



# Электр двигателларнинг ишончилигини оширишдаги муаммолар ва уларни ҳал қилиш усуллари

Икромжон У. Рахмонов<sup>1</sup>, Бобуржон Ш. Нарзуллаев<sup>2, а</sup>

<sup>1)</sup> DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, Uzbekistan; [ilider1987@yandex.ru](mailto:ilider1987@yandex.ru)  
<http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

<sup>2a)</sup> PhD, dotsent., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, 210100, O'zbekiston  
[boburnarzulayev91@mail.ru](mailto:boburnarzulayev91@mail.ru) <https://orcid.org/0009-0007-1676-213X>

**Долзарблиги:** Бугунги кунда электр двигателлари sanoat корхоналарининг асосий негизи ҳисобланади. Маълумки электр двигателларининг эскириш тезлиги уларни модернизация қилиш тезлигидан анча юқори. Шу сабабли, электр двигателларининг ишлаш жараёнида уларнинг ишончилиги билан боғлиқ бўлган муаммолар вужудга келмоқда. Мазкур мақолада электр двигателларининг ишончилигини ошириш борасидаги муаммолар таҳлил қилиниб ҳамда уларни ҳал қилишнинг замонавий усуллари таклиф қилинган.

**Мақсад:** Электр двигателларининг ишончилигини оширишдаги муаммоларни аниқлаб, уларни ҳал қилиш учун бугунги кун талабига мос замонавий, адаптив ва интеллектуал ечимларини ишлаб чиқиш ҳамда уни ишлаб чиқариш амалиётига жорий қилиш натижасида электр двигателларининг ишлаш жараёнида содир бўладиган аварияларни эрта аниқлаб бартараф этиш орқали ишлаб чиқариш циклини бузилишини олдини олиш, таъмир учун кетадиган техник-иқтисодий сарф харажатларни камайтиришга эришишдир.

**Усуллар:** Ушбу тадқиқот ишида электр двигателларнинг ишончилигини ошириш мақсадида рақамли технологияларга асосланган рақамли ва интеллектуал усул келтирилган.

**Натижалар:** Тадқиқот давомида электр двигателларнинг техник ҳолатини прогноз қилиш учун RUL (Remaining Useful Life — Қолдиқ хизмат муддати) методологиясига асосланган интеллектуал мониторинг тизими жорий қилинди. Олинган натижалар анъанавий режали-олдини олиш таъмири (ППР) тизимига нисбатан прогнозлаш усулининг техник ва иқтисодий жиҳатдан юқори самарадорлигини кўрсатди.

**Калит сўзлар:** Электр двигатель, ишончилик, RUL (Remaining Useful Life), интеллектуал мониторинг, вибродиагностика, энергия самарадорлиги, носозликлар таҳлили, ток, кучланиш, частота, кувват, статор, ротор, манба, таъминот, авария, шикастланиш, электр энергияси истеъмоли.

## Проблемы повышения надежности электрических двигателей и методы их решения

Икромжон У. Рахмонов<sup>1</sup>, Бобуржон Ш. Нарзуллаев<sup>2,а</sup>

<sup>1)</sup> DSc проф., Ташкентский государственный технический университет, 100095, Uzbekistan; [ilider1987@yandex.ru](mailto:ilider1987@yandex.ru)  
<http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

<sup>2a)</sup> PhD, дотц., Навоийский государственный горно-технологический университет, Навоий, 210100, Узбекистан;  
[boburnarzulayev91@mail.ru](mailto:boburnarzulayev91@mail.ru) <https://orcid.org/0009-0007-1676-213X>

**Актуальность:** на сегодняшний день электродвигатели являются основой промышленного производства. Скорость износа электродвигателей значительно ниже скорости их модернизации. Таким образом, в процессе работы электродвигателей возникает их ненадежность. Mazda предложила более современные условия эксплуатации электродвигателей, которые позволили бы повысить их надежность.

**Цель:** надежность электродвигателей на сегодняшний день является одной из важнейших составляющих их надежности, благодаря чему они являются надежными, адаптивными и интеллектуальными единицами в работе электродвигателей для предотвращения аварий на дорогах с твердым покрытием, которые могут привести к разрушению или повреждению обшивки, необходимо наличие технико-экономического обоснования.

