

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ЮСУПОВ НАРІМАН АБДУЛАСЕВІЧ

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ І НОВІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ  
В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Спеціальність 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи,  
включаючи їх керування та регулювання

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук



Київ-1933

А/В 22.058

Робота виконана в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства Української академії аграрних наук (ІМЕСТ УААН)

Науковий керівник – кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
М.О. КОРЧЕННИЙ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,  
професор В.І. МІШИЙ

кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
В.Г. МОБЧАН

Провідна установа – Інститут механізації тваринництва УААН

Захист відбудеться "4-го жовтня" 1993 року о 14 годині на засіданні спеціалізованої ради К 120.71.02 в Українському державному аграрному університеті (корпус 8, аудиторія 26).

Просимо прийняти участь в обговоренні дисертації або вислати Ваш відгук на автореферат у двох екземплярах, завірених печаткою, за адресою: 252041, Київ-41, вул. Героїв Оборони, 15, сектор захисту дисертацій.

З дисертацією є можливість ознайомитися в бібліотеці аграрного університету.

Автореферат розісланий "24-го серпня" 1993 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради  
кандидат технічних наук,  
доцент

Я.П. ТИШЕНКО

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00802249 (P)

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Безперервний ріст парку електродвигунів і зростаюча їх роль в підвищенні рівня електрифікації сільсько-господарського виробництва виставляють на перший план питання підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів. Аналіз літературних джерел і проведених досліджень показує, що строк служби електродвигунів в галузі практично не перевищує 3,5 роки. Електродвигуни в сільському господарстві підлягають багатофакторній дії як з боку режимів роботи, так і з боку навколишнього середовища.

Існуючі математичні моделі прогнозування показників надійності електродвигунів та рекомендації на їх основі не задовольняють практику внаслідок того, що вони не в достатній мірі враховують багатофакторність дії умов експлуатації. Низька експлуатаційна надійність електродвигунів в сільськогосподарському виробництві обумовлена також відсутністю ефективних технічних засобів захисту від аномальних режимів роботи та несприятливої дії навколишнього середовища.

В зв'язку з цим розробка міроприємств, направлених на підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів, є актуальною науково-технічною задачею.

**Мета та задачі досліджень.** Метою роботи є розробка математичних моделей для прогнозування показників надійності електродвигунів та нових технічних засобів для їх підвищення в умовах сільськогосподарського виробництва.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі задачі:

- розробити математичні моделі для прогнозування показників надійності електродвигунів в умовах експлуатації;
- дослідити вплив параметрів навколишнього середовища та режимів роботи електродвигунів на їх експлуатаційну надійність;
- розробити технічні засоби для захисту обмоток електродвигунів від перегріву та зволоження;
- провести техніко-економічну оцінку результатів досліджень.

**Об'єкт досліджень.** Об'єктом досліджень є трьохфазні асинхронні короткозамкнуті електродвигуни серії АИР загальнопромислового виконання, що застосовуються в сільськогосподарському виробництві.

**Наукова новизна.** В результаті теоретичних та експериментальних досліджень одержана математична модель, яка дозволяє прог-

нозувати значення пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток в залежності від динаміки навантаження електродвигунів та умов навколишнього середовища.

В результаті активного планування багатофакторного експерименту одержані поліноміальні моделі для параметрів розподілу пробивної напруги міжвиткової ізоляції, що дозволяють за допомогою імовірнісної моделі Вейбула оцінити імовірність безвідказної роботи або гама-процентний строк служби електродвигунів з урахуванням комплексної дії експлуатаційних факторів.

Досліджено вплив сукупної дії атмосферного тиску, температури та відносної вологості навколишнього середовища на тепловий стан електродвигуна, розроблені теплова модель та пристрій для захисту електродвигуна від перегріву.

Розроблено пристрій для захисту електродвигуна від зволоження, заснований на нагріванні обмоток статора в період технологічних пауз шляхом пропускання через них електричного струму, який створює перевищення температури обмоток над температурою навколишнього середовища, величина якого визначається за одержаним в роботі аналітичним виразом в залежності від значення відносної вологості та температури навколишнього середовища.

Розроблені пристрої для захисту електродвигунів від перегріву та зволоження захищені трьома авторськими свідоцтвами та одержані три позитивних рішення про видачу патентів на винахід.

Практична цінність. Розроблена математична модель прогнозування пробю міжвиткової ізоляції обмоток електродвигунів в умовах сільськогосподарського виробництва та одержані поліноміальні моделі для параметрів розподілу пробивної напруги дозволяють оцінити імовірність безвідказної роботи електродвигунів, прогнозувати їх відказ в залежності від умов навколишнього середовища та режимів роботи і таким чином запобігати технологічним збиткам.

