

№ держреєстрації: 0116U002726

Міністерство освіти і науки України

Таврійський державний агротехнологічний університет
72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18
Тел. (0619)42-06-94

ЗАТВЕРДЖУЮ

директор НДІ МЗПУ

д.т.н. _____ В.Т. Надикто

« ____ » _____ 20__ р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РЕЖИМИ РОБОТИ
СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ
БІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ
(проміжний)**

Науковий керівник НДР

к.т.н., доцент

С.О. Квітка

2016

Результати роботи розглянуто НТР

Протокол № ____ від « ____ » _____ 20__ р.

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР, к.т.н., доцент	_____	Квітка С.О. (вступ, розділ 5.1.1, етап 5.1.1.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
Відповідальні виконавці: к.т.н., доцент	_____	Вовк О.Ю. (вступ, розділ 5.1.1, етап 5.1.1.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
асистент	_____	Стребков О.А. (вступ, розділ 5.1.1, етап 5.1.1.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
магістр	_____	Квітка О.С. (вступ, розділ 5.1.1, етап 5.1.1.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
к.т.н., доцент	_____	Нестерчук Д.М. (вступ, розділ 5.1.2, етап 5.1.2.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
ст. викладач	_____	Ковальов О.В. (вступ, розділ 5.1.3, етап 5.1.3.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
к.т.н., доцент	_____	Попова І.О. (вступ, розділ 5.1.4, етап 5.1.4.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
к.т.н., доцент	_____	Постнікова М.В. (вступ, розділ 5.1.5, етап 5.1.5.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
к.т.н., доцент	_____	Курашкін С.Ф. (вступ, розділ 5.1.6, етап 5.1.6.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
асистент	_____	Стребков О.А. (вступ, розділ 5.1.7, етап 5.1.7.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
асистент	_____	Речина О.М. (вступ, розділ 5.1.8, етап 5.1.8.1, висновки)
	(підпис) (дата)	
асистент	_____	Попрядухін В.С. (вступ, розділ 5.1.9, етап 5.1.9.1, висновки)
	(підпис) (дата)	

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 5.1.1 Розробка ресурсозберігаючих пристроїв контролю і захисту асинхронних електродвигунів потокових технологічних ліній.	
Етап 5.1.1.1 Аналітичне дослідження впливу відхилення живлячої напруги на швидкість витрати ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів потокових технологічних ліній.	5
РОЗДІЛ 5.1.2 Розробка та удосконалення системи прогнозування, моніторингу та захисту силового електрообладнання.	
Етап 5.1.2.1 Аналіз експлуатаційних чинників надійності трифазних асинхронних електродвигунів, методів прогнозування та моніторингу енергетичного стану АД.	29
РОЗДІЛ 5.1.3 Розробка та удосконалення енергозберігаючої електромеханічної системи обробітку ґрунту.	
Етап 5.1.3.1 Розробка пристрою захисту електрифікованих машин для обробки ґрунту.	49
РОЗДІЛ 5.1.4 Використання перетворювача на базі аналога лямбда-діода для контролю параметрів об'єктів АПК.	
Етап 5.1.4.1 Аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на польових і біполярних транзисторах. Патентний пошук.	64
РОЗДІЛ 5.1.5 Розробка та обґрунтування енергозберігаючих режимів роботи обладнання на підприємствах зберігання та обробки зернових культур.	
Етап 5.1.5.1 Визначення енергетичних характеристик технологічного устаткування і дослідження впливу на них різних факторів.	78
РОЗДІЛ 5.1.6 Розробка пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ.	
Етап 5.1.6.1 Аналітичний огляд літературних джерел.	104

РОЗДІЛ 5.1.7 Ресурсоенергозбереження приводних асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.

Етап 5.1.7.1 Аналіз електромеханічних і теплових перехідних процесів припуску приводних асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.

121

РОЗДІЛ 5.1.8 Розробка енергозберігаючої біотехнічної системи у рослинництві захищеного ґрунту в АПК.

Етап 5.1.8.1 Аналіз стану питання, виявлення можливих шляхів енергозбереження.

147

РОЗДІЛ 5.1.9 Розробка системи електромагнітного впливу на біологічні об'єкти в тваринництві.

Етап 5.1.9.1 Аналіз існуючих методів лікування ендометриту у ВРХ.

165

РОЗДІЛ 5.1.1

РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПОТОКОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ

Етап 5.1.1.1 Аналітичне дослідження впливу відхилення живлячої напруги на швидкість витрати ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів потокових технологічних ліній

ВИКОНАВЦІ

К.т.н., доцент

Квітка Сергій Олексійович

К.т.н., доцент

Вовк Олександр Юрійович

Асистент

Стребков Олександр Андрійович

Магістр

Квітка Олександр Сергійович

РЕФЕРАТ

Звіт з НДР 5.1.1.1: 24 с., 0 табл., 14 рисунків, 8 посилань.

АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ІЗОЛЯЦІЯ ОБМОТКИ, ЗНИЖЕННЯ НАПРУГИ, НАНТАЖЕННЯ, ТЕМПЕРАТУРА ОБМОТКИ, ШВИДКІСТЬ ВИТРАТИ РЕСУРСУ.

Об'єкт дослідження: процес теплового зношення ізоляції асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії.

Предмет дослідження: взаємозв'язок між швидкістю теплового зношення ізоляції асинхронного електродвигуна та показниками експлуатаційних впливів (коефіцієнтом зниження напруги на затискачах електродвигуна, коефіцієнту завантаження електродвигуна, виду механічної характеристики робочої машини і температурою навколишнього середовища).

Мета роботи: підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії.

Методи досліджень: аналітичний та комп'ютерного моделювання процесу теплового зношення ізоляції асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії в Ms Excel.

В результаті проведених досліджень: отримано взаємозв'язок між швидкістю теплового зношення ізоляції асинхронного електродвигуна та показниками експлуатаційних впливів (коефіцієнтом зниження напруги на затискачах електродвигуна, коефіцієнту завантаження електродвигуна, виду механічної характеристики робочої машини і температурою навколишнього середовища).

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	9
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	9
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
3.1 Опис механізму розвитку процесів пошкодження ізоляції асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення	9
3.2 Аналітичне дослідження теплових та електромеханічних процесів, які протікають в асинхронних електродвигунах потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення	12
ВИСНОВКИ	27
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	28

ВСТУП

На сьогодні більше 50 % електричної енергії, що виробляється у світі, споживається асинхронними електродвигунами [1]. Таке розповсюдження ці електродвигуни отримали завдяки високій конструкційній надійності та порівняно незначній вартості виготовлення. В той же час експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів у всіх галузях промисловості невисока: щорічно виходять з ладу та ремонтуються близько 30 % зазначених електродвигунів, час напрацювання на відмову становить 0,5 ... 1,5 роки [2]. Головними причинами невисокої експлуатаційної надійності вказаних двигунів є зовнішні впливи на них як з боку живлячої мережі, так і з боку робочих машин. Одним з таких впливів є зниження напруги живлячої мережі на затискачах працюючих асинхронних електродвигунів.

Відомо, що навіть незначні відхилення якості живлячої напруги призводять до негативних наслідків, пов'язаних зі старінням ізоляції і зниженням таких енергетичних показників роботи асинхронних двигунів як коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності [3]. При відхиленні напруги в мережі від номінального значення активна потужність на валу асинхронного двигуна залишається практично постійною, а в ньому змінюються втрати активної потужності [4]. Це призводить до зміни нагріву асинхронного електродвигуна та, як наслідок, до зміни швидкості теплового зношення його ізоляційної конструкції.

Існуючі методи аналізу впливу зниження напруги на затискачах асинхронного електродвигуна дозволяють визначати або тільки його енергетичні показники роботи, які тільки опосередковано дозволяють робити висновок про стан ізоляції електродвигуна, або швидкість теплового зношення ізоляції без урахування завантаження електродвигуна під час зниження напруги. Крім того, вони не дозволяють в повній мірі враховувати завантаження асинхронного електродвигуна та вид механічної характеристики робочої машини, яку він приводить у рух [5 – 6].

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Описати механізм розвитку процесів пошкодження ізоляції асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення.

1.2 Аналітично дослідити теплові та електромеханічні процеси, які протікають в асинхронних електродвигунах потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Теплові процеси, які протікають в асинхронних електродвигунах потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення, було досліджено за допомогою двохелементної еквівалентної теплової схеми, у тілах якої виділяються постійні та змінні втрати потужності, із застосуванням диференціального вирахування і чисельного аналізу.

Електромеханічні процеси, які протікають в асинхронних електродвигунах потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення, було досліджено за допомогою механічної характеристики електродвигуна, яку лінеаризовано на робочій ділянці, та механічної характеристики робочої машини аналітичним методом.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Опис механізму розвитку процесів пошкодження ізоляції асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення

Через те, що асинхронні електродвигуни потокової технологічної лінії перебувають в процесі експлуатації під впливом зниження напруги на їх затискачах, то механізм розвитку процесу пошкодження їх ізоляції буде

наступний. Зниження напруги на затискачах працюючих асинхронних електродвигунів призведе до збільшення їх ковзання і, як наслідок, до збільшення сил споживаних ними струмів та відповідно до перевантаження за струмом. Останнє у свою чергу викликає підвищення вібрації, збільшення електродинамічних зусиль між провідниками обмотки, зниження опору виткової ізоляції, а також перегрівів виткової, корпусної ізоляції та осердя. Наслідком перегрівання ізоляції є її тепловий знос, який призводить до виникнення спочатку локальних дефектів виткової ізоляції у пазових та лобових частинах. Ці дефекти призводять спочатку до незвершених пробоїв виткової ізоляції, а потім і до повних виткових замикань, які в свою чергу викликають відмову електродвигунів.

При цьому слід враховувати зміну завантаження робочих машин, які приводять у рух асинхронні електродвигуни, а також зміну температури навколишнього середовища. Збільшення завантаження робочих машин призводить до збільшення сил споживаних електродвигунами струмів, до перевантаження асинхронних електродвигунів за струмом, до підвищення температури обмотки, до перегріву виткової ізоляції, до теплового зносу ізоляції, до виникнення спочатку локальних дефектів виткової ізоляції у лобових та пазових частинах, які призводять до незавершених пробоїв виткової ізоляції, а потім і до повних виткових замикань та відмови електродвигуна. Збільшення температури навколишнього середовища призводить до підвищення температури обмотки, до перегріву виткової ізоляції, до теплового зносу ізоляції, до виникнення спочатку локальних дефектів виткової ізоляції у лобових та пазових частинах, які призводять до незавершених пробоїв виткової ізоляції, а потім і до повних виткових замикань та відмови електродвигуна.

Таким чином, з урахуванням викладеного вище у подальших дослідженнях у необхідно враховувати причинно-наслідковий зв'язок зниження напруги на затискачах асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії, який наведений на рисунку 1.



Рисунок 1 – Причинно-наслідковий зв'язок зниження напруги на затискачах асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії

3.2 Аналітичне дослідження теплових та електромеханічних процесів, які протікають в асинхронних електродвигунах потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення

Головним проявом зниження напруги на затискачах асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії є підвищення їх нагріву, яке призводить до збільшення теплового зносу ізоляції. Параметром, який характеризує тепловий знос ізоляції асинхронного електродвигуна, є швидкість теплового зносу ізоляції, яка визначається за формулою [6]:

$$\varepsilon = \varepsilon_n \cdot e^{B \left(\frac{1}{\Theta_n} - \frac{1}{\Theta} \right)}, \quad (1)$$

де ε – швидкість теплового зносу ізоляції, баз.год./год.;

ε_n – номінальна швидкість теплового зносу ізоляції, баз.год./год.;

B – параметр, що характеризує клас ізоляції, К;

Θ_n – номінальна абсолютна усталена температура обмотки, К;

Θ – поточна абсолютна усталена температура обмотки, К.

Отже швидкість теплового зносу ізоляції залежить від номінальної швидкості теплового зносу ізоляції ε_n , параметру, що характеризує клас ізоляції, B , номінальної абсолютної усталеної температури обмотки Θ_n , поточної абсолютної усталеної температури обмотки Θ . Тобто $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \Theta_n, \Theta)$.

