

# ТЕХНИКА ФАНЛАРИ

8 ЖИЛД, 1 СОН

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ТОМ 8, НОМЕР 1

TECHNICAL SCIENCES

VOLUME 8, ISSUE 1



Техника фанлари  
Технические науки | Technical sciences  
№1 (2025) DOI <http://dx.doi.org/10.26739/2181-9696-2025-1>

Бош мухаррир: Главный редактор: Chief Editor:

Юсуббеков Нодирбек Рустамбекович  
Техника-фанлари доктори, профессор

Бош мухаррир ўринбосари: Заместитель главного редактора: Deputy Chief Editor:

Игамбердиев Хусан Закирович  
Техника-фанлари доктори, профессор

## TAHRIRIY MASLAHAT KENGASHI | EDITORIAL BOARD |

**Мардонов Ботир** - техника фанлари доктори, профессор, "Табий тоаларни дастлабки ишлаш технологияси" кафедра профессори.

**Исматуллаев Патхулла Рахматович** - Техника-фанлари доктори, профессор.

**Рахмонов Анвар Тожибоевич** - Техника-фанлари доктори, профессор

**Хакимов Шеркул Шергозиевич** - техника фанлари доктори, доцент, "Технологик машиналар ва жихозлар" кафедра доценти

**Шин Илларион Георгиевич** - техника фанлари доктори, доцент, "Машинашунослик ва сервис хизмати" кафедра профессори

**Джураев Анвар** - техника фанлари доктори, профессор, "Машинашунослик ва сервис хизмати" кафедра профессори

**Хамраева Сановар Атоевна** - техника фанлари доктори, профессор, Магистратура бўлими бошлиғи

**Нигматова Фотима Усмановна** - техника фанлари доктори, профессор, "Тикув буюмларини конструкциялаш ва технологияси" кафедра профессори

**Ташпулатов Салих Шукурович** - техника фанлари доктори, профессор, "Костюм дизайни" кафедра профессори

**Набиева Ирода Абдусаматовна** - техника фанлари доктори, профессор, "Кимёвий технология" кафедраси мудири

**Худайбердиева Дильфуза Бахрамовна** - техника фанлари доктори, профессор, "Кимёвий технология" кафедраси профессори

**Бабаханова Халима Абишевна** - техника фанлари доктори, доцент, "Матбаа ва кадоклаш жараёнлари технологияси" кафедраси профессори

**Рафиков Адхам Салимович** - профессор, "Кимё" кафедраси мудири

**Ахмедов Жахонгир Адхамович** - техника фанлари доктори, доцент, "Ипак ва йиғириш технологияси" кафедра доценти

**Юлдашев Уришбой** - Техника фанлари доктори

**Усманкулов Алишер Қодиркулович** - Техника фанлари доктори

**Абдуназаров Жамшид Нурмухаматович** - Техника фанлари номзоди

**Почужевский Олег Дмитриевич** - кандидат технических наук, доцент по кафедре "Подъемно-транспортные машины", работаю доцентом кафедры "Автомобильный транспорт" Криворожского национального университета (Украина, г. Кривой Рог).

**Полвонов Омонжон Хусанбой ўғли** - Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети Қўкон филиали ассистенти.


**Тошпулатов Исломжон Адилжон ўғли** - Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети Қўкон филиали ассистенти

**Тошев Шерзод Эргашевич** Тошкент ирригация ва кишлок хўжалигини механизациялаш мухандислари институти Миллий тадқиқот университети, 100000 Тошкент, Ўзбекистон

Page Maker | Верстка | Сахифаловчи: Хуршид Мирзахмедов

Контакт редакций журналлов. [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)  
ООО Tadqiqot город Ташкент,  
улица Амира Темура пр.1, дом-2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Тел: (+998-94) 404-0000

Editorial staff of the journals of [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)  
Tadqiqot LLC the city of Tashkent,  
Amir Temur Street pr.1, House 2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Phone: (+998-94) 404-0000

**KICHIK TEZLIKLI SHAMOLLARIDA SAMARALI ISHLOVCHI SHAMOL  
ELEKTR QURILMASI** <https://doi.org/10.5281/zenodo.20638249>**Sh. Toshev<sup>1\*</sup>, Sh. Tosheva<sup>2</sup>, J. Buriyev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muxandislari institute” Milliy tadqiqot universiteti, 100000 Toshkent, O‘zbekiston

<sup>2</sup>“UZENERGYENGINEERING” AJ, M. Ashrafi 1-tor ko‘chasi. 9, 100076 Toshkent, O‘zbekiston

<sup>3</sup> Termiz ekonomika va servis universiteti

**ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО, ЭФФЕКТИВНО  
РАБОТАЮЩЕЕ ПРИ МАЛОСКОРОСТНОМ ВЕТРЕ****Ш. Тошев<sup>1\*</sup>, Ш. Тошева<sup>2</sup>, Ж. Буриев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства” 100000 Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>АО «UZENERGYENGINEERING», ул. М. Ашрафи 1 тупик 9, 100076 Ташкент, Узбекистан

<sup>3</sup> Термезский университет экономики и сервиса

**A WIND ELECTRICAL DEVICE THAT WORKS EFFECTIVELY IN  
SMALL-SPEED WINDS****Sh. Toshev<sup>1\*</sup>, Sh. Tosheva<sup>2</sup>, J. Buriyev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>“Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” national research university. Department of Power Supply and Renewable Energy Sources, Kari Niyazov str. 39, 100000 Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Joint-Stock Company «UZENERGYENGINEERING», M. Ashrafi str.1<sup>st</sup> lane 9, 100076 Tashkent, Uzbekistan

<sup>3</sup> Termez university of economics and service

\*E-mail: tshe100679@gmail.com

**Annotatsiya.** Maqolada, bugungi kunda butun dunyoda ekologiyaning yomonlashib borishi hamda elektr energiya etishmovchiligi kuzatilayotgan bir vaqtda, kichik tezlikli shamollardan elektr energiya ishlab chiqarishga mo‘ljallangan shamol elektr qurilmalarini takomillashtirish, ishlash samaradorligini oshirish ko‘rilgan. Kichik tezlikli shamol elektr qurilmalaridan iste‘molchilarning elektr energiyaga bo‘lgan talablarini qondirishda ommaviy foydalanishlari orqali ekologiya va iqtisodiyot uchun juda katta foyda keltirishlari tahlil qilingan. Buning uchun

shamol elektr qurilmalari tuzilishi takomillashtirilib, kichik tezlikli shamolda samarali ishlaydigan qilish masalalari ko‘rilgan. Kichik tezlikli shamoldan elektr energiya olishga mo‘ljallangan kichik tezlikli generatorning matematik tenglamalari keltirilgan. Ilmiy izlanishlar natijasida, kichik tezlikga mo‘ljallangan takomillashgan shamol elektr qurilmasi ishlab chiqilgan va tadqiqot o‘tkazilib natijalari tahlil qilingan.

**Kalit so‘zlar:** kichik tezlikli shamol, shamol elektr qurilmasi, fizik tajriba qurilmasi, turbina, kichik tezlikli generator, elektr energiya, samaradorlik.

**Аннотация.** В статье отмечается, что в то время, когда сегодня во всем мире наблюдается ухудшение экологии, а также нехватка электроэнергии, наблюдается улучшение ветроэлектрических устройств, предназначенных для выработки электроэнергии из низкоскоростных ветров, повышение эффективности работы. Было проанализировано, как малоскоростные ветряные электроустановки приносят огромную пользу экологии и экономике за счет их массового использования для удовлетворения потребностей потребителей в электроэнергии. Для этого была усовершенствована конструкция ветряных электроустановок, что позволило эффективно работать при малоскоростном ветре. Приведены математические уравнения генератора малой скорости, предназначенного для получения электроэнергии от ветра малой скорости. В результате научных исследований было разработано усовершенствованное ветроэлектрическое устройство, рассчитанное на малые скорости, проведены исследования и проанализированы результаты.

**Ключевые слова:** ветер малой скорости, ветроэнергетическое устройство, физический экспериментальный прибор, турбина, генератор малой скорости, электрическая энергия, КПД.

**Annotation.** In the article, at a time when ecology is deteriorating all over the world today and there is a shortage of electricity, it was seen to improve wind power devices designed to generate electricity from small-speed winds, improving performance. It has been analyzed that small-speed wind power devices are of enormous benefit to ecology and the economy through their mass use in meeting consumer demand for electricity. To do this, the structure of wind farms has been improved and issues have been seen to make it work effectively in small-speed wind. Here are the mathematical equations of a small-speed generator designed to obtain electrical energy from a small-speed wind. As a result of scientific research, an improved wind power device designed for a small speed was developed and the results of the study were analyzed.

**Keywords:** small speed wind, wind power device, physical experimental device, turbine, small speed generator, electric energy, efficiency.

## 1. Kirish

Bugungi kunda O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan ya'ni shamol energiyasidan foydalanib, elektr energiya ishlab chiqaradigan ilmiy asoslangan, sifatli, mustahkam, mutaxassislarimiz texnik xizmat ko'rsata oladigan, innovatsion g'oyalar asosida takomillashtirish, ishlab chiqarish, tadqiq qilish, dolzarb vazifalardan biridir. Buning uchun shamol elektr qurilmasi tuzilishi va ishlash prinsipi, elektromagnit jarayonlari ilmiy tadqiqotlar asosida olingan ma'lumotlarga asosan o'rganiladi tahlil qilinadi.

Turbina tuzilishi ilmiy hisoblashlar asosida kichik tezlikli shamolga moslashtirilgan yangi samarali konstruksiyada tadqiqotlar olib boriladi. Kichik tezlikli turbina parraklari shamol oqimiga qarab ta'sirlashish burchaklarining samarali qiymati tanlab olinadi va turbina tuzilishi ilmiy hisoblashlar asosida tahlil qilinadi. Ushbu maqolada ko'rilayotgan, kichik tezlikli generatorning asosiy magnit maydonini neodimoviy doimiy magnitlar yordamida hosil qilamiz, shu bilan birga zarur vaqtda qo'shimcha o'rnatilgan qo'zg'atish chulg'amlaridan ham foydalaniladi [1]. Bu chulg'am kerakli vaqtda generator quvvatini oshirish hamda nosimmetrik yuklama, qisqa tutashish rejimlarida generatoridagi elektromagnit jarayonlarni tinchlantirib, generatorni yuz beradigan nosozliklardan himoya qiladi [2-4]. Generator tezligini o'zgartirishda doimiy magnitlar va qo'shimcha qo'zg'atish chulg'amlaridan birgalikda foydalaniladi, shu tufayli ham kichik quvvatli shamol elektr qurilmalarida foydalanish imkonini beradi.

Kichik tezlikli shamol energiyasini elektr energiyaga aylantirib berishda qo'llaniladigan turbina va generatorlarni rivojlantirish takomillashtirish ustida katta ishlar olib borilmoqda [5-8]. Shuning uchun, ularning tuzilishini, ishchi g'ildirak, parraklari, stator va rotorini yasashda foydalaniladigan materiallar xossalarini texnologik o'rganish, katta ahamiyatga ega. Dunyodagi bir qancha yetakchi universitetlarda amaliy ilmiy-texnik tadqiqot ishlari, qayta tiklanuvchi energiya manbalari ya'ni shamol va suv energiyasini elektr energiyaga aylantiruvchi qurilmalarni takomillashtirish, yangi turlarini ishlab chiqish, ulardan foydalanishning samarali texnologiyalarini rivojlantirish va mahalliy sharoitlarga moslashtirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishda qo'llaniladigan texnik qurilmalar va materiallar ishlab chiqarish texnologiyasini rivojlantirish hamda yaratish bo'yicha tadqiqot ishlari olib borilmoqda [2,4,5].

Ilmiy maqolada tadqiq qilinayotgan shamol elektr qurilmasi generatorining rotori ikkita disksimon shaklda yasilib, rotorga qo'zg'atish chulg'amlari va neodimoviy doimiy magitlar bo'ylama va ko'ndalang o'qlar bo'yicha joylashtiriladi, stator esa kompozitsion materialdan yasilib uning ichida bir yoki uch fazali chulg'amlar bo'ladi. Bu ilmiy innovatsion g'oya asosida, generatorlarning asosiy materiali bo'lgan elektrotexnik po'lat o'rniga muqobil materialdan foydalanish, qo'zg'atish chulg'ami bilan birga doimiy magnitdan foydalanish ilmiy texnologik

asoslangan. Turbina kichik tezlikga moslashtirilgan konstruksiyada ishlab chiqiladi. Bunda ishchi g'ildirak tuzilishi va parraklar ta'sirlashish burchaklari, shakli, materiallari ilmiy asoslangan xulosalarga ko'ra yasaliib, kichik tezlikli generator bilan samarali ishlay olishi ko'rsatilgan [1].

“O‘zbekiston respublikasida energetika sohasi keng ko‘lamda rivojlantirilmoqda. Neft, gaz kabi uglevodorodlar bilan cheklanib qolmasdan, quyosh, shamol va suvdan elektr energiyasi olish qurilmalari barpo etilmoqda.

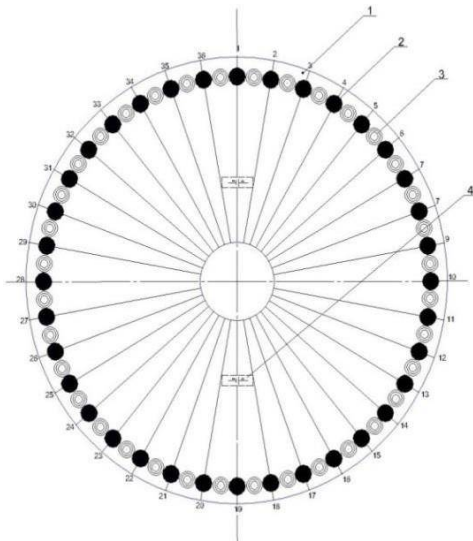
## 2. Materallar va metodlar

Ushbu maqolada kichik tezlikli turbina va generatorning tuzilishi va ishlash prinsipi ilmiy tajribalar asosida olingan ma'lumotlarga asosan tahlil qilindi. Turbina va generatorlarni kichik tezlikli shamollarga moslashtirib ishlab chiqish, texnologik jihatdan rivojlantirish hisobiga tezligini talabga qarab kamaytirish hamda tan narxini arzonlashtirish muhim. Shuning uchun ularning tuzilishini, ishchi g'ildirak, stator va rotorni yasashda foydalaniladigan materiallar xossalarini, ishlash prinsiplarini o'rganish katta ahamiyatga ega. Maqolada ilmiy hisob-kitoblarga asosan turbina tuzilishi yani ishchi g'ildiragining ichki va tashqi parraklari shakli, joylashish burchagi hamda generatorning ikkita disksimon rotorida qo'zg'atish chulg'amlari bilan neodim doimiy magnetlarning birgalikda joylashtirilishi, statori esa bir yoki uch fazali chulg'amlari joylashtirilgan kompozitsion materialdan yasaliishi ko'rilgan. Bunda shamol elektr qurilmasi ish rejimlari, ulardagi elektromagnit jarayonlar, samarali ishlashi, foydali ish koeffitsienti, tan narxi kabi kattaliklari tahlil qilingan. Bu yerda generatorlarning asosiy materiali bo'lgan elektrotexnik po'lat o'rniga muqobil anizotrop materialdan foydalanish, rotor esa elektrotexnik po'latdan emas, oddiy po'latdan disk ko'rinishida yasaliib unda neodim magnetlar bilan birgalikda qo'zg'atish chulg'amlaridan birgalikda foydalanish orqali, asosiy magnet maydonini boshqarib, shamol elektr qurilmasi quvvatini oshirish choralari ko'rilgan. Kichik tezlikli shamol elektr qurilmasi generatorning asosiy magnet maydonini neodim doimiy magnetlar yordamida hosil qilsak, zarur vaqtda qo'shimcha qo'zg'atish chulg'ami orqali boshqarish imkoniyatlari hisobga olingan. Buning natijasida, qo'shimcha qo'zg'atish chulg'ami orqali kichik tezlikli generator quvvatini oshirish hamda har xil ish rejimlaridagi elektromagnit jarayonlarni tinchlantirib, generatorda yuz beradigan nosozliklardan himoya qilishga erishilgan. Bu kichik tezlikli shamol elektr qurilmasi bir fazali yoki uch fazali o'zgaruvchan tok ishlab chiqaradi. Kichik tezlikli generator bitta val, ikkita disk ko'rinishidagi rotor, bitta disk ko'rinishidagi stator, podshipnik va korpusdan iborat. Rotori ikkita disk ko'rinishida po'latdan yasaliib, ularning bir-biriga qaragan ichki tarafida neodimoviy doimiy magnetlar qarama-qarshi qutblarda joylashtiriladi. Magnetlar bilan yonma-yon qo'shimcha qo'zg'atish chulg'amlari joylashtiriladi. Rotor disklari val bilan birga aylanadigan qilib mahkamlanadi. Val esa podshipniklar otqali korpusga mahkamlanadi. Aylanuvchi rotor disklari (1) o'rtasida disk ko'rinishidagi stator (5) joylashtiriladi va u korpusga qo'zg'almas qilib mahkamlanadi.

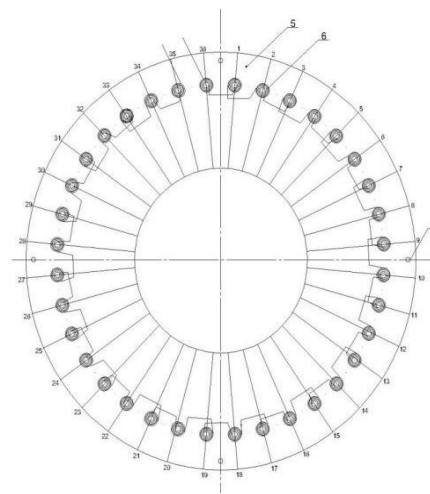
Nosimmetrik rejimlarni o'rganishga ko'p izlanishlar olib borilgan, mualliflar bunda turli uslublardan foydalanishgan: grafoanalitik, grafik, analitik, fizik

modellash, matematik modellash, raqamli va analitik uslub, raqamli va eksperimental uslublar. Bu uslublar ayon qutbli sinxron mashinada nosimmetrik yuklama ta'siridagi ish rejimlarini o'rganish salt ishlash tavsifini chiziqli deb qilish va to'yinish koeffitsientlarini ishlatish, nochiziqli masalalarni yechishda birinchi yaqinlashtirishdir. Keng miqyosda ishlatiladigan elektr mashinalari masalalarini zamonaviy yondoshib yechishda, bevosita havo oralig'idagi magnit maydonining tarqalishini magnit o'tkazgich to'yinishini e'tiborga olgan holda hisoblash kiradi.

Asosiy masalalaridan biri bu eksperimental izlanishlar asosida keltirilgan kattaliklarning va uslublarning fizik mohiyatini aniqlash hisoblanadi. Simmetrik tashkil etuvchilar uslubidan foydalanib, generator EYUK E ni mashina



1-rasm. Rotor: 1- rotor diski, 2- neodimoviy doimiy magnit, 3- ko'ndalang o'q bo'yicha qo'shimcha chulg'am, 4-akkumulyator



2-rasm. Stator: 5-stator diski, 6- stator chulg'ami, 7- mahkamlash joyi

chulg'amlarining qarshiligini hisobga olgan holda ulardagi kuchlanish  $U$  va toklarni  $i$  quyidagi keltirilgan uchta tenglamalar tizimi orqali ifodalash mumkin [1-2]:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_0 = Z_0 i_0 + U_0 \\ \mathcal{E} = Z i + U \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \mathcal{E}_2 = Z_2 i_2 + U_2 \\ i_a = i_0 + i_1 + i_2 \\ i_b = i_0 + a^2 \cdot i_1 + a \cdot i_2 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} i = i_0 + a \cdot i_1 + a^2 \cdot i_2 \\ \mathcal{E}_c = \mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 \\ \mathcal{E}_c = \mathcal{E}_0 + a^2 \cdot \mathcal{E}_1 + a \cdot \mathcal{E}_2 \\ \mathcal{E}_c^b = \mathcal{E}_0 + a \cdot \mathcal{E}_1 + a^2 \cdot \mathcal{E}_2 \end{cases} \quad (3)$$

bu yerda—  $a$ ,  $b$  va  $c$  indekslar fazalarni,  $0$ ,  $1$  va  $2$  indekslar kattaliklarning nol, to'g'ri va teskari tashkil etuvchilari.  $a$  orqali kompleks ko'paytiruvchini ifodalaymiz:

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = \frac{-1 + j\sqrt{3}}{2} \quad (4)$$

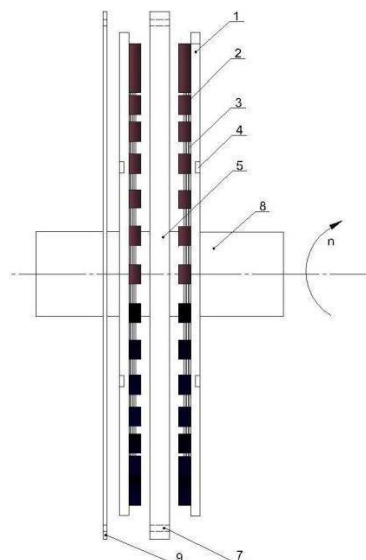
bu ko'paytiruvchiga ko'paytirish orqali kompleks sonning argumenti  $2\pi/3$  ga ko'payadi, ya'ni boshlang'ich faza mos ravishda  $2\pi/3$  sinusoidal burchakka oshadi. (3) tenglamalar yordamida simmetrik tashkil etuvchilarni nosimmetrik tizimning kompleks EYuKlari orqali  $1 + a + a^2 = 0$ ,  $a^3 = 1$  va  $a^4 = a$  ni e'tiborga olib ifodalash mumkin. (3) dagi birinchi tenglamaga tegmasdan, ikkinchi tenglamani  $a$  ga, uchinchini  $-a^2$  ga ko'paytirib, uchta tenglamani qo'shib yig'indini uchga bo'lish kerak. Doimiy magnit hamda ko'ndalang o'q bo'yicha joylashgan qo'shimcha qo'zg'atish chulg'mli, kichik tezlikli sinxron generator ichki quvvat isroflari  $\Delta P$  kichikligi tufayli energetik samaradorligi yuqoriligi bilan ajralib turadi. Generator ichki isroflari quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{mis}} + \Delta P_{\text{po'iat}} + \Delta P_{\text{qo'sh}} \quad (5)$$

Kichik tezlikli generatorning texnik kattaliklariga mos keluvchi mikro GES va shamol elektr qurilmasini ko'rib chiqish va tahlil qilish mumkin.

Doimiy magnit hamda ko'ndalang o'q bo'yicha joylashgan qo'shimcha qo'zg'atish chulg'mli, kichik tezlikli sinxron generator texnik kattalikari 1-jadvalda berilgan.

Yuqoridagi generator uchun, ilmiy asoslangan, kichik tezlikli, sifatli, mustahkam, mutaxassislar texnik xizmat ko'rsata oladigan, nisbatan arzon turbina ishlab chiqarish moslashtirish lozim bo'ladi. Buning uchun ishlab chiqilishi nazarda tutilayotgan kichik tezlikli turbinaning tuzilishi va ishlash prinsipi ilmiy tajribalar asosida tahlil qilinadi. Bunday kichik tezlikli turbina turi, tuzilishi, ishchi g'ildiragi yasaladigan materiallar ularning parraklari soni,



3-rasm. Generatorning umumiy ko‘rinishi. 8-val,  
9-korpus

1-jadval.

<b>P</b> [W]	800
<b>U</b> [V]	24
<b>I</b> [A]	34
<b>n</b> [ayl/daq]	167
<b>m</b> [kg]	6
<b>l</b> [mm]	110
<b>D</b> [mm]	175
<b>2p</b>	18
<b>τ</b> [mm]	29
<b>Cosφ</b>	0,8

shakli ilmiy o‘rganilib tahlil qilindi. O‘zbekistonda shamol va gidroenergetik potentsiallar tahlili, kichik quvvatli turbinalardan foydalanish samarali ekanligini ko‘rsatdi. Shunga asosan past tezlikli, kichik quvvatli turbinalar tuzilishini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarimizga asosan 4-rasmdagi shamol turbinasi ishlab chiqildi. Bu shamol turbinasini generatorga moslashtirilib, shamol elektr qurilmasi ishlab chiqilib ilmiy tadqiqotlar olib borildi. Ishlab chiqilgan vertical o‘qli shamol elektr qurilmasi kichik tezlikli shamol oqimlarida ham shovqinsiz ishlashi bilan ahamiyatga ega. Shamol elektr qurilmasi tuzilishi, 1,4-yo‘naltiruvchi parraklarni ushlab turuvchi xalqalar, 2- yo‘naltiruvchi parraklar, 3- ishchi g‘ildirak parraklari, 5-tutib turuvchi oyoqlari, 6,7-ishchi g‘ildirak parraklarni ushlab turuvchi disklar, 8-generator, 9-generatorni tutib turuvchi rama, 10-valdan iborat. Bu shamol elektr qurilmasining turbinasi, ishchi g‘ildiragi parraklari (3) va yo‘naltiruvchi parraklarining (2) ta’sirlashish burchagini o‘zgartirish imkoni mavjud bo‘lganligi sababli, shamol oqimi tezligiga qarab kerakli burchakga qo‘yiladi. Shamol elektr qurilmasining samarali ishlashini ta’minlash uchun shamolni yo‘naltiruvchi parraklar qo‘yilgan bo‘lib ular shamol oqimini ishchi g‘ildirak parraklariga burib berish vazifasini bajaradi. Bundan tashqari yo‘naltiruvchi parraklar burchaklarini ham shamol oqimi tezligiga qarab o‘zgartirish mumkin.



4-rasm. Shamol elektr qurilmasi. 1,4-yo‘naltiruvchi parraklarni ushlab turuvchi xalqalar; 2- yo‘naltiruvchi parraklar; 3- ishchi g‘ildirak parraklari; 5- tutib turuvchi oyoqlari; 6,7-asosiy parraklarni ushlab turuvchi disklar; 8- generator; 9-generatorni tutib turuvchi rama; 10-val.

Shamol turbinasining ishchi g‘ildiragi parraklari va yo‘naltiruvchi parraklarning ta’sirlashish burchaklarini shamol oqimi tezligiga qarab o‘zgartirish imkoniyati mavjudligi shamol elektr qurilmasining samarali ishlashini ta’minlaydi.

Kichik shamol oqimida ham samarali elektr energiya ishlab chiqaruvchi shamol elektr qurilmasi kichik tezlikli generatori bilan unga moslashtirilgan turbina tuzilishi takomillashtirilgan. Shu sababli past oqimli shamolda ham kerakli elektr energiya ishlab chiqarish imkonini beradi.

2-jadvalda shamol elektr qurilmasining o‘lchamlari kattaliklari berilgan.

2-jadval.

Shamol elektr qurilmasi texnik kattaliklari	Og‘irligi (kg)	Balandligi (sm)	Kengligi (sm)	Soni (dona)	Quvvati (kW)
Ichki g‘ildirak parraklari	40	89	50	9	0.8
Yo‘naltiruvchi parrak	25	97	50	6	0.8
Generator	6	Ø17,5	11	1	0.8
Oyoqlar	20	80	6	4	-
Val	4	160	3	1	-
Yo‘naltiruvchi parraklarini ushlab turuvchi xalqa	30	Ø120	-	2	-
Ichki g‘ildirak parraklarini	10	Ø 62	-	2	-

ushlab turuvchi xalqa					
-----------------------	--	--	--	--	--

Doimiy magnitli va qo'shimcha qo'zg'atish chulg'amli sinxron generatorning bir fazali nosimmetrik qisqa tutashuv rejimlarini MatLab paketi Simulink dasturidagi modeli yordamida tekshirish tadqiqoti quyida keltirilgan. Model – bu shunday ob'ektki, u yordamida haqiqiy generatorning xususiyatlarini tadqiq qilish, ilmiy o'rganishga juda qulay. Modellashtirish bu ob'ektni tadqiq qilish usuli yordamida, eng maqbul va qulay holda boshqa muhitda joylashgan ob'ekt xususiyatlarini o'rganishdir. Modellar ayrim texnik qurilmalar, jarayonlar, almashtirish sxemalari, fikrlash namunalari, matematik formulalardan iborat bo'lishi mumkin.

Model uchta shartni qanoatlantirishi kerak:

1. O'rganilayotgan haqiqiy ob'ektning ayrim xususiyatlarini yetarli darajada o'zida aks ettirishi;
2. Qanoatlantiradigan aniqlangan shunday moslik bo'lishi kerak-ki, bunda modeldan haqiqiy tekshirilayotgan ob'ektga yoki teskarisiga o'tish imkoniyatini berishi;
3. O'rganish uchun oddiy, qulay va tushinarli bo'lishi kerak.

Modelni tuzishda, soddalashtirishda stator hamda rotorda joylashgan bo'ylama va ko'ndalang qo'zg'atish chulg'amlarini e'tiborga olib tenglamalarni tuzamiz [7-9].

Bir fazali qisqa tutashuv rejimida doimiy magnitli va qo'shimcha qo'zg'atish chulg'amli sinxron generatorning ishlab chiqilgan matematik modeli yordamidagi tadqiqot natijalarini, tajriba ma'lumotlari bilan solishtirib tahlil qilish uchun ikkita fizik model olingan: an'anaviy sinxron generator va doimiy magnitli va qo'shimcha qo'zg'atish chulg'amli sinxron generatorlarning fizik, matlab hamda matematik modellarida, qisqa tutashuv rejimlarining tadqiqoti o'tkazildi.

Bir fazali qisqa tutashuv rejimida:

$$U_a = 0, \quad i_b = i_c = 0 \tag{6}$$

ga teng bo'ladi.

Bir fazali qisqa tutashuvda ochiq fazalardagi o'ta kuchlanishlar va qisqa tutashuv toki tenglamalari:

$$\begin{aligned}
 U_b &= \left( \frac{d\psi_d}{dt} - \psi_q \right) \cos(\gamma - 120^\circ) - \left( \frac{d\psi_q}{dt} + \psi_d \right) \sin(\gamma - 120^\circ) \\
 U_c &= \left( \frac{d\psi_d}{dt} - \psi_q \right) \cos(\gamma + 120^\circ) - \left( \frac{d\psi_q}{dt} + \psi_d \right) \sin(\gamma + 120^\circ) \\
 I_a &= i_d \cos\gamma - i_q \sin\gamma + i_0
 \end{aligned} \tag{7}$$

Bunda stator chulg'ami oqim ilashimligi uchun tenglamani:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{d\psi_d}{dt} - \omega_r \cdot \psi_q - (2r_c + 3r_k) \cdot i_d &= 0 \\
 \frac{d\psi_q}{dt} + \omega_r \cdot \psi_d - (2r_c + 3r_k) \cdot i_q &= 0
 \end{aligned} \right\} \tag{8}$$

ko‘rinishda yozib olamiz.

Doimiy magnitli va qo‘shimcha qo‘zg‘atish chulg‘amli sinxron generatorning nosimmetrik qisqa tutashuv rejimlaridagi tok va ochiq fazadagi o‘ta kuchlanishlarni hisoblash algoritmidagi, Park-Gorev differensial tenglamalar sistemasi asosida, tadqiq qilinayotgan generator uchun yozilgan to‘la algebro-differensial tenglamalar uchun kattaliklarni beramiz. Bunda  $\Psi_d, \Psi_q, \Psi_{fd}, \Psi_{fq}, \Psi_{1d}, \Psi_{1q}$  – oqim ilashimliklarini hisoblab, d va q o‘qlariga mos  $U_d, U_q$  kuchlanishlar va  $I_d, I_q$  toklarni topib olamiz [3-6].

Stator zanjiri oqim ilashimligi tenglamasi esa quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\left. \begin{aligned} \Psi_d &= X_{ad} \cdot (1 + \cos 2\gamma_r) \cdot (i_{fd} + i_{1d}) - X_{ad} \cdot \sin 2\gamma_r (i_{fq} + i_{1q}) - 2(X_d + X_k) \cdot i_d \\ \Psi_q &= -X_{aq} \cdot \sin 2\gamma_r \cdot (i_{fd} + i_{1d}) - X_{aq} \cdot (1 - \cos 2\gamma_r) \cdot (i_{fq} + i_{1q}) - 2(X_q + X_k) \cdot i_q \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Bir fazali qisqa tutashuv rejimida oqim ilashimligini matrisa ko‘rinishida ifodalaymiz:

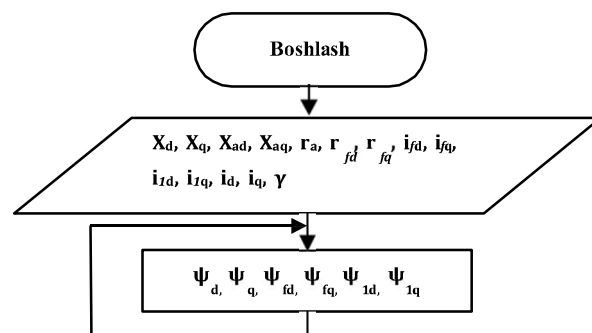
$$\begin{pmatrix} -2(X_d + X_k) & 0 & X_{ad}(1 + \cos 2\gamma_r) & -X_{ad} \sin 2\gamma_r & X_{ad}(1 + \cos 2\gamma_r) & -X_{ad} \sin 2\gamma_r \\ 0 & -2(X_q + X_k) & -X_{aq} \sin 2\gamma_r & -X_{aq}(1 - \cos 2\gamma_r) & -X_{aq} \sin 2\gamma_r & -X_{aq}(1 - \cos 2\gamma_r) \\ X_{ad} & 0 & X_{fd} & 0 & X_{ad} & 0 \\ 0 & X_{aq} & 0 & X_{fq} & 0 & X_{aq} \\ X_{ad} & 0 & X_{ad} & 0 & X_{1d} & 0 \\ 0 & X_{aq} & 0 & X_{aq} & 0 & X_{1q} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \\ i_{fd} \\ i_{fq} \\ i_{1d} \\ i_{1q} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \\ \Psi_{fd} \\ \Psi_{fq} \\ \Psi_{1d} \\ \Psi_{1q} \end{pmatrix}$$

Hamda nosimmetrik qisqa tutashuv rejimidagi cheklanishlarga ko‘ra, tartib bilan bir fazali qisqa tutashuv uchun ishlab chiqilgan oqim ilashimligi yechiladi va qisqa tutashuv toki hamda ochiq fazadagi o‘ta kuchlanish topiladi.

Bu yerda  $X_d, X_q, X_{ad}, X_{aq}$  – mos chulg‘amlarning induktiv qarshiliklari,  $r_a, r_{fd}, r_{fq}$  – mos chulg‘amlarning aktiv qarshiliklari,  $i_{fd}, i_{fq}$  – qo‘zg‘atish chulg‘amlari,  $i_{1d}, i_{1q}$  – dempfer chulg‘ami,  $i_d, i_q$  – stator chulg‘ami d va q o‘qlari bo‘yicha toklari,  $\gamma$  - d bo‘ylama o‘qi bilan a faza magnit maydon o‘qi orasidagi burchak.

Bir fazali qisqa tutashuv rejimida stator chulg‘ami oqim ilashimligi (8) tenglamasi hamda stator zanjiri oqim ilashimligi (9) tenglamasi asosida Matlab dagi modeli tuzamiz (3 – rasm).



5-rasm. Ikki o‘qi bo‘yicha qo‘zg‘atiladigan sinxron generator bir fazali qisqa tutashuv rejimidagi toklar va ochiq fazalardagi o‘ta kuchlanishlarni hisoblash algoritmi

An'anaviy sinxron generator va doimiy magnitli va qo‘shimcha qo‘zg‘atish chulg‘amli sinxron generatorlarning bir fazali qisqa tutashuv rejimida ochiq fazalardagi o‘ta kuchlanishlar tadqiqoti matematik, matlab modellarda olib borildi. Doimiy magnitli va qo‘shimcha qo‘zg‘atish chulg‘amli sinxron generator bir fazali qisqa tutashuvining matematik modeli, uch fazali doimiy magnitli va qo‘shimcha qo‘zg‘atish chulg‘amli sinxron generator uchun ishlab chiqilgan haqiqiy differensial tenglamalar tizimiga kerakli o‘zgartirishlar kiritish orqali, ikkita ochiq fazani o‘z ichiga olgan bir fazali qisqa tutashuv holati uchun ishlab chiqildi.

Bir fazali qisqa tutashuv rejimi uchun (6) chegaraviy shartlarga asosan B, C fazadagi kuchlanish:

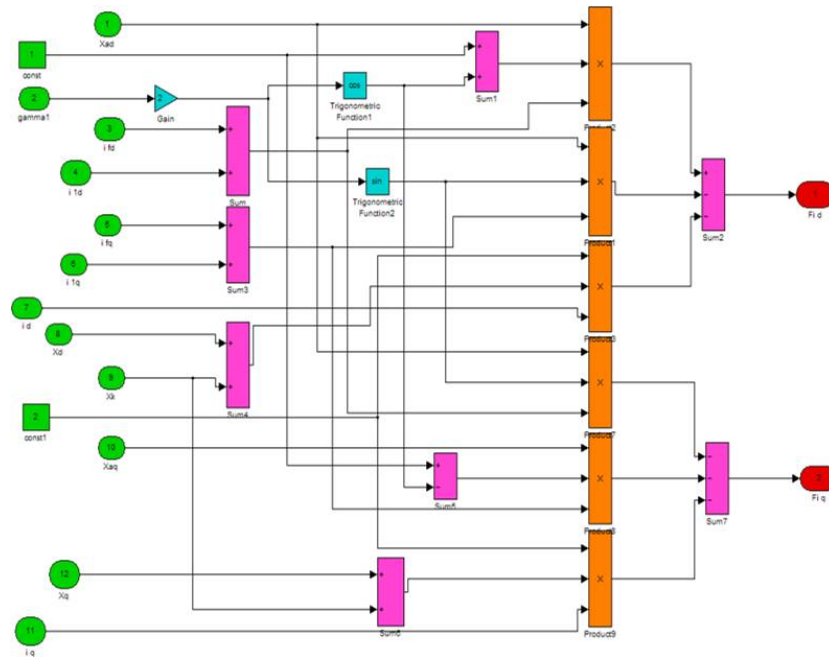
$$U_b = \frac{d\psi_b}{dt} - r_c i_c \quad (10)$$

$$U_c = \frac{d\psi_c}{dt} - r_c i_c$$

(6) ni hisobga olgan holda quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$U_b = \frac{d\psi_b}{dt} \quad (11)$$

$$U_c = \frac{d\psi_c}{dt}$$



6-rasm. Bir fazali qisqa tutashuvda stator magnit oqim ilashimligining Matlab dagi modeli

Bu yerda

$$\begin{aligned} \psi_b &= \psi_d \cos(\gamma - 120^\circ) - \psi_q \sin(\gamma - 120^\circ) + \psi_0 \\ \psi &= \psi_c \cos(\gamma + 120^\circ) - \psi_d \sin(\gamma + 120^\circ) + \psi_0 \end{aligned} \quad (12)$$

$\gamma$  - A fazaning magnit o‘qi va rotorning bo‘ylama o‘qi orasidagi burchak.

### 3. Natija va muxokama

Tajriba yo‘li bilan shamol elektr qurilmasining asosiy parametrlarini aniqlash, uning o‘ziga xos muhim xususiyatlarini o‘rganish imkonini beradi.

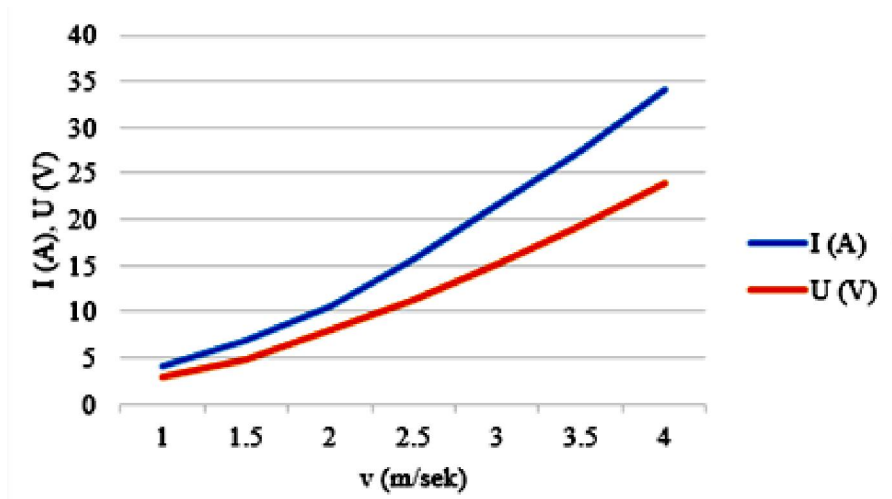
Shamol elektr qurilmasining asosiy qismi bo‘lgan generatorning matematik ifodalari orqali hisoblab samarali o‘lchamlari va quvvatlari kichik shamol oqimlari uchun hisoblangan. Ushbu generator uchun moslashtirilgan turbina bilan shamol elektr qurilmasi yasalgan va shamol oqimining har xil tezliklarida tadqiqot olib borildi. Shamol elektr qurilmasining fizik tajriba qurilmasining tadqiqoti, Toshkent viloyatida shamol oqimlari tezligi har xil bo‘lgan hududlarida olib borildi. Tadqiqot natijalari asosida shamol elektr qurilmasining elektr kattaliklari o‘lchab olingan va tahlil qilingan.

Bunda shamol tezligi 1 m/sek. dan - 4 m/sek gacha bo‘lganda 0,5 qadam bilan o‘zgartirilib, shamol elektr qurilmasining aylanish tezligi (n), toki (I), kuchlanishi (U), quvvati (P) kattaliklari tajriba qurilmasida o‘lchandi. Shamol elektr qurilmasining tadqiqot olib boorish natijasida o‘lchangan kattaliklari 3- jadvalda berilgan.

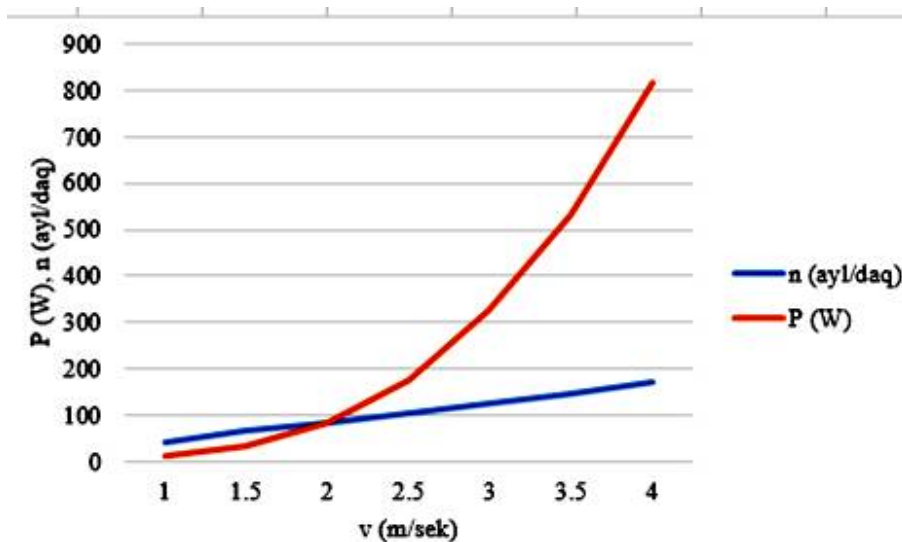
3-jadval.

Kattaliklar	Shamol tezligi, $v$ (m/sek)
-------------	-----------------------------

	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
<b>n (ayl/daq)</b>	40	65	81	102	124	147	170
<b>I (A)</b>	4	6.8	10.5	15.6	21.7	27.5	34
<b>U (V)</b>	3	4.8	8.1	11.2	15.1	19.3	24
<b>P (W)</b>	12	33	85	175	328	531	816



5-rasm. Fizik tajriba stendida shamol elektr qurilmasining shamol oqim tezligi  $v$  ning xar xil qimatlarida  $U, I$  – xarakteristikalari



6-rasm. Fizik tajriba stendida shamol elektr qurilmasining shamol oqim tezligi  $v$  ning xar xil qimatlarida  $P, n$  – xarakteristikalari

Bundan ko‘rinib turibdiki taklif etilayotgan shamol elektr qurilmasidan kichik tezlikli shamolda ham samarali elektr energiya ishlab chiqarish imkoniyati mavjud. Tadqiq qilinayotgan shamol elektr qurilmasi orqali turli ish rejimlarini tadqiqot qilingan va elektr kattaliklari o‘lchanib tahlil qilingan. Shamol elektr qurilmasida olib borilgan tadqiqotlar va ilmiy izlanishlar, ko‘rib chiqilayotgan generator hamda

turbinaning nominal kattaliklari yani shamol tezligi 4m/s bo'lganda shamol elektr qurilmasi aylanish chastotasi 167 ayl/daq, quvvati 0.8 kW, yuklama toki 34A, yuklamadagi to'g'irlangan kuchlanish 24V bo'lishini ko'rsatdi. Tadqiqotlar natijasida o'lachab olingan kattaliklari berilgan 3- jadvaldagi qiymatlarga asosan, shamol elektr qurilmasining shamol oqim tezligi  $v$  ning xar xil qiymatlarida  $U, I$  – xarakteristikalari (5-rasm) va  $P, n$  – xarakteristikalari (5-rasm) olindi. Bundan ko'rinib turibdiki taklif etilayotgan shamol elektr qurilmasi salt ishlash va yuklama rejimlarini aniq xarakterlaydi.

Bunday kichik tezlikli turbina va generator yordamida kichik tezlikli shamol oqimlarida samarali elektr energiya ishlab chiqaruvchi shamol elektr qurilmalarini seriali ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish mumkin.

Bu shamol elektr qurilmasidagi generator va turbinalari boshqa analoglaridan tuzilishi va qo'zg'atish chulg'amlarini doimiy magnitlar bilan birgalikda boshqarilishi hamda parraklarining ta'sirlashish burchaklarini boshqarish imkomiyati mavjudligi, foydali ish koeffisientining nisbatan yuqoriligi bilan ahamiyatga ega. Bunda shamol elektr qurilmasi generatorning stator chulg'amining hamma qismi elektr energiya ishlab chiqarishda foydali ishlaydi ya'ni stator chulg'amining hamma qismi aktiv bo'lib magnit maydon kuch chiziqlari kesib o'tishiga erishildi. Shu sababli foydali ish koeffisienti ham yuqori bo'lishiga erishilgan. Bu kichik tezlikli generator shamolning kichik va yuqori tezliklarida ishlay olishi yana bir afzalliklaridan biri hisoblanadi.

#### 4. Xulosa

Maqolada keltirilgan shamol elektr qurilmasining asosiy qismlari yangi kichik tezlikli turbina va generatorlarning tan narxi, xorijiy analoglaridan 50% arzon, ulardan engil, tuzilishi sodda, foydali ish koeffisienti nisbatan yuqori va 1-4 m/sek shamol oqimida ham samarali elektr energiya ishlab chiqaradi.

Sinxron generatorning tuzilishi takomillashtirilganligi yani doimiy magnit bilan birgalikda qo'shimcha chulg'amning qo'llanilishi natijasida kichik tezlikli shamol oqimlarida samarali elektr energiya ishlab chiqarish imkonini beradi.

Generatorning asosiy magnit maydonini boshqarish orqali quvvatini oshirish mumkinligi, zarur vaqtda qo'shimcha qo'zg'atish chulg'ami yordamida nosimmetrik yuklama, qisqa tutashish vaqtlarida generatoridagi elektromagnit jarayonlarni tinchlantirib, generatorda yuz beradigan nosozliklardan himoya qiladi.

Turbinadagi ishchi g'ildirak parraklari va shamol oqimini ishchi g'ildirakga yo'naltiruvchi parraklarning mavjudligi, ularni shamol oqimi tezligiga qarab boshqarish imkoniyati mavjudligi kichik shamol oqimlarida samarali ishlashi bilan afzal hisoblanadi.

Shamol elektr qurilmasini texnologik jihatdan rivojlantirish hisobiga tezligini talabga qarab kamaytirish hamda tan narxini arzonlashtirish mumkinligi muhim ko'rsatkichlaridan biri.

**Adabiyotlar**

- [1] Пирматов Н.Б., Тошев Ш.Э., Тошева Ш.Н., Эгамов А. Низкооборотный генератор нового типа, используемый для выработки электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии. // Международная научная конференция. - Ташкент, 2018, С. 123-124.
- [2] Pirmatov N., Tosheva Sh., Toshev Sh., Best overall dimensions of synchronous generator with permanent magnets for small power wind plants and micro hydropower plants. E3S Web of Conferences 139 10 (2 019)  
[https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901027\\_RSES\\_2019](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901027_RSES_2019)
- [3] Pirmatov N., Toshev Sh., Overvoltage in the free phase of the stator winding in case of asymmetric short circuit implicit pole synchronous generator biaxial excitation. E3S Web of Conferences 139 , 0 10 (2 019)  
[https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901030\\_RSES\\_2019](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901030_RSES_2019)
- [4] Pirmatov N., Toshev Sh., Tosheva Sh., Mustafakulova G. Magnitlanish o'qi buriladigan kichik tezlikli sinxron generator. Foydali modelga patent. № FAP 01558. 2020yil.
- [5] Aner, Mohamed, "Improved MPPT Dynamics for Starting and Power Extraction of a Small Wind Turbine Employing a PMSG and a VSMC," Ph.D Dissertation University of Calgary, April 2014. P.175.
- [6] Кривцов, В.С., Олейников, А.М., Яковлев, А.И. Неисчерпаемая энергия, Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы: Учебник / В.С. Кривцов [и д.р.] - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2003. - 400 с.
- [7] Федий, К.С. Анализ и расчет синхронных машин с возбуждением от постоянных магнитов / К.С. Федий, А.Л. Встовский // Оптимизация режимов работы электротехнических систем. Межвузовский сборник научных трудов. - Красноярск ИПЦ КГТУ. - 2006 г. С. 56-61.
- [8] Балагуров В.А., Галтеев Ф.Ф. Электрические генераторы с постоянными магнитами. - М.: Энергоатомиздат, 1988.-280 с.



ISSN 2181-9696

Doi Journal 10.26739/2181-9696

# ТЕХНИКА ФАНЛАРИ

8 ЖИЛД, 1 СОН

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ  
ТОМ 8, НОМЕР 1

TECHNICAL SCIENCES  
VOLUME 8, ISSUE 1

Контакт редакций журналов. [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)  
ООО Tadqiqot город Ташкент,  
улица Амира Темура пр.1, дом-2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Тел: (+998-94) 404-0000

Editorial staff of the journals of [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)  
Tadqiqot LLC The city of Tashkent,  
Amir Temur Street pr.1, House 2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; Email: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Phone: (+998-94) 404-0000