

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№2 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/BGQF2124>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шеръязов С. К.	<i>т.ғ.д., профессор (Российская Федерация)</i>
Искакова З. С.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/BGQF2155>

**А. Д. Умурзакова¹, *А. М. Сарманова², Н. Д. Сарбасова³,
А. Б. Жантлесова⁴, Б. Б. Исабекова⁵**

^{1,2,4}С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

^{3,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7683-5256>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4130-3673>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7280-7434>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3730-0579>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5044-3211>

*e-mail: sarmanova.almagul.d@gmail.com

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУДІҢ АЛҒЫШАРТТАРЫ

Мақалада ауыл шаруашылығындағы асинхронды қозғалтқыштардың (АҚ) сенімділігі мен энергия тиімділігін арттырудың өзекті мәселесі қарастырылады, мұнда істен шығудың негізгі себептерінің бірі статор орамаларының оқшаулауының деградациясы болып табылады, әсіресе шамадан тыс жүктеме және агрессивті орта жағдайларында. АҚ диагностикалаудың дәстүрлі әдістерінің тар мамандануы және интеллектуалды жүйелерге әлсіз интеграциясы үлкен мәселе болып табылады. Шешім ретінде жасанды нейрондық желілерді (ЖНЖ) қолданатын алгоритмге негізделген әдіс ұсынылады, ол ақаулықтарды ерте сатысында анықтауға мүмкіндік береді. АЕМОТ Electric қозғалтқыштары бар зертханалық стендте шамадан тыс жүктеме режимін модельденді, АҚ жұмысындағы істен шығуды көрсететін токтардың, кернеулердің және фазалық диаграммалардың өзгерістері тіркелді және талданды.

Жиналған мәліметтер негізінде АҚ нақты ақауларын тануға қабілетті оқытылған ЖНЖ блогы бар алгоритм жасалды. Ұсынылған диагностикалық алгоритм реактивті емес, белсенді қызмет көрсетеді: ағымдағы параметрлерді салыстыру белгіленген

деректермен емес, дәлдік пен шұға төзімділікті арттыратын көп өлшемді «қалыпты» және «істен шығу» стандарттарымен жүзеге асырылады. Бұл тәсіл Industry 4.0 және «ақылды» ауыл шаруашылығы тұжырымдамаларына сәйкес келеді, бұл тоқтап қалуды азайтуға, жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға және қуат тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді. Әрі қарай зерттеу жұмыстары - АҚ параметрлерінің дерекқорын кеңейту және нақты жұмыс жағдайында жүйені сынақтан өткізу.

Кілтті сөздер: асинхронды қозғалтқыш, ақаулық, диагностика, шамадан тыс жүктеме, динамикалық тежеу, жасанды нейрондық желілер, ауыл шаруашылығы.

Кіріспе

Аграрлық сектордағы асинхронды қозғалтқыштар (АҚ) сорғы қондырғыларында, желдету жүйелерінде, тасымалдау желілерінде және ауылшаруашылық процестерін автоматтандыруды қамтамасыз ететін басқа жабдықтарда кеңінен қолданылады. Олардың сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін уақытылы диагностикалау, АҚ жағдайын бағалау қажет, атап айтқанда: статор орамаларының оқшаулауындағы зақымданулар, олар АҚ жұмыс істемеуінің жалпы себептерінің бірі болып табылады.

Мемлекет басшысы Қ. Тоқаев Ауыл шаруашылығы қызметкерлерінің бірінші форумында өз сөзінде электр жабдықтарының сенімділігі мен энергия тиімділігін арттыру қажеттілігі туралы айтты [1, 7–15-б.], бұған энергия тұтынуды азайту, басқаруды оңтайландыру, ақаулардың алдын алу және ерте диагностикалау арқылы қол жеткізіледі.

Қолданыстағы диагностикалық әдістер [2, 315–318-б.] көбінесе жоғары мамандандырылған және интеллектуалды Industry 4.0 интеллектуалды жүйелеріне біріктірілмеген, бұл оларды қазіргі агроөнеркәсіптік кешенде (АӨК) қолдануды қиындатады.

