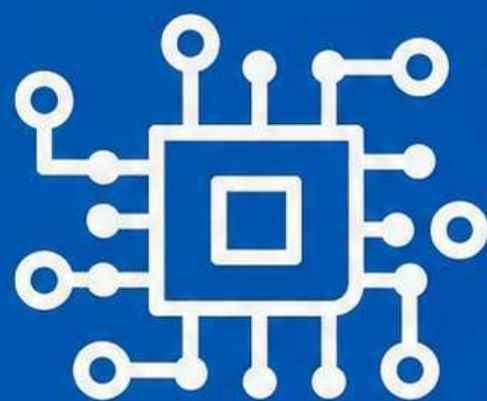




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



**№ 4-maxsus
son (4) 2026**

BOSH MUHARRIR:

ABBAZOV ILHOM ZAPIROVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich — Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax, O'zbekiston;

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent, O'zbekiston;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent, O'zbekiston;

Adizov Bobirjon Zamirovich – Texnika fanlari doktori, professor, Toshkent, O'zbekiston;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich — Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax, O'zbekiston;

Eshonkulov Ravshan Abdurazakovich — Texnika fanlari doktori, dotsent, Qashqadaryo, O'zbekiston;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax, O'zbekiston;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro, O'zbekiston;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro, O'zbekiston;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax, O'zbekiston;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax, O'zbekiston;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro, O'zbekiston.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika instituti.

TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA**FANLARINING DOLZARB****MASALALARI** elektron jurnali

15.09.2023-yilda 130343-sonli

guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

<i>Mamirov Uktam, Khudoyberdiyev Asror</i> FUZZY-LOGIC-BASED ASSESSMENT OF THE DURABILITY CRITERION OF A CONTINUOUS CASTING MACHINE	4-12
<i>Shanning Fu, Ya Han, Bekmurotov Dilshod</i> CONTROLLED EVALUATION OF STATE-AWARE AND VERIFIABLE RAG FOR ENGLISH-LANGUAGE TUTORING: RETRIEVAL RELIABILITY, GROUNDING, AND VERIFICATION	13-26
<i>Fayzullayev Xayriddin</i> MUHANDISLIK GRAFIKASI FANINI O'RGANISHDA "TEKISLIK LARNING KESISHISHI" MAVZUSINI O'QITISH USULI	27-32
<i>Muinov Ulug'bek, Usmonov Botir</i> KICHIK QUUVATLI SHAMOL ENERGETIK TIZIMIDA PI-ROSTLAGICH ASOSIDA KUCHLANISHNI BOSHQARISH	33-44
<i>Sayitov Shavkatjon, Sarimsakov Olimjon</i> PAXTA XOMASHYOSINI QURITISHNING KO'P PARAMETRLI AVTOMATLASHTIRILGAN MONITOTING TIZIMINI ISHLAB CHIQISH	45-50
<i>Haitov Bozar</i> BISMUT VOLFRAMAT (Bi_2WO_6 , BiWO_4) NI SINTEZ QILISH USULLARI: ZAMONAVIY YONDASHUVLAR TAHLILI	51-58
<i>Ishnazarov Oybek, Hoshimov Ural</i> KOMPRESSOR USKUNASINI AVTOMATLASHTIRILGAN ISHLASH REJIMIDAGI DINAMIK JARAYONLARNING TAHLILI	59-67
<i>Shavazov Abdulatif, Turaxanov Sherzod, Ilekeroval Indira</i> BOSHQARILUVCHI ELEKTR YURITMALAR ISH REJIMLARINI OPTIMALLASHTIRISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	68-75
<i>Nurlibayeva Zarina</i> TIKUV MASHINASI IGNA IPINI TARANGLAGICHINING QAYISHQOQ ELEMENTLI KONSTRUKTIV PARAMETRLARINI TADBIQ ETISH	76-83
<i>Bazarov Baxtiyor, Odilov Odiljon, Bo'tayev Azizjon</i> SINTETIK GAZ YONILG'ISIDAN FOYDALANIB CHEVROLET COBALT VA CHEVROLET TRACKER YENGIL AVTOMOBILLARINING EKSPLOATATSION KO'RSATKICHLARINI OSHIRISH: MATLAB/SIMULINK ASOSIDAGI MODELLASHTIRISH TADQIQOTI	84-90
<i>Karimxodjayev Nazirjon, Ismatov Biloldin</i> ELEKTROMOBIL BATAREYALARINI ZARYADLASH JARAYONIDA YASHIRIN KRITIK HOLATLARNI AMALIY DIAGNOSTIKA QILISH METODIKASI	91-99
<i>Musurmonov Ulug'bek</i> POLIMER MODIFIKATSIYALANGAN BITUM ASOSIDA ASFALT-BETON QORISHMASINING FIZIK-MEXANIK XUSUSIYATLARINI TADQIQ ETISH.....	100-107

