

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

---

№ 1 (2023)

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://10.48081/BNAS6555>

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., профессор*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *технический редактор*

---

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

**\*Г. С. Нұрмағанбетова<sup>1</sup>, Ф. Ж. Асаинов<sup>1</sup>,  
Ж. Р. Исаева<sup>1</sup>, Ж. С. Нұрмағанбетова<sup>2</sup>**

<sup>1,2,3</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

<sup>4</sup>Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

email: g\_sahitovna@mail.ru

## **ҚУАТЫ 3÷315 КВТ ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛҒАН РОТОРЫ БАР АСИНХРОНДЫ ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫ ҮШІН СТАТОР КЕДЕРГІСІНІҢ ТӘУЕЛДІЛІК НӘТИЖЕЛЕРІ**

*Жұмыстың мақсаты қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышының температурадан қорғау жүйесін әзірлеу болып табылады. Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышының әдістері мен қорғау жүйелеріне арналған әдеби дереккөздерге шолу жасалды. Талдау нәтижесі қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышының қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін оның белсенді бөліктерінің қыздыру температурасы шекті рұқсат етілген мәндерден аспауы керек екенін көрсетті, олар электр қозғалтқышында қолданылатын оқшаулау жүйесінің қызуга төзімділігінің тиісті класымен анықталады.*

*4А сериялы қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышының айналу жиілігі 1500 айн/мин болғанда әр түрлі қуат пен температураның мәндері үшін және уақыт тұрақтысы үшін статор орамдарының кедергісінің өзгеру диапазондары анықталды. Қуат функциясындағы статор орамасының кедергісінің алынған тәуелділіктері -60 °С -тан 250 °С дейінгі температура диапазонында қуаттың жоғарылауымен статор орамасының кедергісінің мәні төмендейтінін көрсетеді.*

*Статор орамасының кедергісінің өзгеруі тұрақты уақыт пен модель коэффициенттеріне айтарлықтай әсер етеді. Excel кестелік процессорының көмегімен 4А сериялы 4А280S4Ү3 электр*

*қозғалтқышына арналған орамдардың температура функциясында статорының кедергісін  $R_s$  және электр магниттік тұрақты уақытты  $t_s$  есептеу жүргізілді.*

*Орам сымның оқишаулауының рұқсат етілген қызуы бойынша максималды және климаттық жағдайлар бойынша минималды температураның шекті мәндері анықталды.*

*Кілтті сөздер: асинхронды электрқозғалтқыш, статор кедергісі, айналу жиілігі, температура диапазоны, қорғау.*

## **Кіріспе**

Тау-кен өнеркәсібінде асинхронды электр жетегі кеңінен қолданылады. Айнымалы ток электр машиналарының кең таралған түрлерінің бірі қысқатұйықталған роторы бар (ҚТР) асинхронды электр қозғалтқыштары (АҚ) болып табылады [1]. Қарапайым және сенімді құрылымына байланысты ҚТР бар АҚ өндірістің көптеген салаларында қолданылады. Атап айтқанда, АҚ тау-кен өнеркәсібінде қолданылатын машиналар мен механизмдерде, яғни, компрессорлық қондырғыларда, көтергіш қондырғыларда, бұрғылау машиналарында, желдеткіш қондырғыларда, конвейерлерде кеңінен қолданылады. Тау-кен машиналары мен қондырғыларының электр жетегі көбінесе стохастикалық сипатқа ие болғандықтан сыртқы ұйытқуларға ұшырайды, нәтижесінде АҚ біліктеріндегі жүктеме, номиналды мәндерден әлдеқайда жоғары болады. Сондықтан, машина жетегіндегі электр қозғалтқыштары әдетте жылу қорғанысымен жабдықталады, онда негізгі бақыланатын параметрлеріне статор орамасының кедергісі, статор орамасының тогы және ҚТР АҚ іске қосылу кезеңі болып табылады.

Қорғау жүйелерінің болуы электр жетегінің авариялық жағдайларын төмендетеді, технологиялық объектінің сенімділігін және технико–экономикалық көрсеткіштерді арттырады.