Ауыл шаруашылығында агрессивті жағдайларды ескере отырып, энергия тиімділігін талдаудың көп деңгейлі әдісін бейімдеуге болады: ылғалдылық, шаң, температураның ауытқуы, шамадан тыс жүктеме [3, 90–107-б.]. Машиналық оқытуды қолдану [4, 47–50-б.] және адаптивті алгоритмдер жұмыс режимінің өзгеруіне динамикалық бейімделе отырып, ақауларды анықтап қана қоймай, болжай алатын интеллектуалды бақылау жүйелерін құруға мүмкіндік береді.

Осылайша, АӨК-де ақ сенімділігі мен энергия тиімділігін арттыру үшін оқшаулаудың зақымдануын ерте анықтауды және күрделі жағдайларда

жабдықтың тұрақты жұмысын қамтамасыз ететін жасанды нейрондық желілер (ЖНЖ) негізінде адаптивті диагностикалық жүйелерді енгізу қажет.

Материалдар мен әдістері

АҚ ақауларын уақтылы диагностикалауды қамтамасыз ету үшін электр параметрлерін бақылау қажет. 1-суретте АҚ негізгі элементтерін бақылауға мүмкіндік беретін жай-күй мониторингінің негізгі тәсілдері мен физикалық көрсеткіштері көрсетілген [5, 139–143-б.].



1-сурет – АҚ жай-күйін бақылау әдістерінің жіктелуі

АҚ ақауларын диагностикалаудың әртүрлі әдістерін зерттеушілер жұмыста әзірлеген және сипаттаған. [6;7;8] жұмыстарда АҚ оқшаулауды диагностикалаудың кең ауқымды әдістері жүйеленген және талданған, соның ішінде физикалық тәсілдер-импульстік сынақтар, оқшаулау кедергісін өлшеу және ток пен кернеуді бақылау, тұтынылатын токтың спектрлік талдауы, жоғары жиілікті сигнал инжекциясы сияқты онлайн әдістер. Жұмыстардағы ақауларды анықтаудың егжей-тегжейлі қарастырылған тәсілдері [9, 22–25-б.], уақыт, жиілік және уақыт-жиілік аймақтарындағы сигналдарды талдауға, сондай-ақ АҚ үшін жасанды интеллект алгоритмдерін қолдануға негізделген. Бұл жұмыс ақаулардың барлық төрт негізгі түрін диагностикалау үшін кешенді тәсілдің маңыздылығына баса назар аударады. [10; 11] жұмыстарда орташа кернеулі АҚ күйін бақылау әдістеріне талдау жасалды және мұндай [12; 13] құрылғылар ротор проблемаларына сезімтал екендігі анықталды, бұл оларды диагностикалауға ерекше көзқарасты қажет етеді.

Осылайша, ауыл шаруашылығындағы АҚ сенімділігін арттыру үшін интеллектуалды диагностикалық әдісті әзірлеу қажет. Зерттеу шеңберінде

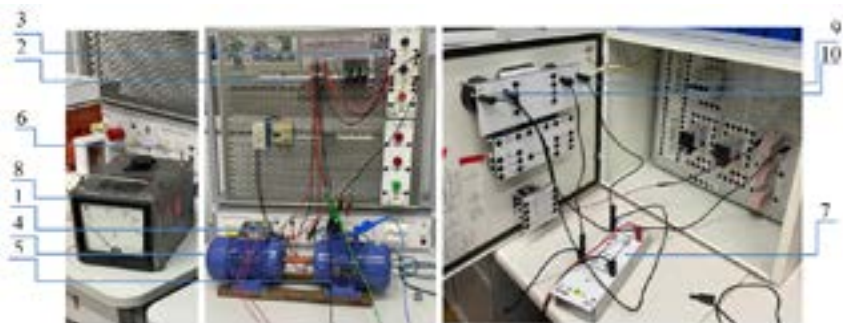
ЖНЖ оқыту және валидациялау үшін зертханалық эксперимент барысында алынған қозғалтқыш параметрлерінің (токтар, кернеулер, фазалық диаграммалар) дерекқорын қалыптастыру және ауыл шаруашылығындағы АҚ ақауларын диагностикалау алгоритмін әзірлеу жоспарлануда [14, 1–6-б.].