У свою чергу номінальна абсолютна усталена температура обмотки визначається за формулою:

$$\Theta_n = \tau_{1n} + \vartheta_{сер.n} + 273, \quad (2)$$

де τ_{1n} – номінальне усталене перевищення температури обмотки, °С;

$\vartheta_{сер.n}$ – номінальна температура навколишнього середовища, °С.

Відповідно поточна абсолютна усталена температура обмотки визначається за формулою:

$$\Theta = \tau_{1y} + \vartheta_{сер} + 273, \quad (3)$$

де τ_{1y} – поточне усталене перевищення температури обмотки, °С;

$\vartheta_{сер}$ – поточна температура навколишнього середовища, °С.

З урахуванням викладеного швидкість теплового зносу ізоляції залежить від номінальної швидкості теплового зносу ізоляції ε_n , параметру, що характеризує клас ізоляції, B , номінального усталеного перевищення температури обмотки τ_{1n} , номінальної температури навколишнього середовища $\vartheta_{сер.n}$, поточного усталеного перевищення температури обмотки τ_{1y} , поточної температури навколишнього середовища $\vartheta_{сер}$. Тобто $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.n}, \tau_{1y}, \vartheta_{сер})$. Значення $\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.n}$ залежать тільки від конструкції асинхронного електродвигуна, значення $\vartheta_{сер}$ визначає вплив температури навколишнього середовища на швидкість теплового зносу ізоляції, а значення τ_{1y} визначає вплив режиму роботи на швидкість теплового зносу ізоляції, тобто відхилення напруги на затискачах електродвигуна та ступінь його завантаження.

З метою встановлення поточного усталеного перевищення температури обмотки асинхронного електродвигуна теплові процеси у електродвигуні розглянуто, користуючись двохелементною еквівалентною тепловою схемою [5]. На підставі цієї схеми складена система диференціальних рівнянь, з якою і визначено:

$$\tau_{1y} = \tau_{1n} \frac{a + \kappa^2}{1 + a - \alpha \cdot \tau_{1n} \cdot (\kappa^2 - 1)}; \quad (4)$$

$$a = \frac{\Delta P_{с.н.}}{\Delta P_{м.н.}}. \quad (5)$$

Отже, усталене перевищення температури обмотки τ_{1y} залежить від класу ізоляції обмотки, яка визначає її номінальне усталене перевищення температури τ_{1n} , кратності струму електродвигуна κ , коефіцієнта втрат a та матеріалу провідників обмотки, якому відповідає температурний коефіцієнт опору α . Тобто $\tau_{1y} = f(\tau_{1n}, \kappa, a, \alpha)$.

Таким чином, встановлена залежність між тепловим станом асинхронного електродвигуна і швидкістю теплового зносу його ізоляції, яка має вигляд: $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \mathcal{G}_{сер.н}, \mathcal{G}_{сер}, \kappa, a, \alpha)$. Значення $\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \mathcal{G}_{сер.н}, a, \alpha$ залежать тільки від конструкції асинхронного електродвигуна, а значення κ і $\mathcal{G}_{сер}$ залежать від умов експлуатації та можуть змінюватись протягом роботи електродвигуна.

З останніх двох показників тільки кратність струму електродвигуна може змінюватись від напруги, прикладеної до затискачів електродвигуна. Квадрат кратності струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна, згідно його Г-подібної схеми заміщення [7], дорівнює:

$$\kappa^2 = k_u \cdot \frac{(r'_1 + r''_2/s_n)^2 + (x'_1 + x''_2)^2}{(r'_1 + r''_2/s)^2 + (x'_1 + x''_2)^2}, \quad (6)$$

де r'_1, r''_2, x'_1, x''_2 – параметри Г-подібної схеми заміщення асинхронного електродвигуна.

s – поточне ковзання електродвигуна;

s_n – номінальне ковзання електродвигуна.

Як видно з (6) кратність струму обмотці статора електродвигуна залежить від його параметрів, номінального і поточного ковзання. З цих величин тільки поточне ковзання залежить від прикладеної напруги до затискачів електродвигуна.

Виходячи зі сказаного вище, проаналізуємо вплив зниження напруги живлячої мережі на поточне ковзання електродвигуна з урахуванням його коефіцієнту завантаження та виду робочої машини, яку він приводить у рух.

Для встановлення математичних залежностей поточного ковзання асинхронного електродвигуна у функції коефіцієнту зниження напруги, коефіцієнту завантаження електродвигуна та виду робочої машини скористаємось механічними характеристиками асинхронного електродвигуна та робочої машини, які наведено на рисунку 2.

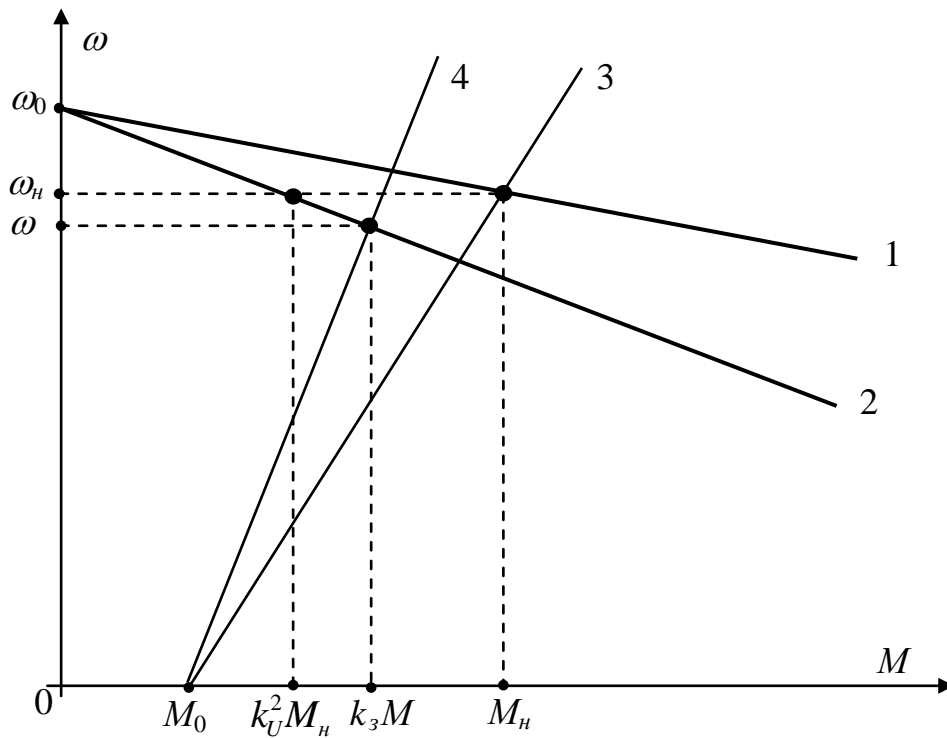


Рисунок 2 – Механічні характеристики асинхронного електродвигуна та робочої машини

На рисунку 2 позначено:

1, 2 – робочі ділянки механічної характеристики асинхронного електродвигуна відповідно при номінальній та зниженій напрузі живлячої мережі;

3, 4 – механічні характеристики робочої машини відповідно при номінальному та зниженому навантаженні;

ω_0 , ω_n , ω – відповідно синхронна, номінальна і поточна кутові швидкості асинхронного електродвигуна;

M_0 – початковий момент опору робочої машини;

M_n , M – відповідно номінальний та поточний моменти на валу асинхронного електродвигуна;

k_3 – коефіцієнт завантаження асинхронного електродвигуна;

k_U – коефіцієнт, який враховує зниження напруги живлячої мережі (дорівнює відношенню діючого значення поточної напруги до номінальної).

Використовуючи рисунок 2 та признак подібності трикутників можемо записати:

$$\frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0 - \omega} = \frac{k_3 \cdot M}{k_U^2 \cdot M_n} \quad (7)$$

Звідки знаходимо:

$$M = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0 - \omega} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} \cdot M_n, \quad (8)$$

або

$$M = \frac{s}{s_n} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} \cdot M_n, \quad (9)$$

Ковзання асинхронного електродвигуна визначає діюче значення сили струму в обмотці статора, від квадрата якого залежить кількість теплоти, що виділяється у цій обмотці при роботі електродвигуна. Тому дослідимо, як буде змінюватись ковзання двигуна в залежності від коефіцієнтів завантаження та зниження напруги з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини.

Для цього скористаємось емпіричним рівнянням механічної характеристики робочої машини [8]:

$$M_{on} = M_0 + (M_{on,n} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (10)$$

де M_{on} , $M_{on,n}$ – відповідно поточне та номінальне значення моменту опору робочої машини, Н·м;

x – показник ступеня, який характеризує зміну статичного моменту робочої машини при зміні швидкості.

Підставимо (9) у (10) та перепишемо рівняння (10) в наступному вигляді:

$$\frac{s}{s_n} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} \cdot M_n = M_0 + (M_n - M_0) \cdot \left(\frac{1-s}{1-s_n} \right)^x. \quad (11)$$

Розділимо (11) на M_n та перепишемо у такому вигляді:

$$\frac{s}{s_n} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} = M_{0^*} + (1 - M_{0^*}) \cdot \left(\frac{1-s}{1-s_n} \right)^x, \quad (12)$$

де M_{0^*} – відносне значення початкового моменту опору робочої машини;

$$M_{0^*} = \frac{M_0}{M_n}. \quad (13)$$

Використовуючи (13) знайдемо вирази ковзання двигуна в залежності від коефіцієнтів завантаження та зниження напруги з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини, тобто з урахуванням значення показника ступеня, який характеризує зміну статичного моменту робочої машини при зміні швидкості.

Для робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою ($x = 0$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n. \quad (14)$$

Для робочої машини з лінійно-зростаючою механічною характеристикою ($x = 1$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{M_{0^*} + \frac{1 - M_{0^*}}{1 - s_n}}{\frac{k_U^2}{k_3 \cdot s_n} + \frac{1 - M_{0^*}}{1 - s_n}}. \quad (15)$$

Для робочої машини з нелінійно-зростаючою (параболічною) механічною характеристикою ($x = 2$) ця залежність буде наступною:

$$s = 1 + \frac{k_U^2}{k_3} \cdot \frac{(1 - s_n)^2}{2 \cdot s_n \cdot (1 - M_{0^*})} - \sqrt{1 + \frac{k_U^2 \cdot (1 - s_n)^2 (k_U^2 \cdot (1 - s_n)^2 + k_3 \cdot s_n \cdot (1 - M_{0^*}))}{4 \cdot k_3^2 \cdot s_n^2 \cdot (1 - M_{0^*})^2} - \frac{1 - M_{0^*} \cdot s_n}{1 - M_{0^*}}}; \quad (16)$$

Для робочої машини з нелінійно-спадаючою (гіперболічною) механічною характеристикою ($x = -1$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n \cdot M_{0^*} - \sqrt{\left(1 - \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n \cdot M_{0^*} \right)^2 - 4 \cdot \frac{k_3}{k_U^2} \cdot (1 - M_{0^*}) \cdot (1 - s_n)} \right). \quad (17)$$

Таким чином, встановлені залежності між поточним ковзанням асинхронного електродвигуна s та експлуатаційними показниками (коефіцієнтом зниження напруги на затискачах k_U і коефіцієнтом завантаження електродвигуна k_3) і конструкційними показниками (номінальним ковзанням двигуна s_n , показником ступеня, який характеризує зміну статичного моменту робочої машини при зміні швидкості x , і початковим моментом опору робочої машини M_{0^*}). Тобто $s = f(k_U, k_3, s_n, x, M_{0^*})$. При будь-якому виді робочої машини залежність ковзання від коефіцієнту зниження напруги має квадратичний характер, а від коефіцієнта завантаження – лінійний.

Отже проведені теоретичні дослідження дозволяють зробити висновок, що швидкість теплового зносу ізоляції є функцією конструкційних та експлуатаційних показників асинхронного електродвигуна та робочої машини.

