоит из фотоэлектрических панелей, сетевого инвертора, системы учета и мониторинга, а также аккумуляторных батарей. Эта станция обеспечивает электрических потребителей электрической энергией, получаемой от солнечных фотоэлектрических панелей. В случае превышения объема электроэнергии, генерированного с использованием фотоэлектрических панелей объема потребляемой электроэнергии, избыточная энергия направляется в аккумуляторные батареи или в систему централизованного электроснабжения. В этой системе абоненты, потребляющие реактивную энергию, получают данный вид энергии из сети. Во время отключения электроэнергии в централизованной сети прекращается и потребление из сети реактивной мощности. В связи с необходимостью выработки этой реактивной мощности на самой станции было разработано устройство компенсации реактивной мощности на основе трехфазных бесконтактных устройств (рис.3).

Данное устройство компенсации реактивной мощности позволяет наряду с выработкой реактивной мощности требуемого объема для потребителей солнечной фотоэлектрической станции, также регулировать значение напряжения. В случае возникновения в сети потребности в реактивной мощности, от устройства PFR-12 на микроконтроллер поступает сигнал о включении и выполняется операция по подключению конденсаторных батарей к сети.

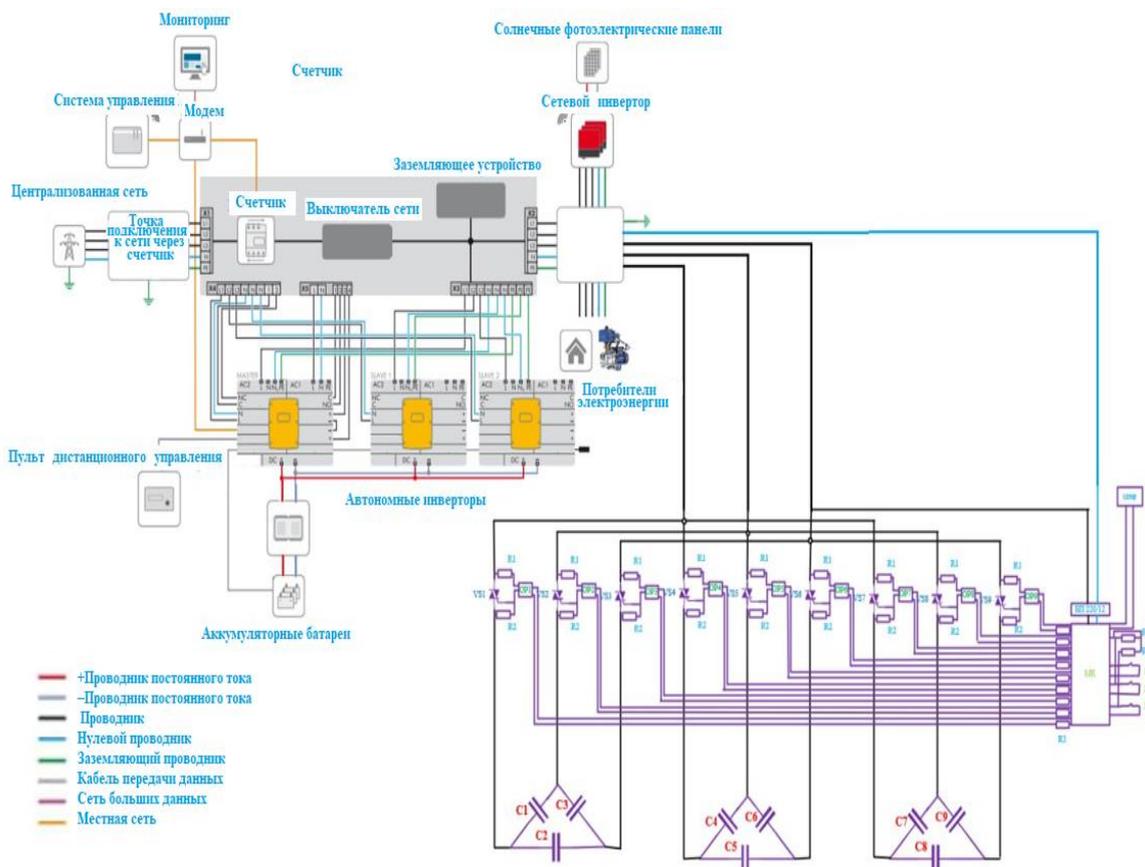


Рис.3 Схема компенсации реактивной мощности на гибридной солнечной фотоэлектрической станции

В этом случае бесконтактный пускатель с помощью программы, установленной в микроконтроллере, и в строгой последовательности выполняет операцию по подключению конденсаторных батарей к сети, а при возникновении избыточной реактивной мощности – операцию по ее уменьшению.

Устройство одновременно выполняет операции по подключению к сети и отключению от сети 3 конденсаторных батарей разной мощности комбинированным способом в порядке увеличения, а также в порядке уменьшения их мощности.

В третьей главе под названием **“Моделирование и расчет бесконтактных пусковых устройств фотоэлектрических водяных насосов”** приведены данные о разработке имитационной модели системы электроснабжения насосного агрегата, питающегося от интегрированных в сеть солнечных фотоэлектрических станций, создании имитационной модели бесконтактных устройств, применяемых при пуске однофазных и трехфазных насосов, совершенствовании методики расчета и подбора составных элементов бесконтактных устройств, проверке на надежность бесконтактных пусковых устройств насосов и другого оборудования, питающегося от комбинированных систем электроснабжения.