**BOSHQARILUVCHI ELEKTR YURITMALAR ISH REJIMLARINI
OPTIMALLASHTIRISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH****Shavazov Abdulatif Achilovich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi,
Energetika muammolari instituti, "Elektr energetika tizimlari va majmualari"
laboratoriyasi mudiri texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Email: shavazov@inbox.ru

Tel: +998 93 5989944

ORCID: 0009-0009-8543-9728

Turaxanov Sherzod Shadiyarovich

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti,
Energetika muhandisligi fakulteti,
Elektr mashinalari va yuritmalari muhandisligi kafedrasida, tayanch doktoranti

Ilekerova Indira Boltabaevna

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti,
Energetika muhandisligi fakulteti,
Elektr mashinalari va yuritmalari muhandisligi kafedrasida, tayanch doktoranti

Annotatsiya. Maqolada boshqariluvchi elektr yuritmalar ish rejimlarini optimallashtirish, nasos agregatlarining elektromexanik jihozlari samaradorligini oshirish, optimal rejimlarni nazariy asoslash va energiya tejovchi algoritmlar tahlil qilingan. Gradient usuli, aktiv quvvatlarni optimal taqsimlash, uskunalar tarkibini tanlash hamda cheklovlarni hisobga oluvchi nochiqli optimallashtirish masalalari o'rganilgan.

Kalit so'zlar: so'zlar: boshqariluvchi elektr yuritmalar, ish rejimlari, optimallashtirish usullari, nasos agregatlari, elektromexanik tizimlar, gradient usuli, aktiv quvvat, energiya samaradorligi.

**IMPROVEMENT OF METHODS FOR OPTIMIZING THE OPERATING MODES OF
CONTROLLED ELECTRIC DRIVES****Shavazov Abdulatif Achilovich**

Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Institute of Energy Problems,
Head of the "Electric Power Systems and Complexes" Laboratory,
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

Turaxanov Sherzod Shadiyarovich

Islam Karimov Tashkent State Technical University,
Faculty of Energy Engineering,
Department of Electrical Machines and Drives Engineering,
Doctoral Candidate

Ilekerova Indira Boltabaevna

Islam Karimov Tashkent State Technical University,
Faculty of Energy Engineering,
Department of Electrical Machines and Drives Engineering,
Doctoral Candidate

Annotation. The article considers the optimization of operating modes of controlled electric drives, improving the efficiency of electromechanical equipment of pumping units, theoretically substantiating optimal operating modes, and applying energy-saving algorithms. The gradient method, optimal active power distribution, equipment selection, and nonlinear optimization problems subject to constraints are investigated.

Keywords: controlled electric drives, operating modes, optimization methods, pumping units, electromechanical systems, gradient method, active power, energy efficiency.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v4is/4y2026N08>

Kirish.

Ilmiy gipotezalardan biri elektr yuritma va nasos agregatining barcha tarkibiy qismlarining ishlashini har tomonlama tahlil qilish orqali: turbomexanizm, elektr dvigatel, chastota o'zgartirgichi, parchalarni aylantirish tizimi, ushbu elektr qurilmaning optimal ish rejimlari zonasini olish mumkin.

Ishning maqsadi elektromexanik komplekslarining optimal ishlash rejimlarini nazariy asoslash va energiya tejovchi algoritmlar bilan ishlashni amalga oshirish uchun avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini ishlab chiqish hisoblanadi. Tadqiqot obyekti sifatida nasos agregatlarining elektromexanik tizimlarining ishlab chiqarish samaradorligini to'g'rilash usullari, nasos agregatlarining elektromexanik jihozlari samarali ishlashini tahlili hisoblanadi.

Tadqiqot predmeti sifatida elektr yuritmalı nasos agregati elementlarining ishlash holatlari va parametrlariga taalluqli samaradorlik (FIK) o'zgarishlarini tahlil qilish va ularning qonuniyatlarini olishimiz mumkin.

Tadqiqot usullari sifatida tizimli tahlil, matematik va kompyuter modellashtirish usullari, matematik statistika elementlari. Modellashtirish MATLAB dasturiy ta'minotni olish mumkin.