Конструкційні показники електродвигуна обумовлені як його загальною конструкцією, так і його ізоляційною конструкцією, а робочої машини – її видом; експлуатаційні показники носять режимний характер і враховують зниження напруги на затискачах, коефіцієнт завантаження та температуру навколишнього середовища. Тобто $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.н}, r_1', r_2'', x_1', x_2'', a, \alpha, s_n, x, M_{0*}, k_U, k_z, \vartheta_{сер})$.

Використовуючи отримані залежності чисельно дослідимо залежність швидкості теплового зносу ізоляції від експлуатаційних показників режимного характеру (коефіцієнту зниження напруги, коефіцієнту завантаження, температури навколишнього середовища) з урахуванням зазначених вище конструкційних показників двигуна і робочої машини для асинхронних електродвигуна потокової технологічної лінії, які, наприклад, мають такі типорозміри: АИР80А2У3, АИР80А4У3, АИР80А4У3. Електродвигун АИР80А2У3 приводить у рух робочу машину з $x = 2$, АИР80А4У3 – робочу машину з $x = -1$, АИР132S4У3 – робочу машину з $x = 1$.

Згідно [5] для всіх електродвигунів лінії частина конструкційних показників мають однакове значення: $\varepsilon_n = 1$ баз.год./год., $B = 10200$ К, $\tau_{1n} = 90$ °С, $\vartheta_{сер.н} = 40$ °С, $\alpha = 0,004$ 1/°С, $M_{0*} = 0,2$. Значення інших конструкційних показників (параметрів Г-подібної схеми заміщення, номінальних ковзань, коефіцієнтів втрат) наведено у [8].

Прийнято, що коефіцієнт завантаження асинхронних електродвигунів лінії підготовки зеленого горошку до консервування має наступні значення: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0.

Прийнято, що коефіцієнт зниження напруги на затискачах асинхронних електродвигунів лінії підготовки зеленого горошку до консервування має наступні значення: 1,0; 0,95; 0,9; 0,85.

Прийнято, що температура навколишнього середовища має наступні значення: 40 °С; 25 °С; 10 °С.

Розрахунок проведено із використанням редактора Microsoft Office Excel. Результати розрахунків представлено на рисунках 3 – 11.

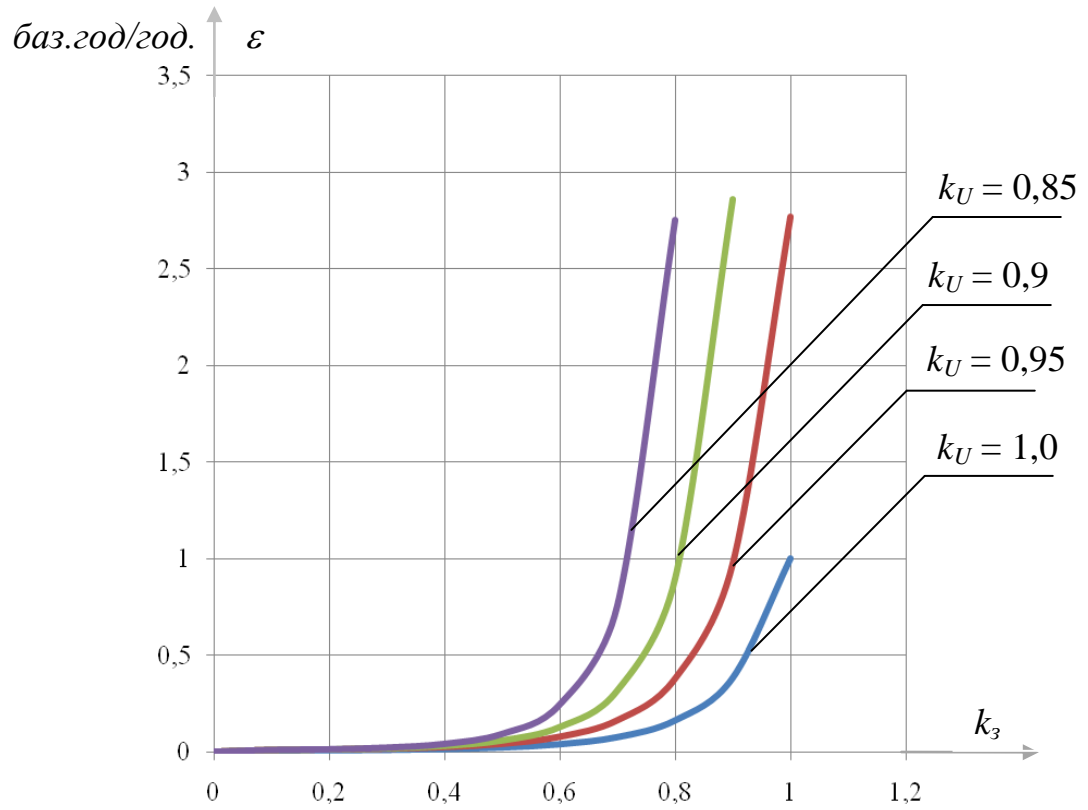


Рисунок 3 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 40$ °С електродвигуна АИР80А2УЗ

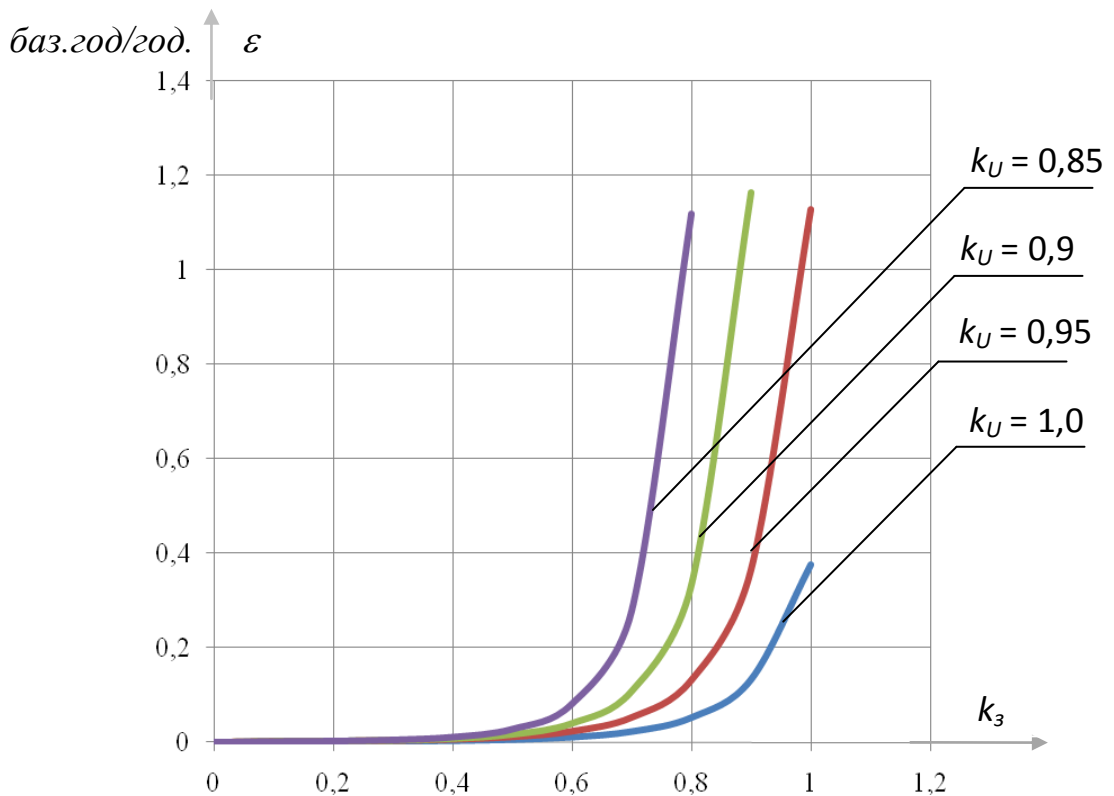


Рисунок 4 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 25$ °С електродвигуна АИР80А2УЗ

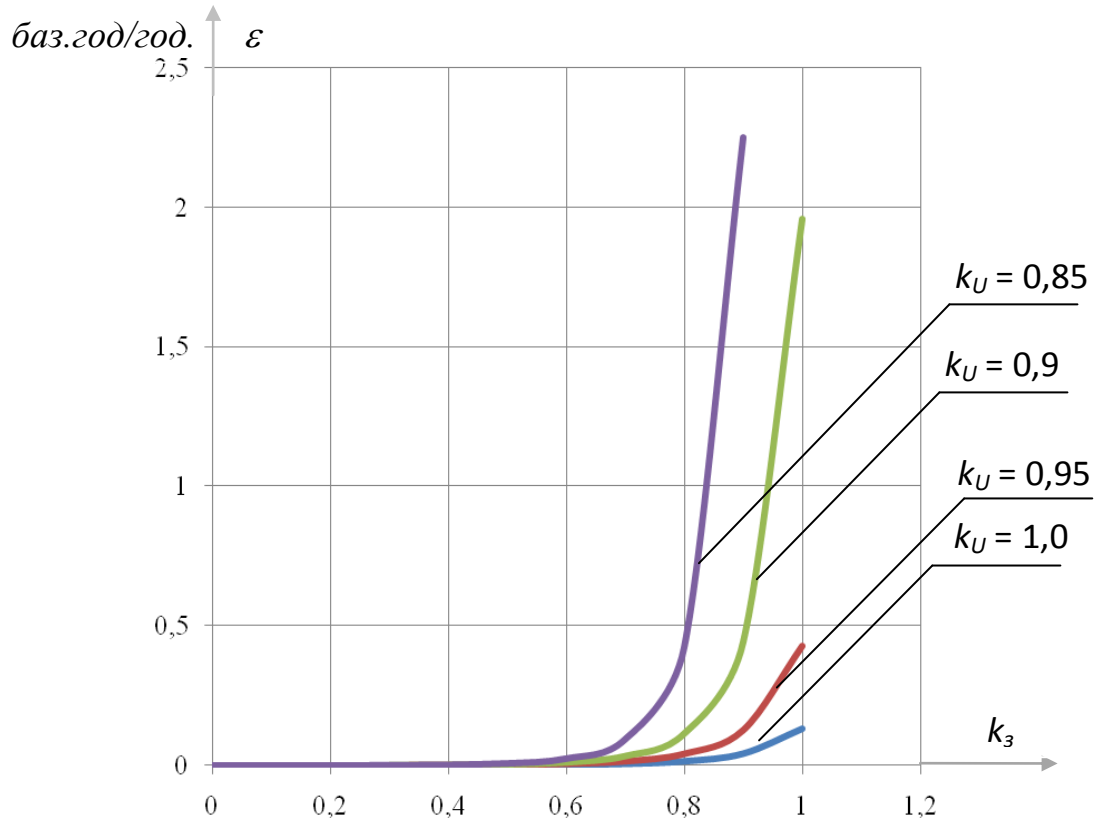


Рисунок 5 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ електродвигуна АИР80А2УЗ