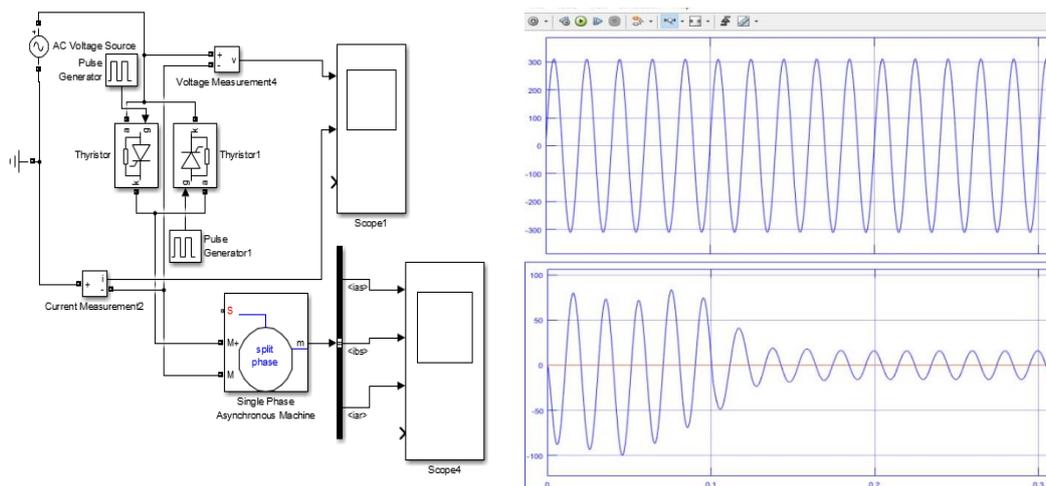


Рис.4. Имитационная модель однофазного устройства и полученные с ее помощью осциллограммы напряжения и тока

При помощи пакета визуального программирования Simulink системы MATLAB, были разработаны имитационные модели одно- и трехфазных бесконтактных пускателей. Эти имитационные модели позволили осуществить симуляцию процесса пуска одно- и трехфазных электродвигателей и получить осциллограммы изменений тока и напряжения. На рис.4 показаны модель однофазного тиристорного пускателя и полученные с ее помощью осциллограммы напряжения и тока.

На рис.5 показаны модель пуска трехфазного насоса посредством бесконтактного устройства и осциллограммы токов, полученные путем ее применения. Схема состоит из трех соединенных в схему “звезда” блоков напряжения переменного тока Voltage Source, симулирующих трехфазный источник напряжения, шести установленных в фазах встречно-параллельно соединенных тиристорных блоков, симулирующих Тиристор, ... Тиристор 5, приборов для измерения и регистрации, контроля параметров электродвигателя при пуске, а также асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

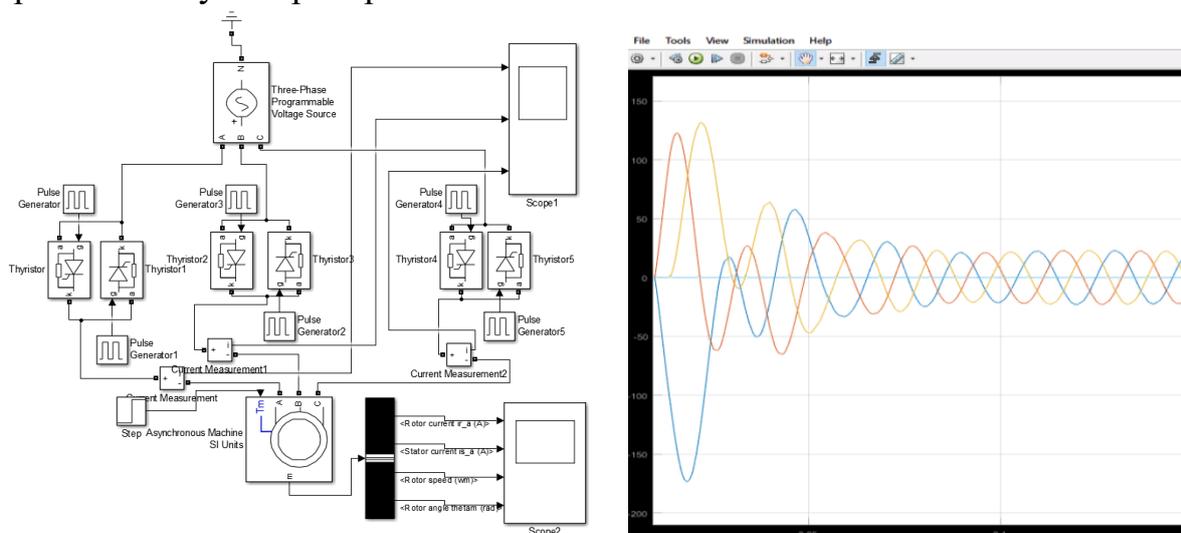


Рис. 5. Имитационная модель трехфазного насоса и осциллограммы тока при пуске асинхронного двигателя

Осциллограммы показывают параметры изменения токов статора при пуске насоса. Здесь пусковой ток двигателя достигает допустимого значения через 0,3 секунды, что характерно для асинхронных двигателей малой мощности. В этом случае, тиристорный пускатель работает как обычное коммутационное устройство и может использоваться в качестве пускателя для запуска электродвигателей и технологического оборудования.

Разработана усовершенствованная методика для расчета и подбора элементов вышеперечисленных бесконтактных устройств.