АҚ ақаулары бар режимде дерекқор жинау үшін муфта арқылы қосылған АҚ АЕМОТ Electric AA71M6A және AA71M4A зертханалық стенд жиналды. АҚ техникалық деректері 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте – АҚ техникалық деректері

№	Параметр	Өлш.бірл.	Мәні	
			AA71M6A	AA71M4A
1	Кернеу, U	В	230/400	230/400
2	Жиілік, f	Гц	50	50
3	Қуат коэффициенті, cos φ		0,69	0,78
4	Қуаты, P	Вт	0,18	0,25
5	Номиналды ток, I	А	1,30/0,75	1,37/0,79
6	Айналу жиілігі, n	айн/мин	1000	1500

2-суретте келесілерден тұратын зертханалық стенд көрсетілген: 1 – үш фазалы қуат көзі, 2 – автоматты ажыратқыш, 3 – түймелі басқару посты, 4 – қалыпты жұмыс режимінде жұмыс істейтін №1 АҚ, 5 – динамикалық тежеу режимінде жұмыс істейтін №2 АҚ, 6 – бір фазалы қуат көзі, 7 – блок түзеткіш (диодты көпір), 8 – автотрансформатор, 9 – вольтметр, 10 – амперметр.



2-сурет – Динамикалық тежеу режиміндегі зертханалық тәжірибе

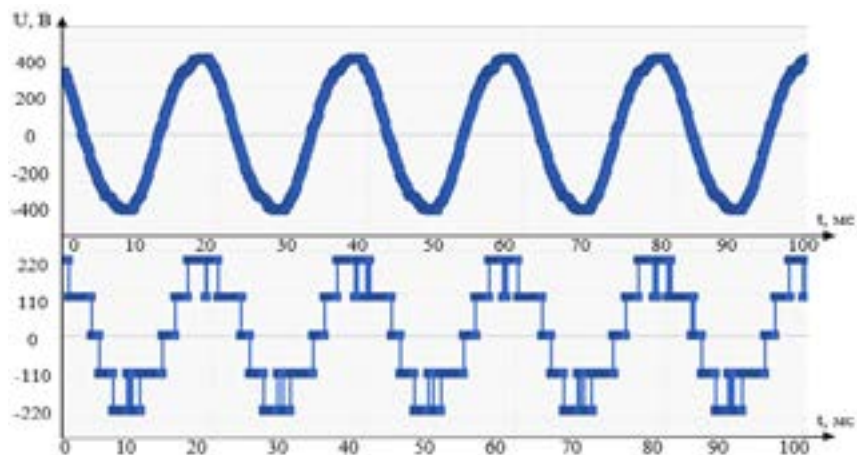
№ 1 АҚ зертханалық стендінде (негізгі қозғалтқыш) №2 ақ қозғалтқыш білігімен механикалық байланысқан. № 2 қан қысымындағы кернеу түзеткіш

диод көпірі арқылы тізбекке қосылған автотрансформатор арқылы беріледі. Жүргізілген эксперимент барысында:

- статор орамаларының окшаулауында ақаулар пайда болатын АҚ шамадан тыс жүктелу режимінде қан қысымының электрлік параметрлерін жинау жүргізілді;

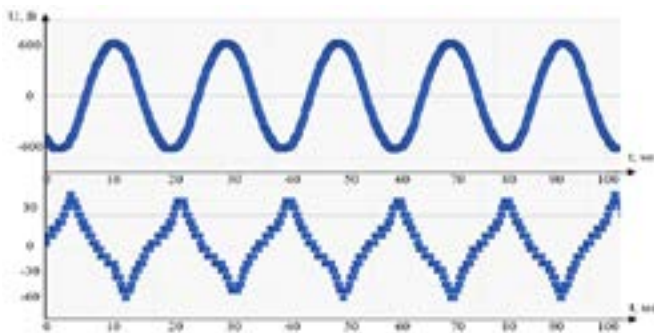
- PowerView бағдарламалық жасақтамасы арқылы Metrel электр анализаторының көмегімен кернеу мен ақ токтарының осциллограммалары алынды [15, 1–4–6.].

4-суреттегі графиктен шамадан тыс жүктеме режимінде кернеу амплитудасы уақыт секірулерімен өзгеретінін, ал қалыпты режимде кернеу амплитудасы тұрақты екенін көруге болады.