**Методы:** с целью повышения надежности электродвигателей в них применялись рациональные и интеллектуальные методы, основанные на технологиях.

**Результаты:** система интеллектуального мониторинга, основанная на методологии RUL (Remaining Useful Life — Remaining) для прогнозирования технического состояния электродвигателей. Аналогичные результаты были получены и в антимонопольном режиме-в том числе в рамках системы обязательного медицинского освидетельствования (ППР).

**Ключевые слова:** Электрический двигатель, RUL (Remaining Useful Life), интеллектуальный мониторинг, вибродиагностика, энергоэффективность, анализ неисправностей, ток, планирование, частота, мощность, статор, ротор, источник, питание, авария, поломка, потребление электроэнергии.

**For citation:** Raxmonov I.U. Narzulayev B.Sh. Problems of increasing the reliability of electric motors and methods of their solution. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 4, pp. 87-93.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18460008>

Received: 02.04.2025

Revised: 17.04.2025

Accepted: 09.07.2025

Published: 27.12.2025

**Copyright:** © Raxmonov I.U. Narzulayev B.Sh., 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



# Problems of increasing the reliability of electric motors and methods of their solution

Ikromjon U. Raxmonov<sup>1</sup>, Boburjon Sh. Narzullayev<sup>2,a</sup>

<sup>1</sup>) DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; [ilider1987@yandex.ru](mailto:ilider1987@yandex.ru)  
<http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

<sup>2a</sup>) PhD., dots., Navoi state university of mining and technology, Navoi, 210100, Uzbekistan; [bobumarzullayev91@mail.ru](mailto:bobumarzullayev91@mail.ru)  
<https://orcid.org/0009-0007-1676-213X>

**Relevance:** Today, electric motors are the basis of industrial production. The rate of wear of electric motors is significantly lower than the rate of their modernization. Thus, during the operation of electric motors, they are triggered, which increases their reliability. Mazda has proposed more modern operating conditions for electric motors, which would improve the reliability of their operation.

**Aim:** The reliability of electric motors is currently one of the most important components of their reliability, making them reliable, adaptive and intelligent units in the operation of electric motors. A feasibility study is required to prevent accidents on paved roads that may lead to the destruction or damage of the cladding.

**Methods:** In order to increase the reliability of electric motors, they used rational and intelligent methods based on technology.

**Results:** An intelligent monitoring system based on the RUL (Remaining Useful Life — Remaining) methodology for predicting the technical condition of electric motors. Similar results were obtained in the antimonopoly regime, including in the framework of the mandatory medical examination system.

**Keywords:** Electric motor, RUL (Remaining Useful Life), intelligent monitoring, vibration diagnostics, energy efficiency, fault analysis, current, scheduling, frequency, power, stator, rotor, source, power supply, accident, breakdown, power consumption.

## 1. Кириш (Introduction)

Электр двигателлари sanoat, transport, qishloq xўjaligi va maishiy soxalarda eng keng qўllaniladigan elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi quрилmalarдан hisoblanadi. Shuningdek, elektr двигателлари korxonalarining uzlaksiz va ishonchli ishlashi, texnologik jaraenlarining samaradorligi hamda iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli, elektr двигателlarining ishonchililigini oshirish bugungi kunda tadqiqotchilaramiz oldidagi eng dolzarb ilmiy-texnik muammolardan biri hisoblanadi.

Bugungi kunda, elektr двигателlarining ishonchililigini oshirishdagi muammolar quyidagilar:

- двигателларнинг бутун ishlash davrida ularning normal, nosozlik, degradatsiya va avariya holatlarini baholovchi hamda intellektual monitoring qiluvchi tizim yaratilmaganligi;
- elektr двигателларнинг texnik holatini kompleks diagnostika qiluvchi tizimlarining takomillashdirilmaganligi;
- elektr двигателlarining ish davrlarida kutilmaganda tuxtab qolishlar, ta'mirlash xarajatlarini qisqartirish hamda xizmat muddatlarini uzaytirish maqsadida bashoratli texnik xizmat kўrsatish tizimi muammal ishlab chiqilmaganligi;
- двигателларнинг qoldiq xizmat qiliش muddatini aniq prognoz qiluvchi takomillashdirilgan usullarining mavjud emasligi, shu kabi muammolarning mavjudligi elektr двигателларning ishonchililigini oshirishga, ishlab chiqarish intensivligini pasayishiga, texnologik siklining buzilishiga, ta'mir uchun ketadigan sarf-xarajatlarining oshib ketishiga hamda двигателларning elektr energiya iste'moli samaradorligining tuшиб ketishiga olib keladi [1-3].