Значение расчетного тока нагрузки рассчитывается по формуле:

$$I_{н.м.} = \frac{P_n}{3 \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos\varphi} \quad (1)$$

Амплитудное значение тока нагрузки:

$$I_m = \sqrt{2} \cdot I_{н.м.} \quad (2)$$

Среднее значение тока, проходящего через симистор:

$$I_{orr} = \frac{I_m}{K_a} \quad (3)$$

где: $K_a = 3,14$. - коэффициент амплитуды

Амплитудное значение напряжения.

$$U_m = \sqrt{6} \cdot U_n \quad (4)$$

Значение действующего тока симистора.

$$I_{t.e} = K_f \cdot I_{orr} \quad (5)$$

где: $K_f = \frac{K_a}{2} = \frac{3,14}{2} = 1,57$

Условия выбора предельных значений тока и напряжения:

$$I_{cheg} > I_{orr} \quad U_{ch} = 1,5 \cdot U_m \quad (6)$$

Исходя из результатов теоретических и экспериментальных исследований, при определении предельных значений тока предлагается использовать формулу: предельный ток должен быть в 3÷4 раза больше его среднего значения.

$$I_{cheg} > 3 \div 4 \cdot I_{orr} \quad U_{ch} = 1,5 \cdot U_m \quad (7)$$

Сопротивление оптосимистора с 6 пирами:

$$R_{os} = \frac{U_k}{I_{nom}} \quad (8)$$

Значение сопротивления R3 в однофазной схеме определяется по формуле:

$$R3 = \frac{E_K - U_{os.max}}{I_{ch.min}} \quad (9)$$

Принимая во внимание, снижение эффективности светодиодного освещения в течение срока службы, к значению $I_{ch.min}$ добавляется 30% и окончательное значение определяется по формуле $I'_{ch.min} = 1,3 \cdot I_{ch.min}$. С учетом этого формула для расчета сопротивления R3 примет следующий вид:

$$R3 = \frac{E_K - U_{os.max}}{I'_{ch.min}} \quad (10)$$

Таким образом, методика расчета элементов бесконтактных пусковых устройств было усовершенствовано с учетом предельных значений тока и напряжения, а также нового подхода к расчету значения $I_{ch.min}$.

Для проверки бесконтактных пусковых устройств на надежность были проверены и взаимосопоставлены 3 альтернативные схемы.

Надежность зависит от среднего времени работы - $T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}}$, а то, в свою очередь, от постоянства интенсивности внезапных отказов λ .

Вероятность возникновения внезапных отказов для пускателя определяется по следующей формуле:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (11)$$

Надежность сложной аппаратуры зависит от непрерывной работы отдельных элементов, поэтому количественная оценка непрерывной работы требует учета надежности всех элементов устройства. Надежность устройства при продолжительности t времени непрерывной работы математически определяется следующим образом:

$$P = e^{-\lambda t} \quad (12)$$

где: λ – постоянство интенсивности внезапных отказов;

t – продолжительность непрерывной работы устройства.

Если устройство состоит из n элементов:

$$P_{qurilma} = e^{-\lambda_1 t} e^{-\lambda_2 t} \dots \dots \dots e^{-\lambda_n t} = e^{-t(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)} \quad (13)$$

Таблица 1.

Результаты испытаний на надежность бесконтактных пускателей.

	Схема 1 одно- фазная	Схема 1 трех- фазная	Схема 2 одно- фазная	Схема 2 трех- фазная	Схема 3 одно- фазная	Схема 3 трех- фазная
$\lambda_{min},$ 10^{-6} часы $^{-1}$	146	205,4	66,88	100	27,3	41
λ_{max} 10^{-6} часы $^{-1}$	303	568	94,3	183	140,5	211
$T_{max},$ часов	6849	4869	14952	10000	36630	24390
$T_{min},$ часов	3300	1760	10605	5464	7117	4739
$T,$ часов	5075	3315	12779	7732	21874	14564



Рис.6. Диаграмма значений надежности бесконтактных пусковых устройств

Таким образом, при продолжительности эксплуатации 1000 часов надежность пускателя на тиристорах большой мощности с использованием магнитоуправляемых контактов малой мощности составляет $94,19 \div 91,38\%$, надежность тиристорного бесконтактного пускателя - $94,32 \div 93,04\%$, а надежность симисторного устройства - $99,53 \div 96,92\%$. На рис. 6 приведена диаграмма значений надежности бесконтактных пусковых устройств.

В четвертой главе диссертации под названием “**Экспериментальное исследование бесконтактных устройств в сетях электроснабжения солнечных фотоэлектрических станций**”, приводятся данные о цели экспериментального исследования, структуре и составных элементах солнечной фотоэлектрической станции, исследовании системы рациональной компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения солнечных фотоэлектрических станций, экспериментальном исследовании новых видов бесконтактных устройств для интегрированных в сеть солнечных фотоэлектрических станций, сравнении устройства компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения солнечных фотоэлектрических станций с существующими аналогами, а также данные анализа экономической эффективности системы.

При интеграции в сеть солнечной фотоэлектрической станции, потребление активной мощности потребителей из сети снижается, так как потребляемая ими активная энергия вырабатывается солнечной электростанцией. В результате меняется соотношение активной и реактивной мощности, потребляемой из сети. В начале процесса электроснабжения от солнечной электростанции значение коэффициента мощности в сети по сравнению с прежним снижается. Поэтому для избежания потерь, вызванных низким коэффициентом мощности в сети, необходимо уделить особое внимание регулированию коэффициента мощности.

На рис.7 показана функциональная схема устройства компенсации реактивной мощности в комбинированной системе. Большую часть недостающей мощности составляет реактивная мощность и она потребляется через трансформатор. Это состояние стремится к максимальному, во время выработки солнечной фотоэлектрической станцией максимальной мощности

и при максимальном потреблении реактивной мощности. При минимальном потреблении реактивной мощности и в период, когда солнечная фотоэлектрическая станция не вырабатывает энергию, оно достигает своего наименьшего значения. Поскольку вырабатываемая солнечной панелью мощность представляет собой исключительно активную мощность, значение коэффициента мощности будет равно $\cos\varphi=1$. В зависимости от типа и особенностей обеспечиваемых потребителей значения коэффициента мощности будут равны $\cos\varphi=0,7\div 1,0$. Установленная мощность солнечной фотоэлектрической станции, интегрированной в электрическую сеть с трансформатором мощностью 630 кВА, составляет 29 кВт.