4-сурет – Қалыпты және шамадан тыс жүктеме режимдеріндегі кернеу диаграммаларын салыстыру №1 АҚ

Қалыпты режимде тәжірибе жүргізген кезде Metrel электр анализаторына түсетін кернеу сигналы синусоидалы болады. Шамадан тыс жүктеме режимінде кернеу сигналы тербелістермен пайда болады және сатылы сигнал болып табылады. Сонымен қатар, шамадан тыс жүктеме режимінде динамикалық тежелу мен автотрансформатордың әсерінен туындаған жоғары жиілікті гармоника байқалады.

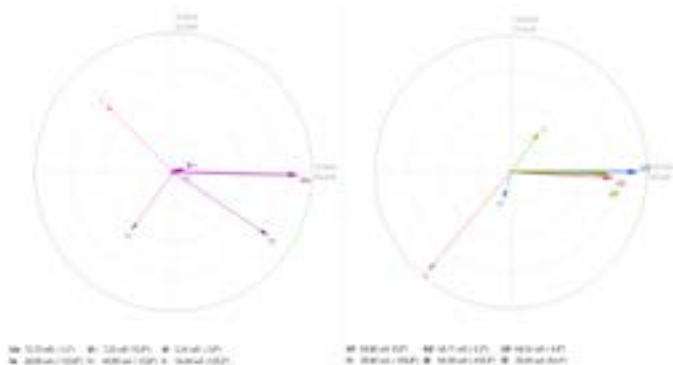


5-сурет - №1 АҚ қалыпты және шамадан тыс жүктеме режимдеріндегі ток диаграммаларын салыстыру

Токтар синусоидалы болатын қалыпты режимнен айырмашылығы, мұнда синусоидалы формалардың айтарлықтай бұрмалануы байқалады, онда олар өткір шыңдары мен төмендеулері бар ара тісті немесе үшбұрышты сипатқа ие болады. Бұл қозғалтқыштың магниттік тізбегінің сызықтық емес жүктемелерінің немесе қанықтылығының болуын көрсетеді.

Фазалық токтардың айқын асимметриясы байқалады: екінші фазадағы ток амплитудасы ± 200 мА-ға жетеді, ал бірінші және үшінші фазаларда ± 60 мА шамасында.

Ұсынылған фазалық диаграммаларда u_1 , u_2 , u_3 кернеу векторлары симметриялы үш фазалы жүйеге тән стандартты 120° ығысу сақтамалтыны байқалады (6-сурет).



6-сурет – Қалыпты және шамадан тыс жүктеме режимдеріндегі фазалық диаграммаларды салыстыру №1 АҚ

Бұл қуат желісіндегі тепе-теңдіктің бұзылуын немесе қозғалтқыш орамаларындағы асимметрияны көрсетеді. i_1, i_2, i_3 токтарының амплитудасы штаттық жұмыс режимінде байқалатын мәндерден едәуір асып түседі, бұл электр қозғалтқышының шамадан тыс жүктелуінің айқын белгісі.

Нәтижелер және талқылау

Эксперимент нәтижесінде шамадан тыс жүктеме режимінде АҚ электрлік параметрлерінің дерекқор жиналды. Бұрын экспериментте [5] қалыпты режимде АҚ электрлік параметрлерінің дерекқоры жинақталған.

Қайтадан алынған дерекқорда шамадан тыс жүктеме режимінде АҚ ақауларын диагностикалау алгоритмі жасалды.

Ұсынылған алгоритм ақауларды ерте кезеңдерде анықтауға арналған құрылымдық АҚ жағдайын диагностикалау процесі, бұл сенімділікті қамтамасыз ету және жұмыс жағдайында, әсіресе ауыл шаруашылығында тоқтап қалуды азайту үшін өте маңызды.

Салыстыру блогындағы алгоритмде ағымдағы ток пен кернеу мәндері А және В блоктарында жиналған дерекқорда оқытылған ЖНЖ көмегімен алынған ақаулар дерекқорымен салыстырылады.

ЖНЖ АҚ жұмысындағы параметрлердің өзгеруін, ток пен кернеу сигналдарының, фазалық диаграммалардың өзгеруін ақаулардың нақты түрлерімен байланыстыруға үйретілген. Мысалы, желі шамадан тыс жүктемеден туындаған сигналдың бұрмалануын гармоникалық құрамдағы немесе уақыт динамикасындағы жіңішке айырмашылықтар арқылы айналмалы тұйықталудан ажыратады.

