

ELEKTR DVIGATELLARINING TEXNIK HOLATINI NAZORAT QILISH VA DIAGNOSTIKA JARAYONLARIDA QO'LLASH UCHUN KASR TARTIBLI MOMENTLAR USULINI TAKOMILLASHTIRISH

Djurayev Sherzod Sobirjonovich

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Maqsudov Shohruxmirzo Abdulhamid o'g'li

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Madaliyev Xushnid Baxromjon o'g'li

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr dvigatellarining texnik holatini nazorat qilish va diagnostika qilish uchun kasr tartibli momentlar usuli ishlab chiqildi va uning samaradorligini oshirish uchun genetik algoritmlardan foydalanildi. Kasr tartibli momentlar tizimning kompleks dinamikasini, uzoq muddatli xotira effektlarini va sezgirligini aniqlashda qo'l keladi. Genetik algoritmlar yordamida kasr tartibli hosilaning optimal parametrlarini tanlash orqali diagnostika aniqligi oshirildi. Dastlabki natijalar genetik algoritm yordamida olingan parametrlarning diagnostikada samaradorligini sezilarli darajada oshirganligini ko'rsatdi.

Kalit so'z. Elektr dvigatellari, diagnostika, texnik holatni nazorat qilish, kasr tartibli momentlar, genetik algoritmlar, dinamik tizimlar, xotira effektlari, diagnostika samaradorligi, anomaliyani aniqlash, kasr tartibli differensial tenglamalar, optimizatsiya, parametrlarni tanlash, real vaqt diagnostikasi, signalni qayta ishlash, sun'iy intellekt, mashinani o'rganish, noise filtrlash, vibration analysis, diagnostika aniqligi, tizimning texnik holatini baholash.

Kirish

Elektr dvigatellari sanoatning turli sohalarida keng qo'llaniladi va ularning samarali ishlashi ko'p jihatdan texnik holatining doimiy nazoratiga bog'liq. An'anaviy diagnostika usullari ba'zi hollarda elektr dvigatelinining murakkab dinamikasini to'liq aks ettira olmaydi. Kasr tartibli momentlar usuli esa tizimning xotira va uzluksiz dinamik xatti-harakatlarini aniqroq ifodalaydi. Ushbu maqolada biz kasr tartibli momentlar usulini elektr dvigatellari diagnostikasida qo'llab, uning samaradorligini oshirish uchun genetik algoritmlardan foydalandik. Genetik algoritmlar kasr tartibli hosilani optimallashtirishda sezilarli natijalarga erishishga yordam beradi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — diagnostikada aniqlikni oshirish va nosozliklarni erta aniqlashni ta'minlashdir.

Usullar

Elektr dvigatellarining texnik holatini nazorat qilish va diagnostika qilish uchun biz kasr tartibli momentlar usulini qo'llaymiz. Bu usulning asosiy g'oyasi kasr hisobining xossalariidan foydalanishdir. Kasr hisoblari tizimning xotira va meros xususiyatlarini aniqroq tasvirlashga imkon beradi. Kasr derivatsiya va integrallash operatorlarining qo'llanilishi dvigatellar tizimlarini tashxislashda aniqlikni oshirish imkonini beradi.

Kasr derivatsiyaning asosiy teoremasi an'anaviy hisoblash (klassik differensial va integral hisob) nazariyasining umumlashmasi sifatida yuzaga kelgan. Bu yondashuvning tarixiy ildizlari XVIII asrga borib taqaladi, xususan, matematiklar Jozef Lyuvi Lagrange, Leonard Eyler, va Pyer-Simon Laplas singari ilmiy arboblari kasr tartibli hosilalar va integrallarni o'rganishga qiziqish bildirganlar. Ushbu yondashuv keyinchalik kasr tartibli differensial tenglamalarni chuqurroq o'rganish bilan bog'liq yangi imkoniyatlarni ochib berdi.