Данное устройство позволяет регулировать реактивную мощность на 12 ступенях. В зависимости от порядка принятия сигналов пинами, микроконтроллер выполняет операции по подключению к сети конденсаторной батареи необходимой мощности.

Конденсаторные батареи разделены на две группы, их мощность составляет 2,5 кВар, 5 кВар, 7,5 кВар, а диапазон регулирования реактивной мощности находится в пределах от 2,5 кВар до 30 кВар.

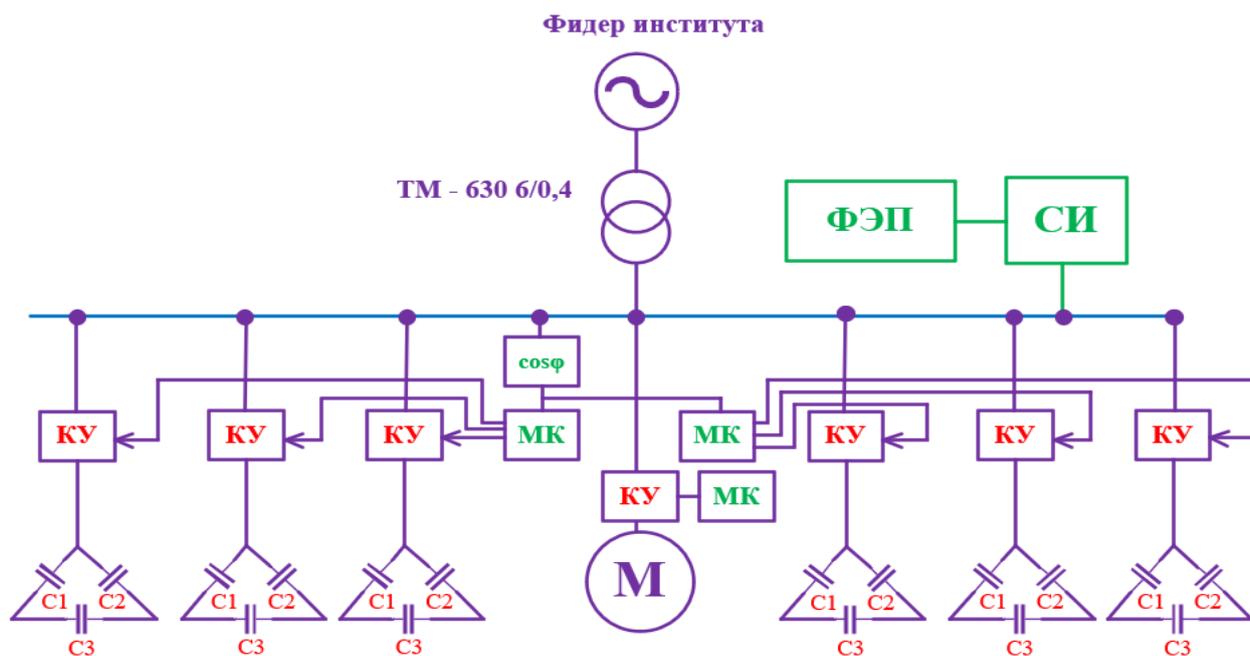


Рис. 7. Функциональная схема устройства компенсации реактивной мощности в комбинированной системе

Новое пусковое устройство позволяет производить пуск потребителей электроэнергии с питанием от возобновляемых источников энергии мощностью до 3 кВт и осуществлять компенсацию потребляемой реактивной мощности. С использованием нового устройства трехфазные потребители и, в частности, трехфазный асинхронный двигатель типа АО41-6 были подключены к сети с интегрированными в нее возобновляемыми источниками энергии.

Технические характеристики данного асинхронного двигателя приведены ниже: $P=1$ кВт; $\cos\varphi=0,72$; $n=960$ об/мин; $U=220В/380В$, при $U=220В, I=4,8$ А; при $U=380В I=2,8$ А; $\eta=77\%$, $I_{пуск}/I_n=6$.

Асинхронный двигатель был подключен к сети с интегрированной солнечной фотоэлектрической станцией с 4 сетевыми инверторами мощностью 5 кВт и 1 сетевым инвертором мощностью 10 кВт, фазные напряжения в сети: $U_{Af}=229В$; $U_{Bf}=230В$; $U_{Cf}=232В$.

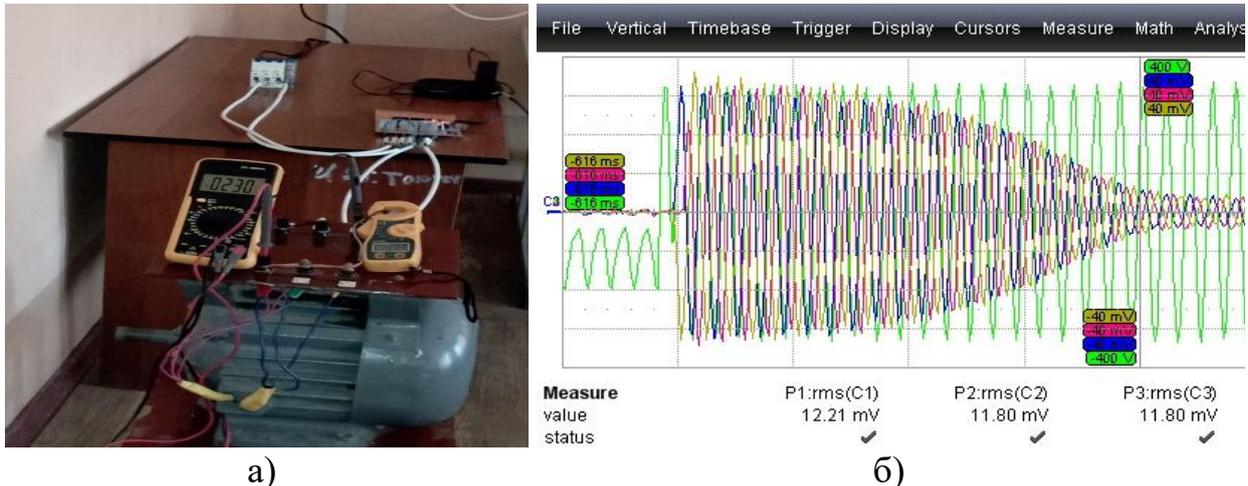


Рис.8. Осциллограмма напряжения и тока в момент подключения двигателя к сети через бесконтактный пускатель