## 2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

Yukorida keltilirilgan muammolarni bartaraf etishda an'naviy rejali-ta'mirlash usullari starli samara bermaydi. Shu bois, elektr двигателларning ishonchililigini oshirishda zamonaviy ilmiy endashuvlariga asoslangan kompleks echimlarni joriy etish zarurati mavjud. Bunda diagnostika va intellektual monitoring tizimlarini qўllash, sensor ma'lumotlarini real vaqtda taxlil qiliش hamda qoldiq xizmat muddatini bashoratli baholash asosida xizmat kўrsatish strategiyasini shakllantirish muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli, mazkur tadqiqot ishida elektr двигателларning ishonchililigini oshirishdagi muammolarning echimi sifatida taklif etiladigan, yukorida keltilirilgan tavsialarining barчасini ўzida mujassamlashtirgan raqamli egzak texnologiyalarini qўllash asosida raqamli va intellektual usullarni ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.



Рақамли эгзак технологияси – двигателларнинг электр, механик ва иссиқлик параметрларини бирлаштирувчи гибрид баҳоловчи технология бўлиб, уларнинг виртуал рақамли нусхасини яратиш ва уни реал вақтда маълумотлар орқали бошқариш ҳамда таҳлил қилиш услулари мажмуидир.

Рақамли ва интеллектуал усул электр двигателларининг ишончилигини оширишда энг истиқболли ва инновацион йўналиш ҳисобланади. У диагностика, мониторинг ва прогнозлаш жараёнларини ягона рақамли муҳитда интеграция қилиш орқали ишончилиқни стратегик бошқариш имконини беради. Илмий нуқтаи назардан, мазкур ёндашув саноат корхоналаридаги электр двигателлари учун проактив, рискка асосланган ва интеллектуал хизмат кўрсатиш моделини шакллантиришга хизмат қилади [4].

Электр двигателларнинг ишончилигини оширишда рақамли ва интеллектуал усулларни қўллаш орқали қуйидаги вазифалар бажарилади:

- электр двигателларнинг иш режимини ўзгаришига мос ҳолда нормал ва хавфли ҳолат чегараларини аниқлаш;
- иссиқлик, электр ва механик омилларнинг ўзаро таъсирини ҳисобга олган ҳолда интеллектуал мониторинг қилиш;
- двигателларнинг бутун иш даврида деградация жараёнини эрта босқичда аниқлаш;
- авария ҳолатларининг олдини олиш ва хизмат муддатини узайтириш;
- ишончилиқ хавф индекси ва қолган хизмат муддати (RUL) ни ҳисоблаш;
- электр двигателларнинг техник ҳолатини комплекс диагностика қилиш;
- диагностика ва интеллектуал мониторинг натижаларидан келиб чиқиб двигателларга техник хизмат кўрсатиш қарорларини қабул қилиш алгоритминини ишлаб чиқиш каби вазифалар тўлақонли бажарилади, натижада электр двигателларнинг ишончилигини оширишга сезиларли даражада эришилади.

### 3. Натижалар (Results)

Юқорида келтириб ўтилган вазифаларнинг бажарилиш жараёни қуйидаги босқичларда амалга оширилади:

- физик жараёнларни моделлаштириш;
- деградацияни баҳолаш ва қолдиқ хизмат муддатини башорат қилиш;
- қарор қабул қилиш ҳамда уларни бошқарув тизимларига интеграция қилиш.

Ушбу босқичлар бир-бири билан ўзаро боғланган бўлиб, реал вақтда маълумот алмашинуви асосида ишлайди.

Физик жараёнларни моделлаштириш электр двигателда кечадиган мураккаб жараёнларни математик моделлари орқали таҳлил қилиш имконини беради ҳамда у қуйидаги моделлаштириш турларига бўлинади:

- электромагнит модель;
- иссиқлик модель;
- механик модель.