Өндірістік кәсіпорындарда АҚ пайдалану жүктеменің максималды рұқсат етілген мәнінен асып кетуімен байланысты. Сенімділікті арттыру мәселелерін шешудің бірден бір әдісі, ол электр қозғалтқыштарды технологиялық пайдаланудың регламенттелген жұмыс режимдерін қамтамасыз ететін асинхронды электр жетектерін интеллектуалды қорғаныстармен жабдықтау болып табылады.

## **Материалдар мен әдістер**

Қазіргі уақытта қолданыстағы электр жетектердің жылудан қорғау әдістерін тікелей, ток уақыттары және жылулық ток қорғанысы деп бөлуге болады.

Тікелей әдістер деп қозғалтқыштың кез-келген құрылымдық бөлігінің температурасына жауап беретін аспаптар мен құрылғыларды қозғалтқышқа

орнатуды айтады. Бұл стандартты орнатылған температура датчиктері немесе терморезисторлар және интеллектуалды құрылғылар болуы мүмкін. Мысалы, «ақылды датчик» [2], төменгі вольтты асинхронды қозғалтқыштардың күйін сымсыз желілер арқылы қашықтықтан бақылап мәліметтерді беруді қамтамасыз етеді. Бұл құрылғы электр қозғалтқышына үстеме орнатуды қамтитын бір корпусқа біріктірілген сезімтал элементтер жиынтығы, сонымен қатар, қозғалтқыштың жұмысына әсер ететін бірқатар техникалық параметрлерді, оның ішінде қозғалтқыш бетінің температурасын анықтай алатын арнайы алгоритмі бар интеллектуалды жүйе болып табылады. Интеллектуалды құрылғылардың кемшілігі кейбір өндірістерде, мысалы, тау-кен өнеркәсібінде оларды орнатуға және пайдалануға жол бермеу болып табылады.

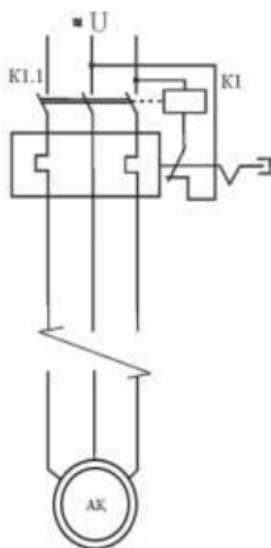
Тау-кен өндірісінде АҚ іске қосу аппаратурасынан едәуір қашықтықта орналасқан және орнатылған температура датчигінен іске қосу құрылғыларына ақпарат беру күштік кабельдің қосымша талсымдарын пайдалануды талап етеді. Қорғаудың кемшілігі – электр қозғалтқышының қорғалған құрылым элементтеріндегі температура датчиктерінен бастап іске қосу жабдықтарының жанында орналасқан басқару блогына дейінгі ұзақ ақпараттық сигнал желісі, бұл қорғау жүйесінің сенімділігінің төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, орнатылған температура датчиктері жаңадан шығарылған АҚ ғана қолданылады.

Ток уақыттары қорғанысы [3-6] статор тогының шамасын өлшеуге және электр қозғалтқышын ток көзінен ажыратудың кідіріс уақытын есептеуге негізделген. Алайда, бұл әдіс қоршаған ортаның температурасын ескермейді, бұл электр қозғалтқышының жүктеме қабілетін толық пайдалануға мүмкіндік бермейді және жалған ажыратуларға байланысты оның өнімділігін төмендетеді.

Жұмыс істеп тұрған қозғалтқыштардың басым көпшілігінде жылу тогының қорғанысы қолданылады (1 сурет) [7-9]. Бұл әдістің кемшіліктері электр қозғалтқышының температуралық тұрақты уақытын анықтаудағы үлкен қателік жатады және қоршаған ортаның температурасын бақыламайтынын жатқызуға болады. Бұл жалпы алғанда электр жетегінің қорғаныс тиімділігі мен сенімділігін едәуір төмендетеді.