Застосування розроблених пристроїв для захисту електродвигунів від перегріву та зволоження дозволяють забезпечити їх працездатність і довести строк служби до нормативного значення.

В цілому результати досліджень дозволяють підвищити надійність електродвигунів, що експлуатуються в умовах сільськогосподарського виробництва.

Реалізація результатів досліджень. Розроблені пристрої захисту успішно витримали виробничу перевірку та впроваджені в колгоспі "Дружба" Весильківського району Київської області. Резу-

льтати проведених досліджень передані в Держагропром України, науково-технічною радою якого пристрої захисту рекомендовані до широкого впровадження.

Апробація роботи. Основні положення та результати досліджень обговорені та ухвалені на науково-технічних конференціях: "Механізація утримання великої рогатої худоби на малих фермах і застосування найновіших доільних апаратів в технологічних лініях доїння корів" (с. Глеваха, 1969 р.), "Енергозберігаюче електрообладнання для АПК" (м. Москва, 1990 р.), "Підвищення експлуатаційної надійності електрообладнання в сільському господарстві" (м. Челябінськ, 1991 р.), "Науково-технічні, економічні та екологічні основи механізації процесів підвищення родючості ґрунту" (с. Глеваха, 1991 р.), "Інженерно-технічне забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції в нових умовах господарювання" (с. Глеваха, 1992 р.), "Наукові розробки - агропромислового комплексу" (с. Нижні Ворота, 1993 р.) та наукових конференціях професорсько-викладацького складу УСГА: "Наукові досягнення - справі перебудови" (м. Київ, 1989 р.), "Вчені сільськогосподарських вузів - збільшенню виробництва продовольства в країні" (м. Київ, 1990 р.).

Публікація результатів досліджень. Основні положення дисертації опубліковані в 16 роботах, включаючи три авторські свідоцтва і три позитивні рішення про видачу патентів на винахід.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, загальних висновків, списку використаної літератури і додатків. Містить 163 сторінки машинописного тексту, 43 рисунки, 7 таблиць, 20 додатків. Список використаної літератури становить 152 найменування.

### ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП присвячений обґрунтуванню вирішуваних задач, проведений короткий огляд основних аспектів роботи, сформульовані мета та задачі досліджень, визначена наукова новизна та цінність роботи.

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНА В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ. В результаті аналізу та обробки статистичних даних за літературними джерелами встановлена висока аварійність електродвигунів в сільськогосподарському виробництві, особливо на тваринницьких підприємствах.

Щороку в цілому по сільському господарству виходить з ладу 20...30% від всього парку електродвигунів, наносячи значний економічний збиток господарствам.

Позитивний досвід розробки міроприємств по підвищенню експлуатаційної надійності електродвигунів, що знайшов відображення в роботах А.О. Грундуліса, В.М. Данилова, Г.П. Єрошенка, М.О. Корчемного, І.І. Мартиненка, В.І. Мішина, В.В. Овчарова, Л.Г. Прищепа, О.А. Пястолова, М.М. Сирих, І.П. Сича, О.І. Хомутова та інших авторів, показує, що вирішення цієї задачі можливе шляхом прогнозування показників надійності електродвигунів, а також удосконалення технічних засобів захисту.

Аналіз літературних джерел показує, що в даний час досліджені причини і закони розподілу відказів електродвигунів, існують математичні моделі надійності, рекомендації по діагностиці та прогнозуванню технічного стану електродвигунів, технічні засоби для підвищення їх надійності в експлуатації. Частково результати цих досліджень впроваджені в сільськогосподарське виробництво. Але, як показує практика, експлуатаційна надійність електродвигунів залишається на низькому рівні. Існуючі моделі та рекомендації не враховують багатofакторність дії умов навколишнього середовища та режимів роботи електродвигунів на їх експлуатаційну надійність. Тому ефективність міроприємств, розроблених за їх допомогою, не задовольняє практику. В зв'язку з цим необхідна розробка математичних моделей для оцінки надійності електродвигунів, які б враховували вплив основних експлуатаційних факторів, дали б можливість прогнозувати відкази, проводити оцінки імовірності безвідказної роботи.

Дослідження причин і характеру відказів електродвигунів показує, що розподіл пошкоджень по окремим вузлам змінюється в залежності від умов їх експлуатації. Але найбільша кількість відказів пов'язана з виходом з ладу обмоток статора (85...95%). Відкази обмоток відбуваються в основному внаслідок їх перегріву або зволоження. Від загальної кількості відказів на ці причини приходиться відповідно 60...70% і 20...30%. Однією з причин такого стану є відсутність ефективних технічних засобів захисту електродвигунів від перегріву і зволоження. Це пояснюється тим, що не проведені в достатній мірі дослідження по вивченню впливу умов навколишнього середовища на тепловий стан електродвигуна і на міру зволоження обмоток в період технологічних пауз. Відомі технічні засоби захисту електродвигуна від перегріву і зволожен-

ня не враховують зміну параметрів навколишнього середовища. Тому необхідно розробити технічні засоби захисту, що враховують кліматичні фактори.

Проведений аналіз експлуатаційної надійності електродвигунів і досліджень в цій галузі дозволили сформулювати мету і задачі, що вирішуються в дисертаційній роботі.

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ.** Експлуатаційна надійність електродвигунів в значній мірі визначається надійністю обмоток статора, яка, в свою чергу, залежить від стану ізоляції. В процесі експлуатації електродвигунів в сільськогосподарському виробництві ізоляція обмоток знаходиться під впливом комплексу діючих факторів. Основними експлуатаційними факторами, як встановлено, виступають: динамічна навантаженість електродвигуна (середня кратність амплітуди пульсацій струму по відношенню до номінального струму), що працює із змінним навантаженням; температура та відносна вологість навколишнього середовища; концентрація аміаку в повітрі тваринницьких приміщень. Спільна дія перерахованих факторів приводить до поступового руйнування або старіння ізоляції обмоток, що звичайно закінчується пробоем міжвиткової ізоляції. Тому пробивна напруга є основним критерієм працездатності ізоляції.

На основі аналізу та логічного опису процесів, що відбуваються в ізоляції під дією експлуатаційних факторів, одержана математична модель, що дозволяє прогнозувати значення пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток електродвигунів:

$$U_{np} = \left[ A + \frac{B-k N^2}{a + \theta} - m \ln W - n \ln C \right] (1 - s \ln t), \quad (1)$$

де  $N$  - динамічна навантаженість електродвигуна;  $\theta$  - температура навколишнього середовища;  $C$  - концентрація аміаку в навколишньому середовищі;  $t$  - термін експлуатації електродвигуна;  $A, B, k, a, m, n, l, s$  - постійні коефіцієнти.

Аналітично визначити значення постійних коефіцієнтів в логічній моделі (1) практично не виявляється можливим. Для знаходження значень цих коефіцієнтів були проведені експериментальні дослідження.

Дослідження електродвигунів в виробничих умовах для оцінки

впливу комплексу діючих факторів на зміну величини пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток є трудомістким та складним процесом. Постановка такого експерименту складна тим, що важко підтримати експлуатаційні фактори на заданому рівні на протязі довгого часу. Тому для проведення експерименту використовувалась кліматична камера, в якій з достатньою для наукових експериментів точністю відтворювалось середовище, оточуюче електродвигуни в виробничих умовах. Кліматична камера дозволяє регулювати, поєднувати та підтримувати на заданому рівні параметри навколишнього середовища та проводити випробування електродвигунів при різних динамічних режимах. Для зміни ступеню навантаження електродвигунів застосовувався метод штучного навантаження, для чого був розроблений відповідний стенд навантаження.

Програмою експерименту передбачалось дослідження залежності пробивної напруги міжвиткової ізоляції та його середнього квадратичного відхилення від комплексної дії експлуатаційних факторів, а також визначення закону і параметрів розподілу пробивної напруги.

Дослідження проводились згідно теорії активного планування експерименту із складанням матриці планування дробового факторного експерименту для п'яти факторів на двох рівнях типу  $2^{5-1}$ . Рівні факторів вибирались на основі апріорної інформації та попередніх дослідів. При цьому експеримент проводився в трьохкратній повторності. Після закінчення кожного досліді обмотки статорів електродвигунів розрізались та підключались до пробивної установки. Пробивна напруга міжвиткової ізоляції поряд лежачих провідників вимірювалась по схемі 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 і так далі за допомогою кіловольметра С96 з класом точності 1,5. В зв'язку з тим, що зміна величини пробивної напруги носить випадковий характер, в кожному статорі пробивали не менше 100 пар провідників та визначали середню величину пробивної напруги міжвиткової ізоляції.

Випробування проводились у відповідності з ГОСТ 7217-87, планування випробувань виконувалось згідно ГОСТ 27.410-87 і РД 50-690-89, засоби вимірювання при проведенні експерименту відповідали вимогам ГОСТ 11828-86.

Обробка результатів експерименту проводилась з використанням ПЕСМ. Методом Ньютон-Рафсона визначені значення постійних коефіцієнтів в логічній моделі (1) для електродвигунів АИР загальнопромислового виконання:  $A=6,36$ ;  $B=65,9$ ;  $k=4,45$ ;  $a=187,8$ ;  $m=$

$=0,927$ ;  $n=0,111$ ;  $l=1,218$ ;  $s=0,32$ . Контрольні дослідження показали, що одержана модель адекватна дослідним даним. Похибка апроксимації не перевищує 10%.

Для порівняння з вказаною моделлю після обробки результатів багатofакторного експерименту методами математичної статистики була отримана поліноміальна модель, що володіє високою точністю апроксимації.

В результаті перевірки узгодженості дослідного розподілу з теоретичним по методиці, викладеній в СТ СЗВ 1190-78, встановлено, що щільність розподілу пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток електродвигунів має найбільшу узгодженість з двопараметричним законом розподілу Вейбула з параметром форми, при якому даний закон розподілу близький до нормального закону.

Обробка результатів експерименту дозволила одержати наступні поліноміальні моделі для пробивної напруги і його середнього квадратичного відхилення:

$$U_{\text{пр}} = 2,36 + 0,00153 \theta - 0,00232 W - 0,00195 C + 0,0914 t - \\ - 0,07 N - 0,000033 \theta W - 0,0015 W t + 0,000213 W N - \\ - 0,0007 C t + 0,000255 C N - 0,0118 t N ; \quad (2)$$

$$S = 1,15 + 0,0015 \theta - 0,00174 W - 0,00147^\circ C + 0,0714 t - \\ - 0,053 N - 0,000029 \theta W - 0,00102 W t + 0,000201 W N - \\ - 0,00051 C t + 0,000201 C N - 0,0108 t N \quad (3)$$

Статистична значущість коефіцієнтів регресії та адекватність поліноміальних моделей оцінювалась при довірчій імовірності 0,95. Для оцінки точності апроксимації експериментальних даних поліноміальними моделями (2) і (3) визначені середні помилки апроксимації, що складають менше 1%.

Аналіз логічної (1) і поліноміальної (2) моделей показує, що різниця між значеннями пробивної напруги, розрахованими за розглянутими моделями, не перевищує 10% (рис. 1).

Проведені дослідження показали, що вплив кожного експлуатаційного фактора на зниження пробивної напруги міжвиткової ізоляції тим більший, чим вище значення інших факторів. Інакше кажучи, експлуатаційні фактори, що діють на ізоляцію обмоток електродвигунів, підтримують та активізують один одного. Із всіх розглянутих факторів температура навколишнього середовища здійснює найменший вплив на зміну величини пробивної напруги, а динамічна

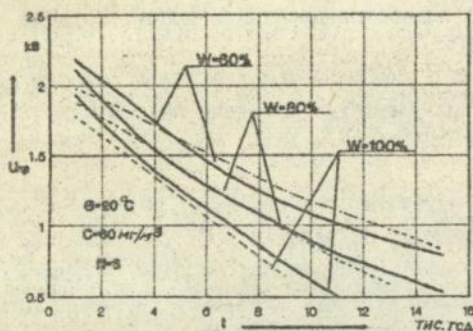


Рис. 1. Графічні залежності пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток від терміну експлуатації електродвигунів при різних відносній вологості навколишнього середовища: — — за логічною моделлю; - - - за поліноміальною моделлю.

навантаженість електродвигуна - найбільший.

Відомо, що критичним значенням пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток статора низьковольтних асинхронних електродвигунів є напруга, що дорівнює 1000 В. Підставивши вказане значення пробивної напруги і середнє значення експлуатаційних факторів в модель (1) і розв'язавши це рівняння відносно часу експлуатації електродвигунів, визначається час, за закінченням якого пробивна напруга досягне критичного значення, або строк служби.

Використовуючи результати експерименту, по методиці, викладеній в СТ СЗВ 877-78, визначені параметри розподілу пробивної напруги міжвиткової ізоляції (параметри форми та масштабу розподілу Вейбула). Одержані поліноміальні моделі для параметрів форми та масштабу, які були оцінені на адекватність, а їх коефіцієнти регресії - на статистичну значущість:

$$b = 2,222 - 0,00457 \theta - 0,00033 W - 0,00035 C - 0,1343 t + \\ + 0,0651 N + 0,000077 \theta W + 0,000029 W C + 0,0019 W t + \\ + 0,0013 C t - 0,000236 C N + 0,021 t N \quad ; \quad (4)$$

$$U_0 = 7,366 + 0,01317 \theta - 0,00385 W - 0,01315 C + 1,2043 t + \\ + 0,182 N - 0,0105 \theta t - 0,00213 \theta N + 0,000081 W C - \\ - 0,0112 W t - 0,00174 W N - 0,1412 t N \quad (5)$$

Імовірність пробивної напруги при законі розподілу Вейбула записується в вигляді:

$$P(U_{np}) = \exp\left[-\frac{U_{np}^b}{U_0}\right], \quad (6)$$

За допомогою поліномів (4) і (5) за імовірнісною моделлю (6) розраховується імовірність невиникнення критичного значення пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток електродвигунів при комплексній дії експлуатаційних факторів або гама-процентний строк служби (рис. 2).

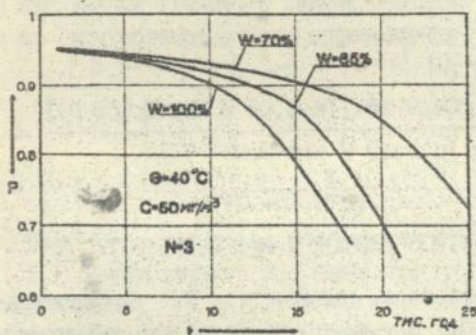


Рис. 2. Графічні залежності імовірності невиникнення критичного значення пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток напругі заданого часу експлуатації електродвигунів при різних відносній вологості навколишнього середовища.

Розроблена методика та обчислювальна програма, а також складені таблиці для оцінки показників надійності електродвигунів.

Проведені дослідження та аналіз математичних моделей вказують на можливість підвищення надійності електродвигунів шляхом захисту їх від шкідливої дії експлуатаційних факторів.

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЬСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ.

В результаті порівняння та аналізу існуючих технічних засобів підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів сформульовані вимоги до пристроїв захисту, з врахуванням яких розро-

блені пристрої для захисту електродвигунів від перегріву та зволоження.

Дослідження показали, що більш доцільним засобом захисту від перегріву є пристрій на основі теплової моделі електродвигуна, що являє собою активно-ємністний контур з постійною часу заряду, що дорівнює постійній часу нагріву електродвигуна. Але не дивлячись на всі його переваги, воно має істотні недоліки, так як не враховує вплив параметрів навколишнього середовища, що вносить значну похибку при оцінці температури обмоток електродвигуна тепловою моделлю.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень одержано вираз для сталого перевищення температури обмоток статора асинхронного електродвигуна в функції параметрів навколишнього середовища: атмосферного тиску, температури та відносної вологості:

$$\vartheta = 1,598 \frac{[1+0,004(\vartheta-15)] [p-0,05 W \exp(0,059 \vartheta)]}{[p-0,19 W \exp(0,059 \vartheta)]} \times \\ \times \frac{[273,15 + \vartheta]}{[1,005 p + 0,01 W \exp(0,059 \vartheta)]} \vartheta_n, \quad (7)$$

де  $p$  - атмосферний тиск, мм рт.ст.;  $\vartheta$  - температура навколишнього середовища, °С;  $W$  - відносна вологість навколишнього середовища, %;  $\vartheta_n$  - стале перевищення температури обмоток при нормованих параметрах навколишнього середовища, °С.

Для кращого співпадання теоретичної кривої нагріву з реальною в теплових розрахунках електродвигунів використовують середню постійну часу нагріву:

$$T_n = 0,006 \frac{G \vartheta \eta_n}{P_n (1 - \eta_n)}, \quad (8)$$

де  $G$  - маса електродвигуна, кг;  $P_n$  - номінальна потужність електродвигуна, кВт;  $\eta_n$  - номінальний коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Таким чином, показано, що постійна часу нагріву електродвигуна змінюється в залежності від значення параметрів навколишнього середовища. В зв'язку з цим для підвищення точності моделювання теплового стану електродвигуна тепловою моделлю необхідне відповідне коригування постійної часу заряду теплової моделі.

Розроблена теплова модель електродвигуна, яка враховує зміну параметрів навколишнього середовища, та пристрій захисту, який вимикає електродвигун при підвищенні температури обмоток і швидкості її нагрівання вище допустимих значень (рис. 3).

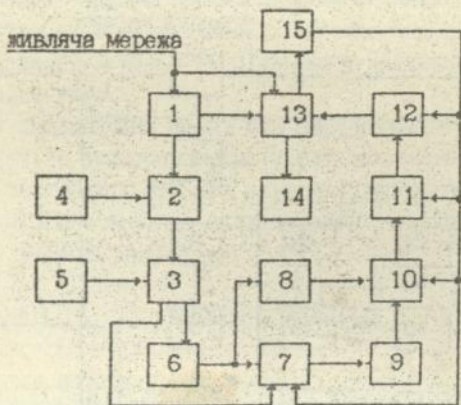


Рис.3. Блок-схема пристрою для захисту електродвигуна від перегріву: 1 - датчик струму; 2 - квадрататор струму; 3 - теплова модель електродвигуна; 4, 5 - регулюючі органи; 6 - буфер; 7 - перетворювач струм-напруга; 8, 9 - порогові органи; 10 - логічний елемент АБО; 11 - транзисторний ключ; 12 - виконувачий орган; 13 - комутатор; 14 - електродвигун; 15 - блок живлення.

Ефективним способом запобігання зволоженню ізоляції, як показали дослідження, є створення і автоматичне підтримання в період технологічних пауз перевищення температури обмоток електродвигуна над температурою навколишнього середовища шляхом пропускання по обмотках електричного струму. На основі експериментальних досліджень одержана залежність необхідного перевищення температури обмоток від значень відносної вологості і температури навколишнього середовища, яка для електродвигунів АИР загальнопромислового виконання апроксимується виразом:

$$\Delta\theta = -13 + 0,19 W + 0,1 \theta \quad (9)$$

В зв'язку з цим розроблено пристрій захисту обмоток електродвигуна від зволоження (рис. 4), що дозволяє реалізувати ека-

зану залежність. Контроль температури обмоток відбувається методом опору.

На розроблені пристрої для захисту електродвигунів від перегріву та зволоження одержані авторські свідоцтва та позитивні рішення про видачу патентів на винахід.

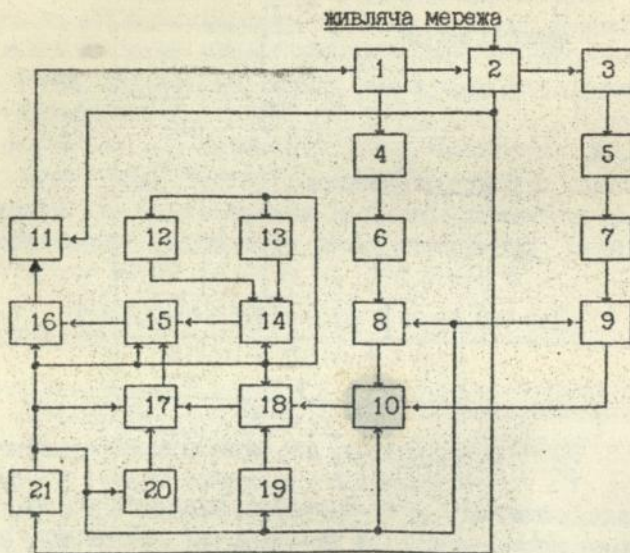


Рис. 4. Блок-схема пристрою для захисту обмоток електродвигуна від зволоження: 1 - термостабільний шунт; 2 - комутатор; 3 - обмотки електродвигуна; 4, 5 - фільтри низької частоти; 6, 7 - обмежувачі; 8 - перетворювач струм-напруга; 9 - перетворювач напруга-напруга; 10 - блок ділення; 11 - виконавчий орган; 12 - вимірник відносної вологості навколишнього середовища; 13 - вимірник температури навколишнього середовища; 14 - датчик перевищення температури обмоток; 15 - блок порівняння; 16 - блок формування керуючих дій; 17 - підсилювач різниці; 18 - масштабний підсилювач; 19 - датчик температурного коефіцієнта матеріалу обмоток; 20 - датчик температури навколишнього середовища; 21 - блок живлення.

ВИРОБИЧА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ. Орієнтовний розрахунок надійності показав, що ймовірність безвідказної роботи напротязі

1000 год та напруження на відказ складає: для пристрою захисту від перегріву відповідно 0,95 і 18000 год, для пристрою захисту від зволоження - 0,92 і 11500 год, що відповідає вимогам, які ставляться до подібних пристроїв.

Виробнича перевірка розроблених пристроїв захисту проводилась в колгоспі "Дружба" Васильківського району Київської області, яка підтвердила їх надійність та ефективність. Використання пристроїв захисту забезпечує підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів.

Річний економічний ефект від застосування пристроїв захисту від перегріву та пристрою захисту від зволоження з одним електродвигуном потужністю 3,0 кВт складає відповідно 16,5 крб і 30,6 крб (в цінах 1990 р.), що підтверджує економічну ефективність розроблених засобів захисту.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел і статистичних даних проведених досліджень показав, що строк служби електродвигунів в сільськогосподарському виробництві практично не перевищує 3,5 роки, що значно нижче нормативного значення. Одним із шляхів підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів є прогнозування показників надійності з урахуванням багатофакторної дії на електродвигуни умов навколишнього середовища і режиму роботи та розробка на цій основі міроприємств по підвищенню їх надійності. Низька надійність електродвигунів обумовлена також відсутністю ефективних технічних засобів захисту від перегріву і зволоження ізоляції обмоток. Щороку відкази електродвигунів внаслідок цих причин складають відповідно 60...70% і 20...30% від загального числа відказів.

2. В результаті аналізу, логічного опису і експериментального дослідження процесу зміни пробивної напруги міжвиткової ізоляції обмоток при експлуатації електродвигунів одержана математична модель, що дозволяє прогнозувати надходження критичного значення пробивної напруги при дії комплексу експлуатаційних факторів. Логічна модель дозволяє з похибкою до 10% визначити час, за який пробивна напруга досягне критичного значення, або строки служби електродвигунів.

3. На основі планування багатофакторного експерименту одержані математичні моделі в поліноміальному вигляді, які описують

залежності пробивної напруги і її середнього квадратичного відхилення від параметрів навколишнього середовища і режиму роботи електродвигунів. Різниця між значеннями пробивної напруги, розрахованими по логічній і поліноміальній моделях, не перевищує 10%. Встановлено, що експлуатаційні фактори підтримують і активізують один одного.

4. Одержані в результаті обробки даних багатофакторного експерименту поліноміальні моделі для параметрів розподілу пробивної напруги (параметрів форми і масштабу розподілу Вейбула) в функції експлуатаційних факторів дозволяють оцінити імовірність невиникнення критичного значення пробивної напруги і гама-процентні строки служби електродвигунів з похибкою, що не перевищує 10%.

5. Дослідження показали, що неврахування параметрів навколишнього середовища вносить значну похибку при оцінці температури обмоток електродвигуна тепловим моделлю. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень одержано аналітичний вираз для постійної часу нагріву електродвигуна, розроблені теплова модель і пристрій захисту електродвигуна від перегріву, які враховують вплив атмосферного тиску, температури і відносної вологості навколишнього середовища на його тепловий стан. Встановлено, що зниження тиску з 760 мм рт.ст. до 700 мм рт.ст. при температурі 20°C і вологості 70% веде до збільшення постійної часу нагріву на 9%, підвищення температури від 0°C до 40°C при тиску 760 мм рт.ст. і вологості 70% веде до росту постійної часу нагріву на 53%, а підвищення вологості від 40% до 100% при тиску 760 мм рт.ст. і температурі 20°C спричиняє ріст постійної часу нагріву на 4%.

6. Встановлено, що для захисту обмоток електродвигуна від зволоження необхідно створити в період технологічних пауз перевищення температури обмоток над температурою навколишнього середовища, величина якого залежить від відносної вологості і температури навколишнього середовища. Одержано аналітичний вираз для необхідного перевищення температури і розроблено пристрій захисту обмоток від зволоження. Дослідження показують, що при температурі навколишнього середовища 20°C і значеннях вологості 80% або 100% перевищення температури обмоток повинно складати відповідно 4°C і 8°C, а при температурі 40°C і тих самих значеннях вологості – 6°C і 10°C.

7. Виробнича перевірка розроблених пристроїв для захисту

Електродвигуна від перегріву і від зволоження показала високу ефективність захисту, а їх надійність забезпечує тривалу і безвідказну експлуатацію в умовах сільськогосподарського виробництва. При цьому імовірність безвідказної роботи протязі 1000 год і напруження на відказ в пристрої захисту від перегріву складає відповідно 0,95 і 18000 год, а в пристрої захисту від зволоження - 0,92 і 11500 год.

8. Річний економічний ефект від впровадження пристроїв для захисту електродвигуна від перегріву і пристрою для захисту обмоток електродвигуна від зволоження з одним електродвигуном потужністю 3,0 кВт складає відповідно 16,5 крб і 30,6 крб.

Основні положення дисертації викладені в таких роботах:

1. Корчемный Н.А., Гирченко М.Т., Юсупов Н.А. и др. Совершенствование технических средств защиты электродвигателей, работающих на животноводческих фермах // Механизация содержания крупного рогатого скота на малых фермах и применение новейших доильных аппаратов в технологических линиях доения коров: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. - Глеваха, 1989. - С. 27-28.

2. Корчемный Н.А., Филоненко А.Ф., Юсупов Н.А. Устройства повышения эксплуатационной надежности сельскохозяйственных электроприводов // Энергосберегающее электрооборудование для АПК: Тез. докл. II Всесоюз. науч.-техн. конф. - М.: Информэлектро, 1990. - С. 44-45.

3. А.с. СССР N 1610535, Н 02Н 7/08, 5/04, Н 02К 3/44. Устройство для защиты обмоток электродвигателя от конденсации влаги / Н.А. Корчемный, Н.А. Юсупов, А.Ф. Филоненко, М.Т. Гирченко / Бюл. N44, 1990.

4. Корчемный М.О., Филоненко А.Ф., Юсупов Н.А. Эксплуатация надійність електродвигунів у сільськогосподарському виробництві // Мех. та електриф. сіл. госп-ва. - К.: Урожай, 1991. - Вип. 73. - С. 78-80.

5. Корчемный М.О., Юсупов Н.А. Прогнозування строків служби електродвигунів як екологічно чистих засобів енергетики // Науково-технічні, економічні та екологічні основи механізації процесів підвищення родючості ґрунту: Тези допов. респ. наук.-техн. конф. - К., 1991. - С. 80-81.

6. Филоненко А.Ф., Юсупов Н.А. Пристрій для захисту обмоток електродвигуна від зволоження // Мех. та електриф. сіл. госп-ва. - К.: Урожай, 1991. - Вип. 74. - С. 57-60.

7. А.с. СССР N 1683115, Н ОЗН 5/04, 7/08, Н ОЗК 3/44. Устройство для защиты электродвигателя от перегрева и увлажнения / Н.А. Корчемный, Н.А. Юсупов, М.Т. Гирченко, А.Ф. Филоненко / Бюл. N37, 1991.

8. Корчемный М.О., Юсупов Н.А. Оцінка надійності ізоляції обмоток електродвигунів серії АИР за допомогою математичних моделей // Мех. та електриф. сіл. госп-ва.-К.:Урожай,1992.-Вип.76.-С.62-65.

9. А.с. СССР N 1758755, Н ОЗН 7/08, 5/04, Н ОЗК 3/44. Устройство для защиты обмоток электродвигателя от конденсации влаги / Н.А. Корчемный, М.Т. Гирченко, Н.А. Юсупов и др. / Бюл. N32, 1992.

10. Филоненко А.Ф., Юсупов Н.А. Захист обмоток електродвигуна від зволоження // Інженерно-технічне забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції в нових умовах господарювання: Тези допов. наук.-техн. конф.-Глеваха,1992.-С.42.

11. Юсупов Н.А. Вимоги до засобів захисту електродвигунів // Інженерно-технічне забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції в нових умовах господарювання: Тези допов. наук.-техн. конф.-Глеваха,1992.-С.43-44.

12. Корчемный М.О., Юсупов Н.А. Дослідження експлуатаційної надійності електродвигунів серії АИР // Вісник аграрної науки.-1993.-N 1.-С.102-106.

13. Юсупов Н.А. Захист електродвигуна на основі теплової моделі // Наукові розробки - агропромислового комплексу: Тези допов. наук.-практ. конф.-Нижні Ворота,1993.-С.155.

14. Патент РФ по заявке N 5009270/07 от 15.11.91 г., Н ОЗН 5/04, 7/08, Н ОЗК 3/44. Способ защиты обмоток электродвигателя от конденсации влаги / Н.А. Корчемный, Н.А. Юсупов, А.Ф. Филоненко.

15. Патент РФ по заявке N 5029857/07 от 27.02.92 г., Н ОЗН 5/04, 7/08, Н ОЗК 3/44. Устройство для защиты электродвигателя от перегрева и увлажнения / Н.А. Корчемный, Н.А. Юсупов, А.Ф. Филоненко.

16. Патент РФ по заявке N 5033253/07 от 19.03.92 г., Н ОЗН 5/04, 7/08, Н ОЗК 3/44. Устройство для защиты обмоток электродвигателя от конденсации влаги / Н.А. Корчемный, Н.А. Юсупов, А.Ф. Филоненко.

---

Підписано до друку 1.07.93. Формат 60x84 1/16. Офсетний друк.

Офсетний папір. Ум.друк.арк. 0,93. Тираж 100 прим. Зам. 1328в.

ВІПН корпорації УкрНТІ, 252171, Київ, вул. Горького, 180.

ДНБ ім. В. Стефаника  
АН України



Ab 28.058

**AB 28.058**