Осылайша, осы алгоритмге негізделген диагностиканың жаңа әдісі интеллектуалды жүйе болады, онда *ins* қозғалтқыштың ағымдағы көрсеткіштерін (С блогы) талдайды және оларды белгіленген мәндермен емес, а және В мәліметтер базасында бекітілген ақаулы және ақаулы күй деректерімен салыстырады. өзара байланысты параметрлер; дәстүрлі әдістер үшін әлі де шамалы, бірақ оқытылған нейрондық желі үшін қазірдің өзінде «байқалатын» ақауларды ерте кезеңдерде анықтау, Жабдықтың тоқтап қалу уақытын қысқарту, өйткені жөндеу қажеттілігі туралы шешім автоматты түрде және жедел түрде қабылданады, ұзақ қолмен тексеруді қажет етпейді, процесті автоматтандырады және адам факторының әсерін азайтады.



7-сурет – ЖНЖ көмегімен АҚ ақауларын диагностикалау алгоритмі

Нәтижесінде, істен шығудың салдарын реактивті жоюдың орнына, ЖНЖ негізіндегі алгоритм проактивті тәсілді, апат пайда болғанға дейін оның алдын алуды қамтамасыз етеді. Бұл Industry 4.0 тұжырымдамасының заманауи талаптарына және «ақылды» ауыл шаруашылығы тұжырымдамасына сәйкес келеді, мұнда жабдықтың жұмысы ғана емес, оның болжамдылығы, сенімділігі және энергия тиімділігі де маңызды. Бұл әдісті әзірлеу және енгізу электр жабдықтарын техникалық диагностикалау саласындағы маңызды қадам болады.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің ғылыми жобаларды гранттық қаржыландыруын іске асыру аясында жарияланып отыр (грант № AP23486411)

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу барысында ауыл шаруашылығы өндірісіне тән шамадан тыс жүктеме жағдайында АҚ жұмысының деректерін жинауға бағытталған эксперимент жүргізілді. AEMOT Electric AA71M6A және AA71M4A қозғалтқыштарына негізделген зертханалық стендті пайдалану Metrel портативті электр сапасының анализаторы мен PowerView бағдарламалық ортасын қолдана отырып, шамадан тыс жүктеме режимін модельдеуге және токтар, кернеулер, фазалық диаграммалар сияқты электр параметрлерінің деректерін түсіруге мүмкіндік берді.

Жиналған эксперименттік мәліметтер негізінде АҚ қалыпты және ақаулық (шамадан тыс жүктеме) күйін көрсететін параметрлер дерекқоры құрылды. Бұл дерекқор ЖНЖ шешуші рөл атқаратын дамыған диагностикалық алгоритмнің негізін қалады. Дәстүрлі немесе спектрлік әдістерден айырмашылығы, ЖНЖ көп өлшемді деректердегі жасырын заңдылықтарды анықтай алады, бұл параметрлердің шамалы ауытқуларында да ақауларды ерте анықтауға мүмкіндік береді.

АҚ диагностикалауда ЖНЖ пайдаланудың артықшылықтары жоғары бейімделу, нақты деректерде оқу қабілеті, шуға төзімділік, сондай-ақ Industry 4.0 және «ақылды» ауыл шаруашылығы тұжырымдамалары шеңберінде интеллектуалды бақылау жүйелеріне интеграциялау мүмкіндігі болып табылады. Бұл тәсіл электр жабдықтарының сенімділігін, энергия тиімділігін және қызмет ету мерзімін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, зерттеу нәтижелері машиналық оқыту әдістерін, атап айтқанда ЖНЖ-ді АҚ диагностикалау жүйелеріне біріктіру тиімділігін растайды. Әрі қарайғы жұмыстар ақаулардың басқа түрлерін (мысалы, айналмалы тұйықталу, ротордың эксцентриситеті) қосу арқылы дерекқорды

кеңейтуге және ауыл шаруашылығы өндірісінің нақты жағдайларында әзірленген алгоритмді сынақтан өткізуге бағытталады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 октября 2021 года № 732 // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан – 2021. – № 2. – П. 1.1.