Бұл әдістердің жалпы кемшілігі пайдалану шарттарына және қоршаған ортаның температурасына байланысты электр қозғалтқыштардағы жылу берудің әртүрлі нұсқалары ескерілмейді. Сонымен қатар, қозғалтқыш ұзақ жүктемемен жұмыс істеп болғаннан кейін және тоқтаған кезде, яғни, электр қозғалтқыш әлі салқындап үлгермеген кезде, бірақ жүктеме қалыпты шектен шығып тұрған кезде, бұл қорғаныс жүйесі қызып кеткен қозғалтқыштың жұмысына кедергі жасай алмайды, себебі, бұл әдістер күштік жібергіш контакттері арқылы өтетін токтың мөлшерін ғана бақылайды.

Осы кемшіліктердің барлығы заманауи асинхронды электр жетектерін жанама қорғаныс әдістерімен жетілдіру маңызды екенін көрсетеді.



U – қуат кернеуі; К1 – контактор; АК – асинхронды электр қозғалтқыш.

Сурет – 1 ҚТР бар АК жылу тоғынан қорғау құрылғысы

Талданатын электр қозғалтқыш класы ең жоғары және ең төменгі температураның шамасымен шектелген. Ең төменгі температура ( $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) климаттық қолданыстағы жағдайларымен анықталады. Температураның максималды мәні электр қозғалтқыштарының орамаларының изоляция класымен анықталады (4А сериялы электр қозғалтқыштары үшін  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -тан  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$  диапазон аралығындағы температураның ауытқуы қозғалтқыш орамаларындағы белсенді кедергінің өзгеруіне айтарлықтай әсер етеді.

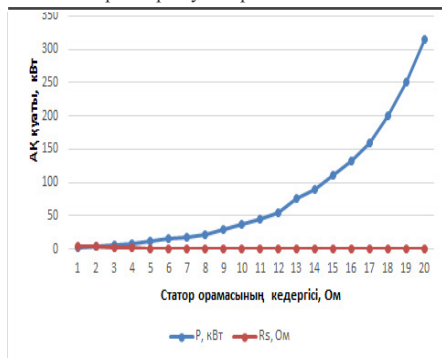
#### Нәтижелер мен талқылау

Анықтамалық деректерді [10] қолдана отырып, 4А сериялы қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқыштары үшін айналу жиілігі 1500 айн/мин болатын, ал қуаты  $3\div 315\text{ кВт}$  және температура  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -тан  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$  аралығындағы статор орамасының кедергілерінің өзгеру диапазоны анықталды. 1 кестеде есептік көрсеткішінің базасы көрсетілген.

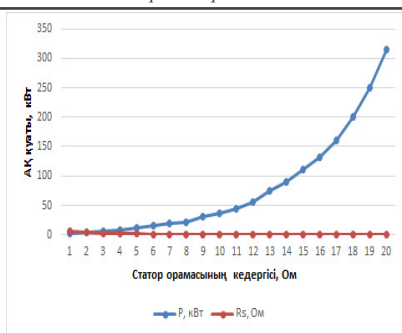
1 кесте - 3 кВт-тан 315 кВт-қа дейінгі қуаттар үшін және айналу жиілігі 1500 айн/мин болатын әртүрлі температуралар үшін статор орама кедергісінің өзгеру диапозондары