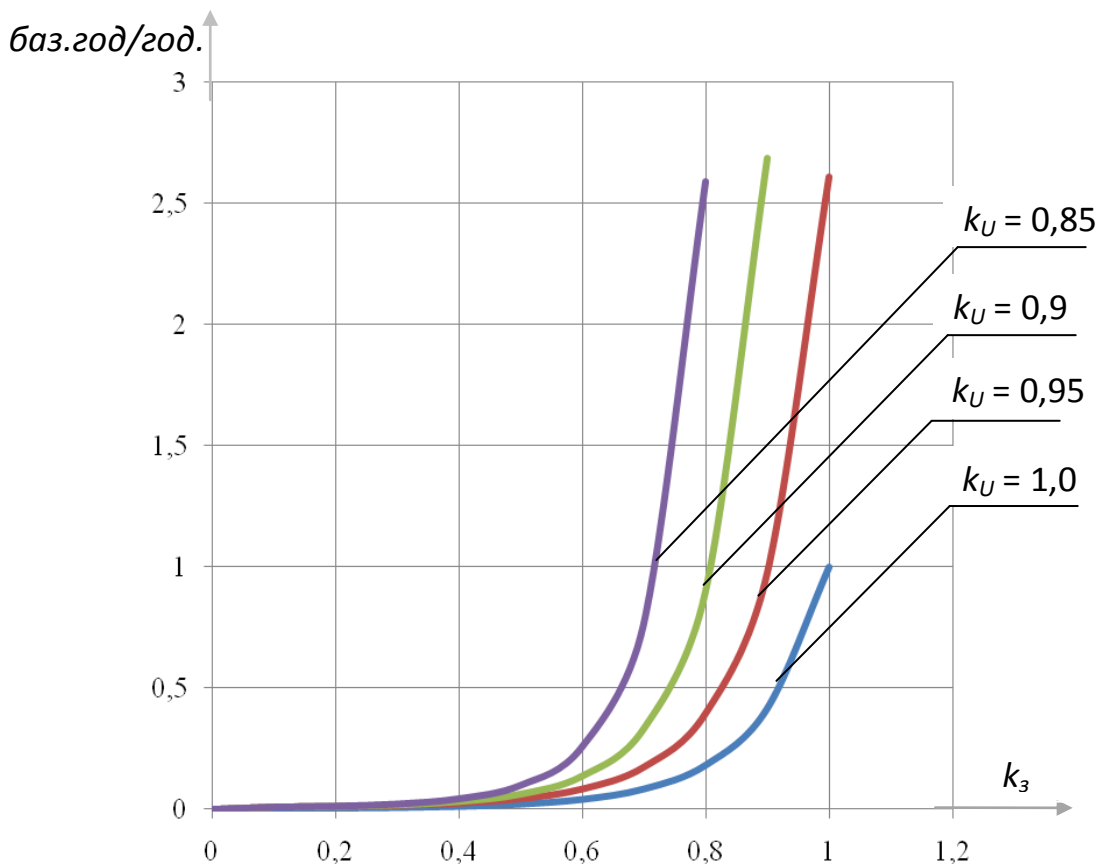


Рисунок 6 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ електродвигуна АИР80А4УЗ

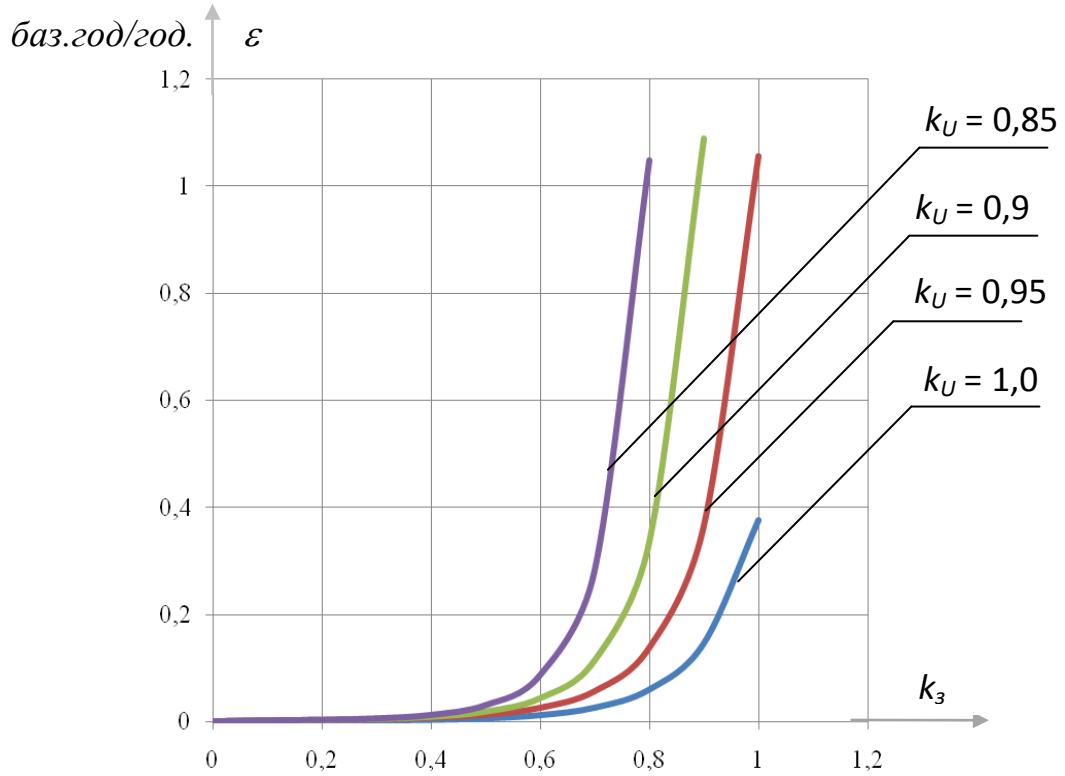


Рисунок 7 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 25$ °С електродвигуна АИР80А4УЗ

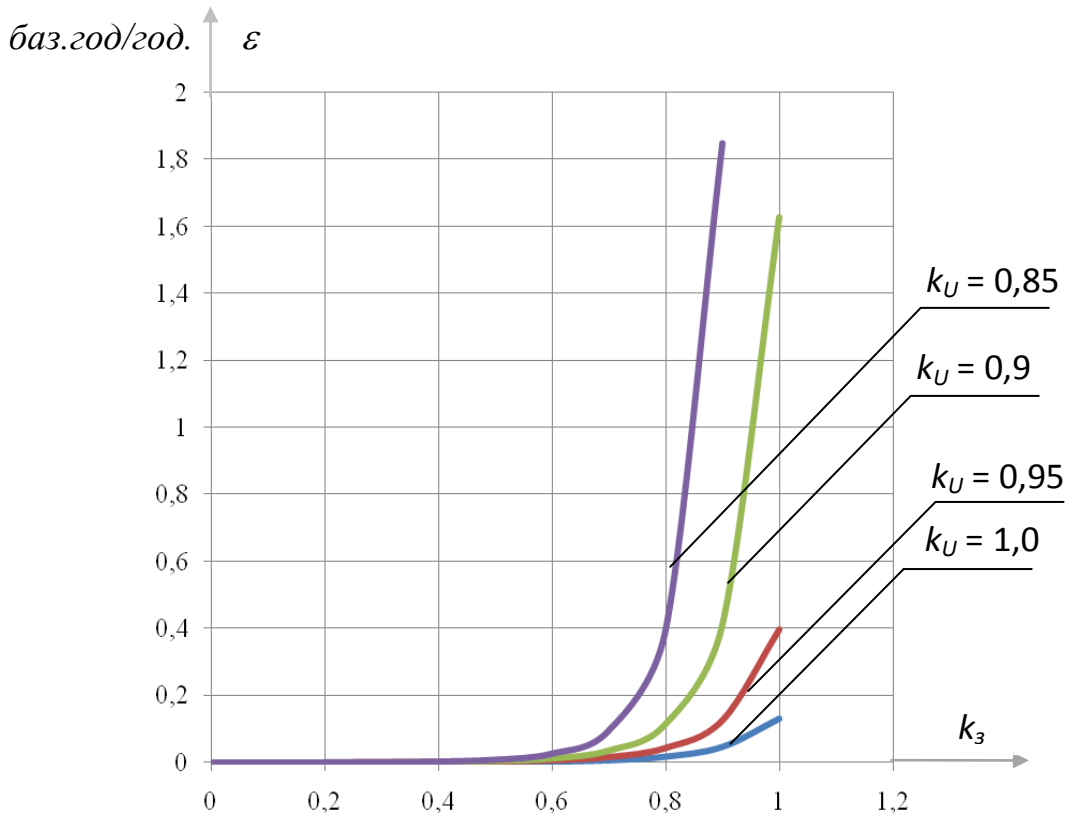


Рисунок 8 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 10$ °С електродвигуна АИР80А4УЗ

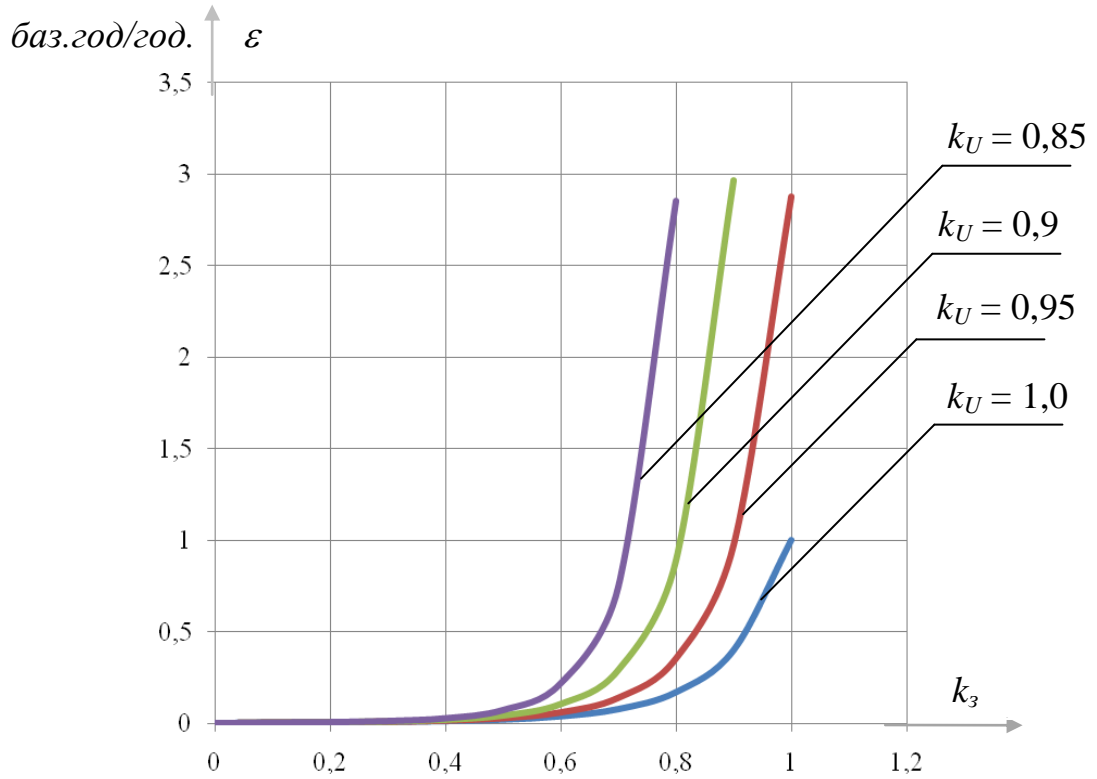


Рисунок 9 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 40^\circ\text{C}$ електродвигуна АИР132S4УЗ