2 **Сарманова, А. М., Умурзакова, А. Д.** К вопросу о разработке диагностики неисправностей изоляции обмотки статора асинхронных двигателей в сельском хозяйстве [Текст]. // VI Международная молодежная научно-практическая конференция «Энергостарт». – 2023. – С. 315–318.

3 **Есмаханова, Л. Н., Шукаманов Ж. Е., Сағындық Ә. Б., Исабекова Б. Б., Исабеков Ж. Б.** PLC негізіндегі қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқышты басқару жүйелері [Текст]. – // Вестник Торайғыров университета. – 2025. – № 2. – С. 90–107.

4 **Sarmanova, A. M., Mukhamadiev, B. E., Umurzakova, A. D., Madi, P. S., Kurabaev, I. K., Alkina, A. D.** Review of Modern Methods of Fault Diagnosis in Agricultural Induction Motor [Текст]. // IEEE 6th International Symposium on Logistics and Industrial Informatics (LINDI). – 2025. – С. 47–50.

5 **Сарманова, А. М.** Анализ электрических параметров и диагностика работы асинхронных двигателей в сельском хозяйстве [Текст]. // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию С. Сейфуллина. – 2024. – С. 139–143.

6 **Умурзакова, А. Д., Мендыбаев, С. А.** Косвенные способы измерения выходных координат асинхронного электродвигателя [Текст]. // Материалы XI международной научно-практической конференции «Проблемы и достижения в промышленной энергетике». – 2012 – С. 91–93.

7 **Aboulhian, A., Green, D. H., Switzer, J. F., Kane, T. J., Bredariol, G. V., Lindahl, P., Donnal, J. S., Leeb, S. B.** NILM dashboard : A power system monitor for electromechanical equipment diagnostics [Text]. // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2019. – Vol. 15(3) – P. 1405–1414.

8 **Malozymov, B. V., Vilberger, M. E., Rozhkova, M. V., Shtang, A. A.** Diagnostics time in-tervals of electric transport systems using time between failures [Text]. // International Conference «Actual Issues of Mechanical Engineering». – 2017. – P. 458–466.

9 **Дайнеко, В. А., Юрковец, Ж. Г.** Методы диагностики асинхронных электродвигателей в рабочих режимах и перспективы их применения [Текст] // Агропанорама. – 2021. – № 4. – С. 22–25.

10 **Гончаров, В. А.** Диагностика изоляции обмоток асинхронных электродвигателей в рабочем режиме [Текст]. // Энергетика в АПК : сборник тезисов докладов студенческой научной конференции. – 2020. – С. 36.

11 **Шевчук, В. А., Семёнов, А. С.** Сравнение методов диагностики асинхронного двигателя [Текст]. // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – №3. – С. 419–423.

12 **Воробьев, Н. П., Воробьева, С. Н., Суханкин, Г. В., Герцен, Н. Т.** Методы и приборы диагностирования изоляции асинхронных двигателей [Текст] // Ползуновский вестник. – 2011. – №2/2. – С. 261–268.

13 **Шевчук, В. А., Семенов, А. С.** Удалённая диагностика асинхронного двигателя на основе спектрального анализа потребляемого тока с использованием промышленной сети RS485 MODBUS RTU [Текст]. // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире. Сборник докладов VI-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2015. – С. 176–180.

14 **Glazachev, A. V., Dementyev, Y. N., Rakov, I. V., Umurzakova, A. D.** An Asynchronous Electric Drive with the Indirect Control of the Output Variables [Text] // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Vol. 91. – P. 1–6.

15 **Dementyev, Yu. N., Umurzakova, A. D.** The indirect methods of control the output coordinates for the three-phase asynchronous electric motor [Text]. // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016. – 2016. – P. 1–4.

REFERENCES

1 Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 12 oktyabrya 2021 goda № 732 [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated October 12, 2021 No. 732] // Informacionno-pravovaya sistema normativnykh pravovykh aktov Respubliki Kazakhstan – 2021. – № 2. – P. 1.1.

2 **Sarmanova, A. M., Umurzakova, A. D.** K voprosu o razrabotke diagnostiki neispravnostej izolyacii obmotki statora asinhronnykh dvigatelej v sel'skom hozyajstve [On the issue of developing fault diagnosis of the insulation of the stator winding of asynchronous motors in agriculture]. // VI Mezhdunarodnaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Energostart». – 2023. – P. 315-318.