Электромагнит модель двигателдаги ток асимметрияси, магнит оқими ўзгариши ва момент тебранишлари орқали электр носозликларини баҳолаш имконини беради. Электромагнит модел электр двигателдаги магнит майдонлар, тоқлар ва электромагнит кучларнинг ўзаро боғлиқлигини математик ифода орқали тасвирлайди. Моделлаштириш Максвелл тенгламаларига асосланиб, қуйидаги жараёнларни камраб олади:

- магнит оқимининг тақсимоли;
- статор ва ротор чулғамларида ток зичлиги;
- электромагнит момент ҳосил бўлиши.

Ушбу жараёнларни тўғри ифодалаш двигателнинг иш режими, юклама ўзгариши ва динамик ҳолатларини чуқур таҳлил қилиш имконини беради.

Электромагнит модель асосида двигателларда магнит тўйиниш ҳодисаларини олдиндан аниқлаш, ортиқча ток ва иссиқлик йўқотишларини камайитириш, электромагнит тебранишлар ва шовқин манбаларини таҳлил қилиш ҳамда изоляцияга тушадиган юкламаларни баҳолаш имкони пайдо бўлади. Электромагнит моделлаштиришнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

- аналитик моделлар;
- чекли элементлар усули;
- эквивалент электр схемалари.

Бу усуллар моторнинг иш режимларини баҳолаш ва конструктив ечимларни солиштиришда самарали ҳисобланади.

Иссиқлик модель двигател юкласи ва совутиш шароитини ҳисобга олган ҳолда ҳарорат режимини аниқлайди ҳамда изоляция қариш жараёнини тавсифлайди. Электр двигателларда иссиқлик моделлари иш жараёнидаги ҳарорат ҳолатини чуқур таҳлил қилиш имконини берувчи муҳим илмий воситадир. Замонавий ҳисоблаш усуллари билан биргаликда

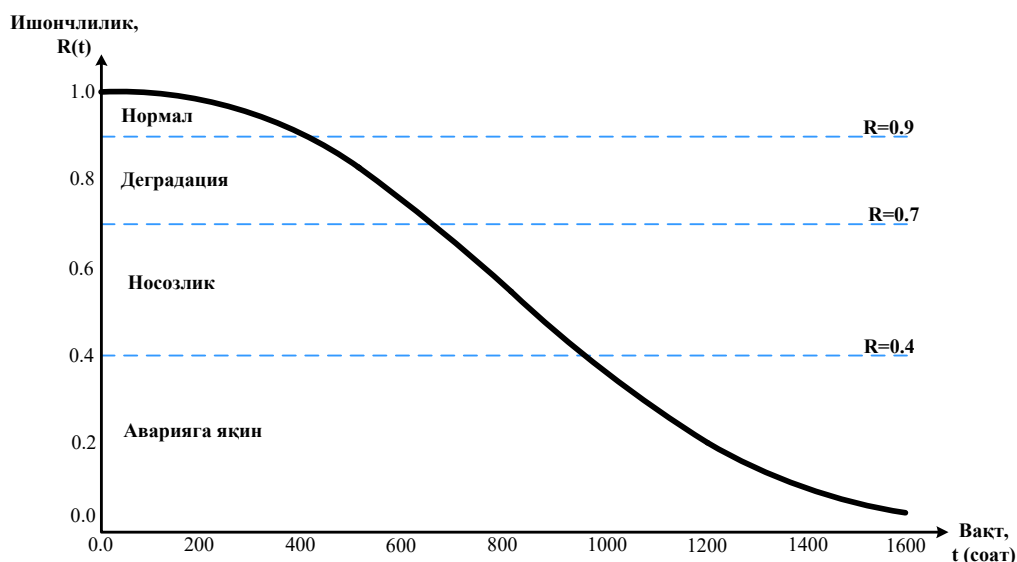


қўлланилган иссиқлик моделлаштириш двигателларнинг хавфсиз, самарали ва узоқ муддатли ишлашини таъминлайди.

Механик модель подшипниклар ҳолати, вал дисбаланси ва резонанс ҳодисаларини баҳолаш орқали механик носозликларнинг эрта аломатларини аниқлайди. Электр двигателларда механик моделлаштириш конструктив ва эксплуатацион муаммоларни илмий асосда ҳал этиш имконини беради. Электромагнит ва иссиқлик моделлари билан биргаликда қўлланилганда, механик моделлари электр двигателларнинг комплекс ишончилигини таъминлашда муҳим ўрин тутаяди.

Деградацияни баҳолаш ва қолдиқ хизмат муддатини башорат қилиш.

Электр двигател ишлаши жараёнида вақт ўтиши билан унинг электр, механик ва иссиқлик қисмлари параметрларининг ўзгариб бориши натижасида иш самарадорлиги ва ишончилигининг босқичма-босқич пасайиш жараёни деградация деб аталади (1-расм).



**1-расм.** Электр двигателларида деградацияни баҳолаш графиги.

**Figure 1.** Graph of degradation assessment in electric motors.

1-расмдан кўриниб турибдики, ишончилик ( $R$ ) 0...1 оралик коэффициентда олинган бўлиб бунда,  $R=0,9$  ва ундан юқори бўлса, электр двигателларининг ишлаши нормал ҳолатда,  $R=0,7$  ва ундан юқори бўлса деградация жараёнида,  $R=0,4$  ва ундан юқори бўлса носозлик ҳолатда,  $R=0,7$  0,4 дан паст бўлса электр двигател авария ҳолатда бўлади.

Деградация жараёни куйидаги турларга бўлинади:

- электр деградацияси;
- иссиқлик деградацияси;
- механик деградацияси;

Электр деградация — двигателнинг иш режими, иссиқлик ва электр кучланиш таъсирида ўрам изоляцияси ва ток ўтказувчи қисмларнинг электр мустаҳкамлиги пасайиши, оқиш тоқларининг ортиши ҳамда изоляция параметрларининг ўзгариши билан тавсифланган узлуксиз жараён. Электр деградация бу двигателдаги энг хавфли ва яширин жараён бўлиб, у асосан изоляция ҳолати орқали намоён бўлади, двигателлар эрта диагностика қилинмаса тўсатдан аварияга олиб келиш ҳолатлари кузатилади.

Иссиқлик деградация — электр двигател элементларининг (ўрам изоляцияси, подшипник мойи ва механик қисмлар) узоқ вақт давомида меъёрдан юқори ҳарорат таъсирида физик-кимёвий хусусиятларини йўқотиш жараёнидир. Бу жараён ишончилиқнинг пасайиши ва хизмат муддатининг қисқаришига олиб келади.

Механик деградация — электр двигателнинг механик элементлари (подшипниклар, вал, ротор, муфта, корпус) да узоқ муддатли динамик ва статик юклар таъсирида юзага келадиган эскириш, деформация ва ишончилиқ пасайиши жараёнидир. У кўп ҳолларда вибрация ошиши билан бошланади ва авария ҳолатигача ривожланади. Механик деградация электр двигателларида аварияларнинг асосий бошланғич манбаи ҳисобланиб, у кўпинча вибрациянинг ошиши орқали намоён бўлади. Подшипник ва вал эскириши ротор-статор ўзаро таъсирини бузиб, иссиқлик ва электр деградация жараёнларини ҳам тезлаштиради. Шу сабабли механик ҳолатни узлуксиз вибрацион мониторинг қилиш ва прогностик хизмат кўрсатиш усулларини жорий этиш электр двигател ишончилигини оширишда ҳал қилувчи аҳамиятга эга [5-9].

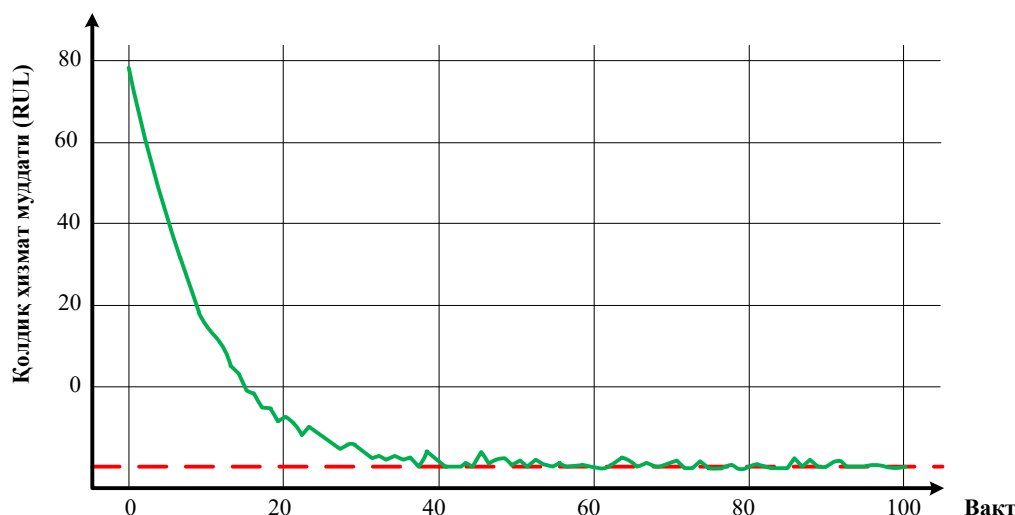


#### 4. Munozara (Discussion)

Электр двигателларнинг қолдиқ хизмат муддатини прогноз қилиш мақсадида RUL тушунчаси киритилади (2-расм). RUL - Remaining Useful Life сўзининг қисқартмаси бўлиб, электр қурилмалар компоненти ёки тизимининг қолдиқ ишлаш вақтини ифодаловчи вақт оралиғи бўлиб ҳисобланади. RUL электр двигателнинг ишдан чиқиш вақтини миқдорий кўрсаткич сифатида тасвирлаш имконини беради. Агар  $t_0$  ишдан чиқиш вақти,  $t_c$  ни эса жорий вақтни ифодаласа, унда  $t_c$  учун RUL қуйидагича ифодаланади:

$$RUL_{t_c} = t_0 - t_c$$

Деградация параметрларини реал вақтда прогнозлаш асосида RULни аниқлаш аварияларни барвақт олдини олиш, хизмат кўрсатишни оптималлаштириш ва мотор ресурсидан тўлиқ фойдаланиш имконини беради.



**2-расм.** Электр двигателларнинг қолдиқ хизмат муддати (RUL) ни аниқлаш графиги.

**Figure 2.** Graph for determining the residual service life (RUL) of electric motors.

2-расмда электр двигателнинг қолган фойдаланиш муддати (RUL) ни вақт ўтган сари қандай ўзгараётгани кўрсатилган. Горизонтал ўқ вақтни, вертикал ўқ эса қолган фойдаланиш муддатини ифодалайди. Яшил чизик двигателнинг RUL қандай камайиб боришини, қизил пунктир чизик эса ишдан чиқиш ҳодисасини кўрсатади. Электр двигател иш бошлаганда RUL юқори бўлиб, вақт ўтиши билан пасаяди ва охирида нолга тенг бўлади. Бу унинг ишдан чиқишини аңглатади. RUL графиги электр двигател ҳолатини вақт бўйича прогноз қилишда асосий визуал ва ҳисоблаш воситаси ҳисобланади. Деградация трендининг белгиланган порог билан кесишиши орқали двигателнинг қолдиқ хизмат муддати аниқланади. Ушбу ёндашув диагностика ва мониторинг натижаларини прогноз ва рискка асосланган қарор қабул қилиш билан боғлаб, интеллектуал техник хизмат кўрсатиш тизимларининг илмий-методик асосини ташкил этади.

Қарор қабул қилиш ҳамда уларни бошқарув тизимларига интеграция қилиш замонавий саноатда электр двигателларнинг ишончли ишлаши автоматлаштирилган бошқарув тизимлари билан узвий боғлиқ. Диагностика, деградацияни баҳолаш ва қолдиқ хизмат муддатини башорат қилиш натижаларини қарор қабул қилиш жараёнларига интеграция қилиш двигателларнинг эксплуатацион ишончилигини оширишга хизмат қилади [10-13].

Электр двигателлар ҳолатини баҳолаш натижаларини бошқарув тизимларига интеграция қилиш қуйидаги усуллар орқали амалга оширилади:

- иерархик интеграция;
- мослашувчан бошқарув;
- ҳолатга асосланган техник хизмат;
- башоратга асосланган бошқарув.

Интеграцияланган тизимларда қуйидаги алгоритмлар кенг қўлланилади:

- кўп мезонли қарор қабул қилиш усуллари;
- эҳтимолӣ ва фуззи-мантиқий моделлар;
- сунъий интеллект ва моторларни ўрганиш алгоритмлари.

Ушбу алгоритмлар ноаниқлик шароитида ҳам ишончли қарор қабул қилиш имконини беради. [14,15].