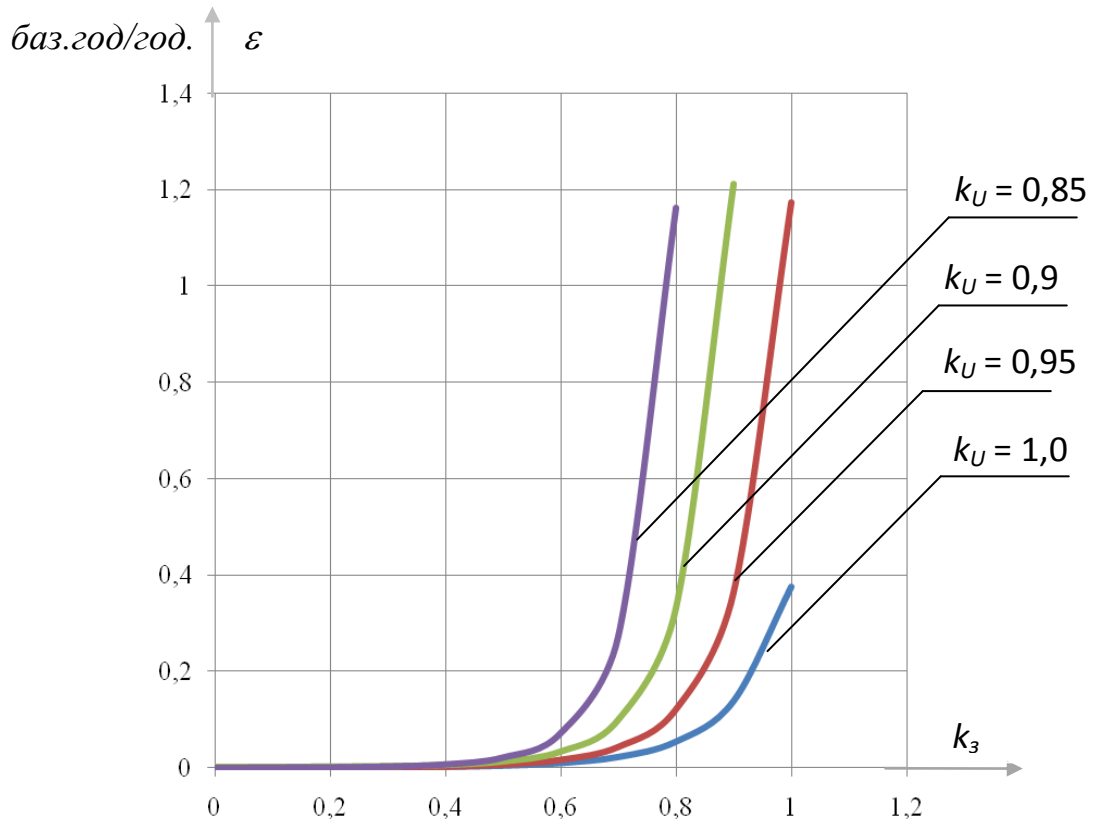


Рисунок 10 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 25^\circ\text{C}$ електродвигуна АИР132S4УЗ

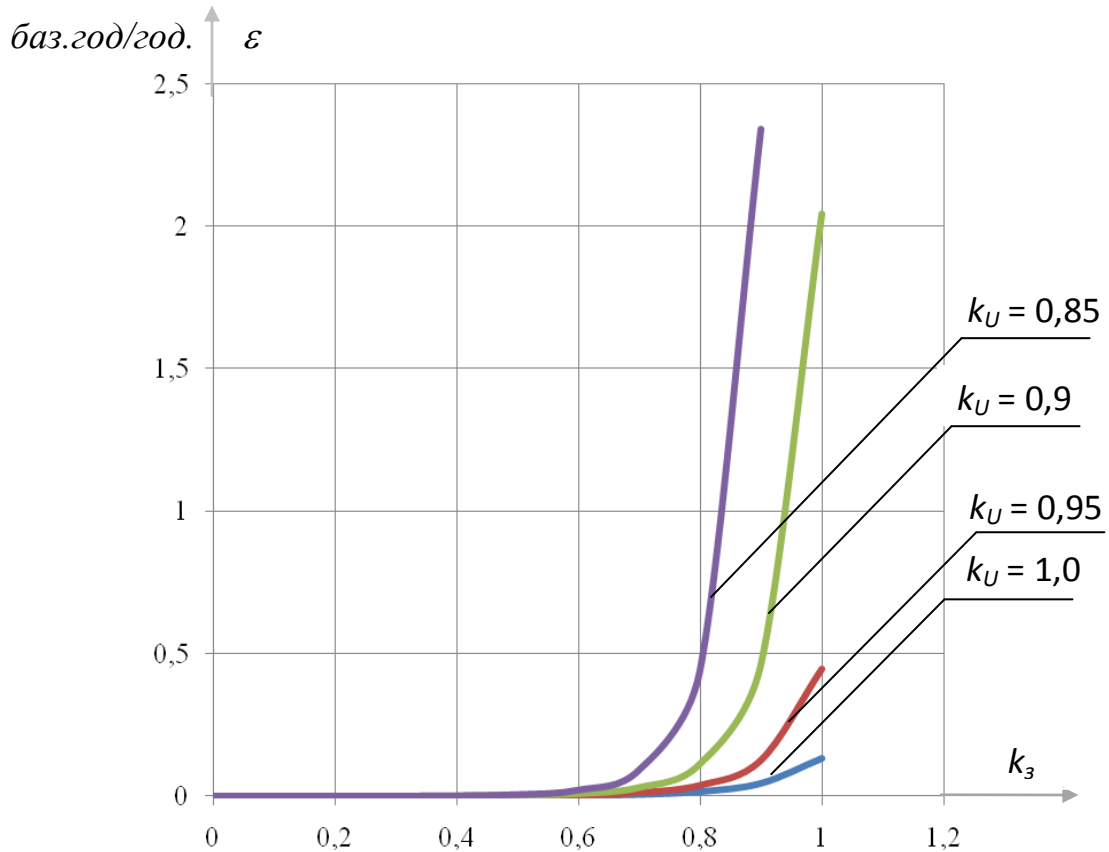


Рисунок 11 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і $\vartheta_{сер} = 10$ °С електродвигуна АИР132S4У3

Як видно з рисунків 3 – 11 залежності $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U і певній $\vartheta_{сер}$ мають однаковий характер. Тому подальші чисельні дослідження залежності $\varepsilon = f(k_3)$ при різних $\vartheta_{сер}$ і певному k_U проводимо тільки для електродвигуна АИР132S4У3, як найбільш потужного.

Прийнято, що коефіцієнт завантаження має наступні значення: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0.

Прийнято, що температура навколишнього середовища має наступні значення: 40 °С; 30 °С; 20 °С; 10 °С.

Прийнято, що коефіцієнт зниження напруги має наступні значення: 0,95; 0,9; 0,85.

Розрахунок проведено із використанням редактора Microsoft Office Excel. Результати розрахунків представлено на рисунках 12 – 14.

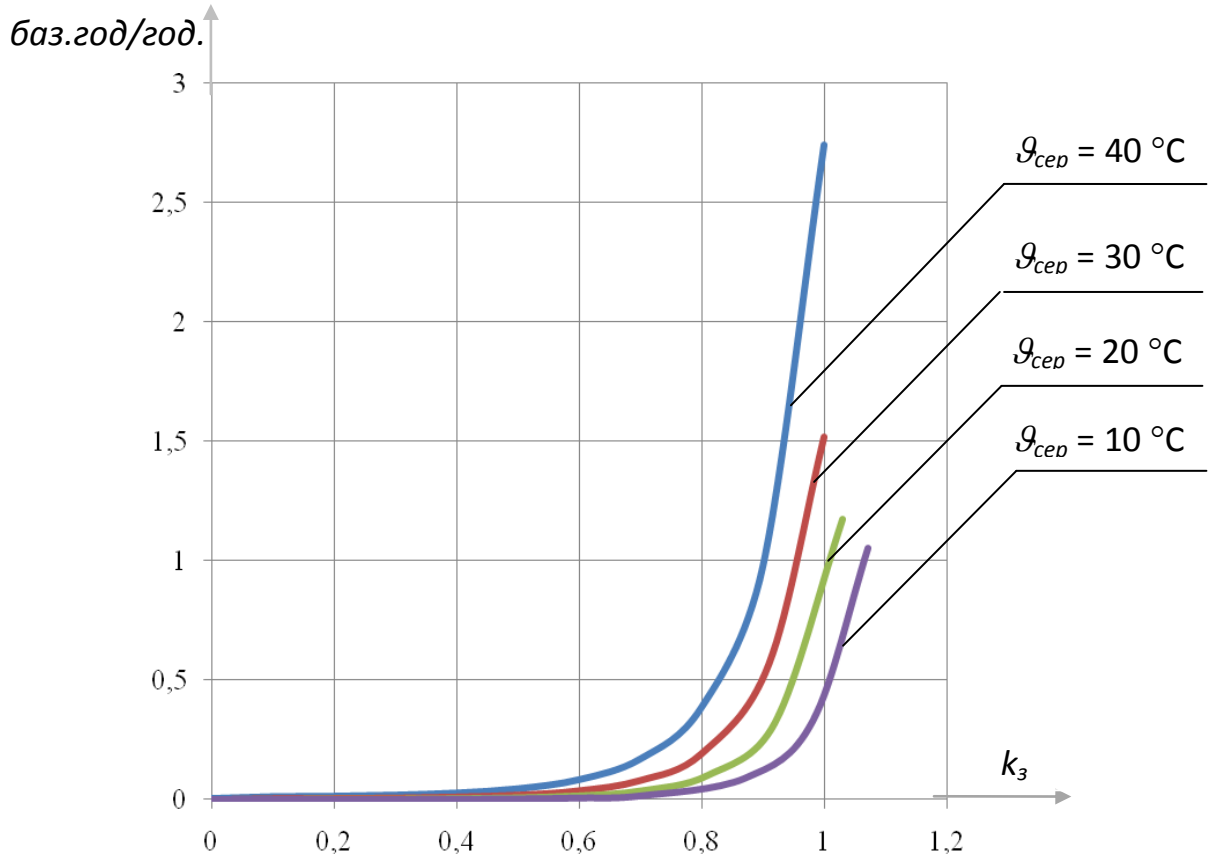


Рисунок 12 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних ϑ_{cep} і $k_U = 0,95$ електродвигуна АИР132S4У3

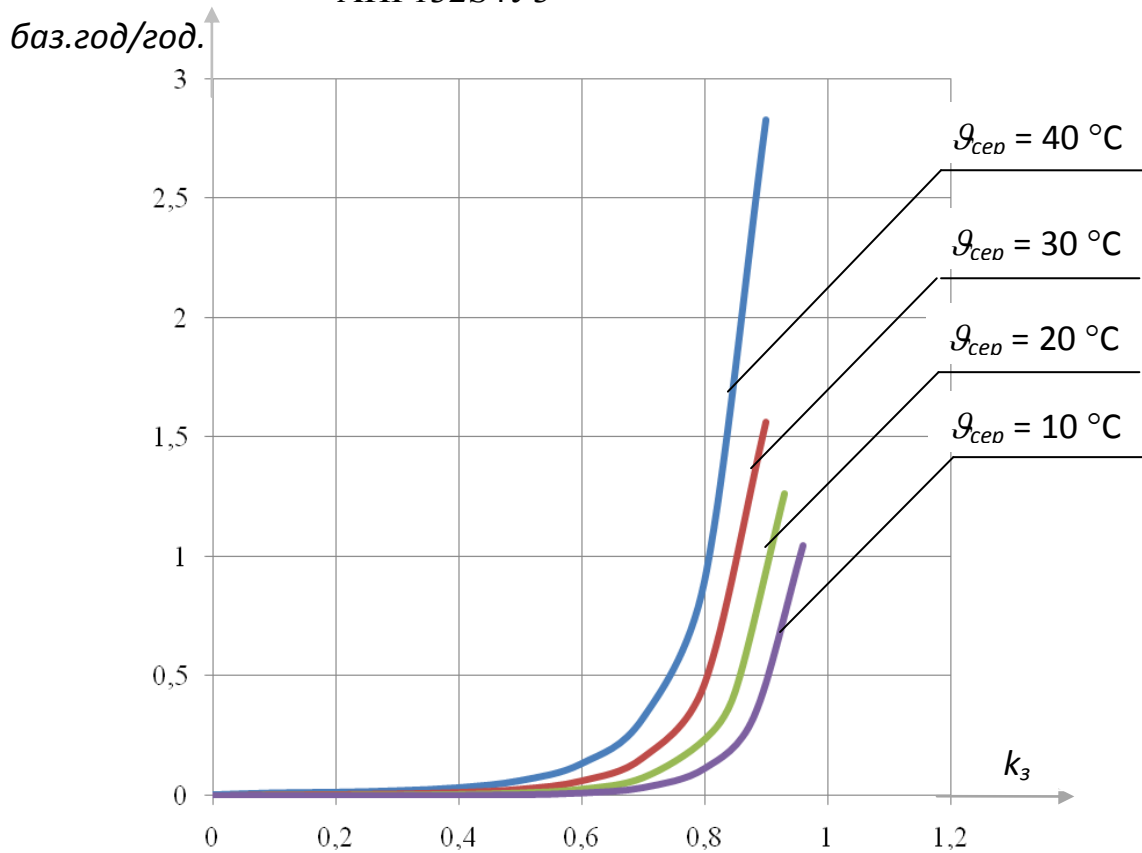


Рисунок 13 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних ϑ_{cep} і $k_U = 0,9$ електродвигуна АИР132S4У3 приводу блоку пропарювання

