BUG‘ QIZDIRGICH TEXNOLOGIK PARAMETRLARINI BOSHQARISH TIZIMINI NEYROTARMOQ TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TADQIQ ETISH

Sodiqova Feruzaxon Botirxon qizi
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: feruzakhon94@mail.ru
Tel: +998911324142
Yakubova Noilaxon Sobirjonovna,
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: noila.yakubova@gmail.ru

Annotatsiya. Issiqlik elektr stansiyalarida issiqlik yuklamasini o‘zgarishining notekisligi, havo va yoqilg‘ining yoqish kamerasiga berilishini o‘zgaruvchanligi, obyektning dinamik xususiyatlarining noaniqligi, turli xil g‘alayonlarning qisman ehtimollik va tasodifiylik xususiyatiga ega ekanligi, hamda havo va yoqilg‘i nisbatini rostlash sifatining pastligi energiyaning yo‘qotilishiga olib keladi. Mazkur tadqiqotda bug‘ generatori issiqlik yuklamasini noravshan boshqarish tizimini sintezlash masalasi ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot obyekti sifatida real sanoat sharoitida ishlovchi bug‘ generatori tanlab olingan bo‘lib, uning texnologik jarayonlari yuqori darajadagi noaniqlik va nochiziqlik bilan tavsiflanadi. An’anaviy boshqaruv usullarining cheklovlarini bartaraf etish maqsadida, neyrotarmoq texnologiyalari asosida boshqaruv algoritmi ishlab chiqiladi. Taklif etilgan yondashuv sanoat energetika tizimlarida issiqlik jarayonlarini optimallashtirish uchun samarali yechimdir.

Kalit so‘zlar: bug‘ generatori, issiqlik yuklamasi, noravshan mantiq, noravshan boshqaruv tizimi, energiya samaradorligi, tizim dinamikasi, intellektual boshqaruv usullari, adaptive boshqaruv, matematik modellashtirish, optimallashtirish.

Аннотация. На тепловых электростанциях неравномерность изменения тепловой нагрузки, непостоянство подачи воздуха и топлива в камеру сгорания, неопределенность динамических характеристик объекта, парциальная вероятность и случайность различных возмущений, а также низкое качество регулирования соотношения воздуха и топлива приводят к потерям энергии. В данном исследовании рассматривается вопрос синтеза нечеткой системы управления тепловой нагрузкой парогенератора. В качестве объекта исследования выбран парогенератор, работающий в реальных промышленных условиях, технологические процессы которого характеризуются высоким уровнем неопределенности и нелинейности. Для преодоления ограничений традиционных методов управления разработан алгоритм управления на основе нейросетевых технологий. Предложенный

ISSN 3030-3907

подход является эффективным решением для оптимизации тепловых процессов в промышленных энергетических системах.

Ключевые слова: парогенератор, тепловая нагрузка, нечеткая логика, нечеткая система управления, энергоэффективность, динамика системы, интеллектуальные методы управления, адаптивное управление, математическое моделирование, оптимизация.

Abstract. At thermal power plants, uneven changes in the heat load, inconsistency of air and fuel supply to the combustion chamber, uncertainty of the dynamic characteristics of the object, partial probability and randomness of various disturbances, as well as poor quality of air-fuel ratio regulation lead to energy losses. This study considers the issue of synthesizing a fuzzy control system for the heat load of a steam generator. The object of study is a steam generator operating in real industrial conditions, the technological processes of which are characterized by a high level of uncertainty and nonlinearity. To overcome the limitations of traditional control methods, a control algorithm based on neural network technologies has been developed. The proposed approach is an effective solution for optimizing thermal processes in industrial power systems.

Keywords: steam generator, heat load, fuzzy logic, fuzzy control system, energy efficiency, system dynamics, intelligent control methods, adaptive control, mathematical modeling, optimization.

1.Kirish

So‘nggi yillarda jahonda elektr energiyasi ishlab chiqarish sohasida asosiy e’tibor issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarish jarayonida energiya resurslarini tejash, ularni oqilona boshqarish va energiya samaradorligini oshirish masalalariga qaratilmoqda. Ayni paytda mavjud issiqlik elektr stansiyalarida issiqlik yuklamasining o‘zgaruvchanligi, yonish kamerasiga havo va yoqilg‘ining uzatilishidagi beqarorlik, boshqaruv obyektining dinamik xususiyatlarining noaniqligi, shuningdek, turli xil tashqi g‘alayonlarning ehtimollik va tasodifiy tabiatga ega bo‘lishi, hamda havo-yoqilg‘i nisbatini boshqarish sifati pastligi tufayli sezilarli energiya yo‘qotishlari yuzaga kelmoqda [1].