Қозғалқыш түрі	W, кВт	η, айн/мин	R <sub>s</sub>	TKC	dR(-60)	R(T)-60	dR(20)	R(T)20	dR(80)	R(T)80	dR(125)	R(T)125	dR(140)	R(T)140	dR(250)	R(T)250
4A100S4Y3	3	1500	4,4512	0,004	-1,5169	2,9342	0	4,4512	1,1377	5,5889	1,9910	6,4422	2,2754	6,7267	4,3613	8,8125
4A100L4Y3	4	1500	3,0620	0,004	-1,0435	2,0184	0	3,0620	0,7826	3,8446	1,3696	4,4316	1,5653	4,6273	3,0001	6,0621
4A112M4Y3	5,5	1500	2,0744	0,004	-0,7069	1,3674	0	2,0744	0,5302	2,6046	0,9279	3,0023	1,0604	3,1349	2,0325	4,1070
4A132S4Y3	7,5	1500	1,3395	0,004	-0,4565	0,8830	0	1,3395	0,3423	1,6819	0,5991	1,9387	0,6847	2,0243	1,3125	2,6521
4A132M4Y3	11	1500	0,9352	0,004	-0,3187	0,6165	0	0,9352	0,2390	1,1743	0,4183	1,3536	0,4781	1,4134	0,9164	1,8516
4A160S4Y3	15	1500	0,6424	0,004	-0,2189	0,4235	0	0,6424	0,1642	0,8067	0,2873	0,9298	0,3284	0,9709	0,6295	1,2720
4A160M4Y3	18,5	1500	0,4962	0,004	-0,1691	0,3271	0	0,4962	0,1268	0,6231	0,2219	0,7182	0,2537	0,7499	0,4862	0,9825
4A180S4Y3	22	1500	0,3926	0,004	-0,1338	0,2588	0	0,3926	0,1003	0,4930	0,1756	0,5682	0,2007	0,5933	0,3847	0,7773
4A180M4Y3	30	1500	0,2547	0,004	-0,0868	0,1679	0	0,2547	0,0651	0,3198	0,1139	0,3686	0,1302	0,3849	0,2495	0,5043
4A200M4Y3	37	1500	0,2067	0,004	-0,0704	0,1362	0	0,2067	0,0528	0,2595	0,0924	0,2992	0,1056	0,3124	0,2025	0,4092
4A200L4Y3	45	1500	0,1473	0,004	-0,0502	0,0971	0	0,1473	0,0376	0,1849	0,0658	0,2132	0,0753	0,2226	0,1443	0,2916
4A225M4Y3	55	1500	0,1112	0,004	-0,0379	0,0733	0	0,1112	0,0284	0,1396	0,0497	0,1609	0,0568	0,1680	0,1089	0,2202
4A250S4Y3	75	1500	0,0745	0,004	-0,0254	0,0491	0	0,0745	0,0190	0,0936	0,0333	0,1079	0,0381	0,1126	0,0730	0,1476
4A250M4Y3	90	1500	0,0635	0,004	-0,0216	0,0418	0	0,0635	0,0162	0,0797	0,0284	0,0919	0,0324	0,0960	0,0622	0,1257
4A280S4Y3	110	1500	0,0610	0,004	-0,0208	0,0402	0	0,0610	0,0156	0,0766	0,0273	0,0894	0,0312	0,0923	0,0598	0,1209
4A280M4Y3	132	1500	0,0423	0,004	-0,0144	0,0279	0	0,0423	0,0108	0,0531	0,0189	0,0613	0,0216	0,0640	0,0415	0,0838
4A315S4Y3	160	1500	0,0323	0,004	-0,0110	0,0213	0	0,0323	0,0082	0,0406	0,0144	0,0468	0,0165	0,0488	0,0316	0,0640
4A315M4Y3	200	1500	0,0236	0,004	-0,0080	0,0155	0	0,0236	0,0060	0,0296	0,0105	0,0342	0,0120	0,0357	0,0231	0,0468
4A355S4Y3	250	1500	0,0166	0,004	-0,005	0,0109	0	0,0166	0,0042	0,0209	0,0074	0,0241	0,0085	0,0251	0,0163	0,0330
4A355M4Y3	315	1500	0,0132	0,004	-0,0045	0,0087	0	0,0132	0,0033	0,0166	0,0059	0,0191	0,0067	0,0199	0,0129	0,0262

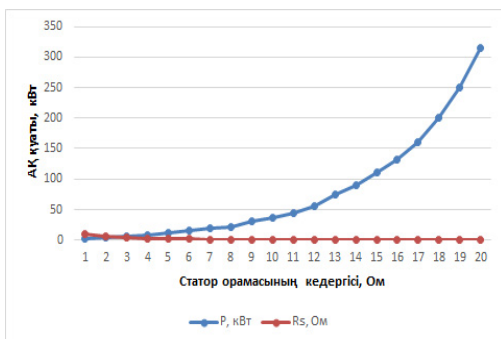
2 суретте мысал ретінде айналу жиілігі 1500 айн/мин болғандағы 20 °C, 125 °C және 250 °C температураларындағы статор кедергілерінің қуатқа тәуелділік графигі көрсетілген. Тәуелділік графиктері келесі түрде алынды: 4А сериялы роторы бар асинхронды электр қозғалтқыштарының сипаттамалары пайдаланылды, онда әртүрлі айналу жиіліктері үшін электр қозғалтқышының қуат функциясындағы статордың кедергісі көрсетілген.  $R_s = R_0(1 + aT)$  (мұндағы  $R_s$  – статор орамының кедергісі, Ом;  $R_0$  – 20 °C-та статор орамасының кедергісі, Ом;  $a$  – статор кедергісінің температуралық коэффициенті, 1/°C;  $T$  – статор орамының температурасы, °C) алгебралық теңдеуіне 20 °C, 125 °C және 250 °C температураларының сандық мәндерін қойып, статордың кедергілері анықталды.



T=20 °C



T=125 °C



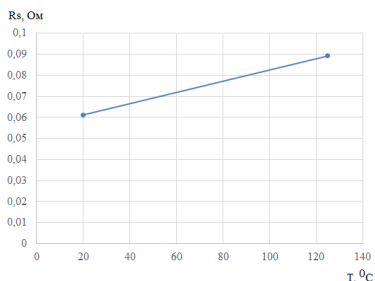
T=250 °C

Сурет – 2Қуаты 75 кВт және айналу жиілігі 1500 айн/мин 4А сериялы ҚТР бар АҚ арналған статор орамасының кедергілерінің қуатқа тәуелділік графигі

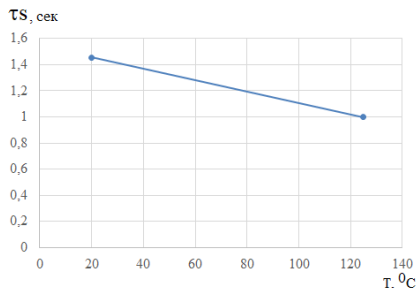
Алынған графиктерден ҚТР бар АҚ 20 °C, 125 °C және 250 °C температураларында қуат жоғарылаған сайын статор орамасының кедергілері төмендейтінін көрсетті.

Статор орамасының кедергілерінің өзгеруі тұрақты уақыт пен модель коэффициенттеріне айтарлықтай әсер етеді. Excel кестелік процессорының көмегімен 4А сериялы 4А2S0S4Y3 электр қозғалтқышына арналған орамалардың температурасы функциясында Rs статорының кедергісін және ts электромагниттік тұрақты уақытты есептеу жүргізілді. Зерттеулер нәтижесінде алынған графиктер 3 және 4 суреттерде келтірілген.





Сурет – 3 ҚТР бар АҚ статор орамасының кедергісінің температураға тәуелділігі



Сурет – 4 Электромагниттік тұрақты уақыттың статор орамаларындағы температураға тәуелділігі

### Қорытынды

Модельдеу эксперименттерінің нәтижесінде талданған ҚТР бар АҚ үшін статор тізбектеріндегі кедергілерінің және электр магниттік тұрақтыларының өзгеру диапазондары анықталды. Айналу жиілігі 1500 айн/мин болатын электр қозғалтқыштары үшін статор кедергісінің қуатқа тәуелді графиктері алынды. Асинхронды электр қозғалтқышты қызып кетуден қорғау жүйесін құру кезінде статор кедергісінің температураға тәуелділігін қолдану ұсынылады. Автоматты реттеу жүйелерін синтездеу және асинхронды электр жетектерінің қорғау жүйесін құру кезінде де осы температура факторын ескеру қажет екендігі анықталды.