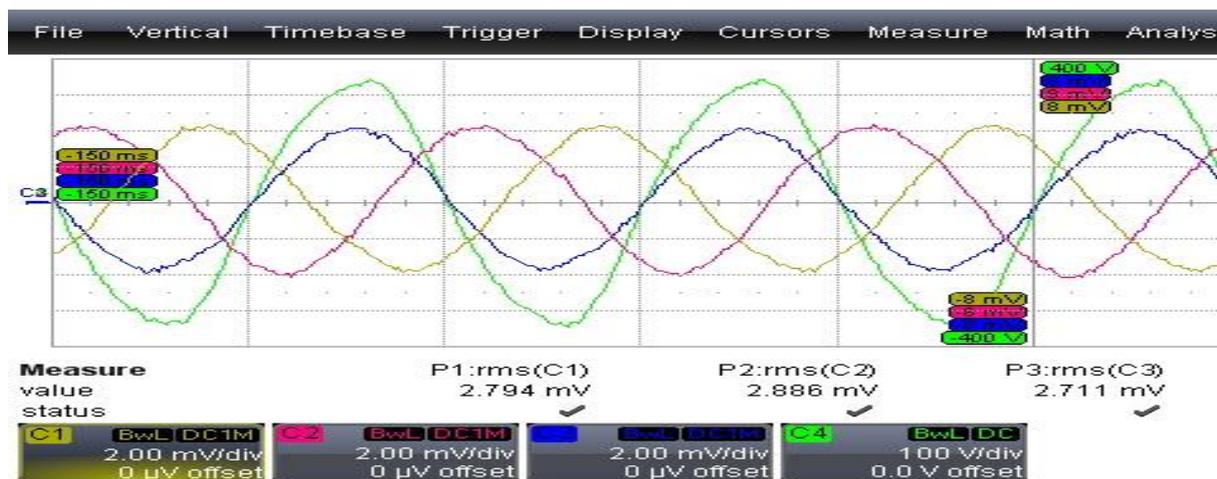
Экспериментальная установка для исследования влияния асинхронного двигателя на сеть с ВИЭ показан на рис. 8а.

Изучены режимы пуска, нормальной работы и компенсации реактивной мощности электродвигателя.

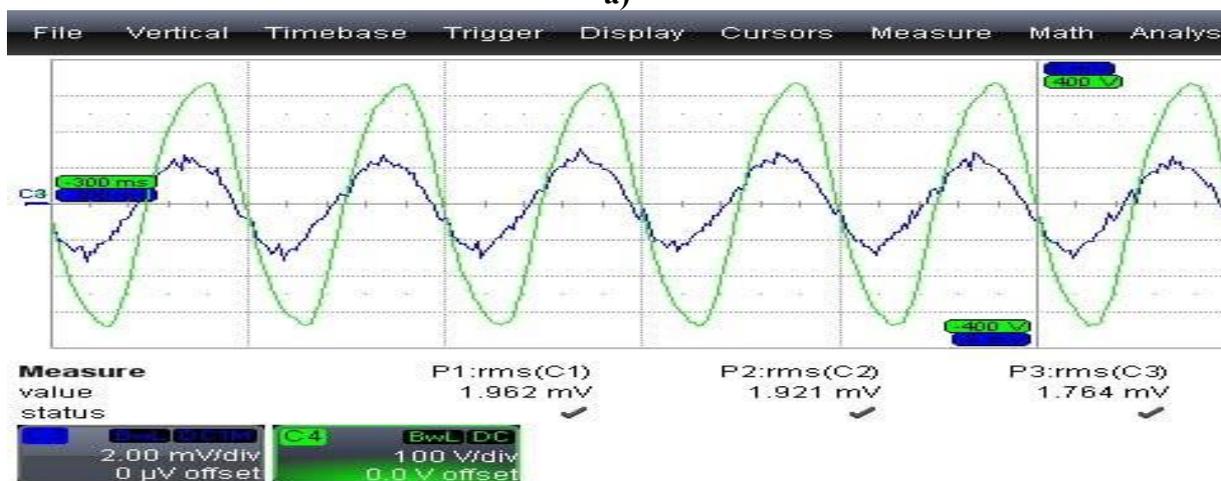
Осциллограммы напряжения и тока в процессе коммутации трехфазного бесконтактного устройства были получены с использованием осциллографа типа LeCroy64Xi-A. Осциллограммы напряжения и тока в момент пуска двигателя, подключенного к сети с ВИЭ, показаны на рис. 8б.

Значения тока и напряжения на каждой фазе в режимах пуска, работы и компенсации реактивной мощности двигателя типа АО41-6, подключенного к сети с интегрированной в нее солнечной фотоэлектрической станцией: $U_{Af}=228В$; $U_{Bf}=227В$; $U_{Cf}=230В$; значения тока при пуске двигателя - $I_{Af}=12,21$ А; $I_{Bf}=11,8$ А; $I_{Cf}=11,8$ А; значение тока в режиме работы двигателя $I_{Af}=2,79$ А; $I_{Bf}=2,88$ А; $I_{Cf}=2,71$ А (рис.9-а), значения тока в режиме компенсации реактивной мощности составляют $I_{Af}=1,96$ А; $I_{Bf}=1,92$ А; $I_{Cf}=1,76$ А (рис.9-б).