3 **Esmahanova, L. N., Shukamanov ZH. E., Sagyndyk A. B., Isabekova B. B., Isabekov ZH. B.** PLC negizindegi kyska tyjyktalghan rotory bar asinhronnyy kozgaltkyshty baskaru zhyjeleri [PLC-based asynchronous motor control systems]. // Vestnik Torajgyrov universiteta. – 2025. – № 2 – P. 90–107.

4 **Sarmanova, A. M., Mukhamadiev, B. E., Umurzakova, A. D., Madi, P. S., Kurabaev, I. K., Alkina, A. D.** Review of Modern Methods of Fault Diagnosis in Agricultural Induction Motor [Текст]. // IEEE 6th International Symposium on Logistics and Industrial Informatics (LINDI). – 2025. – С. 47–50.

5 **Sarmanova, A. M.** Analiz elektricheskikh parametrov i diagnostika raboty asinhronnykh dvigatelej v sel'skom hozyajstve [Analysis of electrical parameters and diagnostics of asynchronous motors in agriculture] // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 130-letiyu S. Sejfullina. – 2024. – P. 139–143.

6 **Umurzakova, A. D., Mendybaev, S. A.** Kosvennye sposoby izmereniya vyhodnykh koordinat asinhronnogo elektrodvigatelya. [Indirect issues of measuring the output coordinates of an asynchronous electric motor] // Materialy XI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy i dostizheniya v promyshlennoj energetike». – 2012. – P. 91–93.

7 **Aboulia, A., Green, D. H., Switzer, J. F., Kane, T. J., Bredariol, G. V., Lindahl, P., Donnal, J. S., Leeb, S. B.** NILM dashboard : A power system monitor for electromechanical equipment diagnostics [Text]. // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2019. – Vol. 15(3) – P. 1405–1414.

8 **Malozyomov, B. V., Vilberger, M. E., Rozhkova, M. V., Shtang, A. A.** Diagnostics time in-tervals of electric transport systems using time between failures [Text]. // International Conference «Actual Issues of Mechanical Engineering». – 2017. – P. 458–466.

9 **Dajneko, V. A., Yurkovec, Zh. G.** Metody diagnostiki asinhronnykh elektrodvigatelyj v rabochih rezhimah i perspektivy ih primeneniya [Methods of diagnostics of asynchronous electric motors in operating modes and prospects of their application] // Agropanorama. – 2021. – № 4. – P. 22–25.

10 **Goncharov, V. A.** Diagnostika izolyacii obmotok asinhronnykh elektrodvigatelyj v rabochem rezhime [Diagnostics of windings of asynchronous electric motors in operating mode] // Energetika v APK: sbornik tezisov dokladov studencheskoj nauchnoj konferencii. – 2020. – P. 36.

11 **Shevchuk, V. A., Semyonov, A. S.** Sravnenie metodov diagnostiki asinhronnogo dvigatelya [Comparison of diagnostic methods of an asynchronous motor] // Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. – 2015. – № 3. – P. 419–423.

12 **Vorob'ev N. P., Vorob'eva S. N., Suhankin G. V., Gercen N. T.** Metody i pribory diagnostirovaniya izolyacii asinhronnykh dvigatelej [Methods and devices for diagnosing asynchronous motor insulation] // Polzunovskij vestnik. – 2011. – № 2/2. – P. 261–268.

13 **Shevchuk V. A., Semenov A. S.** Udalyonnaya diagnostika asinhronnogo dvigatelya na osnove spektral'nogo analiza potrebl'yаемого toka s ispol'zovaniem

promyshlennoj seti RS485 MODBUS RTU [Remote diagnostics of an asynchronous motor based on spectral analysis of current consumption using an industrial RS485 MODBUS RTU network] // Molodezh' i nauchno-tekhnicheskij progress v sovremennom mire. Sbornik dokladov VI-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. – 2015. – P. 176–180.

14 Glazachev, A. V., Dementyev, Y. N., Rakov, I. V., Umurzakova, A. D. An Asynchronous Electric Drive with the Indirect Control of the Output Variables [Text] // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Vol. 91. – P. 1–6.