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Сивокобыленко, В. Ф., Ткаченко, С. Н. Совершенствование микропроцессорной тепловой защиты короткозамкнутых асинхронных электродвигателей // ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет». – Донецк, 2011. – № 11 – С. 353–359.

2 ABB Ability™ Smart Sensor. Condition monitoring solution for low voltage motors: service note. – ABB, 2017. – 4 p.

3 Martin, W., Eason, A., Patel, A. G. Low Voltage Motor Protection. – Rockwell Automation, 2016. – 30 p.

4 Юндин, М. А. Токовая защита электроустановок: учебное пособие. – Изд. 2-е испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 288 с.

5 Басс, Э. И., Дорогунцев, В. Г. Релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / под ред. А.Ф. Дьякова. – Москва - Издательство МЭИ, 2002. – 296 с.

6 **Zhi, Gao.** Sensorless Stator Winding Temperature Estimation for Induction Machines: PhD Dissertation. – Georgia Institute of Technology, 2006, – 220 p.

7 **Киреева, Э. А., Цырук, С. А.** Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. – Москва - Академия, 2013. – 288 с.

8 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов. – Изд 4-е. перер. и. доп. – Москва - Высш. Шк., 2006. – 639 с.

9 Low voltage. General performance motors. – ABB, 2016. – 60 p

10 **Герман-Галкин, С. Г.** Компьютерное моделирование полупроводниковых систем Matlab 6.0: учебное пособие. – Санкт – Петербург – Корона принт, 2001. – 320 с.

11 **Кравчик, А. Э., Шлаф, М. М.** Справочник Асинхронные двигатели серии 4А. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.

## REFERENCES

1 **Sivokobylenko, V. F., Tkachenko, S. N.** Sovershenstvovanie mikroprocessornoj teplovoi zaschiti korotkozamknutih asinhronnih elektrodvigateli [Improvement of microprocessor thermal protection of short-circuited asynchronous electric motors] // SHEI «Donetsk National Technical University». – Donetsk, 2011. – № 11 – P. 353-359.

2 ABB Ability™ Smart Sensor. Condition monitoring solution for low voltage motors: service note. – ABB, 2017. – 4 p.

3 **Martin, W., Eason, A., Patel, A. G.** Low Voltage Motor Protection. – Rockwell Automation, 2016. – 30 p.

4 **Yundin, M. A.** Tokovaya zaschita elektroustanovok [Current protection of electrical installations]: a tutorial. 2nd ed., rev. St. Petersburg: Publishing house «Lan», 2011. – 288 p.

5 **Bass, E. I., Doroguntsev, V. G.** Releynaya zaschita elektroenergeticheskikh sistem [Relay protection of electric power systems: study guide] / edited by A.F. Dyakov. – Moscow – Publishing House of MEI, 2002. – 296 p.

6 **Zhi, Gao.** Sensorless Stator Winding Temperature Estimation for Induction Machines: PhD Dissertation. – Georgia Institute of Technology, 2006, – 220 p.

7 **Kireyeva, E. A., Tsyruk, S. A.** Releynaya zaschita i avtomatika elektroenergeticheskikh sistem [Relay protection and automation of electric power systems]. – Moscow – Academy, 2013. – 288 p.

8 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Relay protection and automation of power supply systems]: textbook for universities. – 4th edition. – Moscow – High School., 2006. – 639 p.

9 Low voltage. General performance motors. – ABB, 2016. – 60 p.

10 **Herman-Galkin, S. G.** Компьютерное моделирование полупроводниковых систем Matlab 6.0 [Computer simulation of semiconductor systems Matlab 6.0]: study guide. Saint-Petersburg - Crown Print, 2001. – 320 p.

11 **Kravchik, A. E., Schlaf, M. M.** Spravochnik Asinhronnie dvigateli serii 4A [Reference Asynchronous motors of the 4A series] – Moscow - Energoizdat, 1982. – 504 p.