Mazkur muammolarni samarali yechishda texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlarini zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari yutuqlari asosida takomillashtirish, ayniqsa, boshqaruvning intellektual va noaniqlikni hisobga oluvchi usullarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, issiqlik energetika obyektlarida dinamik boshqaruv tizimlarini yaratish va ularning modellarini ishlab chiqishda sun’iy intellekt, noravshan mantiq, neyron tarmoqlar va boshqa zamonaviy texnologiyalardan foydalanish dolzarb vazifa bo‘lib qolmoqda. Boshqaruv modellari va algoritmlarini shakllantirish, mavjud

ISSN 3030-3907

parametrlar noaniqligi sharoitida barqaror va moslashuvchan tizimlarni sintezlash ilmiy jihatdan asosiy masalalardan biridir. Ayniqsa, issiqlik yuklamasining beqarorligi va tashqi ta’sirlarning ko‘pligi boshqaruv tizimlaridan yuqori aniqlik, barqarorlik va moslashuvchanlikni talab etadi. Shu tariqa, boshqaruvning zamonaviy dinamik sohasida kechuvchi murakkab texnologik jarayonlar uchun moslashuvchan va noaniqlikni hisobga oluvchi modellarni yaratish imkoniyati mavjud. Bunday yondashuvda tizimning tezkorligi va boshqaruv aniqligi hal qiluvchi omillar bo‘lib, ular texnologik jarayonlarning sifat ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada oshirishga hamda umumiy energiya samaradorligini yuqori darajada ta’minlashga xizmat qiladi[2].

2.ADABIYOTLAR TAHLILI. Hozirda amaliyotda mavjud bo‘lgan issiqlik energetikasi obyektlarida, odatda, klassik boshqaruv qonun-qoidalariga asoslangan, tarkibida korrektlovchi qurilmalar mavjud bo‘lgan kombinatsiyalangan boshqaruv tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu tizimlar oddiy tuzilishga va ekspluatatsion qulaylikka ega bo‘lganligi sababli sanoat ishlab chiqarishida keng tarqalgan. Biroq ularning asosiy kamchiliklari shundan iboratki, boshqaruv obyektining dinamik tavsiflari va ish rejimlaridagi o‘zgarishlar tizim parametrlarini doimiy ravishda sozlashni talab etadi. Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, bugungi kunda texnologik parametrlarni boshqarishning 90–95% holatlarida aynan an’anaviy boshqaruv algoritmlari qo‘llanilmoqda. Bunday yondashuvlarning keng tarqalish sabablari qatoriga ularning funksional soddaligi, matematik asoslarining ravshanligi va amaliy jihatdan tez joriy etilishi kiradi. Shu bilan birga, murakkab, nochiziqli va noaniqlik muhitida bunday tizimlarning samaradorligi keskin pasayadi, bu esa issiqlik energetika obyektlarida ilg‘or, intellektual va moslashuvchan boshqaruv usullarini tatbiq etishni dolzarb vazifaga aylantiradi [3].

2.1. Sanoat obyektlarida boshqaruv parametrlarini tanlash va moslashtirish usullari.

Turli xil noaniqlik xususiyatlarga ega ba’zi qo‘shimcha omillarni hisobga olish zarurati ushbu usullarni takomillashtirish muammosini keltirib chiqaradi. Chunki yuklamalar haqidagi dastlabki ma’lumotlarning ehtimollik xarakteri va noaniqligi, shuningdek, elektr tizimlari chastotasidagi o‘zgarishlarni hisobga olish zarur. Ma’lumki, Kolmogorov teoremasi ko‘p o‘lchovli funksiyalarni bir o‘lchovli uzluksiz funksiyalarning kompozitsiyasi va yig‘indisi orqali ifodalash imkonini nazariy jihatdan asoslaydi. Biroq bu teorema amaliyotda to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llanilmaydi, balki ko‘p o‘zgaruvchili funksiyalarni berilgan aniqlikda funksional qatorlar orqali yaqinlashtirish (approksimatsiya) masalasi bilan almashtiriladi. Ayniqsa, real texnologik jarayonlarni modellashtirishda funksional

ISSN 3030-3907

approksimatsiya usullari, ko‘p o‘zgaruvchili bog‘lanishlarni ifodalashda yuqori aniqlik va moslashuvchanlikni ta’minlaydi [4].

Stoun–Veyershtrass teoremasi ham bu borada muhim nazariy asos hisoblanadi. U har qanday uzluksiz funksiyani kompakt to‘plamda ixtiyoriy aniqlikda ko‘rsatkich funksiyalari chiziqli kombinatsiyasi orqali approksimatsiya qilish mumkinligini isbotlaydi. Bu teorema funksional approksimatsiyaning chiziqli asosli usullar orqali bajarilishi mumkinligini ta’minlaydi va approksimatsiya nazariyasining nazariy asoslaridan biri sanaladi [5].