Adabiyotlar tahlili va metodologiya.

Hozirgi vaqtda elektr qurilmalarining elektromexanik tizimlarining rejimini optimallashtirish bo'yicha turli masalalarni hal qilishda usullarni solishtirish va amaliyotdagi hisob-kitoblar bo'yicha muayyan tajriba to'plangan. Elektr energetika tizimlarida eng ko'p hal qilinishi kerak bo'lgan masalalar - aktiv quvvat bo'yicha rejimni optimallashtirish va elektr tarmog'i rejimi, ya'ni U (kuchlanish), Q (reaktiv quvvat) va n (tarmoq strukturasi) bo'yicha optimallashtirish hamda bundan kengroq qamrovga ega bo'lgan - elektr energetikadagi elektromexanik tizimlari rejimidagi kompleks optimallashtirish masalasidir. Bu masalalar rejimni boshqarishning operativ va avtomatik shakllarida, ya'ni jarayon bilan bir vaqtdagi boshqaruvda hal qilinishi kerak va ayrim hollarda allaqachon shunday shaklda hal qilinmoqda.[1, 3, 6]

Elektr energetika tizimida normal rejimlarni optimal boshqarishdan maqsad - belgilangan vaqt oralig'ida iste'molchilarni talab qilinadigan sifatdagi elektr energiyasi bilan tizimdagi eng kam imkon bo'lgan ekspluatatsiya xarajatlari bilan ishonchli ta'minlashdan (ya'ni belgilangan cheklovlarga rioya qilgan holda) iborat.[1, 2]

Shartli ravishda rejimni optimallashtirish masalalarining uch turi yoki “uch avlodini” ajratish mumkin. Bu atama EHM (elektron hisoblash mashinalari) avlodlariga o'xshatib olingan [4].

Birinchi tur - aktiv quvvatlarni taqsimlash masalasi bo'lib, bu tarmoqdagi yo'qotishlarni inobatga olgan holda issiqlik elektr stansiyalarida shartli yoqilg'i umumiy sarfi (yoki qiymati) minimumini ta'minlaydigan stansiyalarning aktiv quvvatlarini aniqlash imkonini beradi. Ushbu masala nisbiy o'sishlar usuli, ya'ni Lagranj ko'paytirgichlar usuli orqali yechiladi.

Ikkinchi tur - bu rejimni kompleks optimallashtirish masalasi bo'lib, u nafaqat stansiyalarning aktiv quvvatlarini, balki reaktiv quvvatlarini, shuningdek, tarmoq tugunlaridagi kuchlanish modullari va fazalarini ham optimal qiymatlarini aniqlash imkonini beradi. Bu holatda rejim parametrlariga qo'yilgan texnik cheklovlar, xususan generatorlarning P va Q qiymatlari, kuchlanish modullari va fazalari, liniyalardagi toklar va quvvat oqimlari inobatga olinadi. Bu barqaror holatdagi tenglamalar va chiziqli bo'lmagan tengsizliklar ko'rinishidagi cheklovlar bilan chiziqli bo'lmagan dasturlash masalasi hisoblanadi. Unda o'zgaruvchilar uzluksiz bo'ladi.

Uchinchi tur - ishlaydigan uskuna tarkibini optimal tanlash masalasi, ya'ni stantsiya agregatlarini ishga tushirish va to'xtatish xarajatlarini inobatga olgan holda. Bu - ayrim o'zgaruvchilari diskret (butun sonli) bo'lgan noziyiy dasturlash masalasi hisoblanadi. U hali to'liq ishlab chiqilmagan va hozircha kam qo'llaniladi.

Muhokama.

Kompleks optimallashtirish masalasi va barqaror (ustuvor) rejimni hisoblash o'rtasidagi bog'lanish. Barqaror rejimni hisoblashda rejim parametrlari Z ikkiga ajratiladi: belgilangan mustaqil o'zgaruvchilar Y, noma'lum bog'liq o'zgaruvchilar X. Masalan: generatorlar uchun mustaqil beriladigan o'zgaruvchilar: kuchlanish modul U, aktiv quvvat P; bog'liq o'zgaruvchilar: rotorning aylanish burchagi δ va reaktiv quvvat Q; yuklama uchun mustaqil beriladigan o'zgaruvchilar: aktiv va reaktiv quvvatlar P va Q; bog'liq o'zgaruvchilar esa: kuchlanish U va δ burchaklar hisoblanadi.

Barqaror, ruxsat etilgan va optimal rejimlarni hisoblash. Umuman olganda, barqaror holat tenglamalari quyidagicha yoziladi

$$\mathbf{W}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = \mathbf{0}, \quad (1)$$

bu yerda X va Y mos ravishda bog'liq va mustaqil rejim parametrlarining vektorlari.

Barqaror holat rejimi hisob-kitobi mustaqil o'zgaruvchilar Y ning berilgan qiymatlarida barqaror holat rejim tenglamasiga (1.1) mos keladigan bog'liq o'zgaruvchilar Xni aniqlashdan iborat. Belgilangan Y vektorida (1.1) tenglamalar tizimi faqat Yga bog'liq bo'ladi va uning yechimi maqsad funksiyasining nolga teng minimumini aniqlashga to'g'ri keladi

$$\psi = \sum w_k^2(X), \quad (2)$$

bu yerda $w_k(X)$ - k-nuqta uchun barqaror holat rejim tenglamasi, masalan, k-nuqtadagi quvvat yoki tok muvozanat tenglamasi.

Elektr tizimining ruxsat etilgan rejimini hisoblash, ya'ni texnik talablar bilan mos keladigan rejimni aniqlash, rejimni optimallashtirishning qo'shimcha vazifasi sifatida ham, mustaqil vazifa sifatida ham, masalan, quvvat zaxirasi mavjud bo'lmagan hollarda muhim ahamiyatga ega.[1, 2]

Barqaror holat rejimini hisoblashdagi eng asosiy maqsad — hisoblangan rejim texnik cheklovlarga javob beradimi-yuqligini tekshirishdan iborat. Texnik cheklovlarga generator va yuklama kuchlanish amplitudalari, generatorlarning aktiv va reaktiv quvvatlari, liniyalardagi

toklar va quvvat oqimlari va hokazolar javob berishi kerak. Yo'l qo'yiladigan chegaralarda bo'lishi lozim bo'lgan barcha qiymatlar nazorat qilinadigan qiymatlar deb ataladi. Nazorat qilinadigan qiymatlar — rejimning bog'liq va mustaqil parametrlari X va Y , hamda ularga bog'liq funksiyalar $\varphi(X, Y)$, masalan, toklar va quvvat oqimlari hisoblanadi.

Rejim ruxsat etilgan deb hisoblanadi, agar

$$\left. \begin{aligned} f_j - f_{jmax} &\leq 0, \\ f_j - f_{jmin} &\geq 0, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

bu yerda f_j -chi nazorat qilinadigan qiymat; f_{jmax}, f_{jmin} - nazorat qilinadigan qiymatning eng yuqori va eng past qiymatlari.

Ruxsat etilgan rejimni hisoblash — bu bog'liq X va mustaqil Y o'zgaruvchilarni aniqlashdan iborat bo'lib, ular barqaror holat rejim tenglamasiga (1) va nazorat qilinadigan qiymatlarga nisbatan texnik cheklovlariga (3) javob berishi lozim.

Rejimni ruxsat etilgan sohaga kiritish vazifasi — nochiziqli dasturlash vazifasi sifatida shakllantirilishi mumkin. Bu vazifa keltirilgan gradient usuli yoki jarima funksiyalari usuli orqali yechilishi mumkin.[3,6]

Oxirgi usulda, ruxsat etilgan rejimni hisoblash uchun maqsad funksiyasi (2), jarima funksiyasi bilan to'ldiriladi.

$$III = \sum_j K_j (f_j - f_{npj})^2 \quad (4)$$

va maqsadli funksiya sifatida quyidagi kattalik keladi

$$\psi_1 = \psi + III = \psi + \sum_j K_j (f_j - f_{npj})^2, \quad (5)$$

bu yerda K_j - og'irlik koeffitsienti; f_{npj} - nazorat qilinadigan qiymatning chegaraviy qiymati, ya'ni (1.3) da keltirilgan eng yuqori yoki eng past yo'l qo'yiladigan qiymatga teng.

Jarima funksiyasi (4) va maqsad funksiyasi (5) tarkibiga faqat (3) shartlar bajarilmagan nazorat qilinadigan qiymatlar kiradi. Bu shundan dalolat beradiki, agar j -chi cheklov buzilgan bo'lsa, u holda $K_j \neq 0$ va $f_j - f_{npj} \neq 0$, va agar f_j ruxsat etilgan sohada bo'lsa. Ruxsat etilgan rejimni aniqlash maqsad funksiyasi ψ_1 ning nolga teng minimumini topishdan iborat. Darhaqiqat, agar $\psi_{1=0}$ bo'lsa, u holda

$$w_k(X, Y) = 0 \quad (6)$$

va

$$f_j - f_{npj} = 0, \quad (7)$$

ya'ni, barqaror holat tenglamalari hamda nazorat qilinadigan qiymatlarga qo'yilgan barcha cheklovlar bajarilgan bo'ladi.