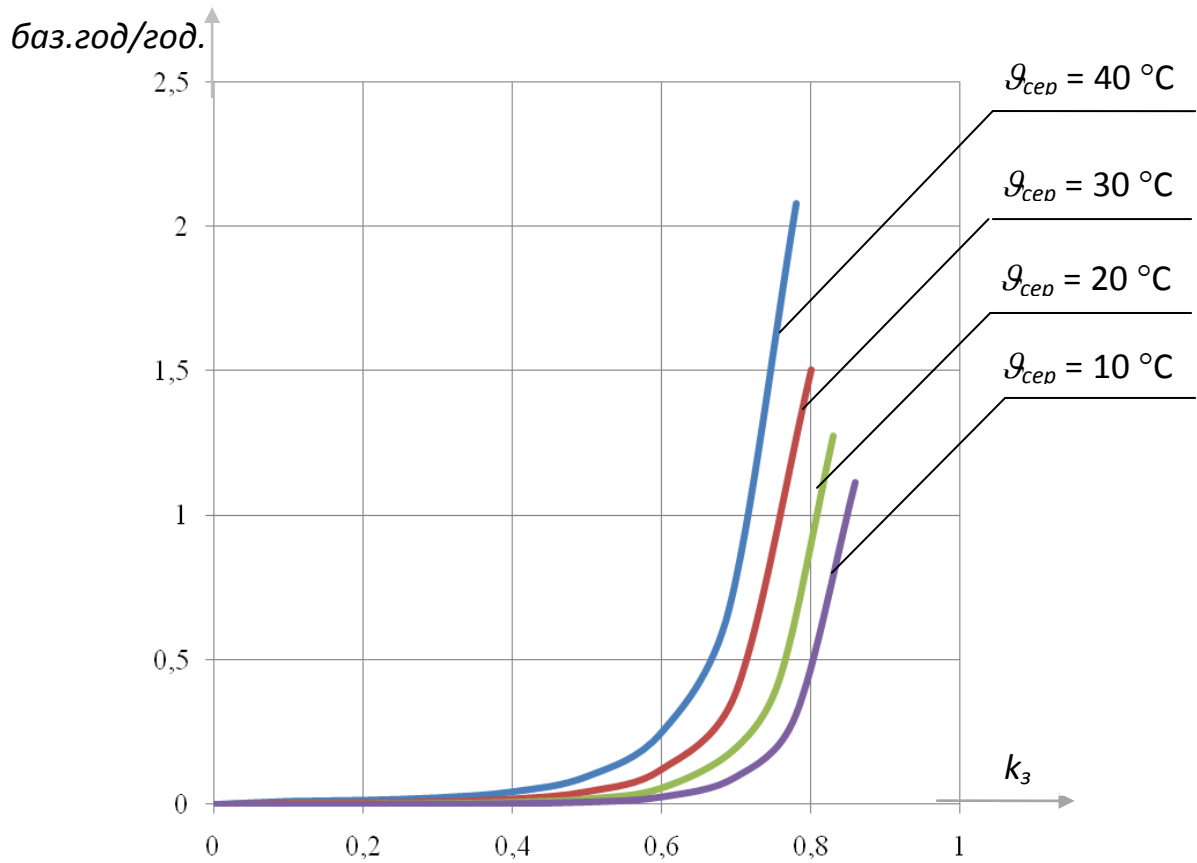


Рисунок 14 – Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних ϑ_{cep} і $k_U = 0,85$ електродвигуна АИР132S4У3

ВИСНОВКИ

1. Швидкість теплового зносу ізоляції асинхронного електродвигуна лінійно залежить від номінальної швидкості теплового зносу ізоляції та експоненціально залежить від параметру, що характеризує клас ізоляції, номінальної абсолютної усталеної температури обмотки та поточної абсолютної усталеної температури обмотки, яка лінійно залежить від усталеного перевищення температури обмотки та температури навколишнього середовища.

2. Усталене перевищення температури обмотки лінійно залежить від конструкційних параметрів електродвигуна (класу ізоляції обмотки, яка визначає її номінальне усталене перевищення температури, коефіцієнта втрат та матеріалу провідників обмотки, якому відповідає температурний коефіцієнт опору) та квадратично залежить від експлуатаційного параметру режимного характеру – кратності струму електродвигуна.

3. Кратність струму асинхронного електродвигуна лінійно залежить від параметрів схеми заміщення електродвигуна, його номінального ковзання та поточного ковзання, яке визначається видом робочої машини і лінійно залежить від конструкційних показників (номінального ковзання електродвигуна і початкового моменту опору робочої машини) та залежить від експлуатаційних показників режимного характеру – квадратично від коефіцієнту зниження напруги на затискачах електродвигуна, та лінійно від коефіцієнту завантаження електродвигуна.

4. Якщо напруга на затискачах асинхронного електродвигуна будь-якої робочої машини у робочому діапазоні завантаження знижується кожного разу на 5 % за незмінної температури навколишнього середовища, то для збереження номінальної швидкості теплового зносу ізоляції електродвигуна необхідно знижувати його завантаження кожного разу на 10 %.

5. Якщо температура навколишнього середовища асинхронного електродвигуна будь-якої робочої машини у робочому діапазоні завантаження збільшується кожного разу на 10 °C (або на 25 %) за незмінної зниженої напруги на затискачах електродвигуна, то для збереження номінальної швидкості теплового зносу ізоляції електродвигуна необхідно знижувати його завантаження кожного разу на 5 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пинчук О.Г. Энергетические показатели асинхронного двигателя при различных параметрах питающего напряжения / О.Г. Пинчук // Наукові праці ДонНУ – Електротехніка і енергетика – 2008. – Вип.8(140). – С.201–204.
2. Закладной А.Н., Закладной О.А. Методы оценки срока службы асинхронных электродвигателей / А.Н. Закладной // Энергетика та електрифікація. – Київ, 2004. – № 4. – С.63–67.
3. Кузнецов В.В. О моделях функционирования асинхронного двигателя в условиях некачественной электроэнергии / В.В. Кузнецов, А.В. Николенко // Восточноевропейский журнал передовых технологий – 2015. – №1/8(73). – С.37–42.
4. Тонн Д.А. Влияние локальных показателей качества электроэнергии на режимы работы конденсаторных асинхронных электроприводов / Д.А. Тонн // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2008. – № 2. – С.31–34.
5. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168с.
6. Овчаров С.В. Ресурсоэнергосберегающие эксплуатационные режимы силового электрооборудования / С.В. Овчаров. – К.: Видавництво ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 293 с.
7. Унифицированная серия асинхронных двигателей ИНТЕРЭЛЕКТРО / [Радин В.И., Лондий Й., Розенкоп В.Д. и др.]; под ред. В.И. Радина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 416с.
8. Электропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: Підручник / [Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк]; за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288с.
8. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / [А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская]. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504с.

РОЗДІЛ 5.1.2

РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ, МОНІТОРИНГУ ТА ЗАХИСТУ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Етап 5.1.2.1 Аналіз експлуатаційних чинників надійності трифазних асинхронних електродвигунів, методів прогнозування та моніторингу енергетичного стану АД

ВИКОНАВЕЦЬ

К.т.н., доцент

Нестерчук Діна Миколаївна

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 5.1.2.1, 1 табл., 2 рисунка, 8 посилань.

СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ, МОНІТОРИНГУ ТА ЗАХИСТУ, НАДІЙ-
НІСТЬ ТРИФАЗНИЙ АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ
ЧИННИКИ,

Об'єкт дослідження: є процеси руйнування ізоляційної конструкції трифаз-
ного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором під дією негати-
вних експлуатаційних чинників.

Мета роботи: підвищення технічної ефективності експлуатації трифазних
асинхронних електродвигунів шляхом підвищення їх експлуатаційної надійності
за рахунок розробки, удосконалення та впровадження системи прогнозування та
моніторингу енергетичного стану трифазних АД для прийняття обґрунтованих
рішень щодо експлуатації АД при виявленні аварійних режимів роботи, прихова-
них небезпечних дефектів та щодо прогнозування відмов АД, які пов'язані з їх ро-
звитком.

Методи досліджень:

- метод системного підходу;
- метод аналізу;
- метод узагальнення інформації.

В результаті проведених досліджень:

- здійснений аналіз експлуатаційних чинників, як впливають на надійність трифа-
зних АД;
- дослідженні закономірності старіння ізоляції трифазних АД;
- проаналізована класифікація методів прогнозування та моніторингу енергетич-
ного стану трифазних АД

ЗМІСТ

ВСТУП	32
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	33
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1 Аналіз експлуатаційних чинників, як впливають на надійність трифазних асинхронних електродвигунів	33
3.2 Дослідження закономірностей старіння ізоляції обмоток трифазних АД	39
3.3 Аналіз методів прогнозування та моніторингу енергетичного стану трифазних АД	43
ВИСНОВКИ	47
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	48

ВСТУП

Технічний та технологічний рівень виробництва, який базується на широкому використанні низьковольтних асинхронних електродвигунів (АД) для електроприводу робочих та виконавчих механізмів, в системах автоматичного керування виробничими процесами визначаються надійністю асинхронних електродвигунів. Завдяки простоті конструкції, високій надійності і невисокої вартості асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором є найпоширенішим електродвигуном. Відмова АД може призвести до зупинки технологічної машини та механізму, тому то надійність експлуатації АД є чинником безаварійної роботи виробничих процесів.

Сучасні стандарти більшості країн світу, включаючи й Україну, ставлять все жорсткіші вимоги до безпечної експлуатації асинхронних електродвигунів. Цілком очевидно, що застосування надійного й ефективного захисту від аварійних режимів роботи дозволяє значно скоротити кількість і частоту аварійних ситуацій і продовжити термін служби АД, зменшити витрати електроенергії й експлуатаційні витрати.

Перспективи розвитку електроприводу пов'язані з актуальністю розробки та впровадження високоефективних систем моніторингу та діагностування АД. Головне завдання цих систем - це забезпечення ефективного функціонування та надійності електроприводу. Цілком очевидно, що застосування надійного та ефективного захисту від аварійних режимів роботи значно скоротить кількість і частоту аварійних ситуацій і продовжить термін служби асинхронного електродвигуна, скоротить витрату електроенергії та експлуатаційні витрати. Але для того, щоб вибрати цей захист, необхідно знати, як і від чого необхідно захищати електродвигун, а також специфіку процесів, які протікають в ньому у разі аварій. Тому розробка і широке впровадження систем технічного діагностування та моніторингу асинхронних електродвигунів - це найважливіший фактор підвищення ефективності використання машин і обладнання і, як наслідок, зменшення витрат на їх експлуатацію [1].

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1 Аналіз експлуатаційних чинників, як впливають на надійність АД;
- 1.2 Дослідження закономірностей старіння ізоляції обмоток АД;
- 1.3 Аналіз методів прогнозування та моніторингу енергетичного стану трифазних АД

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми досліджень застосовані методи наукового дослідження:

- метод системного підходу;
- метод аналізу;
- метод узагальнення інформації.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Аналіз експлуатаційних чинників, як впливають на надійність трифазних асинхронних електродвигунів

Надійність АД – це властивість електродвигуна виконувати здані функції, зберігаючи у часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, які відповідають режимам та умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування. Щоб рівень надійності АД, закладений при проектуванні та виготовленні, був збережений в процесі експлуатації, необхідно дотримуватись правил. З одного боку - це правильний вибір і експлуатація електричних машин з урахуванням умов навколишнього середовища, кліматичного і промислового походження, з іншого боку - їх ефективний захист від аварійних режимів.

Експлуатація технологічного обладнання та механізмів з АД має такі особливості:

- технічний стан і надійність їх роботи спричиняють критичний вплив на рівень виробничих ризиків (простої обладнання тощо);
- АД використовуються не в номінальних режимах роботи;
- фізична зношеність та неефективність технологічного обладнання;
- високий рівень пошкоджуваності, так як підтримання працездатності АД забезпечується за рахунок ремонтів;
- витрати на технічне обслуговування і ремонт становлять значну частку загальної структури витрат;
- висока вартість нового устаткування, тривалі терміни пусконаладжувальних робіт;
- завищена встановлена потужність електродвигунів.

Ці обставини призводять до зниження ефективності електромеханічного перетворення енергії та коефіцієнту корисної дії АД.

Відмови асинхронних електродвигунів потужністю більш, ніж 5 кВт виникають із-за пошкодження обмоток та розподіляються таким чином:

- міжвиткові замикання – 93 %;
- пробій між фазної ізоляції – 5 %;
- пробій пазової ізоляції – 2 %/

На підшипниковий вузол припадає 5 – 8 % відмов та невеликий відсоток пов'язаний з такими причинами, як пошкодження вивідних кінців, розрив стрижнів ротора та скручування валів [1, 2].

Практика експлуатації АД показує, що збільшення терміну служби і підвищення надійності їх роботи дає відносно більший економічний ефект, ніж поліпшення техніко-економічних показників, а саме, коефіцієнта корисної дії, коефіцієнта потужності, коефіцієнта використання [3, 4].

На експлуатаційну надійність і на термін служби асинхронних електродвигунів впливають:

- якість активних і конструкційних матеріалів, які використовуються при виготовленні АД;
- якість виготовлення АД;

- якість електроенергії;
- невідповідність умов застосування АД їх виконанню, пусковим і робочим характеристикам;
- відсутність належного обслуговування АД і низька якість їх ремонту.

Причини відмов АД можна диференціювати таким чином: технологічні - близько 35%, експлуатаційні (незадовільний захист електродвигунів) - 50% і конструкційні -15% [1].

Для забезпечення надійної роботи АД застосовують систему заходів, що забезпечують нормативний термін служби. Насамперед за рахунок застосування більш якісних матеріалів покращують технічні характеристики електродвигуна і його здатність протистояти дії факторів, що руйнують ізоляцію, також вдосконалюють засоби захисту та забезпечують технічне обслуговування для своєчасного усунення несправностей, які в подальшому можуть призвести до аварій [2].

Надійність АД, в значній мірі, визначається надійністю їх обмоток, які, у свою чергу, залежать від стану ізоляції, яка працює в складних, часто вельми несприятливих умовах.

Причинами, що призводять до спотворювання номінальних експлуатаційних режимів роботи, є:

- спотворення напруги живлення, яке виникає при несиметрії навантаження;
- несправність системи охолодження АД;
- порушення правил технічної експлуатації технологічного обладнання, а саме, часті технологічні перевантаження, незадовільні умови навколишнього середовища – підвищена вологість, агресивне середовище, перепади температури [5, 6].

В процесі тривалої експлуатації електричних машин вони піддаються різноманітним експлуатаційним чинникам.

В таблиці 1 наведений аналіз впливів експлуатаційних чинників на АД в процесі тривалої експлуатації [3, 4, 7].

Експлуатаційні чинники, які впливають на надійність АД

Експлуатаційний чинник	Особливість та характеристика
Температура навколишнього середовища	Це найбільш поширений чинник, що впливає на АД, що працюють при широких діапазонах коливання як добових, так і сезонних температур, так як технологічне обладнання та механізми знаходяться або на відкритому повітрі, або в неопалювальних приміщеннях, і тому АД схильні до несприятливих температурних дій. Залежно від теплового стану АД і навколишнього середовища ступінь їх взаємодії може бути різною: якщо різниця температур невелика, а енергія, що виділяється, значна, то її основна частина поглинається обмоткою, сталлю статора і ротора, корпусом. Відбувається інтенсивне зростання температури ізоляції. При нагріванні все більше проявляється вплив тепловіддачі.
Перевантаження електродвигунів	Перевантаження пов'язані з недосконалістю робочих машин і механізмів. Перекося валів, знос частин, що труться, погіршення мастила зашкоджують рухливим робочим органам, збільшують тертя. Все це веде до перевантажень АД, їх затяжних пусків та до роботи в режимі перекидання. Тому, не дивлячись на неповну завантаженість електродвигунів значна частина їх виходить з ладу унаслідок перевантажень.
Надструм	Підвищення струму над допустимого значення не відразу призводить до аварійного стану АД. Потрібен час, щоб статор і ротор нагрілися до граничної температури. Дія надструму, яка виникає при затяжних пусках, перекиданнях електродвигунів, при зниженні напруги, при не повнофазних режимах та при заклинюваннях робочих машин. є особливо небезпечна для ізоляції обмоток.
Неповнофазний режим	Для виникнення неповно фазних режимів є багато причин: перегорання одного із запобіжників на щиті ТП, обрив проводу ЛЕП, пошкодження контакту пускової апаратури, пошкодження контакту в коробці АД, пошкодження жили кабелю, окислення алюмінієвого проводу в місцях контакту.

Продовження таблиці 1

Експлуатаційний чинник	Особливість та характеристика
Дія комутаційних перенапружень	Перенапруження досягають 10-разової величини по відношенню до номінальної напруги, що є безпосередньою причиною міжвіткових замикань. Комутаційні перенапруження, будучи істотно випадковими явищами, мають статистичний характер. Їх вірогідна величина залежить від числа комутаційних операцій, яке, у свою чергу, пропорційно часу роботи електричної машини.
Вібрація	Дія вібрації на всипні обмотки виражається в поступовому руйнуванні просочувального лаку, внаслідок чого порушується цементация обмотки і окремі провідники набувають деякої свободи переміщення. Це веде до руйнування виткової ізоляції в точках зіткнення сусідніх провідників. Вимірювання величини вібраційного зсуву електродвигунів показало, що воно має широкий діапазон значень в межах від 0,005 до 0,9 мм. Частота вібрації більшості корпусів електродвигунів виявилася рівною 50 Гц.
Волога	Волога проникає в ізоляцію машини в періоди їх неробочого стану. Цей процес йде під час охолодження АД, так як в цей період тиск в порах і капілярах ізоляції декілька нижче атмосферного. Мала в'язкість і інші властивості води сприяють її проникненню в найдрібніші пори і гідролітичному руйнуванню ізоляційних матеріалів і розщеплюванню полімерних ланцюгів. Опір ізоляції і її електрична міцність знижуються і створюються передумови для появи струмів витоку.

На рисунку 1 наведена блок-схема розвитку пошкоджень ізоляції обмотки АД від дії експлуатаційних чинників.

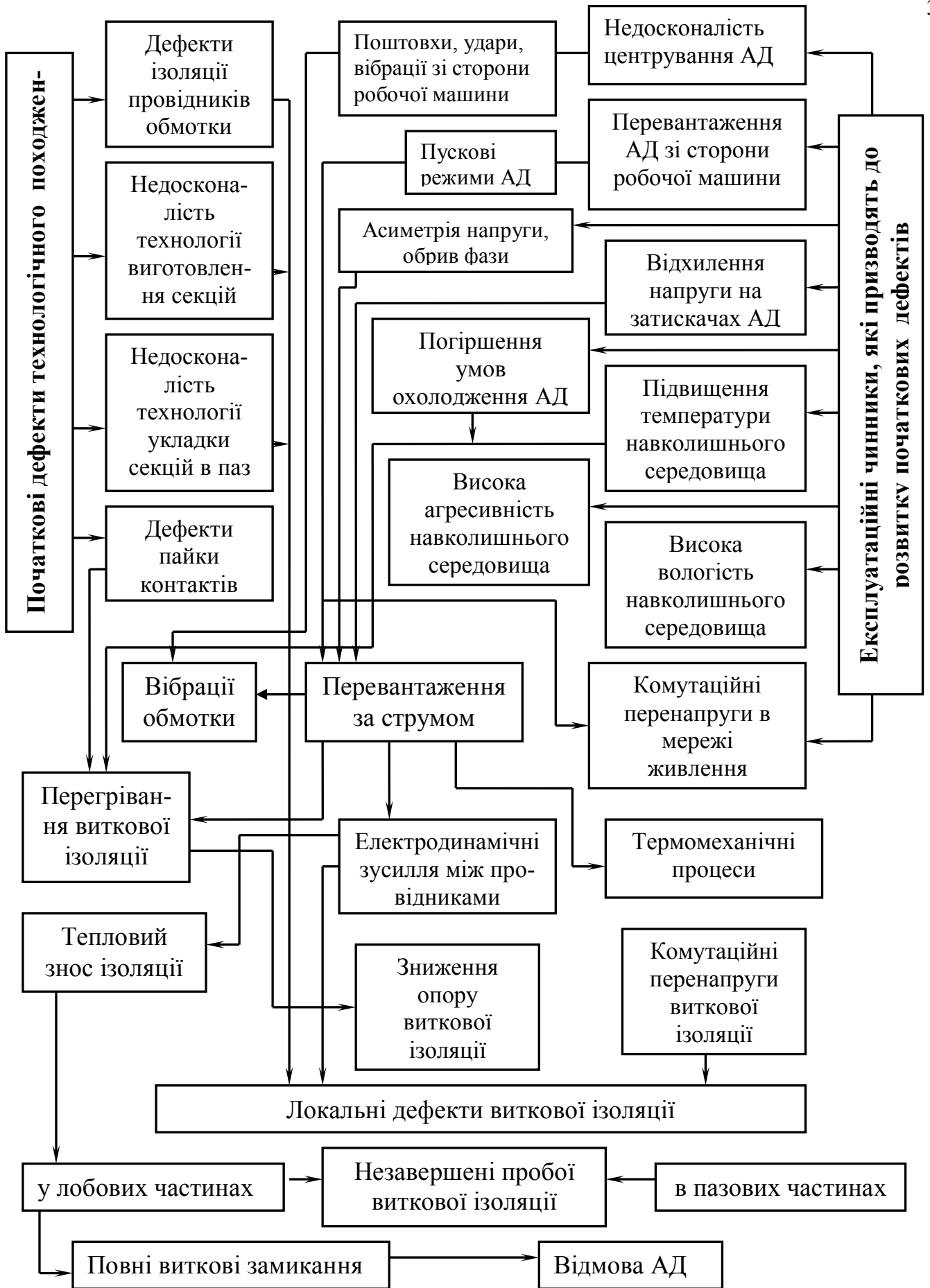


Рисунок 1 - Блок-схема розвитку пошкоджень ізоляції обмотки АД від дії експлуатаційних чинників

3.2 Дослідження закономірностей старіння ізоляції обмоток трифазних АД

Правильна експлуатація АД – це його робота відповідно до номінальних параметрів, які зазначені в паспортних даних електродвигуна. Однак у реальному агропромисловому виробництві має місце значне відхилення від номінальних режимів експлуатації.

Надійність АД, в значній мірі, визначається надійністю обмоток, яка, в свою чергу, залежить від стану ізоляції. Остання працює в складних, часто вельми несприятливих умовах. Основною характеристикою ізоляції є її електрична міцність, але ця важлива якість ізоляції може зберігатися в процесі експлуатації лише при наявності інших властивостей, зниження рівня яких призводить до зменшення електричної міцності [1, 3, 4].

Ізоляція повинна зберігати високу теплопровідність, в противному випадку, виникають підвищені місцеві нагриви, які супроводжуються прискоренням її руйнування.

Ізоляція повинна мати достатню механічну міцність та еластичність, які б виключали б можливість утворення остаточної деформації, тріщин, розшарування її під дією механічних зусиль.

Ізоляція повинна зберігати стабільний хімічний склад, так як його зміна призводить до зниження її електричної міцності.

Незворотні зміни структури та хімічного складу ізоляції, які виникають під впливом вказаних вище чинників в сукупності, призводять до старіння ізоляції та до її зношування – процесу погіршення властивостей ізоляції в процесі старіння.

В процесі тривалої експлуатації електричних машин вони піддаються різноманітним експлуатаційним впливам, якими й визначається швидкість старіння ізоляції. На утворення місцевих дефектів впливає рівень технології та загальної структури виробництва, умови зберігання АД, їх транспортування та монтаж [2, 8].

Розглянемо закономірності старіння ізоляції обмоток АД від дії експлуатаційних чинників.

Серед різних чинників, як і визначають строк служби ізоляції АД, одним з основних є старіння ізоляції від дії температури.