Однофазное бесконтактное пусковое устройство состоит из симистора, радиатора, применяемого для охлаждения симистора, трех резисторов с разными значениями сопротивления, оптосимистора, микроконтроллера, выполняющего функцию блока управления, а также блока питания 220/5 вольт для питания блока управления.



a)



б)

Рис. 9. Осциллограммы напряжения и тока в режимах работы (а) и компенсации реактивной мощности (б) при подключении двигателя к сети с ВИЭ.

Общий вид однофазного бесконтактного пускового устройства представлен на рис.10.

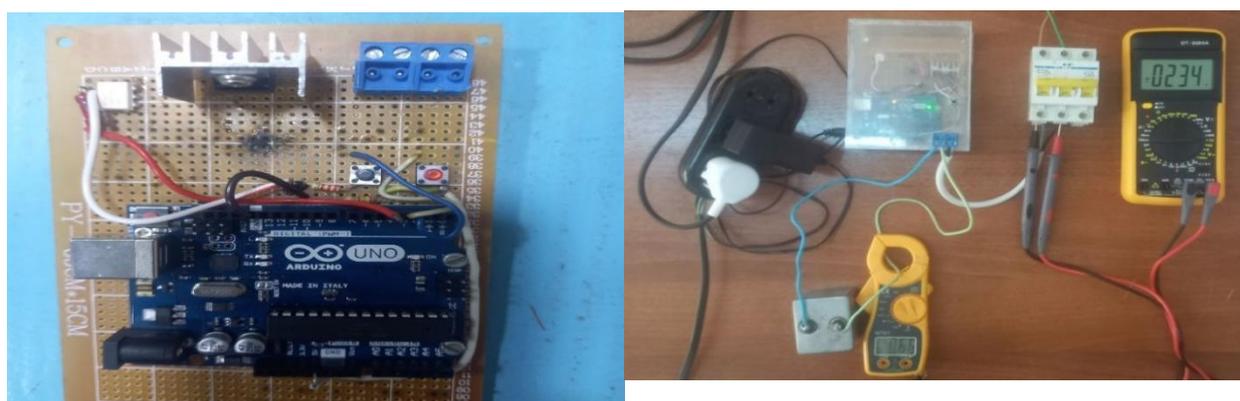


Рис.10. Общий вид установки для подключения конденсаторной батареи к сети с солнечной фотоэлектрической станцией через однофазное устройство

Путем подключения к сети через однофазное бесконтактное пусковое устройство конденсаторной батареи, применяемой для компенсации реактивной мощности, были определены значения возникающих в ней тока и напряжения.

Технические параметры конденсаторной батареи типа МБГО-2: номинальное напряжение $U_n=400\text{В}$, емкость $10\text{ мкФ} \pm 10\%$. В процессе бесконтактной коммутации напряжение на фазе, к которой подсоединен конденсатор, составило 234В , ток, протекающий через конденсаторную батарею, $0,65\text{ А}$, реактивная мощность – 152 ВАр .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований, проведенных по диссертации доктора философии (PhD) в области технических наук по теме “Разработка и исследование бесконтактных устройств для электроустановок, питающихся от возобновляемых источников энергии”, представлены следующие выводы:

1. На основе анализа систем с возобновляемыми источниками энергии и их схем установлено, что надежность этих систем зависит от применяемых в них коммутационных аппаратов, а также обоснована необходимость разработки простых в конструктивном плане и доступных бесконтактных устройств для автоматической регулировки мощности конденсаторных батарей и коммутации асинхронных двигателей.

2. Разработаны схемы бесконтактных устройств для автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в комбинированных системах электроснабжения и коммутации асинхронных двигателей. В результате за счет применения новых коммутационных аппаратов появилась возможность повышения надежности системы электроснабжения и обеспечения их оптимальной работы, а также достигнуто снижение себестоимости устройства компенсации реактивной мощности на $27,8\%$.

3. При помощи пакета визуального программирования Simulink системы MATLAB разработаны имитационные модели системы электроснабжения насосного агрегата с питанием от ФЭС, интегрированной в сеть, а также одно- и трехфазных бесконтактных пусковых устройств. С использованием имитационной модели осуществлена симуляция процесса запуска одно- и трехфазных электрических насосов, а также получены осциллограммы тока и напряжения.

4. Усовершенствована методика расчета элементов бесконтактных пусковых устройств с учетом предельных значений тока и напряжения, а также нового подхода к расчету значения $I_{ch.min}$. В результате, благодаря применению новой методики, за счет снижения рабочего тока оптопар на 20% надежность бесконтактного пускового устройства повысилась.

5. По результатам проверки надежности бесконтактных пусковых устройств электрических насосов и установок с питанием от возобновляемых источников энергии установлено, что бесконтактное пусковое устройство на симисторах ($P = 99,53\%$) имеет лучшие показатели по сравнению с магнитоуправляемым тиристорным пусковым устройством ($P=94,19\%$), а также тиристорным бесконтактным пусковым устройством ($P=94,32\%$). В результате было продемонстрировано, что новый вид бесконтактных

устройств имеет более высокие (на 5,21 ÷ 5,34% выше) показатели надежности, чем другие.

6. Устройство автоматической компенсации реактивной мощности внедрено в систему электроснабжения насосов цеха с интегрированной солнечной фотоэлектрической станцией филиала «Мубарекская ТЭЦ» АО «Тепловые электрические станции», годовой экономический эффект составил 123,4 млн сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.09.2020.T.111.03
ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT
KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE**

MUSTAEV RUSLAN AKTAMOVICH

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF CONTACTLESS DEVICES FOR
ELECTRICAL INSTALLATIONS POWERED BY RENEWABLE
ENERGY SOURCES**

05.05.06 – Power plants on the basis of renewable energy

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) DISSERTATION
IN TECHNICAL SCIENCES**

Karshi – 2024

Theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2023.4.PhD/T4246.