Cheklovlarini jarima funksiyalari usuli orqali hisobga olganda, barcha nazorat qilinadigan qiymatlar f_j ni cheklanmagan holda o'zgartirish mumkin, deb hisoblanadi. Biroq, agar qandaydir o'zgaruvchi ruxsat etilgan chegaralardan chiqsa, u holda maqsad funksiyasiga katta miqdordagi «jarima» qo'shiladi, bu esa ruxsat etilgan sohada ishlashni noqulay qiladi. Agar mustaqil o'zgaruvchi ruxsat etilgan chegaralardan chiqsa, u holda u o'zgarmas qilib qulflanadi va muvofiq cheklov (4) yoki (5) ifodalarida hisobga olinmaydi.

Jarima funksiyalari usulining asosiy afzalligi — algoritmnining soddaligi, kamchiligi esa — ruxsat etilgan sohaning chegarasiga yaqin kelgan sari yaqinlashish sur'atining sekinlashishidir [1]. Shuning uchun manbada yaqinlashishni tezlashtirishga katta e'tibor qaratilgan. Jarima funksiyalari usuli dunyo amaliyotida ham qo'llaniladi [3, 8].

Optimal holat ψ_1 va optimallashtirish maqsad funksiyasi $N(X, Y)$ ni birga minimallashtirish orqali aniqlanadi, ya'ni:

$$\Psi_2 = \Psi_1 + N(X, Y) \quad (8)$$

Optimallashtirishda $N(X, Y)$ funksiyasi sifatida elektr energiyasi ishlab chiqarishga ketadigan xarajatlarning rejimga bog'liq o'zgaruvchan qismi qabul qilinadi. Ya'ni, issiqlik elektr stansiyalarda shartli yoqilg'i sarfi — bu rejimga bog'liq asosiy ko'rsatkich hisoblanadi. Biroq, agar optimallashtirish vazifasi reaktiv quvvat Q , kuchlanish U va transformatsiya koeffitsiyentlari n bo'yicha maxsus holda yechilsa, u holda $N(X, Y)$ funksiyasi sifatida tarmoqdagi umumiy aktiv quvvat yo'qotishlari qabul qilinishi mumkin.

Optimal rejimni hisoblash - bu rejimning bog'liq (X) va mustaqil (Y) parametrlarining shunday qiymatlarini aniqlashdan iboratki, ularda barqaror holat tenglamalari (1), nazorat qilinadigan qiymatlarga qo'yilgan texnik cheklovlar (3) bajariladi va optimallashtirishning maqsad funksiyasi eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Ruxsat etilgan yoki optimal rejimni aniqlash vazifasi dastlabki barqaror holat rejimi hisobidan boshlanadi. Agar bu holat uchun tenglamalarning yechimi mavjud bo'lmasa, u holda dastlabki qadamda yoki iteratsion jarayonda ruxsat etilgan, shuningdek, optimal rejimlar yechimi mavjud bo'lgan soha kiritilishi lozim [6].

Ruxsat etilgan va optimal rejimlarni hisoblashda keltirilgan gradient usuli samarali qo'llanilmoqda [2]. Bu usulda optimallashtirishning har bir qadamida mustaqil o'zgaruvchilar vektori Y o'zgartiriladi, X esa Nyuton usuli bo'yicha barqaror holat tenglamalarini yechish natijasida aniqlanadi. Amaliy ish tajribasida aktiv quvvatlar taqsimotining alohida optimallashtirilishi va reaktiv quvvat Q , kuchlanishlar U , transformatsiya koeffitsientlari n bo'yicha optimallashtirish keng qo'llaniladi. Oxirgi hisoblash quyidagi ikki bosqichda amalga oshiriladi [3]: Nyuton usuli bo'yicha barqaror holatni hisoblash; tengsizlik ko'rinishidagi cheklovlarni hisobga olgan holda, jarima funksiyalari yordamida eng tez tushish usuli bo'yicha uning optimallashtirilishi.

Natijalar.