Материал баспаға 13.03.23 түсті

\*Г. С. Нурмаганбетова<sup>1</sup>, Ф. Ж. Асаинов<sup>2</sup>,

Ж. Р. Исаева<sup>3</sup>, Ж. С. Нурмаганбетова<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Қазақстанның агротехнический университетінің мәні С. Сейфуллина,

Республика Қазақстан, г. Астана;

<sup>4</sup>Қарағандық техникалық университетінің мәні Абылкаса Сағинова,

Республика Қазақстан, г. Қарағанды.

Материал постуыл 13.03.23.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАВИСИМОСТЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТАТОРА ДЛЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ МОЩНОСТЬЮ 3÷315 кВт**

*Целью данной работы является разработка системы защиты асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором от превышения температуры. Проведен обзор литературных источников, посвящённых методам и защитами асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Анализ показывает, что для обеспечения нормальной работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором температура нагрева его активных частей не должна превышать предельно допустимых значений, которые определяются соответствующим классом нагревостойкости системы изоляции, используемой в электродвигателе.*

*Определены диапазоны изменения сопротивлений статорных обмоток для различной мощности и для различных значений температуры с номинальным значением частоты вращения 1500 об/мин и постоянных времени для асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором серии 4А. Полученные зависимости сопротивления обмотки статора в функции мощности показывают, что с увеличением мощности в диапазоне температур от –60 °С до 250 °С величина сопротивления обмотки статора уменьшается.*

*Изменение сопротивления обмотки статора существенно влияет на постоянные времени и коэффициенты модели. Средством табличного процессора Excel, осуществлены расчеты сопротивления статора  $R_s$  и электромагнитной постоянной времени  $t_s$  в функции температуры обмоток для электродвигателя 4A280S4Y3 серии 4A.*

*Определены граничные значения температуры максимально по допустимому нагреву изоляции обмоточного провода и минимально по климатическим условиям.*

*Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, сопротивление статора, частота вращения, температурный диапазон, защита.*

\*G. S., Nurmaganbetova<sup>1</sup> G. ZAssainov<sup>2</sup>,

Zh. R., Issayeva<sup>3</sup>, Zh. S Nurmaganbetova<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Seifullin Kazakh Agro Technical University,

Republic of Kazakhstan, Astana

<sup>4</sup>Abylkas Saginov Karaganda Technical University,

Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Material received on 13.03.23

## **RESULTS OF DEPENDENCES OF STATOR RESISTANCE FOR ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS WITH A CLOSED-LOOP ROTOR WITH A POWER OF 3÷315 kW**

*The purpose of this work is to develop a system for protecting an asynchronous motor with a short-circuited rotor from temperature excess. A review of literature sources devoted to the methods and protections of an asynchronous motor with a short-circuited rotor is carried out. The analysis shows that in order to ensure the normal operation of an asynchronous electric motor with a short-circuited rotor, the heating temperature of its active parts should not exceed the maximum permissible values, which are determined by the corresponding class of heat resistance of the insulation system used in the electric motor.*

*The ranges of resistance changes of the stator windings for different power and for different temperature values with a nominal speed of 1500 rpm and time constants for an asynchronous motor with a closed-loop rotor of the 4A series are determined. The obtained dependences of the resistance of the stator winding as a function of power show that with an increase in power in the temperature range from  $-60^{\circ}\text{C}$  to  $250^{\circ}\text{C}$ , the value of the resistance of the stator winding decreases.*

*Changing the resistance of the stator winding significantly affects the time constants and coefficients of the model. By means of the Excel spreadsheet processor, calculations of the resistance of the  $R_s$  stator and the electromagnetic time constant as a function of the temperature of the windings for the 4A280S4Y3 series 4A electric motor were carried out.*

*The boundary values of the temperature are determined by the maximum permissible heating of the insulation of the winding wire and the minimum by climatic conditions.*

*Keywords: asynchronous motor, stator resistance, rotation speed, temperature range, protection.*

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Mb RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Mb RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«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](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)