2.2. Noaniqlik sharoitida qaror qabul qilish mexanizmlari.

Neyron tarmoqlar asosidagi intellektual boshqaruv va rostlash tizimlari — dinamik obyektlar modelini o‘rganish va boshqarishda, ayniqsa, noma’lum yoki o‘zgaruvchan parametrlarga ega tizimlarda keng qo‘llaniladigan innovatsion yondashuvlardan biri hisoblanadi. Bunday tizimlarda neyron tarmoqlar xatti-harakatni etalon signal bilan taqqoslash orqali o‘qitiladi va ularning vazn koeffitsiyentlariga muvofiq sozlanadi. Bu, o‘z navbatida, rostlash jarayonining statistik usullar orqali amalga oshishini anglatadi. Ya’ni, neyron tarmoqlar katta hajmdagi ma’lumotlar asosida o‘rganishni amalga oshiradi va boshqaruv signali faol holda adaptatsiya qilinadi [6].

2.3. Neyron tarmoqlar asosida intellektual rostlash tizimining modellashtirilishi.

Neyrorostlagich va neyroidentifikator avvalo statistik ma’lumotlar asosida dastlabki tarzda o‘rgatiladi. Bu jarayonda PID yoki boshlang‘ich signallarga qarab faollashuvchi o‘qitish algoritmlari qo‘llaniladi. Keyingi bosqichda, tizim real vaqtda faollashadi va identifikator obyekt modelini doimiy ravishda bashorat qiladi, rostlagich esa prognoz natijalari va xato signali asosida boshqaruv ta’sirini tuzatib boradi [7].

Agar obyekt statik bo‘lsa, o‘qitilgan model uzoq muddat samarali ishlashi mumkin. Ammo dinamik va o‘zgaruvchan muhitda, obyekt parametrlari vaqt bo‘yicha o‘zgarganda, neyrorostlagich ham, identifikator ham adaptatsiya qobiliyatiga ega bo‘lishi talab qilinadi. Shu maqsadda, ular real vaqt rejimida qayta o‘qitish algoritmlari bilan ta’minlanadi [8].

3.TADQIQOT METODOLOGIYASI. Ma’lumki, noravshan-mantiqiy boshqarish tizimi nochiziqli boshqarish qonuni asosida boshqariladi. Noravshan-mantiqiy rostlagich chiziqli boshqarish tizimi sifatida ishlashi uchun kerak bo‘lgan shartlarni tanlash mumkin. Ushbu shartlarni tanlash uchun oddiy uchta qoidali rostlagichni imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan:

agar e=”ZE”,unda u=”ZE”; agar e=”N”,unda u=”N”;
agar e=”P”,unda u=”P” (1)

ISSN 3030-3907

bu yerda *"Z","P","N"*- boshqarish obyekti bo‘lgan bug‘ qizdirgichning noravshan-mantiqiy lingvistik o‘zgaruvchilari "salbiy", "ijobiy", "nol atrofida"[9].

Noravshan-mantiqiy boshqarish tizimi chiziqli ko‘rinishga ega bo‘lganda quyidagi shartlarni ifodalashi lozim:

1) uchburchakli tegishlilik funksiyasi;

2) termlar mos keladigan tayanch to‘plamlarning noravshanligini tashkil qiladi;

3) defazzifikatsiya uchun diskret tortishish markazi usuli qo‘llaniladi.

Agar termlar uchburchaksimon bo‘lsa, chiziqlilik xossasi va asosiy to‘plamning noravshan holatda bo‘lganda, defazzifikatsiya uchun diskret tortishish usuli qo‘llaniladi, bunda qiymatlar istalagan sonli termlar uchun amalga oshirilishi mumkin. Umumiy holda, $x \neq 1$ bo‘lganda quyidagi ifodani olish mumkin:

$$u = \frac{e}{x} \Rightarrow \frac{u}{e} = \frac{1}{x} = k. \qquad (2)$$

O‘tish jarayonini quyidagi 3 ta asosiy bo‘limi mavjud: tezlashish jarayoni, sekinlashish jarayoni, barqarorlikka erishish holati. Noravshan-mantiqiy boshqarish tiimi bug‘ qizdirgichning kirish o‘zgaruvchilari 7 termdan iborat bo‘lmasligi lozim [10]. Noravshan-mantiqiy P-rostlagichni sintezlash muammosi «NS», «NM», «PS», «PM» termlar to‘plamlari markazlarining "Xato" lingvistik o‘zgaruvchisini joylashishini tanlash muammosi sifatida ko‘rib chiqish mumkin.