Elektr energiya tizimlarining optimal rejimlarini hisoblash uchun ikkinchi tartib usullarini qo'llash bo'yicha tadqiqotlar ham olib borilmoqda [6]. Bu holda X va Y vektorlarining birlashmasi ko'rib chiqiladi, ya'ni rejimning bog'liq va mustaqil parametrlaridan tashkil topgan Z vektori kiritiladi.

Ikkinchi tartib usullar - bu ψ_2 funksiyasining gradientiga Nyuton usulini qo'llash orqali amalga oshiriladigan iteratsion jarayondir. Ya'ni, Nyuton usuli orqali quyidagi tenglamalar sistemasini yechiladi:

$$\frac{\partial \psi_2}{\partial Z} = 0 \quad (9)$$

Optimallashtirishning har bir qadamida Z vektori o'zgarib boradi, ya'ni rejimning ham bog'liq, ham mustaqil parametrlari yangilanadi.

Rejimni kompleks optimallashtirishda keltirilgan gradient usulidan foydalanish. Rejim parametrlarining umumiy yig'indisini Z vektori sifatida belgilaymiz: $Z=(Z_1, Z_2, \dots, Z_m)$, ushbu parametrlarni bog'lovchi barqaror holat tenglamalari (9) tizimini esa quyidagicha belgilaymiz:

$$W(Z)=0. \quad (10)$$

Bu tenglamalar vektori - rejim parametrlariga Z bo'yicha belgilanadigan bog'lanishlar bo'lib, optimallashtirish jarayonida ularning bajarilishi ta'minlanishi kerak.

(10) tenglamalar sifatida, jumladan, kuchlar yoki quvvatlar balansi ko'rinishidagi tugun potentsiallarining tenglamalari bo'lishi mumkin.

Rejimni optimallashtirish tizimni boshqarishda erkinlik darajalari mavjud bo'lganda amalga oshirilishi mumkin, ya'ni: $2N < m$ bo'lishi kerak. Bu yerda: m — rejim parametrlar soni, $2N$ - barqaror holat tenglamalarining (1.1) soni.

Optimal rejim parametrlar ruxsat etilgan soha ichida topilishi kerak, ya'ni:

$$Z_{min} \leq Z \leq Z_{max} \quad (11)$$

bu yerda Z_{max}, Z_{min} - rejim parametrlari vektori Z uchun tegishli yuqori va pastki chegaralarni belgilovchi vektorlardir.

Cheklovlar sifatida, odatda, tugunlardagi kuchlanish moduliga, manbalarning aktiv va reaktiv quvvatlariga qo'yilgan cheklovlar va hokazolar ko'riladi.

Optimallashtirish vazifasi quyidagi masalani yechishga olib keladi:

$$Z_{min} = H(Z) \quad (12)$$

Tenglamalar ko'rinishidagi cheklovlar (1.10) va tengsizliklar cheklovlar (11) bajarilgan holda. Odatda, maqsad funksiyasi $I(Z)$ sifatida TES (issiqlik elektr stantsiyalari)da yoqiladigan yoqilg'i uchun ketadigan iqtisodiy xarajatlar qabul qilinadi.

Rejim parametrlari Z ga, ya'ni tugunlar kuchlanishlari, generatorlarning aktiv va reaktiv quvvatlariga qo'yilgan texnik cheklovlar tengsizliklar (11) ni hisobga olish bilan uyg'un keladi. Ba'zi hollarda rejim parametrlari $\varphi(X,Y)$ ga bog'liq funksiyalarga, masalan, toklar, liniyalardagi quvvat oqimlariga qo'yilgan cheklovlarni ham hisobga olish talab etiladi. Rejim parametrlari Z ga qo'yilgan cheklovlar (11) - nazorat qilinadigan qiymatlar f_j ga qo'yilgan keng qamrovli cheklovlar (3) ning xususiy holatidir. Optimalizatsiya vazifasini cheklovlarni (11) o'rniga (3) ni hisobga olgan holda ham yechish mumkin. Soddalik uchun esa, bu yerda (10) - (12) orasidagi optimalizatsiyani ko'rib chiqamiz.