## 5. Хулоса (Conclusion)

Олиб борилган илмий таҳлиллар натижасида электр двигателларининг ишончилигини оширишдаги муаммолар электр, механик, иссиқлик омиллари билан боғлиқ экани ҳамда ушбу омилларнинг ўзаро боғлиқ ҳолда таъсир қилиши двигателларда деградация жараёнларининг тезлашувига, эрта носозликлар ва авариявий ҳолатларнинг келиб чиқишига сабаб бўлаётгани илмий жиҳатдан асосланди. Мазкур тадқиқот иши доирасида электр двигателларининг ишончилигини оширишда диагностикага асосланган интеллектуал мониторинг, рақамли эгизак технологияси ва башоратли техник хизмат кўрсатиш усулларини қўллашнинг устунликлари илмий жиҳатдан исботланди. Ушбу ёндашувлар двигател ҳолатини реал вақт режимида назорат қилиш, носозликларни эрта босқичда аниқлаш ва қолган ишлаш ресурси (RUL)ни аниқ баҳолаш имконини беради. Бу эса электр двигателларининг ишончилик кўрсаткичларини ошириш, хизмат муддатини узайтириш ҳамда эксплуатацион харажатларни камайитиришга хизмат қилади

## ADABIYOTLAR

1. Аллаев К. Р. Современная энергетика и перспективы ее развития // Под общей редакцией академика Салимова АУ. "Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi. –Т.: – 2021. 301-b.
2. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.S. Diagnostics of the Technical Condition of Energy Devices based on the Monitoring of Phase Voltages and Currents. // Journal of Pharmaceutical Negative Results. – 2022. – Vol. 2455-2460. URL: <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S08.306> (2022)
3. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.S., Murodov H.S. Models and methods of optimization of electricity consumption control in industrial enterprises // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2020. – Т. 1679. – №. 2. – Vol. 22-74. URL: doi:10.1088/1742-6596/1679/2/022074
4. Boboqulov J., Narzullayev B. Development of a model for diagnosing rotor conditions in the parallel connection of synchronous generators with the network // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 525. – Vol. 06001. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506001>
5. Narzullayev B.S., Eshmirzaev M.A. Causes of the appearance of current waves in high voltage electric arc furnaces, and methods of their reduction // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 417. – Vol. 03003. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703003>
6. Ataullov N., Nizomova D., Norqulov A. Monitoring and control of the protection system of electric drives with the method of pulse-width modulation // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 417. – Vol. 03009. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703009>
7. Turdibekov, K., Sulliev, A., Iskandarova, O., Boboqulov, J. Experimental and statistical methods for studying the modes of electric power systems under conditions of uncertainty. // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2023. – Т. 417. – Vol. 030110. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345204002>
8. Tursunova, A., Bozorova, S., Ibragimova, K., Bobokulov, J., & Abdullaev, S. Researching localization of vertical axis wind generators. // E3S Web of Conferences EDP Sciences, 2023. – Т. Vol. 417, p. 03005. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703005>
9. Tatkeyeva G., Kurabayev I., Ataullov N., Murodov X. Experimental research of the developed method to determine the network insulation for ungrounded AC systems in laboratory conditions. In 2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET) (pp. 1-4). IEEE. URL: DOI:10.1109/ICECET55527.2022.9873012 (2022, July).
10. Ataullov N., Ataullov A., Karimtoшович S. M. Control and management of the operating modes of batteries with the use of magnetic modulation converters // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1047. – №. 1. – С. 012030. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1047/1/012030>
11. Karshibaev A.I., Narzullaev B.S.H., Rasulova B.I. Sanoat korxonalaridagi elektr energiya iste'molchilarining ish rejimlarini axborot-mantiqiy sxema yordamida boshqarish. // Konchilik xabarnomasi jurnali. 2020 y. 2-soni.
12. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.S.H. Energetik qurilmalarning qizish haroratini hisoblash orqali ularning texnik holatini diagnostika qilish tizimini takomillashtirish. // Konchilik xabarnomasi jurnali. 2022 y. 4-soni. URL: DOI:10.54073/GV.2024.1.96.024
13. Narzullaev B.S.H. Sinxron motorlarning energo-mexanik ko'rsatkichlari asosida qizish haroratini hisoblash. // O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi. Kompyuter dasturini rasmiy ro'yxatdan o'tkazish to'g'risidagi guvohnoma № DGU 21014. 12.12.2022.
14. Narzullaev B.S.H. Asinxron motorlarning energo-mexanik ko'rsatkichlarini monitoring asosida texnik holatini diagnostika qilishi. // Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi – Toshkent, 2022.
15. Narzullaev B.S.H., Boboqulov J.S., Mingboyev U.T. Sinxron generator stator cho'lg'amida xosil bo'layotgan kuchlanishni hisoblash dasturi. // O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi.