Dissertation has been prepared at Tashkent state technical university and Karshi engineering- economics institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the scientific council (www.qmii.uz) and on Information and education portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor : Bobojanov Makhsud Kalandarovich
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents : Sadullaev Nasullo Nematovich
Doctor of technical sciences, professor

Yuldashev Isroil Abrievich
Doctor of technical sciences, professor

Leading organization : "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural
Mechanization Engineers" National Research University

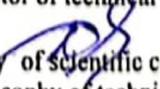
The defense of PhD dissertation will take place 18 "01" 2025 at 10⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at Karshi engineering-economics institute. (Address: 180100, Uzbekistan, Karshi city, Mustakillik street, 225. Conference hall of the Karshi engineering-economics institute. Phone: (+99875) 224-02-89; Fax: (+99875) 224-13-95, e-mail: qmii@qmii.uz).

The PhD thesis can be founded at the Information-resource Center of Karshi engineering-economics institute (registered with number 132). Address: 180100, Uzbekistan, Karshi city, Mustakillik street, 225. Karshi engineering-economics institute. Phone: (+99875) 224-02-89; Fax: (+99875) 224-13-95, e-mail: qmii@qmii.uz).

Abstract of dissertation sent on "26" 12 2024 year.
(Register of the distribution protocol on "27" 26.12 2024 year).



 G.N. Uzakov
Chairman of the Scientific council on awarding scientific
degrees, doctor of technical sciences, professor.

 X.A. Davlonov
Scientific secretary of scientific council for awarding
Scientific degrees, doctor of philosophy of technical sciences, docent

 B. Urishev
Chairman of scientific Seminar under the scientific
council for awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study is to increase the reliability of the power supply system by using contactless devices in power grids with integrated renewable energy sources.

Tasks of research:

justification of the need for design improvement of devices that perform the function of automatic compensation of reactive power in combined systems using renewable energy sources;

development of a simple-in-construction and reliable contactless communication device designed for automatic compensation of reactive power in combined power supply systems;

modeling of a new type of contactless devices for networks with renewable energy sources and improvement of the calculation methodology for the elements included in their composition;

experimental study of a setup equipped with a new type of contactless device, comparison of experimental results with theoretical calculation values.

The object of the study is switching devices in the power supply system powered by renewable energy sources.

The scientific novelty of the research is as follows:

a new type of contactless device for automatic compensation of reactive power and starting of electrical installations in electric power systems based on solar photovoltaic stations has been developed (No. FAP 02240);

an automatic control scheme has been developed based on contactless devices, which allows increasing the efficiency of power supply systems with integrated hybrid photovoltaic power plants through operational compensation of reactive power in such systems;

a simulation model has been created that makes it possible to determine the energy performance of a water pump with an asynchronous motor, which is powered by solar photovoltaic stations integrated into the network;

taking into account the failure rate of each element, the method for calculating the values of maximum currents and voltages of elements of contactless devices in a combined power supply system has been improved, making it possible to increase the reliability of the system.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained in the process of developing contactless starters that switch electrical installations powered by renewable energy sources:

a patent for a utility model (No. FAP 02240; 2023) for a starter for switching a single-phase electric motor was obtained at the Intellectual Property Center under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan. As a result, a contactless starting device was improved that switches single-phase consumers supplied with electricity from solar photovoltaic stations and automatically compensates for reactive power;

Contactless devices have been implemented in the power supply system of the Mubarek Thermal Power Plant with an integrated solar photovoltaic plant, where

they are used for automatic reactive power compensation (certificate of Thermal Power Plants JSC of the Republic of Uzbekistan No. 04-20/613 dated August 29, 2023). As a result, due to automatic reactive power compensation, it was possible to improve the quality indicators of the power supply system, reduce electricity losses during the year by 304.24 thousand kWh and an economic effect of 123.4 million soums.

Approbation of the research results. The research results were discussed at 10 scientific and practical conferences, including 6 international and 4 national conferences.

Publication of the research results. On the topic of the dissertation a in total 21 scientific work, of which 1 article published in foreign and 6 in national journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publication of the main scientific results of doctoral dissertations, 1 article was published in a collection of conference materials indexed in the SCOPUS database. A patent for a utility model and 4 copyright certificates for a software product for a computer were received from the Intellectual Property Center under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan .

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 114 pages.

E'LON QILINGAN ILMIY ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть, part I)

1. Bobojanov M.K., Fayziyev M.M., Mustayev R.A. Bir fazali elektrodvigatelini kommutatsiyalovchi ishga tushurgich. // Foydali modelga patent. № FAP 02240. 28.02.2023.

2. Файзиев М.М., Мустаев Р.А., Ниёзов Н.Н., Бабаев О.Э. Электр моторлари ва қурилмаларни контактсиз воситалар ёрдамида ишга тушириш// Энергия ва ресурс тежаш муаммолари.-Тошкент, 2020.-№3-4, 130-132 бетлар. (05.00.00; №21).

3. Bobojanov M.K., Fayziyev M.M., Mustayev R.A., Toshurdiyev Sh.E. Raqamli boshqarish qurilmalari yordamida kontaktless ishga tushirish va reverslash sxemasini ishlab chiqish // Energiya va resurs tejash muammolari.-Toshkent, 2021.-Maxsus son, 95-100 betlar. (05.00.00; №21).

4. Bobojanov M.K., Fayziyev M.M., Mustayev R.A. Qiyin ish rejimida ishlovchi elektr motorlarini kontaktless ishga tushirish qurilmalari// Energiya va resurs tejash muammolari.-Toshkent, 2022.-Maxsus son (№83), 215-218 betlar. (05.00.00; №21).