(10)–(12) turidagi vazifalar - nochiziqli dasturlash masalasi hisoblanadi. Maqsad funksiyasi $I(Z)$ va cheklovlar (1.10) ixtiyoriy ko'rinishda berilganda bu masalani yechish uchun umumiy yechim usullari mavjud emas. Chiziqli dasturlash usullari eng yaxshi ishlab chiqilgandir, bunda: $I(Z)$ va (10) cheklovlar chiziqli funksiyalar bo'ladi yoki nochiziqli qamrab dasturlash agar $I(Z)$ va (1.10) cheklovlar Z ning qamrovchi funksiyalari bo'lsa. Agar cheklovlar yoki maqsad funksiyasi bunday bo'lmasa, u holda odatda bittasi mavjud bo'lmaydi, $I(Z)$ ning bir nechta lokal minimumlari bo'lishi mumkin. Bunday holatda, mavjud usullar global minimumni topishni kafolatlamaydi.

Keltirilgan gradient usuli deb, optimallashtirishda rejim parametrlari bog'liq va mustaqil deb ajratiladi va gradient yashirin funksiyalar nazariyasi orqali aniqlanadigan usulga aytiladi.

Keltirilgan gradient usulining asosiy qoidalari quyidagicha ifodalanadi. Maqsad — davomli gradientga ega bo'lgan funksiya $N(Z)$ ni (10) va (11) cheklovlar ostida minimal qilish, ya'ni (10) – (12) masalasini yechishdan iborat. (10) ifodadagi rejim parametrlar vektori Z ni quyidagicha yozib olamiz: $Z=(X,Y)$, bu yerda: X — bog'liq parametrlar vektori, Y — mustaqil parametrlar vektori. Bog'liq parametrlar soni, ya'ni X vektori tartibi, har doim barqaror holat tenglamalari soniga, ya'ni vektor-funksiya W tartibiga teng deb olinadi. Shunday qilib, rejimni optimallashtirish masalasi cheklovlar (10) va (11) ni hisobga olgan holda yashirin funksiyani minimal qilish ko'rinishida ifodalanadi:

$$H[X(Y), Y] = H(Y) \quad (13)$$

cheklovlar esa quyidagicha yoziladi:

$$X_{min} \leq X(Y) \leq X_{max}, \quad (14)$$

$$Y_{min} \leq Y \leq Y_{max}, \quad (15)$$

bu yerda $X(Y)$ — yashirin funksiya bo'lib, barqaror holat tenglamalari (1.10) yoki (1.1) orqali aniqlanadi, $X_{max}, Y_{max}, X_{min}, Y_{min}$ - X va Y uchun yuqori va pastki chegaralarning vektorlari.

Yashirin funksiyaning gradienti quyidagicha aniqlanadi: boshlang'ich vektor $Y^{(0)}$ uchun (14) va (15) shartlar bajarilsin. Nyutonning usuli asosida $Y^{(0)}$ da $X = X^{(0)}$ (1.10) dan tenglama yordamida hisoblangan yoki (1.1) hisoblanadi. $X^{(0)}$ boshlang'ich yaqinlashtirish vektoriga tuzatishlar dX quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\frac{dW}{dX} dX = -W, \quad (16)$$

bu yerda $\frac{dW}{dX}$ - (10) funktsiyalarining X vektori komponentalari bo'yicha xususiy hosilalar matritsasi; Matritsalar $\frac{dW}{dX}$ va W quyidagi qiymatlarda hisoblanadi: $Y=Y^{(0)}$ - mustaqil parametrlarning boshlang'ich yaqinlashuvi va $X=X^{(0)}$ - bog'liq parametrlarning dastlabki yaqinlashuvi

(13) asosida gradient hisoblanadi

$$\frac{dH}{dY} = \frac{dH}{dY} \Big|_0 + \frac{dH}{dY} \frac{dX}{dY}, \quad (17)$$

bu yerda $\frac{dX}{dY}$ - yashirin funksiyaning xususiy hosilalar matritsasi sifatida aniqlanadi

$$\frac{dX}{dY} = - \left[\frac{\partial W}{\partial X} \right]^{-1} \frac{\partial W}{\partial Y}, \quad (18)$$

Vektorlar $\frac{dH}{dY} \Big|_0$ va $\frac{dH}{dX}$ esa $H(X,Y)$ ga aniq bog'liqlikdan aniqlanadi.

Hulosa. Keltirilgan gradient usulini ruxsat etilgan rejimni hisoblash masalasini yechishda qo'llash mumkin, bu masala nochiziqliq dasturlash vazifasi sifatida ifodalanadi. Optimalizatsiyada (11) o'rniga kengroq cheklovlar — ya'ni (3) cheklovlarni hisobga olish uchun, yuqorida ta'kidlanganidek, jarima funksiyalari (4), (5) yoki keltirilgan gradient usuli qo'llanilishi mumkin. Ikkinchi holda, maqsad funksiya tarkibiga jarima funksiyasi kiritilmaydi. Buning o'rniga, optimalizatsiyaning har bir qadamida (3) cheklovlarni hisobga oladigan alohida nochiziqliq dasturlash masalasi yechiladi. Bu vazifa (3) cheklovlariga mos keladi va har bir iteratsiyada hal etiladi.

Elektromexanik tizimlarning optimal rejimlarni hisoblashda gradient usuli samarali ekanligi asoslandi. Bu usulda optimallashtirishning har bir qadamida mustaqil o'zgaruvchilar vektori o'zgartirildi, nyuton usuli bo'yicha barqaror holat tenglamalarini yechish natijasida aniqlandi. Nyuton usuli bo'yicha barqaror holatni hisoblash; tengsizlik ko'rinishidagi cheklovlarni va jarima funksiyalari yordamida eng tez tushish usullari elektromexanik tizimlar rejimlarini optimallashtirishda samarali usul ekanligi asoslandi. Elektromexanik tizimlar rejimi parametrlari ya'ni tugunlar kuchlanishlari, generatorlarning aktiv va reaktiv quvvatlariga qo'yilgan texnik cheklovlar tengsizliklarni hisobga olish mumkinligi isbotlandi.

Optimalizatsiyaning har bir qadamida cheklovlarni hisobga oladigan alohida nochiziqliq dasturlash masalasi yechilishi va bu vazifa cheklovlariga mos kelishi va har bir iteratsiyaga mos kelishi asoslandi. Bundan tashqari rejimni optimallashtirish usullarida aktiv quvvatlarni taqsimlash masalasi, ishlaydigan uskuna tarkibini optimal tanlash bo'yicha masalalar shakllantirildi. Elektromexanik tizimlarda quvvatlar taqsimotining alohida optimallashtirilishi natijasida aktiv va reaktiv quvvat, kuchlanish va boshqa energetik ko'rsatkichlarni barqaror ishlashi ta'minlanadi.

Adabiyotlar/Literatura/References:

1. Allayev K.R. Modern energy and its development prospects. - T.: "Fan va texnologiyalar nashriyot matbaa uyi", 2021. - 952 p.
2. Babakin V.I. Lecture Course on the Subject: Automated Electric Drive of Typical Production Mechanisms and Technological Complexes. Parts 1-2. - Ufa: Ufa State Oil Technical University, 2007. - 102 p.
3. Leznov B.S. Energy saving and adjustable drive in pumping installations. - M.: IK "Yagorba-bioinformservice", 1998. - 381 p.
4. Khushnud Sapaev, Islombek Abdullabekov, Shukhrat Umarov. Critical frequency of autonomous current inverter when operating on active-inductive load. E3S Web of Conferences 216, 01153 (2020). The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601153>
5. Ishnazarov O., Shavazov A.A., Ishanova D.A. // Closed Frequency Control System of Asynchronous Motor in Irrigation Pump. // Pioneer: Journal of Advanced Research and Scientific Progress (JARSP) Volume: 01 Issue: 04 | 2022 ISSN: 2751-7551.
6. Ishnazarov O.X., Shavazov A.A., Ishanova D.A. Issues of automatic adjustment of torque and speed in pump units // Qarshi Engineering-Economic Institute, "Journal of Innovative Technologies", 2023/2 (50), 45-50 p.
7. Shavazov A.A., Eshquziev Kh.M., Zokhidov I.Z. Interconnected systems of pumping stations with asynchronous frequency electric drives. Scientific-technical journal STJ FerPI, 2023, Vol. 27. Special editions No. 15, 99-105.
8. Kamalov T.S., Shavazov A.A., Sayfullayeva L.I. Issues of commissioning and regulation of the performance of a pump unit of pump stations of machine irrigation systems // Energy Saving and Water Treatment. - Moscow, 2019. No.3 (119), P. 51-54. (05.00.00; No. 97).
9. Shavazov A.A., Ishanova D.A. // Mathematical models and transfer functions of frequency-controlled asynchronous motor. // Volume-08 Oct. - 2022 Website: www.ejird.journalspark.org ISSN (E): 2720-5746.
10. Kamalov T.S. Frequency - controlled electric drive of pump stations for machine irrigation. - T.: Fan, 2014. -368 p.
11. Turci, L. D. (2020). Adaptive and Improved Multi-population Based Nature-inspired Optimization Algorithms for Water Pump Station Scheduling. Water Resources Management, 34, 1–18.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ S/4 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com