Kompyuter dasturini rasmiy ro'yxatdan o'tkazish to'g'risidagi guvoynoma № DGU 23696. 29.03.2023 y.

## REFERENCES

1. Allaev K.R. Advanced engineering and prospects for its development // Under the general editorship of academician Shalimov A. Yu. "Science and technology nashriyot printing house". – T.: – 2021. p. 301.
2. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.S. Diagnostics of the Technical Condition of Energy Devices based on the Monitoring of Phase Voltages and Currents. // *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. – 2022. – Vol. 2455-2460. URL: <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S08.306> (2022)
3. Qarshibaev A.I., Narzullaev B.S., Murodov H.S. Models and methods of optimization of electricity consumption control in industrial enterprises // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2020. – T. 1679. – №. 2. – Vol. 22-74. URL: [doi:10.1088/1742-6596/1679/2/022074](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/2/022074)
4. Boboqulov J., Narzullayev B. Development of a model for diagnosing rotor conditions in the parallel connection of synchronous generators with the network // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2024. – T. 525. – Vol. 06001. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506001>
5. Narzullayev B.S., Eshmirzaev M.A. Causes of the appearance of current waves in high voltage electric arc furnaces, and methods of their reduction // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2023. – T. 417. – Vol. 03003. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703003>
6. Ataulaev N., Nizomova D., Norqulov A. Monitoring and control of the protection system of electric drives with the method of pulse-width modulation // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2023. – T. 417. – Vol. 03009. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703009>
7. Turdibekov, K., Sulliev, A., Iskandarova, O., Boboqulov, J. Experimental and statistical methods for studying the modes of electric power systems under conditions of uncertainty. In *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2023. – T. 417. – Vol. 030110. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345204002>
8. Tursunova, A., Bozorova, S., Ibragimova, K., Bobokulov, J., & Abdullaev, S. Researching localization of vertical axis wind generators. // In *E3S Web of Conferences EDP Sciences*, 2023. – T. Vol. 417, p. 03005. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703005>
9. Tatkeyeva, G., Kurabayev, I., Ataulaev, N., Murodov, X. Experimental research of the developed method to determine the network insulation for ungrounded AC systems in laboratory conditions. // In *2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICE-CET) (pp. 1-4)*. IEEE. URL: [DOI:10.1109/ICECET55527.2022.9873012](https://doi.org/10.1109/ICECET55527.2022.9873012) (2022, July).
10. Ataulaev N., Ataulayev A., Karimtoшович S. M. Control and management of the operating modes of batteries with the use of magnetic modulation converters // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – IOP Publishing, 2021. – T. 1047. – №. 1. – C. 012030. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1047/1/012030>
11. Karshibaev A.I., Narzullaev B.SH., Rasulova B.I. Control of the operating modes of electricity consumers in industrial enterprises using an information and logical scheme. // *Journal of mining notice*. 2020. Issue 2.
12. Karshibaev A.I., Narzullaev B.SH. Improving the diagnostic system of their technical condition by calculating the heating temperature of Energy Devices. // *Journal of mining notice*. 2022. Issue 4. DOI:10.54073/GV.2024.1.96.024
13. Narzullaev B.SH. Calculation of the heating temperature based on the energo-mechanical indicators of synchronous motors. // *Intellectual property agency of the Republic of Uzbekistan. Certificate of official registration of a computer program № DGU 21014*. 12.12.2022.
14. Narzullaev B.SH. Diagnostics of the technical condition of asynchronous motors based on monitoring of energo-mechanical indicators. // *Doctor of philosophy in technical sciences (PhD) dissertation*. –Tashkent, 2022.
15. Narzullaev B.SH., Boboqulov J.S., Mingboyev U.T. Synchronous generator is a voltage calculation program that is dressing in the stator swamp. // *Intellectual property agency of the Republic of Uzbekistan. Certificate of official registration of a computer program*. № DGU 23696. 29.03.2023.