Ammo *x(t)* va *y(t)* joriy va hozirgi vaqt qiymatlarini o‘zgarishi bir-biriga yaqin. Maqolada neyron to‘rlarni o‘qitish jarayonini murakkablashtiradi va qoniqarsiz umumlashtiruvchi xatoliklarni keltirib chiqaradi. Shuning uchun quyidagi bog‘liqliklardan foydalanish taklif etilgan [11]:

$$u_1(t) = \phi\left(\varepsilon_1(t), \dot{\varepsilon}_1(t), \ddot{\varepsilon}_1(t), \varepsilon_2(t)\dot{\varepsilon}_2(t), \ddot{\varepsilon}_2(t)\right), \quad (3)$$

$$u_2(t) = \Psi(\varepsilon_1(t), \dot{\varepsilon}_1(t), \ddot{\varepsilon}_1(t), \varepsilon_2(t)\dot{\varepsilon}_2(t), \ddot{\varepsilon}_2(t)),$$

bu yerda $\varepsilon_1(t) = r(t) - x(t)$, $\dot{\varepsilon}_1(t)$, $\ddot{\varepsilon}_1(t)$ –birinchi boshqariladigan qiymat *x(t)* bo‘yicha nomutanosiblik, uning tezligi va *t* vaqt mobaynida tezkorligi; $\varepsilon_2(t) = q(t) - y(t)$, $\dot{\varepsilon}_2(t)$, $\ddot{\varepsilon}_2(t)$ –ikkinchi boshqariladigan qiymat *y(t)* bo‘yicha nomutanosiblik, uning tezligi va *t* vaqt mobaynida tezkorligi; $\varepsilon_1(ye) = r(t) - x(t)$, $\dot{\varepsilon}_1(t)$, $\ddot{\varepsilon}_1(t)$ -bug‘ qizdirgichning boshqarish qiymatlari mutanosibligi, tezligi va *t* vaqt bo‘yicha birinchi rostalanuvchi kattalik *x(t)*, $\varepsilon_2(t) = q(t)$-y(t), $\dot{\varepsilon}_2(t)$, $\ddot{\varepsilon}_2(t)$ - bug‘

ISSN 3030-3907

qizdirgichning boshqarish qiymatlari mutanosibligi, tezligi va *t* vaqt bo‘yicha ikkinchi rostalanuvchi kattalik *y(t)*.

Bug‘ qizdirgichni boshqarish va uning chiqish signallarining funksional bog‘liqliklari tizimi ko‘rinishidagi bug‘ qizdirgichning modeli:

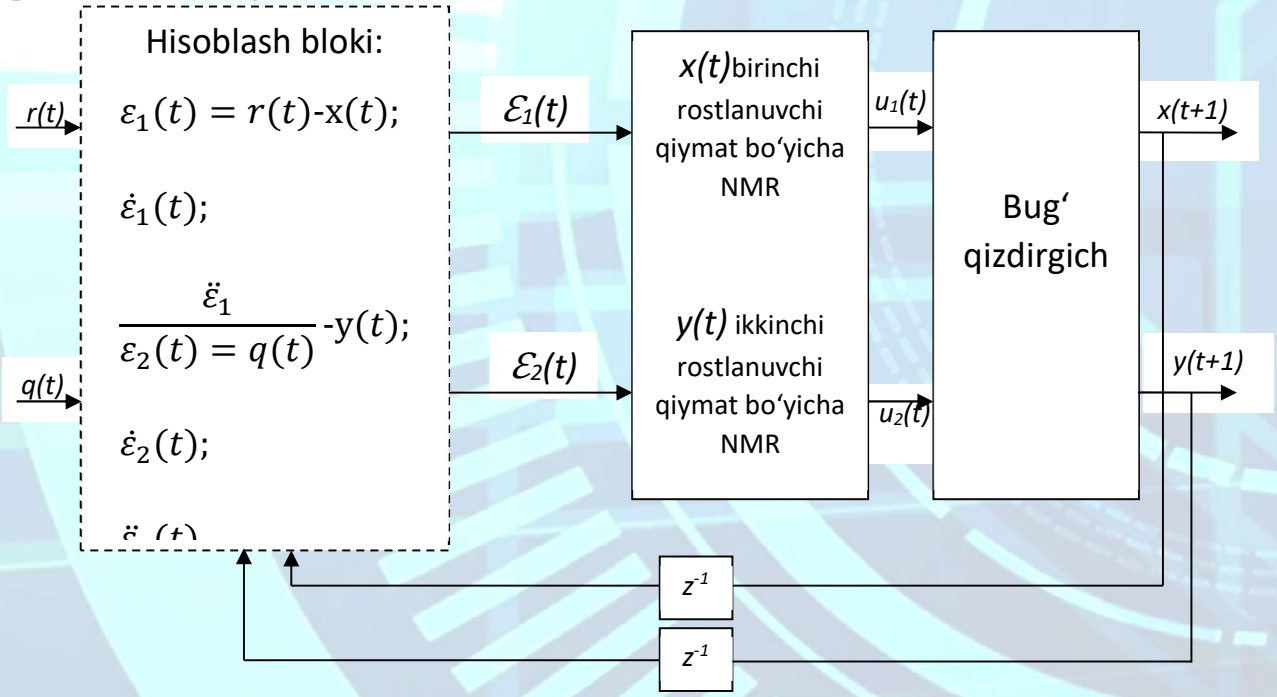
$$\begin{cases} \phi\big(x(t), y(t), u_1(t)\big) = 0 \\ \Psi\big(x(t), y(t), u_2(t)\big) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Neyron to‘rli modelni boshqarish qonunlari bilan umumlashtirilgan teskari neyron boshqaruvi amalga oshiradigan rostlagichlarning neyron to‘r modelini qurish lozim:

$$u_1(t) = \alpha(\varepsilon_1(t), \dot{\varepsilon}_1(t), \ddot{\varepsilon}_1(t), \varepsilon_2(t)\dot{\varepsilon}_2(t), \ddot{\varepsilon}_2(t))$$
$$u_2(t) = \Psi(\varepsilon_1(t), \dot{\varepsilon}_1(t), \ddot{\varepsilon}_1(t), \varepsilon_2(t)\dot{\varepsilon}_2(t), \ddot{\varepsilon}_2(t)) \quad (5)$$

x(t) va *y(t)* o‘zgaruvchi qiymatlariga mos ravishda obyekt harakatini xarakterlovchi, 1-3 uchun berilgan mezonlarni qanoatlantiruvchi turli *r(t)* va *q(t)* ko‘rinishida beriluvchi halaqitlar $(0,r^{max}(t)]$ va $(0,q^{max}(t)]$ oraliqlarda obyektning boshlang‘ich *x(0)* va *u(0)* holatlari ko‘rinishida keltiriladi [12].

Bug‘ qizdirgichning neyron to‘rli noravshan-mantiqiy avtomatik boshqarish tizimi modeli 1-rasmda keltirilgan. Bu yerda z^{-1}-,bitta hisoblash qadami uchun signal kechikishi bloki.



1-rasm. Bug‘ qizdirgichning noravshan-mantiqiy boshqarish tizimining strukturasi

Olingan diskret qiymatlar asosida berilgan *k* to‘plamlar ko‘rinishida qurish mumkin:

ISSN 3030-3907

$$\left\{\left(\varepsilon_1^k(t_i), \dot{\varepsilon}_1^k(t_i), \ddot{\varepsilon}_1^k(t_i), \varepsilon_2^k(t_i), \dot{\varepsilon}_2^k(t_i), \ddot{\varepsilon}_2^k(t_i), u_1^k(t_i)\right)\right\},$$

$$\{(\varepsilon_1^k(t_i), \dot{\varepsilon}_1^k(t_i), \ddot{\varepsilon}_1^k(t_i), \varepsilon_2^k(t_i), \dot{\varepsilon}_2^k(t_i), \ddot{\varepsilon}_2^k(t_i), u_2^k(t_i))\}, \quad (6)$$

bu yerda

$$\varepsilon_1^k(t_i) = r(t_i)\text{-x}_k(t_i), \dot{\varepsilon}_1^k(t_i) = \frac{\varepsilon_1^k(t_i)-\varepsilon_1^k(t_{i-1})}{h}, \ddot{\varepsilon}_1(t_i) = \frac{\dot{\varepsilon}_1^k(t_i)-\dot{\varepsilon}_1^k(t_{i-1})}{h} \quad (7)$$

$$\varepsilon_2^k(t_i)q(t_i)\text{-y}_k(t_i), \dot{\varepsilon}_2^k(t_i)\frac{\varepsilon_2^k(t_i)-\varepsilon_2^k(t_{i-1})}{h}, \ddot{\varepsilon}_2^k(t_i)\frac{\dot{\varepsilon}_2^k(t_i)-\dot{\varepsilon}_2^k(t_{i-1})}{h}, \quad (8)$$

$u_1^k(t_i)$ va $u_2^k(t_i)$ -(3.23) ko‘rinishidagi matematik model $i = \overline{0,q}$, k=k+1 bilan hisoblanadi [13].

(6) l to‘plamlarni birlashtiring, rostlagichning neyron to‘r modelini birinchi boshqariladigan kattalikni o‘qitishda foydalaniladigan umumlashtirilgan qiymatlarni tanlab olamiz:

$$\{(\varepsilon_1^j, \dot{\varepsilon}_1^j, \ddot{\varepsilon}_1^j, \varepsilon_2^j, \dot{\varepsilon}_2^j, \ddot{\varepsilon}_2^j, u_1^j), \quad j = \overline{1,v}\}, \quad (9)$$

bu yerda $v = (q+1)\cdot l$ -birlashtirilgan na’muna o‘lchami, j-na’munaviy element indeksi.

Bug‘ qizdirgichning noravshan-mantiqiy boshqarish tizimi qizdirilgan bug‘ haroratini optimal boshqarish bilan birga, tizim texnologik parametrlarini ushlab turish imkoniyatini yaratadi, buning natijasida elektr energiyasini ishlab chiqishda yoqilg‘i sarfini tejash imkoniyati paydo bo‘ladi [14].