5. Bobojanov M.K., Fayziyev M.M., Mustayev R.A. Elektr motorlarini ishga tushirish uchun kontaktless qurilmalar // Innovatsion texnologiyalar.-Karshi, 2022.-Maxsus son. 11-13 betlar. (05.00.00; №38).

6. Файзиев М.М., Мустаев Р.А., С.К.Махмутхонов, Н.Х.Рашидов. Микроконтроллер асосидаги электр моторларни контактсиз ишга тушириш қурилмаларини ишлаб чиқиш// Энергия ва ресурс тежаш муаммолари.-Тошкент, 2023.-Махсус сон (№84), 146-151 бетлар. (05.00.00; №21).

7. Bobojanov M.K., Fayziev M.M., Mustayev R.A. Three-Phase Contactless Switching Device Development And Research// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 10, Issue-10, Oktober 2023 pp. 21109-21113. (05.00.00; №8).

8. Bobojanov M.K., Mustayev R.A. Automatic regulation of reactive power in system with renewable energy sources// Science and Education in Karakalpakstan. 2024 №1/1.pp 27-31. (05.00.00; №27).

II bo'lim (II часть, II part)

9. Бобожанов М.Қ., Файзиев М.М., Мустаев Р.А., Бабаев О. Э., Тоштурдиев Ш.Е. Применение бесконтактных устройств для пуска однофазного асинхронного электродвигателя// ВЕСТНИК НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ 2021. № 11 (114). Часть 2. 30-34 с.

10. Бобожанов М.К., Файзиев М.М., Мустаев Р.А. Бозоров И.Р. Применение бесконтактных устройств для пуска трехфазного асинхронного электродвигателя//Наука, техника и образование. Научно-методический журнал. –Москва, 2021.-№2(77), Часть 2. С. 65-67.

11. Бобожанов М.К., Файзиев М.М., Мустаев Р.А., Очилов Ю.О., Бабаев О.Э. Контактсиз ишга тушириш қурилмалари// Международная конференция

«Энерго - и ресурсосбережение: новые исследования, технологии и инновационные подходы».- Карши: КарИЭИ, 24 – 25 сентября 2021. С. 44-46.

12. Mustayev R.A. Non-contact starter for single-phase consumers supplied from renewable sources// Theoretical Aspects in the Formation of Pedagogical Sciences, 2(18), v, R. (2023). 146–149 p. <http://econferences.ru/index.php/tafps/article/view/9121>

13. Fayziev M.M., Tuychiyev F., Mustayev R.A., Ochilov Y.O. Development and research of non-contact starting devices for electric consumers and motors//E3S Web of conferences 384, 01038 (2023). doi.org/10.1051/e3sconf/202338401038. (www.scopus.com).

14. Бобожанов М.К., Файзиев М.М., Мустаев Р.А. Қуёш электр станциялари схемаларини тадқиқ қилиш// III Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы системы электроснабжения».-Ташкент: ТГТУ, 7-8 сентября 2023. С. 292-295.

15. Mustayev R.A. “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta’minlanuvchi elektr motorlarining reaktiv quvvatini kontaktsiz kommutatsiyalash orqali kompensatsiyalash qurilmasi dasturi” dasturi //O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi xuzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 28271 (25.10.2023).

16. Mustayev R.A. “Kontaktsiz ishga tushirish qurilmalari uchun kuch simistorlarini hisoblash dasturi” dasturi //O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi xuzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 28210 (27.10.2023).

17. Бобожанов М.К., Файзиев М.М., Мустаев Р.А. Комбинацилашган электр таъминоти тизими ишончлилиги ва мунтазам ишлашини таъминловчи факторлар// “Elektrotexnika, elektromexanika, elektrotexnologiyalar va elektrotexnika materiallari” respublika ilmiy-texnik anjuman materiallar to‘plami Andijon sh., 21 dekabr 2023. 66-70 betlar.

18. Bobojanov M.K., Fayziyev M.M., Mustayev R.A. Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta’minlanuvchi uch fazali elektr iste’molchilarni kontaktsiz kommutatsiyalovchi qurilma uchun dastur// O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi xuzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 32242 (30.12.2023).

19. Mustayev R.A. Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ta’minlanuvchi bir fazali elektr iste’molchilarni kontaktsiz kommutatsiyalovchi qurilma uchun” dastur// O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi xuzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 35594 (30.03.2024).

20. Bobojanov M.K., Mustayev R.A. Kombinatsiyalashgan elektr taminot tizimlari uchun kontaktsiz qurilmalarni yaratish va tadqiq qilish// “Energetika kompleksining dolzarb muammolari: ishlab chiqarish, uzatish va ekologiya” mavzusidagi Xalqaro miqyosida ilmiy-texnik maqollalar va tezislari to‘plami Qarshi sh. 25-26 aprel 2024. 197-204 betlar.

21. Bobojanov M.K., Mustayev R.A. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari integratsiyalangan tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash// “Elektromexanik va elektrotexnologik tizimlarni raqamlashtirishning dolzarb muammolari” xalqaro ilmiy-texnik anjuman Toshkent sh. 21-22 may 2024. 19-24 betlar.

Avtoreferat “Innovatsion iqtisodiyot” ilmiy jurnali tahririyatida
tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillarida matnlar mosligi tekshirildi
(23.12.2024 y.)

Bosmaga ruxsat etildi: 23.12.2024-yil
Bichimi: 84x60 1/16. “Times New Roman” garniturasida.
raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 4,0. Adadi 60. Buyurtma №211
QarMII “INTELLEKT” nashriyoti MIU bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Qarshi shahri, Mustaqillik ko‘chasi, 225-uy.