Kasr derivatsiyasi yoki kasr tartibli hosila asosan an'anaviy butun son tartibli hosila tushunchasining umumlashmasi hisoblanadi. Agar an'anaviy hosila bizga funksiya qanday tezlik bilan o'zgarishini ko'rsatib bersa, kasr tartibli hosila esa tizimning nafaqat hozirgi holatini, balki uning o'tgan davrlaridagi xatti-harakatlarini ham aks ettiradi. Bu xususiyat ko'plab tabiiy va texnologik jarayonlarda tizimning xotira effektlarini tavsiflashda muhim ahamiyatga ega.

Kasr hisobining rivojlanishiga qaratilgan dastlabki ishlar asosan matematik tadqiqotlarga asoslangan bo'lsa, keyinchalik bu yondashuv real muammolarga, masalan, elektronika, mexanika, materiallar fani va boshqalarga tatbiq qilindi. Bu yondashuv tizimlarning xotira xususiyatlarini aks ettirishga va uzoq muddatli dinamikani tavsiflashga qodir bo'lgani uchun ko'plab muhandislik va texnologik jarayonlarda keng qo'llanila boshlandi.

Keyinchalik kasr tartibli hisoblash (Fractional Calculus) matematik nazariya sifatida chuqurroq rivojlantirilib, bu soha I. Podlubny kabi olimlar tomonidan ilmiy asoslangan holda qayta tadqiq qilindi. Kasr tartibli differensial tenglamalar yordamida real tizimlarning davriy xatti-harakatlarini, shuningdek, tebranish, viskoelastik materiallarning o'zini tutishi kabi turli jarayonlarni samarali modellashtirish imkoni paydo bo'ldi.

Kasr tartibli differensiallashni keltirib chiqarish jarayonini quyidagi bosqichlarda bayon qilamiz:

Birinchi navbatda an'anaviy integer-tartibli differensial hosila va integralni ko'rib chiqamiz. Agar $f(t)$ funksiya bo'lsa, uning n -chi butun son tartibli hosilasi quyidagicha yoziladi:

$$f^{(n)}(t) = \frac{d^n f(t)}{dt^n}$$

Bu yerda n butun son va $f^{(n)}(t)$ $f(t)$ funksiyasining n -chi tartibli hosilasidir. Shuningdek, integral hisoblashning umumiy ko'rinishi (aniq integral) uchun:

$$\int_0^t f(\tau) d\tau$$

Bu odatiy integralning formulasi bo'lib, funksiyaning tartibi butun son bo'lganda ishlatiladi.

Kasr tartibli hosilaning umumlashgan shaklini tushunish uchun Riman-Lyuivil integralining umumlashgan ko'rinishidan foydalanamiz. Bu integral odatiy butun son tartibli integralni kasr tartibli holatga kengaytiradi.

Riman-Lyuivil integralining kasr tartibli shakli:

$$I^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t (t - \tau)^{\alpha-1} f(\tau) d\tau$$

Bu yerda:

- $I^\alpha f(t)$ — $f(t)$ funksiyasining α -tartibli integrali,
- $\Gamma(\alpha)$ — Gamma funksiyasi, bu funksiyaning umumlashgan faktoriali bo'lib, $\Gamma(n) = (n - 1)!$,
- α — kasr tartibli integralning tartibi bo'lib, bu haqiqiy son bo'lishi mumkin.

Ushbu integral $f(t)$ funksiyaning t -dan oldingi vaqt ichida qanday "yig'ilishini" tavsiflaydi va bu umumiylik uzoq muddatli xotira yoki tarixiy ta'sirni hisobga olish imkonini beradi.

Endi kasr tartibli hosilaning umumiy ifodasini chiqaramiz. Kasr tartibli differensiallash kasr tartibli integralning teskari operatsiyasi sifatida qaraladi. Kasr tartibli hosila, Riman-Lyuivil kasr tartibli integrali asosida quyidagicha aniqlanadi:

$$D^\alpha f(t) = \frac{d^\alpha f(t)}{dt^\alpha} = \frac{1}{\Gamma(n - \alpha)} \frac{d^n}{dt^n} \int_0^t (t - \tau)^{n-\alpha-1} f(\tau) d\tau$$

Bu yerda:

- $D^\alpha f(t)$ — $f(t)$ -ning α -tartibli kasr hosilasi,
- $\Gamma(n - \alpha)$ — Gamma funksiyasi,
- $n = [\alpha]$ — α -dan katta bo'lgan eng kichik butun son (bu funksiya tartibi kasr son bo'lgan hollarda differensiallashni ta'minlaydi),
- $f(\tau)$ — integrallashayotgan funksiya.

Bu formulada kasr tartibli differensiallash butun son tartibli hosila va kasr tartibli integralning kombinatsiyasi sifatida ko'rsatilgan. Ushbu tenglama funksiyaning butun son tartibli dinamikasidan tashqari, vaqt bo'yicha xotira effektlarini ham hisobga oladi. Bu kasr tartibli hosilaning o'ziga xos xususiyati hisoblanadi.

Shunday qilib, kasr tartibli differensiallashning umumiyashtirilgan matematik ifodasi quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$D^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_0^t (t-\tau)^{n-\alpha-1} f^n(\tau) d\tau \quad (1)$$

Bu yerda:

- $n=[\alpha]$,
- α — kasr son,
- $\Gamma(\cdot)$ — Gamma funksiyasi,
- $f^n(\tau)$ — $f(\tau)$ -ning n -chi tartibli hosilasidir.

Ushbu tenglama yordamida kasr tartibli hosilalar butun sonli hosilalar va integrallar bilan bog‘liq tarzda keltirib chiqiladi va u tizimlarning uzoq muddatli dinamikasini ham aks ettiradi.

Kasr tartibli hosilani diagnostikada qo‘llash samaradorligini oshirish uchun bir necha yo‘nalishlarda o‘zgartirishlar kiritish va rivojlantirish mumkin. Bu o‘zgartirishlar diagnostika jarayonini aniqlik, sezgirlik va real vaqt rejimida ishlash bo‘yicha samarali qilishga yordam beradi. Quyida ushbu yo‘nalishlarda kiritilishi mumkin bo‘lgan ba‘zi o‘zgartirishlar keltirilgan.

1. Optimal tartibni tanlash

Kasr tartibli hosilaning samaradorligi tartib α -ni to‘g‘ri tanlashga bog‘liq. Diagnostika jarayonida tizimning xotira xususiyatlari va uning dinamikasini hisobga olgan holda kasr tartibli hosila tartibi optimal tarzda tanlanishi kerak. Optimal tartibni tanlash jarayoni quyidagi usullar orqali amalga oshirilishi mumkin:

• **Eksperimental yo‘l bilan:** Tizimning normal va nosoz holatlarida signallarni tahlil qilish orqali kasr tartibini eksperimental tarzda aniqlash.

• **Optimallashtirish usullari:** Genetik algoritmlar yoki sun‘iy intellekt usullari yordamida tizimning signallarini optimallashtirib, kasr tartibini tanlash. Bu usullar diagnostikada aniqroq natijalarni olish imkonini beradi.

• **Moslashuvchan tartib:** Tizimning turli xolatlariga qarab, α -tartibini real vaqt rejimida o‘zgartirish. Masalan, elektr dvigatelning turli rejimlarida (tezlik, yuklama o‘zgarishi) tartibni avtomatik ravishda moslashtirish orqali diagnostika samaradorligini oshirish mumkin.

2. Noise-filtrlash va signalni oldindan qayta ishlash

Kasr tartibli hosila sezgirliги tufayli diagnostika jarayonida signalning yuqori aniqlik bilan qayta ishlanishi juda muhimdir. Kasr tartibli hosila ko‘pincha signalning murakkab va kichik o‘zgarishlariga sezgir bo‘ladi, shu sababli quyidagi filtrlash va signalni oldindan qayta ishlash usullari diagnostika jarayonining aniqligini oshirish uchun qo‘llanilishi mumkin:

• **Noise (shovqin) filtrlash:** Diagnostika samaradorligini oshirish uchun signalni oldindan qayta ishlash orqali shovqinlarni minimallashtirish kerak. Buning uchun

Kalman filtri, Veyvlet (wavelet) analiz yoki **Fourier transformatsiyasi** kabi usullar qo'llaniladi.

- **Smoothing (tekislash):** Signalni tekislash algoritmlari yordamida tizimdagi kichik tebranishlarni olib tashlash va signalni yanada barqaror holga keltirish mumkin. Bu kasr tartibli hosila yordamida olinadigan diagnostik natijalarning yanada aniqroq bo'lishiga yordam beradi.

3. Tizim parametrlarini adaptiv moslashtirish

Tizimning ishlash vaqtida parametrlari o'zgarishi mumkin, bu esa diagnostika samaradorligiga ta'sir qiladi. Shuning uchun, diagnostikani yanada samarali qilish uchun tizim parametrlarini adaptiv ravishda moslashtirish kerak:

- **Adaptiv kasr tartibli hosilalar:** Tizimning ish sharoitiga qarab kasr tartibli hosila parametrlarini avtomatik ravishda moslashtiradigan algoritmlar ishlab chiqish mumkin. Masalan, tizimning yuklamasi, harorati yoki tebranish holatiga qarab kasr tartibini o'zgartiradigan adaptiv kasr tartibli hosila usullari diagnostikada ancha samarali bo'ladi.

- **Rejimlar o'rtasida moslashuvchanlik:** Dvigatelning turli ishlash rejimlari uchun turli diagnostika strategiyalarini tanlash. Masalan, past tezlikda ishlaganda bir xil α -tartib ishlatilsa, yuqori yuklama yoki tezlikda boshqa α -tartibga o'tish kerak bo'lishi mumkin. Bu rejimlar o'rtasidagi farqni inobatga olgan holda moslashuvchan kasr tartibli diagnostika usulini yaratish mumkin.

4. Birlashtirilgan kasr tartibli va klassik hosila usuli

Kasr tartibli hosila diagnostika samaradorligini oshirish uchun uni klassik butun son tartibli differensiallash bilan birlashtirish ham samarali bo'lishi mumkin. Bu usul diagnostika jarayonida ikkala usulning ham kuchli tomonlarini ishlatishga yordam beradi:

- **Gibrid usullar:** Kasr tartibli hosilalar tizimning uzoq muddatli dinamikasini va xotira xususiyatlarini aks ettiradi, klassik differensiallash esa qisqa muddatli va hozirgi holatni aniqlashda samarali. Ikkisini birlashtirish orqali diagnostika jarayoni yaxshilanadi va tizimning har ikkala holatini aniq tahlil qilish imkonini beradi.

- **Ko'p darajali tahlil:** Har bir rejimda turli tartibli differensiallashni qo'llash. Masalan, an'anaviy integer-tartibli hosila kichik nosozliklarni, kasr tartibli hosila esa uzoq muddatli nosozliklarni aniqlashga yordam beradi.

5. Sun'iy intellekt va mashinani o'rganish texnologiyalari bilan integratsiya

Sun'iy intellekt (AI) va mashinani o'rganish (ML) algoritmlari diagnostika jarayonida kasr tartibli hosilalarni samarali qo'llashda katta yordam berishi mumkin. Bu texnologiyalar yordamida kasr tartibli hosilalar asosida tizimning anomal xatti-harakatlarini o'rganish va avtomatik diagnostika algoritmlarini yaratish mumkin:

- **Anomaliyani aniqlash:** Mashinani o'rganish usullari yordamida kasr tartibli hosilalardan olinadigan signallarni o'rgatish va anomaliyalarni avtomatik ravishda

aniqlash. Bu real vaqt rejimida ishlaydigan diagnostika tizimlarini yaratishga imkon beradi.

• **Ma'lumotlar asosida bashorat qilish:** AI yordamida tizimning kelajakdagi holatini bashorat qilish va nosozliklarning oldini olishda kasr tartibli hosilalarni qo'llash. Sun'iy intellekt tizimi diagnostika jarayonini real vaqt rejimida kuzatib, bashoratli texnik xizmat ko'rsatishni amalga oshirishi mumkin.

Kasr tartibli hosilani optimallashtirishda **Genetik algoritmlar** (GA) juda samarali vositalardan biri bo'lishi mumkin. Genetik algoritmlar biologik evolyutsiya jarayonidan ilhomlanib ishlab chiqilgan va murakkab matematik muammolarni yechish uchun ishlatiladi. Bu algoritmlar maqsad funksiyasini optimallashtirish uchun muammolarni "genetik" tarzda modellashtirish, generatsiyalar orqali yaxshilanishni ta'minlash va tanlash mexanizmini o'z ichiga oladi.

Kasr tartibli hosilaning α -tartibini optimallashtirishda Genetik algoritmlarni qo'llash jarayoni quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi.

Maqsadimiz kasr tartibli differensial tenglama uchun optimal α -tartibini aniqlashdir. Optimal α diagnostika samaradorligini oshiradigan, tizimning holatini eng yaxshi tarzda aniqlashga yordam beradigan qiymat bo'lishi kerak.

Kasr tartibli hosilaning umumiy matematik ifodasi (1) bilan ifodalanadi.

Endi genetik algoritm yordamida kasr tartibli hosilaning optimal tartibini tanlash algoritmini ishlab chiqamiz. Bu jarayon quyidagicha amalga oshiriladi:

a) Maqsad funksiyasini belgilash

Maqsad funksiyasi kasr tartibli hosila tartibini optimallashtirish uchun aniqlanadi. Bizda diagnostika uchun mo'ljallangan maqsad — tizimning texnik holatini aniqlashdagi xatolikni minimallashtirishdir. Shuning uchun, bizning maqsadimiz α -tartibini shunday topishki, diagnostika xatoligi minimumga tushsin.

Xatolikni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$E(\alpha) = \sum_{i=1}^N \left(f^{real}(t_i) - f^{model}(\alpha, t_i) \right)^2$$

Bu yerda:

- f^{real} — tizimning haqiqiy javobi (eksperimental ma'lumot),
- $f^{model}(\alpha, t_i)$ — kasr tartibli hosila modeli bo'yicha hisoblangan qiymat,
- α — kasr tartib,
- $E(\alpha)$ — xatolik funksiyasi.

Maqsad — bu xatolikni minimallashtiradigan α -ni topish.

b) **Boshlang'ich populyatsiyani yaratish:** Boshlang'ich populyatsiyada α -qiymatlarining to'plamini tasodifiy yoki oldindan belgilangan oraliqda tanlaymiz. Masalan, $\alpha \in [0, 2]$ intervalida bo'lishi mumkin. Har bir α -qiymati bir individ sifatida qabul qilinadi.

c) **Fitnes funksiyasi:** Har bir individ uchun fitnes qiymatini hisoblash. Fitnes funksiyasi sifatida xatolik funksiyasi $E(\alpha)$ -dan foydalaniladi. Ya'ni, α -qiymati diagnostika xatoliklarini minimal qilishga qancha yaqin bo'lsa, uning fitnes qiymati shuncha yaxshi bo'ladi. Fitnes funksiyasi shunday bo'ladi:

$$Fitness(\alpha) = \frac{1}{1 + E(\alpha)}$$

Bu yerda $E(\alpha)$ qiymatlari qanchalik kichik bo'lsa, fitnes shunchalik katta bo'ladi.

d) **Tanlash (Selection):** Fitnes funksiyasiga asoslangan holda eng yaxshi individlar tanlanadi. Bu jarayon "turnir tanlovi" yoki "ruletka usuli" orqali amalga oshiriladi, ya'ni eng yuqori fitnes qiymatga ega bo'lgan individlar keyingi bosqichga o'tadi.

e) **Krossover (Crossover):** Krossover jarayonida ikkita yuqori fitnesga ega individlardan yangi α -qiymatlar hosil qilinadi. Bu jarayon α_1 va α_2 qiymatlarini aralashtirish orqali amalga oshiriladi:

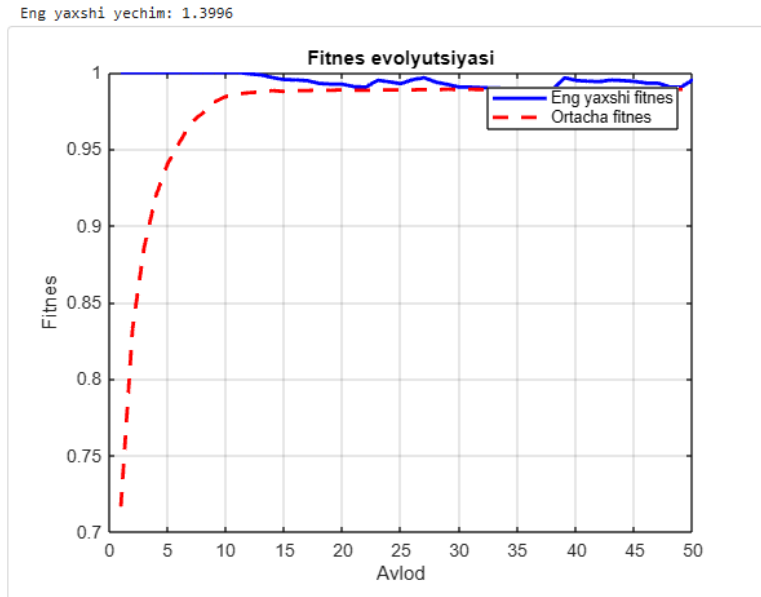
$$\alpha_{new} = \lambda\alpha_1 + (1 - \lambda)\alpha_2$$

Bu yerda $\lambda \in [0,1]$ — tasodifiy son, u ikki qiymatning qanday aralashishini belgilaydi.

f) **Mutatsiya (Mutation):** Har bir yangi avlodda kichik mutatsiya amalga oshiriladi. Bu shunday jarayonki, bir yoki bir nechta α -qiymatlarida kichik tasodifiy o'zgarishlar kiritiladi. Mutatsiya kasr tartibli α -ning kutilmagan yaxshilanishini keltirib chiqarishi mumkin.

g) **Takrorlash:** Tanlov, krossover va mutatsiya jarayonlari ko'p generatsiyalar davomida takrorlanadi. Har bir generatsiyada fitnes funksiyasi yaxshilanib boradi va natijada optimal α -qiymatiga yaqinlashiladi.

h) MATLAB'da genetik algoritmlar natijalarini vizualizatsiya qilish uchun bir nechta usullar mavjud. Vizualizatsiya algoritmlarining ishlashini tahlil qilishda, xatolikni minimallashtirish jarayonini kuzatishda va optimal yechimga erishish jarayonini grafik ko'rinishda ko'rsatishda yordam beradi. Biz algoritmlarining evolyutsiyasi davomida fitnes funksiyasi qanday yaxshilanayotganini ko'rsatish uchun grafika yaratamiz. Quyida MATLAB'da genetik algoritmlarining ishlashini va natijalarini vizualizatsiya qilish uchun kodga kiritishingiz mumkin bo'lgan o'zgartirishlar keltirilgan. (1-rasm)



1-rasm. genetik algoritmning ishlashini va natijalarini vizualizatsiya natijalari.

Genetik algoritmlar yordamida kasr tartibli hosila tartibini optimallashtirish diagnostika jarayonida samaradorlikni sezilarli oshiradi. Bu usul tizimning texnik holatini aniqlash uchun eng yaxshi α -tartibni aniqlashga yordam beradi. Genetik algoritmlar evolyutsion jarayonlarga asoslanib, murakkab matematik muammolarni tez va samarali yechadi.

Kasr tartibli hosila diagnostikada qo‘llanganda, genetik algoritmlar yordamida moslashtirilgan α -qiymatlari tizimning sezgirligini oshiradi, diagnostika xatolarini kamaytiradi va tizimni nosozliklardan himoya qilish imkoniyatini beradi.

Natijalar

Kasr tartibli momentlar va genetik algoritmlar asosida elektr dvigatellarini diagnostika qilish bo'yicha dastlabki sinovlar o'tkazildi. Sinovlar davomida quyidagi natijalar qayd etildi:

- Genetik algoritmlar yordamida kasr tartibli hosilaning optimal parametrlarini aniqlash imkoniyati yaratildi. Optimal α -tartib qiymatlari diagnostika aniqligini oshirishda sezilarli ta'sir ko'rsatdi.
- Diagnostika jarayonida, genetik algoritmlar yordamida optimallashtirilgan kasr tartibli hosila diagnostik aniqlikni oshirib, normal holat bilan nosoz holatni erta bosqichda farqlashga yordam berdi.
- Genetik algoritmlar yordamida qilingan o'zgartirishlar diagnostika vaqtini qisqartirdi va jarayonning sezgirligini oshirdi.

Muhokama

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, kasr tartibli momentlar usulini genetik algoritmlar bilan birlashtirish diagnostika jarayonini sezilarli darajada takomillashtiradi. Kasr tartibli momentlar tizimning uzoq muddatli xotira

xususiyatlarini yaxshi aks ettiradi, ammo ularning samaradorligi ko‘pincha parametrlarni to‘g‘ri tanlashga bog‘liq. Genetik algoritmlar ushbu parametrlarni optimal darajada aniqlashga imkon berdi, bu esa diagnostika jarayonida ko‘proq sezgirlik va aniqlikni ta‘minladi. Bundan tashqari, genetik algoritmlarning moslashuvchanligi va optimal yechim topishdagi tezligi diagnostika jarayonini yanada samarali qildi.

Elektr dvigatellari diagnostikasida nosozliklarni erta bosqichda aniqlash katta ahamiyatga ega, chunki bu texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish va qimmat nosozliklarni oldini olish imkonini beradi. Genetik algoritmlar yordamida kasr tartibli hosilaning optimal qiymatlarini aniqlash ushbu maqsadga erishishga yordam berdi. Bundan tashqari, sinov natijalari shuni ko‘rsatdiki, genetik algoritmlar yordamida optimallashtirilgan diagnostika tizimi an‘anaviy yondashuvlarga qaraganda tezroq va samaraliroq ishlaydi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda elektr dvigatellarining texnik holatini nazorat qilish va diagnostika qilish uchun kasr tartibli momentlar usuli ishlab chiqildi va uning samaradorligini oshirish uchun genetik algoritmlar qo‘llanildi. Genetik algoritmlar yordamida kasr tartibli hosilaning optimal parametrlarini tanlash orqali diagnostika jarayonida sezilarli yaxshilanishlarga erishildi. Dastlabki natijalar shuni ko‘rsatdiki, kasr tartibli hosila va genetik algoritmlarning birlashmasi diagnostika jarayonida sezilarli samaradorlikni ta‘minlaydi. Kelajakda ushbu yondashuvni yanada kengroq sohalarda qo‘llash va yanada murakkab tizimlar uchun sinab ko‘rish rejalashtirilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Podlubny, I. (1999). Fractional Differential Equations. Academic Press.
2. Caputo, M. (1967). Linear Models of Dissipation whose Q is Almost Frequency Independent. Geophysical Journal International, 13(5), 529-539.
3. Das, S., & Gupta, P.K. (2011). Application of Fractional Calculus in Engineering. Springer.
4. Y.A.Valijon o‘g‘li, Shavkat o‘g‘li, J. E., Hakimjon o‘g‘li, S. H., & Farxod o‘g‘li, M. F. (2023). SUN‘IY INTELLEKTA BILIMLARNI TASVIRLASH MODELLARI. TADQIQOTLAR. UZ, 28(5), 22-30.
5. Kodirov, D., & Askarov, A. (2023, June). Algorithms for synthesis of observing devices based on operator representation of external forces. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2789, No. 1). AIP Publishing.
6. Ruzimatov, S., & Azizbek, A. (2022). Mathematical Model Of Textile Enterprise Sales Prevention. Texas Journal of Multidisciplinary Studies, 8, 88-90.
7. To‘xtasinov, D. (2023). REVOLUTIONIZING THE COTTON INDUSTRY: THE DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS FOR ENGINE DIAGNOSTICS. Interpretation and Researches, 1(10). извлечено от <http://interpretationandresearches.uz/index.php/iar/article/view/1242>

8. Muhammadziyo I. Research Of Characteristics And Analysis Of Calculations Of Optoelectronic Hydrometers Of Automatic Control //Solid State Technology. – 2020. – T. 63. – №. 6. – C. 14910-14916.
9. Parpiyeva, N. (2024). AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF PRESSING EQUIPMENT PARAMETERS. Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research, 11(03), 147-153.