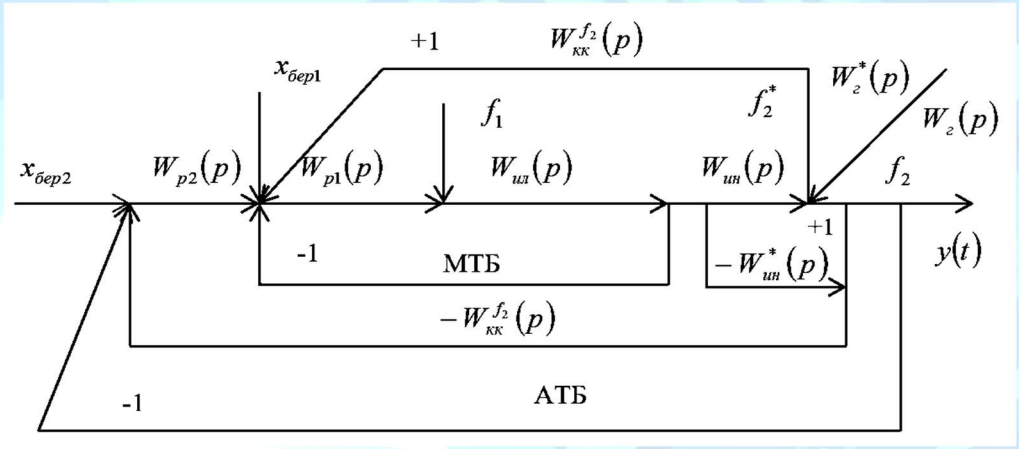
4.MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Mavjud adaptiv-invariant boshqarish tizimlarining optimal parametrlarini aniqlash uchun har bir kontur alohida-alohida qaraladi. Bunda dastlab stabillovchi qurilma parametrlari aniilanadi, so‘ngra ular asosida korrektlovchi qurilma parametrlari tanlanadi. Odatda adaptiv-invariant boshqarish tizimida chiziqli boshqarish qonunlari qo‘llaniladi, lekin bu boshqaruv tizimining yuqori sifatini ta’minlash imkonini beradi[15]. Demak stabillovchi qurilmaning optimal uzatish funksiyasini topishda boshqarish obyektining modeli hamda asosiy kanal bo‘yicha aniqlangan boshqarish tizimining berilgan optimal uzatish funksiyasi asosida topiladi. Kirish signali bo‘yicha boshqarish tizimining uzatish funksiyasi $W_{y,x_{ber1}}(r)$ quyidagicha ifodalanadi:

$$W_{y,x_{ber1}}(\text{p}) = \frac{W_{p1}(p)W_{\text{ил}}(p)}{1+W_{p1}(p)W_{\text{ил}}(p)}. \quad (10)$$

ISSN 3030-3907

Yuqorida keltirilgan xulosalar asosida bug‘ generatorining takomillashgan adaptiv-invariant boshqarish tizimining strukturaviy sxemasi ishlab chiqildi (2-rasm). Ushbu strukturaviy sxema mavjud boshqarish tizimlaridan obyektga ta’sir etuvchi tashqi va ichki g‘alayon kanallari alohida ajratib olindi, qizdirilgan bug‘ sarfiga ta’sir etuvchi g‘alayonlar va tashqi g‘alayonlar ostida kompensatsiyalovchi qurilmaning uzatish funksiyasi aniqlab olindi [16].



2-rasm. Bug‘ generatorining takomillashgan adaptiv-invariant boshqarish tizimi strukturaviy sxemasi

bu yerda $W_{kk}^{f_2}(p)$ – tashqi g‘alayonlar ostida kompensatsiyalovchi qurilmaning uzatish funksiyasi; $W_{il}(r)$ – boshqarish obyektining inersion qismining uzatish funksiyasi.

Ekvivalent obyektning quyidagi ko‘rinishdagi uzatish funksiyasini aniqlash orqali korrektlovchi qurilmaning strukturasi va dinamik sozlanuvchi parametrlar tanlanadi [17]:

$$W_{ekv}(p) = W_{ob}(p)W_{ber1}^{opt}(p) = \frac{1}{T_1 p(\tau_1 p+1)(T_{ber1}p+1)^2}. \qquad (11)$$

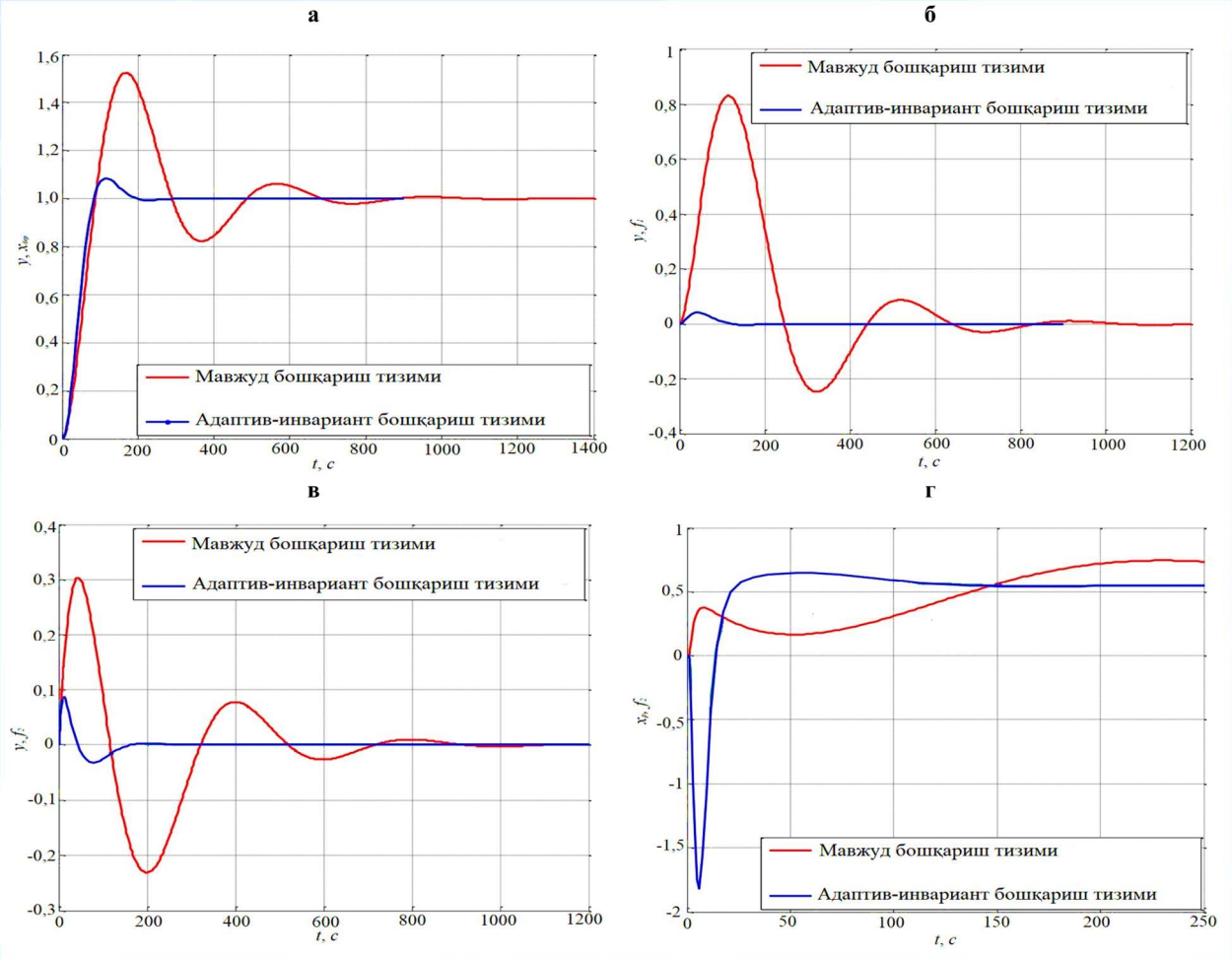
Yuqorida keltirilgan uzatish funksiyalarini hisobga olgan holda g‘alayon signali f_2 kompensatsiyalovchi qurilmaning uzatish funksiyasini aniqlandi [18]:

$$W_{kk}^{f2}(p) = \frac{\left(1 - W_{ber2}^{opt}(p)\right)}{W_{ber2}^{opt}(p)} = \left[W_{ber2}^{bt}(p)\right]^{-1}$$

$$= \frac{4T_{ber2}p\left(\frac{T_{ber2}^3 r^3}{4} + T_{ber2}^2 r^2 + 1{,}5T_{ber2}r + 1\right)}{(T_{ber2}r + 1)^4}$$

Taklif etilgan bug‘ generatorining takomillashgan adaptiv-invariant boshqarish tizimining g‘alayon ta’sirlariga reaksiyasining o‘tkinchi jarayonlari 3-rasmda ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



3-rasm.Adaptiv-invariant boshqarish tizimining g‘alayon ta’sirlaridagi o‘tkinchi jarayonlari

bu yerda a – x_{ber}ning sakrashsimon signali ko‘rinishidagi ta’siriga reaksiyasi; b – ichki g‘alayonlar uchun f_1; v – tashqi yonish g‘alayonlar uchun f_2; g – issiqlik yuklamasining tashqi g‘alayonlarini rostlovchi $x_p(t)$ ta’sirining o‘zgarish grafigi.

XULOSA. O‘tkinchi jarayon grafiklari tahlili shuni ko‘rsatadiki, g‘alayon ta’sirlarida adaptiv-invariant boshqarish tizimi an’anaviy boshqarish tizimi bilan solishtirilganda rostlash vaqti 30 %ga kamaydi. Topshiriq signali sakrashsimon o‘zgarganda o‘ta rostlash qiymati 70 %ga kamaydi, maksimal dinamik rostlash xatoligi: ichki g‘alayonlarda – 16,5 baravarga hamda tashqi yonish g‘alayonlarida – 3 baravarga kamaydi. Bunda astatik zveno ya’ni integrallovchi zveno qo‘shilishi hisobiga xatolik 0 ga teng bo‘ldi. Issiqlik yuklamasini rostlash vaqti 33% ga kamaydi, maksimal dinamik rostlash xatoligi esa 65% ga kamaydi. O‘tkinchi jarayon grafiklaridan ko‘rinib turibdiki, taklif etilgan adaptiv-invariant boshqaruv tizimi an’anaviy boshqarish tizimiga qaraganda sifat ko‘rsatkichi yuqoriligini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROYHATI

1. Cirac J.I., Zoller P. (2010). “Goals and opportunities in quantum simulation”, Nature Physics. pp. 264–266.
2. Yakubova, N., Usmanov, K., Turakulov, Z., & Eshbobaev, J. (2025). Application of Quantum Computing Algorithms in the Synthesis of Control Systems for Dynamic Objects. Engineering Proceedings, 87(1), 68.
3. Ульянов С.В., Мишин А.А., Миногин А.А. (2010). Информасионная технология проектирования робастных баз знаний нечетких регуляторов. Ч. III: квантовый нечёткий вывод и квантовая информасия // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. – Дубна, № 3, pp.423- 430.
4. Сидиков И. Х. и др. Нечеткое синергетическое управление нелинейных систем //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2020. – №. 2. – С. 16-19.
5. Eshbobaev, J., Norkobilov, A., Usmanov, K., Khamidov, B., Kodirov, O., & Avezov, T. (2024). Control of Wastewater Treatment Processes Using a Fuzzy Logic Approach. Engineering Proceedings, 67(1), 39.
6. Lee J., Shung W., Kim E., Kim S. (2010). A new genetic approach structure learning of Bayesian networks: matrix genetic algorithm // International Journal of Control, Automation and Systems. – Korean Institute of Electrical Engineers. №4, pp.398-407.
7. Усманов, К. И., Сарболаев, Ф. Н., Исломова, Ф. К., & Якубова, Н. С. (2020). Адаптивно нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных динамических объектов. Universum: технические науки, (3-1 (72)), 24-28.
8. Usmanov, K., Eshbobaev, J., & Yakubova, N. (2023). Modeling and Optimization of the Ammonium Solution Extraction Process. Engineering Proceedings, 56(1), 198.
9. Аведян Э.Д., Галушкин А.И., Пантюхин Д.В. (2011). Accосиативная нейронная сет CMAC и эе модификасии в задаче распознавания образов //Информасионные технологии. Новые технологии. №7, стр.63–71.
10. Usmanov, K. I., Yakubova, N. S., Urmanova, V. T., & Abdurasulova, G. E. (2023). Synthesis of a control system for the process of diesel fuel hydropuring with the Adar method. In E3S Web of Conferences (Vol. 458, p. 01025). EDP Sciences.
11. Ульянов С.В., Нефедов Н.Ю. (2012). Эффективност и качество интеллектуального управления с применением квантового нечеткого вывода: Глобально неустойчивая динамическая система // Системный

ISSN 3030-3907

Анализ в Науке и Образовании: электрон. науч. журнал. №1. – [Электронный ресурс]. URL: http:/www.sanse.ru/archive/23.
12. Isroilovich, U. K., Abduvakhitovna, S. S., & Abdirasulovich, R. S. (2025). GELIOQURITGICHDAGI HARORATNI BA SHORAT QILISHDA SUN'IY NEYRON TARMOQLARNING QO 'LLANISHI. SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT, 8(1), 8-20.
13. S. Rastegar, R. Araújo, J. Sadati, and J. Mendes. (2017). "A novel robust control scheme for LTV systems using output integral discrete-time synergetic control theory," Eur. J. Control, vol. 34. doi: 10.1016/j.ejcon.2016.12.006.
14. Якубова, Н. С. (2024). Динамик объектларнинг бошқариш тизимларини квант алгоритмлари ёрдамида тадқиқ этиш. Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие, 7(1), 32-44.
15. Usmanov, K. I., Yakubova, N. S., Maksudova, A. I., Islomova, F. K., & Ungbayeva, D. U. (2024). Synthesis of dynamic object control systems based on quantum calculation methods. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 549, p. 08012). EDP Sciences.
16. Усманов, К. И., Исломова, Ф. К., & Якубова, Н. С. (2023). Разработка математической модели процесса гидроочистки дизельного топлива. *Universum: технические науки*, (2-2 (107)), 26-29.
17. Усманов, К. И., Исломова, Ф. К., & Якубова, Н. С. (2023). Разработка математической модели процесса гидроочистки дизельного топлива. *Universum: технические науки*, (2-2 (107)), 26-29.
18. Usmanov, R., Siddikov, I., Yakubova, N., & Rahmanov, A. (2018). Adaptive identification of the Neural system of Controlling nonlinear Dynamic Objects. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, *5*(2), 5195-5199.

ISSN 3030-3907