15 Dementyev, Yu. N., Umurzakova, A. D. The indirect methods of control the output coordinates for the three-phase asynchronous electric motor [Text]. // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016. – 2016. – P. 1–4.

31.01.26 ж. баспаға түсті.

04.03.26 ж. түзетулерімен түсті.

22.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

*А. Д. Умурзакова¹, *А. М. Сарманова², Н. Д. Сарбасова³,*

А. Б. Жаитлесова⁴, Б. Б. Исабекова⁵

^{1,2,4}Қазақский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана;

^{3,5}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 31.01.26.

Поступило с исправлениями 04.03.26.

Принято в печать 22.05.26.

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СЕЛЬКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье рассматривается актуальная проблема повышения надёжности и энергоэффективности асинхронных двигателей (АД) в сельском хозяйстве, где одной из основных причин отказов является деградация изоляции обмоток статора, особенно в условиях перегрузок и агрессивной среды. Узкая специализация и слабая интеграция с интеллектуальными системами традиционных методов диагностики АД является большой проблемой. В качестве решения предложен метод, основанный на алгоритме с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС), позволяющий выявлять

неисправности на ранних стадиях. На лабораторном стенде с двигателями АЕМOT Electric смоделирован перегрузочный режим, зафиксированы и проанализированы изменения токов, напряжений и фазовых диаграмм, свидетельствующие о нарушениях в работе АД.

На основе собранных данных разработан алгоритм, в котором есть блок обученной ИНС, способный распознавать конкретные неисправности АД. Предложенный алгоритм диагностики обеспечивает проактивное, а не реактивное обслуживание: сравнение текущих параметров производится не с фиксированными данными, а с многомерными эталонами «нормы» и «отказа», что повышает точность и устойчивость к шумам. Такой подход соответствует принципам Industry 4.0 и «умного» сельского хозяйства, позволяя сократить простои, продлить срок службы оборудования и снизить энергопотребление. Дальнейшие работы по исследованию – расширение базы данных параметров АД и апробация системы в реальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, неисправность, диагностика, перегрузка, динамическое торможение, искусственные нейронные сети, сельское хозяйство.

*A. D. Umurzakova¹, *A. M. Sarmanova², N. D. Sarbassova³,
A. B. Zhantlessova⁴, B. B. Issabekova⁵*

*^{1,2,4}S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,
Republic of Kazakhstan, Astana;*

^{3,5}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Received 31.01.26.

Received in revised form 04.03.26.

Accepted for publication 22.05.26.

PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT DIAGNOSTIC METHOD FOR IMPROVING THE RELIABILITY OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR IN AGRICULTURE

The article discusses the urgent problem of improving the reliability and energy efficiency of asynchronous motors (AM) in agriculture, where one of the main causes of failures is the degradation of the insulation of the stator windings, especially under conditions of overload and aggressive environment. The authors criticize traditional diagnostic methods for their

narrow specialization and weak integration into intelligent systems. As a solution, a method based on an algorithm using artificial neural networks (ANN) is proposed, which allows detecting malfunctions at an early stage. An overload mode was modeled on a laboratory stand with AEMOT Electric motors, and changes in currents, voltages, and phase diagrams indicating disturbances in blood pressure were recorded and analyzed.

Based on the collected data, an algorithm has been developed in which there is a trained ANN unit capable of recognizing specific malfunctions of asynchronous motors. The proposed diagnostic algorithm provides proactive rather than reactive maintenance: current parameters are not compared with fixed data, but with multidimensional standards of “norm” and “failure”, which increases accuracy and noise tolerance. This approach is consistent with the principles of Industry 4.0 and smart agriculture, reducing downtime, extending equipment life, and reducing energy consumption. Further research work includes expanding the database of asynchronous motor parameters and testing the system in real-world operating conditions.

Keywords: asynchronous motor, malfunction, diagnostics, overload, dynamic braking, artificial neural networks, agriculture.

Теруге 09.06.2026 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

5,86 Mb RAM

Шартты баспа табағы 34,4. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Б. Шукитова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4557

Сдано в набор 09.06.2026 г. Подписано в печать 30.06.2026 г.

Электронное издание

5,86 Mb RAM

Усл. печ. л. 34,4. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Б. Шукитова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4557

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz