

MUQOBIL GIBRID MANBALAR ASOSIDA QO'ZG'ATILADIGAN ENERGETIK QURILMANI MODELLASHTIRISH ASOSIDA ENERGETIK PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH ORQALI ISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH (AMU-QASHQADARYO HAVZA BOSHQARMASI HUZURIDAGI DO'STLIK 1,2,3 NASOS STANSIYASI MISOLIDA)

N.B.Pirmatov, A.Y.Bekishev, N.A.Kurbanov, A.B.Imomnazarov

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

Doi: 10.5281/zenodo.17338875

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:

14.07.2025

Ko'rib chiqilgan:

19.07.2025

Qabul qilingan:

03.08.2025

Chop etilgan:

10.10.2025

Ushbu maqolada sinxron motorning energetik parametrlarini hisoblash, quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish, reaktiv quvvatni kamaytirish va energiya tejash usullari mufassal ko'rib chiqildi. AVR, PSS va V/f boshqaruv mexanizmlarining motor ishlash samaradorligiga ta'siriga bag'ishlangan amaliyot va modellashtirish usullari tavsiya etildi. Maqolada gibril energiya manbalari asosida qo'zg'atilgan sinxron motorning matematik modeli keltirildi. Uning samaradorligini oshirishda gibril tizimning ahamiyati katta ekani ko'rsatildi. Tadqiqot natijalari ishlab chiqarishda energiya tejash va barqaror ishlash uchun amaliy ahamiyatga ega. Ushbu ishda gibril energiya manbalari asosida sinxron motor qo'zg'atish jarayoni modellandi. Quyosh, shamol va gidro manbalarning dinamik xususiyatlari tahlil qilindi. Simulink orqali tayyorlangan modellar orqali turli ish rejimlari va energiya taqsimoti ko'rsatildi. Natijalarga ko'ra, gibril manbalar qo'llanilishi motorning ishonchli qo'zg'atilishi va energiya samaradorligini oshirishini ko'rsatdi.

KALIT SO'ZLAR

gibril tizim uchun quvvat taqsimoti, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, gibril manba, muqobil energiya manbalari, sinxron motr, qo'zg'atish tizimi.

Kirish

Hozirgi vaqtda qayta tiklanadigan energiya manbalari (QTEM) global energetika tizimining asosiy tarmoqlaridan biriga aylanib bormoqda. Quyosh, shamol va mikro gidroelektr stansiyalar kabi manbalarni integratsiya qilish orqali gibril energiya ta'minoti tizimlari yaratiladi. Sinxron motorlar esa turli ishlab chiqarish jarayonlarida samarali ishlashini ta'minlash uchun ana shu gibril manbalar asosida qo'zg'atilishi mumkin. Maqolada mazkur masalaning dolzarbligi, matematik modellashtirish asoslari va optimallashtirish usullari tahlil qilinadi.

Quyosh energiyasi fotoelektrik panellar orqali olinadi va elektr energiyasiga aylantiriladi. Shamol energiyasi esa turbinalar orqali mexanik aylanish kuchiga, keyinchalik generator yordamida elektr energiyasiga aylanadi. MikroGESlar suv resurslari orqali doimiy yoki mavsumiy elektr ishlab chiqarish imkonini beradi. Akkumulyator batareyalari esa ushbu manbalarning uzluksiz ishini ta'minlash uchun energiya zaxirasini saqlab turadi.

Gibril tizimda turli manbalar birgalikda ishlaydi va ularning quvvati optimal tarzda taqsimlanadi. Bunday tizimda asosiy elementlar: fotoelektrik panellar, shamol turbinalari, mikroGES generatori, akkumulyator bloki va elektr tarmog'i. Energiya taqsimoti algoritmlari orqali iste'molchilarga uzluksiz va barqaror quvvat yetkazib berish ta'minlanadi.

Bugungi kunda jahon miqyosida energetika resurslaridan oqilona va samarali foydalanish muammosi eng dolzarb masalalardan biriga

aylangan. Ayniqsa, suv xo'jaligidagi nasos stansiyalari kabi yirik iste'molchilarda elektr energiyasini tejash va motorlarning ish samaradorligini oshirish orqali ulkan iqtisodiy natijalarga erishish mumkin.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining energetik sohani modernizatsiya qilish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini keng joriy etishga doir qarorlari, jumladan, 2020 yil 10 avgustdagi PQ-4805-sonli qaroriga muvofiq, sohada energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri etib belgilangan.

Aynan shu nuqtai nazardan, Amu-Qashqadaryo havza boshqarmasi huzuridagi Do'stlik 1, 2 va 3 nasos stansiyalarida ishlatilayotgan sinxron motorlarning energetik samaradorligini oshirish vazifasi nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Bu motorlar uzluksiz ishlaydigan katta quvvatli agregatlar bo'lib, ularning to'g'ri boshqarilishi va optimal parametrlarda ishlatilishi orqali katta miqdorda energiya tejilishi mumkin.

Shu sababli, mavjud nasos stansiyalarida foydalanilayotgan motorlarni modellashtirish, ularning energetik parametrlarini aniqlash va optimallashtirish orqali ish samaradorligini oshirish masalasi juda ham dolzarbdur. Gibril qo'zg'atish tizimida maqsad – energiya samaradorligini oshirish, quvvat koeffitsiyentini birlikka yaqinlashtirish va motorning barqaror ishini ta'minlash hisoblanadi. Optimallashtirishda quvvat balanslari va yuklamalar hisobga olinadi.

Hozirgi kunda sanoat va energetika sohasida muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish masalasi dolzarb hisoblanadi. Sinxron motorlarning ishonchli qo'zg'atilishi va barqaror ish rejimi ularni gibrid (quyosh, shamol, gidro va akkumulyator) ta'minot orqali ta'minlash orqali amalga oshirilishi mumkin. Ushbu bobda fotoelektrik panel, shamol generatori va gidro ta'minotning matematik modellari, shuningdek, ular asosida sinxron motor qo'zg'atish jarayoni tahlil qilinadi.

Uslub va materiallar

Fotoelektrik panelning ishchi modeli odatda yarim o'kazgichli -diiodli ekvivalent sxema asosida tuziladi. Uning chiqish toki quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_{ph} - I_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{V + I^2 R_s}{n + V_t}\right) - 1 \right) - \frac{V + I^2 R_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

bu yerda: I_{ph} – fotoelektrik tok; I_0 – qayish toki; R_s – ketma-ket qarshilik; R_{sh} - shunt qarshilik; V_t - termik kuchlanish.

Shamol turbinasi chiqish quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{shamol} = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p(\lambda, \beta) \quad (2)$$

bu yerda: ρ - havo zichligi; A - turbina qanoti maydoni; v – shamol tezligi; C_p - quvvat koeffitsiyenti, λ – tezlik nisbati, β – qanot burchagi.

Gidroelektr stansiyasi chiqish quvvati suv sarfi va gidravlik napor orqali aniqlanadi:

$$P_{gidro} = \eta_h \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (3)$$

bu yerda: η_h - gidroturbina KPD; ρ - suv zichligi; g - yerning tortishish tezlanishi; Q - suv sarfi; H – bolsim balandligi.

Sinxron motorni qo'zg'atishda gibrid manbalardan kelayotgan umumiy quvvat balansini hisoblash kerak:

$$P_{umumiy} = P_{quyosh} + P_{shamol} + P_{gidro} + P_{batareya} - P_{isroflar}$$

bu yerda: P_{quyosh} – quyosh panellari quvvati; P_{shamol} – shamol generatori quvvati; P_{gidro} – gidro ta'minot quvvati; $P_{batareya}$ – akkumulyator quvvati; $P_{isroflar}$ – yo'qotishlar.

Sinxron motorning ishini matematik jihatdan modellashtirish uchun ko'p hollarda (d-q) koordinatalar tizimidagi ekvivalent elektr zanjirlaridan foydalaniladi. Bu usul mashinaning aylanuvchi magnit maydon sharoitidagi ishini statik referens sistemaga keltirib, dinamik tahlil imkonini yaratadi.

Park transformatsiyasi asosidagi model:

I_d, I_q - doimiy va aylanuvchi o'q bo'yicha toklar; E'_d, E'_q - o'tkinchi EYUKlar; δ - rotor burchak holati (elektrik burchak); ω - rotorning burchak tezligi (rad/s).

Tenglamalarning asosiy ko'rinishi quyidagicha:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\delta}{dt} &= \omega - \omega_s \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J} (T_m - T_e - D\omega) \\ \frac{dE'_d}{dt} &= \frac{1}{T_{d0}} (E_f - E'_d - (X_d - X'_d) \cdot I_d) \\ \frac{dE'_q}{dt} &= \frac{1}{T_{q0}} (-E'_d + (X_q - X'_q) \cdot I_q) \\ V_d &= R_s I_d - \omega X_q I_q + E'_d \\ V_q &= R_s I_q + \omega X_d I_d + E'_q \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Bu birinchi tenglamalar tizimi MATLAB/Simulink muhitida dinamik modellar shaklida tuziladi va turli holatlarda simulyasiya qilish imkonini beradi.

Sinxron motorlarda stator va rotor toklari orqali qo'zg'atish tizimi tufayli magnit maydon boshqariladi. Buni boshqarish uchun QAR (qo'zg'atishni avtomatik rostlash) tizimi joriy etiladi.

QAR modelining oddiy ko'rinishi:

$$E_f(s) = \frac{K_A}{1 + T_A s} \cdot (V_{ref} - V_t)$$

bu yerda V_{ref} - maqsad kuchlanishi; V_t - chiqish kuchlanishi; K_A, T_A - kuchaytirgich koeffitsiyenti va vaqt doimiysi.

QAR ta'siri:

- Reaktiv quvvatni barqarorlashtirish; Stator toklarining orttiqcha oshishini cheklash; Kuchlanish uzluksizligini ta'minlash.

Sinxron motorning aylanuvchi qismidagi mexanik holatlar ham modelda hisobga olinadi:

Elektromagnit moment:

$$M_e = \frac{3}{2} p (\psi_f \cdot i_q + (L_d - L_q) i_d i_q)$$

bu yerda i_d, i_q – toklar, u_d, u_q – kuchlanishlar, L_d, L_q – induktivliklar, R_s – stator qarshiligi, ψ_d, ψ_q – magnit ilashimligi, p – juft qutblar soni, J – inersiya momenti.

Mexanik tenglama:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_e - M_{yuk} - M_d)$$

bu yerda M_d – dempfer momenti, M_e – elektromagnit moment, M_{yuk} – yuklama momenti.

Yuklama modeli:

Konstant moment: $T_m = T_{nom}$; Uzgaruvchan moment: $T_m(t) = T_0(1 + 0.2 \cdot \sin(\omega_m t))$; Nasos xarakteristikasi: $T_m = kQ^2$, bu yerda Q - suv sarfi.

Amu-Qashqadaryo havza boshqarmasi huzuridagi Do'stlik 1,2,3 nasos stansiyalaridagi ma'lumotlarga asoslangan holda model parametrlari tanlanadi:

1-jadval

Do'stlik 1,2,3 nasos stansiyalaridagi ma'lumotlarga

asoslangan holda model parametrlari

Parametr	Qiymati
Motor quvvati	1.2 MVt
Nominal kuchlanish	6.3 kV

Chastota	50 Gs
Rotor tezligi	1500 ayl/min
Inersiya (J)	5.2 kg·m ²
Reaktiv induktivliklar	X _d =1.2, X _q =0.9, X _{d'} =0.3
Qo'zg'atish tizimi vaqti T' _{do}	5.5 s
QAR parametrlari	K _A =200, T _A =0.05

Sinxron motorlarning ishlash jarayonida tok va kuchlanishning har bir komponentlari juda muhim ahamiyatga ega. Tok va kuchlanish xarakteristikalarini tahlil qilish orqali motortning ichki tuzilishini va samaradorligini aniqlash mumkin. Elektr va mexanik energiyaning transformatsiyasi bilan bog'liq barcha parametrlar tanlangan.

Motorning statik va dinamik o'qlaridagi toklar va kuchlanishlar quyidagi tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$\begin{cases} U_d = R_s I_d - \omega X_q I_q + E'_d \\ U_q = R_s I_q + \omega X_d I_d + E'_q \end{cases} \quad (5)$$

V_d, V_q - to'g'ri va aylanuvchi o'qlardagi kuchlanishlar; I_d, I_q - to'g'ri va aylanuvchi o'qlardagi toklar; R_s - stator qarshiligi; E'_d, E'_q - o'tkinchi elektr yurituvchi kuchlanishlar.

Magnit oqim:

$$\begin{cases} \psi_d = L_d \cdot i_d + L_m \cdot i_f \\ \psi_q = L_q \cdot i_q \end{cases} \quad (6)$$

Quvvat koeffitsiyenti cosφ - elektr energiyasining samaradorligini belgilovchi asosiy parametrlardan biri. U quvvat, tok va kuchlanish o'rtasidagi fazaviy boshqa o'zaro bog'liqlikni anglatadi.

Quvvat koeffitsiyentining matematik ifodasi quyidagicha:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

Bu yerda P - aktiv quvvat (vatt); S - to'la quvvat (vatt-ampere)

Quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish uchun QAR tizimidan foydalanish mumkin. QAR orqali reaktiv quvvatning barqarorligi ta'minlanadi, bu esa motorning ish samaradorligini oshiradi.

Reaktiv quvvatning kamaytirilishi elektr tizimi samaradorligini oshiradi. Reaktiv quvvatni kamaytirish usullari quyidagi vositalardan foydalanishni talab etadi:

Reaktiv quvvatni kamaytirish usullari:

1. QAR tizimining samarali boshqaruvi: Reaktiv quvvatni minimallashtirish va kuchlanishni barqarorlashtirish.

2. Boshqaruv va kompensatsiya bloklari: Elektr tizimidagi reaktiv quvvatni optimallashtirish uchun dinamik boshqaruv yoki kompensatsiya sxemasi orqali reaktiv toklar o'zgarishini kamaytirish.

Tizimda reaktiv quvvatni kamaytirish va quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish natijasida energiya tejaladi va samaradorlik oshadi.

Energiya tejash — energetik tizimlardagi ahamiyatli omillardan biridir. Energiya tejash usullari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

Energiya tejashning asosiy usullari:

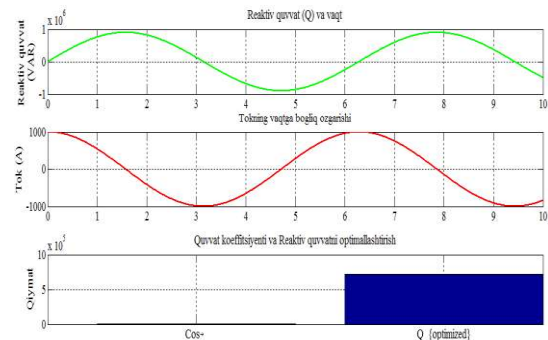
1. Chastota va tokni optimallashtirish:
- Motorning ishlashini dinamik turda yuklamalarga moslashtirish;

- Motorning ish xolatlariga qaray fazaviy boshqarish.

2. QAR va PSS orqali to'g'ri boshqaruv:
- Sistema holatlariga mos jihatlar orqali energiyaning yo'qolishini kamaytirish.

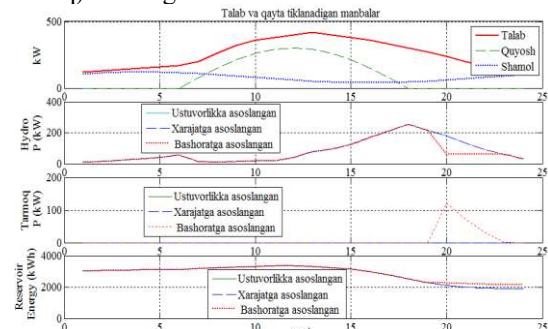
3. Boshqaruv strategiyasini joriy qilish:
- V/f boshqaruvi orqali motorning samarali ishlashini ta'minlash.

Modellashtirish natijalari quyida keltirilgan, unga ko'ra cosφ (quvvat koeffitsiyenti): 0.8000 ni, reaktiv quvvat (Q): 900000.00 VAR ni, reaktiv quvvat optimallashtirilgani (Q_optimized): 720000.00 VARni tashkil etdi.



1-rasm. Reaktiv quvvatni kamaytirish orqali energiya sarfi va yo'qotishlarni kamaytirishga erishish

Quyidagi 2-rasmda gibrid ta'minotda energiya taqsimoti algoritmlarini matlab dasturida yozish orkali gibrid tizim uchun quvvat taqsimoti (dispatcherlik), komponentlari faqat (PV (quyosh), shamol, gidroelektrostansiyalar (suv omborlari), tarmoq) keltirilgan.



2-rasm. Gibrid ta'minotda energiya taqsimoti algoritmlarini matlab dasturida yozish orkali gibrid tizim uchun quvvat taqsimoti

QAR motoridagi kuchlanishni avtomatik tarzda barqarorlashtiradi. Bu, o'z navbatida, reaktiv quvvatning minimallashtirishini va motoridagi fazaviy to'qnashuvlarni kamaytiradi.

PSS (Powyer System Stabilizer): PSS tizimi elektr tizimining reaktiv quvvatlarga munosabatini optimallashtirishga yordam beradi. U, shuningdek, motorting ishlashda barqarorlikni ta'minlaydi.

V/f boshqaruv mexanizmi: V/f boshqaruvi (Voltage/Frequency Control) tizimi yordamida motori ishlashini dinamik tarzda optimallashtirish mumkin. Bu usul, tok va kuchlanishning fazaviy muvofiqlashuvini ta'minlab, motorning ish samaradorligini oshiradi.

AVR va PSS orqali tizim ishlash barqarorligi ta'minlanadi, shuningdek, elektr tizimi orqali reaktiv quvvatning barqarorligi ta'minlanadi.

Xulosa

Ushbu maqolada bo'limda sinxron motorning energetik parametrlarini hisoblash, quvvat koeffitsiyentni optimallashtirish, reaktiv quvvatni kamaytirish va energiya tejash usullari mufassal ko'rib chiqildi. AVR, PSS va V/f boshqaruv mexanizmlarining motor ishlash samaradorligiga ta'siriga bag'ishlangan amaliyot va modellash tirish usullari tavsiiya etildi.

Sinxron motorni modellash tirishda elektr va mexanik parametrlar o'zaro bog'liq. MATLAB/Simulink muhitida real vaqtdagi tahlil va parametrik simulyasiya imkoniyati mavjud. Model nasos stansiyasining real sharoitiga mos holda tuzilgani sababli, uning natijalari amaliyotda ishlatilishi mumkin. Maqolada gibril energiya manbalari asosida qo'zg'atilgan sinxron motorning matematik modeli keltirildi. Uning samaradorligini oshirishda gibril tizimning ahamiyati katta ekani ko'rsatildi. Tadqiqot natijalari ishlab chiqarishda energiya tejash va barqaror ishlash uchun amaliy ahamiyatga ega.

Ushbu ishda gibril energiya manbalari asosida sinxron motor qo'zg'atish jarayoni modellandi. Quyosh, shamol va gidro manbalarning dinamik xususiyatlari tahlil qilindi. Simulink orqali tayyorlangan modellar orqali turli ish rejimlari va energiya taqsimoti ko'rsatildi. Natijalarga ko'ra, gibril manbalar qo'llanilishi motorning ishonchli qo'zg'atilishi va energiya samaradorligini oshirishini ko'rsatdi.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С ВОЗБУЖДАЕМЫХ НА БАЗЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ГИБРИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ ДРУЖБЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 1,2,3 АМУ-КАШКАДАРЬИНСКОГО БАСЕЙНОВОГО УПРАВЛЕНИЯ)

Н.Б.Пирматов, А.Э.Бекишев, Н.А.Қурбанов, А.Б.Имомназаров

*Ташкентский государственный технический университет им. Каримова, Ташкент, Узбекистан
Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан*

АННОТАЦИЯ

Получено:

14.07.2025

Пересмотрено:

19.07.2025

Пересмотрено:

03.08.2025

Опубликовано:

10.10.2025

В данной статье подробно рассматриваются методы расчета энергетических параметров синхронного двигателя, оптимизации коэффициента мощности, снижения реактивной мощности и энергосбережения. Рекомендуются практические и модельные методы влияния механизмов управления AVR, PSS и V/f на эффективность двигателя.

В статье представлена математическая модель синхронного двигателя, работающего от гибридных источников энергии. Показано, что гибридная система играет значительную роль в повышении его эффективности. Результаты исследования имеют практическое значение для энергосбережения и обеспечения стабильной работы на производстве.

В данной работе проведено моделирование процесса пуска синхронного двигателя на базе гибридных источников энергии. Проанализированы динамические характеристики солнечных, ветровых и гидроисточников. Различные режимы работы и распределение энергии продемонстрированы с помощью моделей, подготовленных в Simulink. Согласно результатам, использование гибридных источников энергии обеспечивает надежный пуск двигателя и повышение энергоэффективности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

распределение мощности для гибридных систем, возобновляемые источники энергии, гибридный источник, альтернативные источники энергии, синхронный двигатель, система возбуждения.

IMPROVEMENT OF OPERATING EFFICIENCY BY OPTIMIZING ENERGY PARAMETERS BASED ON MODELING OF A ENERGY DEVICE WITH EXCITED ON THE BASIS OF ALTERNATIVE HYBRID SOURCES (ON THE EXAMPLE OF DRUZHBA PUMPING STATION 1,2,3 OF THE AMU-KASHKADARYA BASIN MANAGEMENT)

N.B.Pirmatov, A.Y.Bekishev, N.A.Kurbanov, A.B.Imomnazarov

*Tashkent State Technical University named after Karimov, Tashkent, Uzbekistan
Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan.*

Doi: 10.5281/zenodo.17338875

ABSTRACT

Received:
14.07.2025
Revised:
19.07.2025
Accepted:
03.08.2025
Published:
10.10.2025

This article discusses in detail the methods of calculating the energy parameters of a synchronous motor, optimizing the power factor, reducing reactive power and energy saving. Practical and model methods of the influence of AVR, PSS and V/f control mechanisms on the motor efficiency are recommended. The article presents a mathematical model of a synchronous motor operating from hybrid energy sources. It is shown that the hybrid system plays a significant role in increasing its efficiency. The results of the study have practical significance for energy saving and ensuring stable operation in production. In this paper, the modeling of the process of starting a synchronous motor based on hybrid energy sources was carried out. The dynamic characteristics of solar, wind and hydroelectric sources were analyzed. Various operating modes and energy distribution were demonstrated using models prepared in Simulink. According to the results, the use of hybrid energy sources ensures reliable engine starting and increased energy efficiency.

KEYWORDS

power distribution for hybrid systems, renewable energy sources, hybrid source, alternative energy sources, synchronous motor, excitation system

REFERENCE

1. Krause, P., Wasynczuk, O., Sudhoff, S., Pekarek, S. Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. Wiley-IEEE Press, 2013.
2. Krause, P. Analysis of Electric Machinery. IEEE Press, 2002.
3. Chapman, S. J. Electric Machinery Fundamentals. McGraw-Hill, 2011.
4. Leonhard, W. Control of Electrical Drives. Springer, 2001.
5. Heier, S. Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems. Wiley, 2006.
6. Masters, G. M. Renewable and Efficient Electric Power Systems. Wiley, 2013.
7. Ackermann, T. (ed.). Wind Power in Power Systems. Wiley, 2012.
8. Bianchi, F. D., De Battista, H., Mantz, R. J. Wind Turbine Control Systems: Principles, Modelling and Gain Scheduling Design. Springer, 2007.
9. Dyakonov, V. P. MATLAB i Simulink dlya injenerov. Moskva: DMK Press, 2010.
10. Kundur, P. Power System Stability and Control. McGraw-Hill, 1994.
11. MATLAB/Simulink Documentation. MathWorks, 2024.

Information about authors:

Pirmatov Nurali Berdiyarovich	– DSc, Professor of the “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Technologies” Department, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan, Tashkent city, Olmazor district, Universitet St. 2 ORCID 0000-0001-5212-2593, e-mail: npirmatov@mail.ru
Bekishev Allabergen Yergashevich	– PhD, of the “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Technologies” Department, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan, Tashkent city, Olmazor district, Universitet St. 2 ORCID 0000-0003-3019-2050, e-mail: allabergenbekisev@gmail.com
Kurbanov Najmiddin Abduxamidovich	– PhD, Associate Professor of the “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Technologies” Department, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan, Tashkent city, Olmazor district, Universitet st. 2. ORCID 0000-0003-4152-4006, e-mail: Elmeh1212@mail.ru
Imomnazarov Azizbek Botirovich	– Acting Associate Professor of the Qarshi State Technical University, 180119, Uzbekistan, Qarshi city, Mustaqillik st. 225. ORCID 0000-0001-6689-9870 e-mail: iazizbekbek1989@mail.ru