Протікання струму по провіднику супроводжується виділенням тепла, яке нагріває АД. Інші джерела тепла – це втрати в сталі статора і ротора, що виникають під дією змінного магнітного поля, а також механічні втрати від тертя в підшипниках.

У цілому близько 10 - 15% всієї споживаної з мережі електричної енергії так чи інакше перетворюється в тепло, створюючи перевищення температури обмоток АД над навколишнім середовищем. При збільшенні навантаження на валу електродвигуна струм в обмотках зростає. Відомо, що кількість тепла, що виділяється в провідниках, пропорційно квадрату струму, тому то перевантаження АД призводить до зростання температури обмоток. Перегрівання змінює структуру ізоляції і різко погіршує її властивості. Цей процес й має назву старіння. Ізоляція стає крихкою, її електрична міцність різко знижується. На поверхні виникають мікротріщини, в які проникає волога і бруд. Надалі відбувається пробій і вигорання частини обмоток. При збільшенні температури обмоток термін служби ізоляції різко знижується [2, 4].

Аналіз літературних джерел [1...4, 8] показав, що існують кількісні методи розрахунку швидкості старіння та строку служби ізоляції, а саме:

- правило «восьми градусів», яке можна застосовувати тільки для АД з класом ізоляції А;

Примітка: згідно для ізоляції класу А цього правила підвищення температури на кожні 8°C більш гранично допустимої скорочує строк служби ізоляції вдвічі, для інших класів ізоляції підвищення температури здійснюється до $10\text{-}12^{\circ}\text{C}$, слід відзначити, чим вище клас нагрівостійкості ізоляції, тим повільніше буде проходити її старіння при гранично допустимій температурі. Рівняння для будь-якого класу нагрівостійкості ізоляції має вигляд

$$T = e^{\ln T_0 - (\ln 2 / \Delta v) \cdot v}, \quad (1)$$

де T – строк служби ізоляції, рік;

T_0 - строк служби ізоляції для «нульових» умов (для класу ізоляції А при температурі $\nu = 105^{\circ}\text{C}$ $T_0 = 6,225 \cdot 10^4$ років;

$\Delta\nu$ - перевищення температури на допустимую, при якій строк служби ізоляції скорочується в два рази; $\Delta\nu = 8^{\circ}\text{C}$

- метод на основі загальних законів кінетики хімічних реакцій.

В процесі експлуатації ізоляція АД тривалий час знаходиться під робочою напругою, крім того періодично ізоляція підпадає під вплив підвищених напруг. Електричне старіння виникає повільно в новій та доброякісній ізоляції, достатньо щільній та монолітній. Старіння поступово прискорюється при розвитку загального руйнування, яке викликане різними причинами – тепловими, механічними та електричними, яке супроводжується розшаруванням та розпушенням ізоляції, утворенням в ній пустот та тріщин. Різні мікродфекти є і в новій ізоляції, але, по мірі її старіння їх кількість та розміри суттєво збільшуються.

З появою таких неоднорідностей в ізоляції розвиваються іонізаційні процеси, які супроводжуються її руйнуванням, яке дуже прогресує. Іони, які розганяються в електричному полі, бомбардують її поверхню. В пустотах ізоляції, особливо при перенапругах, виникають часткові розряди, які руйнують окремі шари ізоляції за рахунок теплового ефекту та механічного розпушення. Крім того, розряди супроводжуються хімічними реакціями з утворенням озону, взаємодія якого з азотом повітря та парами води призводить до утворення азотної кислоти, яка руйнівна діє на ізоляцію. Часткові розряди іноді призводять до незавершених пробоїв, коли пробивається лише частина шарів. Протягом часу розряди стають частішими, а напруга їх виникнення стає меншою. Такий процес завершується повним пробоем.

Вплив електричного поля на строк служби ізоляції на наш час ще досліджується багатьма вченими, але вже сьогодні можна звернути увагу на аналітичну залежність часу T до настання пробою зразка ізоляції обмоток АД від величини прикладеної напруги E

$$T = A_E \cdot E^{-m}, \quad (2)$$

де T – строк служби ізоляції, рік;

E – значення прикладеної напруги, В;

A_E , m – коефіцієнти, які залежать від властивостей ізоляційних матеріалів.

Одним з важливих чинників зносу та старіння ізоляції є механічні та термомеханічні навантаження. До перших належить статичний тиск на ізоляцію, зусилля, удари та вібрація. Термомеханічні навантаження – це навантаження, які виникає в результаті періодичних нагрівань та охолодження обмотки. Джерела механічних впливів – це електродинамічні сили, невірноваженість обертаючих частин, центр обіжні зусилля, товчки та удари, які виникають зі сторони приводів та механізмів.

Механічні характеристики ізоляції залежить від температури. По мірі нагрівання границя міцності ізоляції швидко знижується, а ізоляція стає більш еластичною. Так, границя міцності мікалентної компаундірованої ізоляції при розтягуванні складає 3340 Н/см^2 при температурі 20°C та лише 344 Н/см^2 при температурі 40°C .

Сучасним сортам ізоляції притаманні значні стійкості по відношенню до статичних навантажень. Для кожної температури існує границя деформації, з якою зняття навантаження не призводить до відновлення початкових діелектричних властивостей, при цьому з'являються не зворотні структурні зміни у вигляді тріщин, розривів, розшарувань.

Більш суттєвий вплив на процес руйнування ізоляції АД надають циклічні знакозмінні навантаження, які виникають під дією вібрацій різного походження. Слід відзначити, що нова ізоляція міцна та еластична та така, що мало підпадає під вібраційне старіння, особливо при підвищених температурах, коли компаунд просочення має високу пластичність. По мірі старіння ізоляції її руйнування швидко прогресує, цьому сприяє поступове послаблення кріплення обмотки як в пазах, так й в лобових частинах. Як висновок, вібрація скорочує строк служби ізоляції в декілька разів.

Важливим фактором старіння ізоляції є вплив вологи та хімічно активних середовищ. Волога просочується до ізоляції в ті періоди, коли обмотка знаходиться в неробочому стані. Особливо інтенсивно процес проходить при остиганні ізоляції після її роботи, так як в цей період тиск в її порах та капілярах дещо нижче, ніж атмосферний. При цьому під дією вологи здійснюється гідролітичне руйнування ізоляційних матеріалів, тобто руйнуються полімерні кола. Періодичне проникнення вологи та її видалення збільшує пористість ізоляції. Ці процеси розвиваються паралельно з другими явищами старіння ізоляції та взаємно стимулюють друг друга.

Шкоду ізоляції завдають хімічно активні речовини: луги, кислоти та їх ангідриди, які знаходяться в навколишньому середовищі. Ізоляцію руйнують також мастила та пари розчинників. Пил, який знаходиться в навколишньому повітрі, діє на ізоляцію абразивно.

Сукупний вплив на строк служби ізоляції обмоток АД температури, вологості та агресивного середовища можна описати аналітичним виразом

$$T = Ae^{-B/\Theta} \cdot C^{-m} \cdot \eta^{-n}, \quad (3)$$

де T – строк служби ізоляції, рік;

C – концентрація агресивного середовища;

η – відносна вологість.

Таким чином, процеси старіння ізоляції підтримують та активізують друг друга. Руйнування ізоляції проходить поступово, а початок йому дає процес теплового старіння.

3.3 Аналіз методів прогнозування та моніторингу енергетичного стану трифазних АД

Прагнучи захистити електродвигуни від аварійних режимів, ще з середини минулого століття в енергетиці стали застосовувати релейний захист: тепловий, струмовий, температурний, фільтровий і комбінований. Багаторічний досвід експлуатації АД показав, що більшість існуючих захистів не гарантують безаварійної роботи. Так, наприклад, теплові реле розраховують на тривале перевантаження

25-30% від номінального. Але, частіш за все, вони спрацьовують при обриві однієї фази при навантаженні 60% від номінального. Якщо навантаження менше, реле не спрацьовує, і АД продовжує працювати на двох фазах та виходить з ладу в результаті перегрівання ізоляції обмоток [5].

Основними завданнями захисту АД є:

- своєчасне виявлення електричних пошкоджень (бажано на ранніх стадіях їх виникнення та розвитку), а також небезпечних для них ненормальних режимів;
- формування і видача керуючих або сигнальних впливів, які дозволили б зменшити наслідки аварій, відімкнути лінію з пошкодженим АД від мережі живлення, не допустити подальшого розвитку небезпечного ненормального режиму.

Прилади захисту АД від аварійних режимів можна поділити на кілька видів [8]:

- теплові захисні пристрої: теплові реле, розчіплювачі;
- струмозалежні захисні пристрої: плавкі запобіжники, автомати;
- термочутливі захисні пристрої: термістори, термостати;
- реле напруги й контролю фаз, монітори мережі для захисту від аварій в електромережі;
- прилади максимального струмового захисту, електронні струмові реле;
- комбіновані пристрої захисту.

Аналіз тенденцій розвитку в області технічної діагностики та моніторингу АД дозволив виділити два основних напрямки.

До першого напрямку належать методи і засоби, що використовуються при профілактичних випробуваннях і ремонтах для непрацюючих АД, при цьому виявляються електричні пошкодження кіл і статорних обмоток.

До другого напрямку належать методи, що застосовуються для працюючих електродвигунів, та є такими, що дозволяють судити про наявність дефектів певного типу, наприклад, дефектів підшипників, ізоляції обмотки статора. Найбільш ефективними є методи, які пов'язані з одночасним отриманням повнішої інформації про наявність дефектів в відключених електродвигунах (статичні випробування) і в працюючих електродвигунах (динамічні випробування).

Збіг результатів, отриманих в результаті статичних і динамічних випробуваннях дає можливість отримати більш надійну інформацію про характер дефектів АД. При цьому також визначаються неелектричні параметри - температура і вібрація [4...6].

За даними літературних джерел [6] моніторинг та безперервне діагностування спрямовані на теплові процеси АД, на процеси, які супроводжуються надструмами, на процеси при неповно фазному режимі та поточний стан ізоляції АД.

На рисунку 2 наведена класифікація методів моніторингу та безперервного діагностування АД.

Враховуючи особливості та переваги існуючих методів діагностики і беручи до уваги той факт, що 83,7 % всіх пошкоджень становлять міжвиткові замикання, можна зробити висновок, що для створення ефективної системи моніторингу та діагностики необхідно контролювати, а отже і передавати такі параметри контролю стану АД: напруга мережі живлення, струм, що споживається електродвигуном та його температура [4].

Тому то для реалізації поставленої мети – удосконалення системи прогнозування, моніторингу та захисту силового електрообладнання та розробка пристрою комплексного захисту трифазних АД, необхідно розглянути та вирішити технічні задачі:

- проаналізувати чинники, які впливають на експлуатаційну надійність трифазних АД;
- проаналізувати та оцінити методи та засоби прогнозування та моніторингу енергетичного стану трифазних АД;
- обґрунтування структури системи прогнозування, моніторингу та захисту трифазних АД;
- розробка алгоритмів функціонування системи прогнозування, моніторингу та захисту трифазних АД;
- експериментальна перевірка методики прогнозування строку служби трифазних АД в умовах підвищеного зношування;
- розробка пристрою комплексного захисту трифазних АД;

- техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження системи прогнозування, моніторингу та захисту трифазних АД.



Рисунок 2 - Класифікація методів прогнозування та моніторингу енергетичного стану трифазних АД

ВИСНОВКИ

Проблема підвищення надійності трифазних АД набула актуальне значення, вона багатогранна та потребує комплексного вирішення.

Одним зі шляхів підвищення надійності трифазних АД є удосконалення їх конструкції. В процесі їх експлуатації виникають такі умови та режими, на які АД не розраховані при проектуванні і тому потрібні додаткові організаційні та технічні рішення, які забезпечують підтримку експлуатаційної надійності трифазних АД на потрібному рівні.

Із-за технологічних перевантажень, кліматичних умов, недосконалості конструкції технологічних машин та механізмів та недосконалості систем електропостачання трифазні АД в умовах експлуатації підпадають під аварійні режими. Удосконалення пристроїв захисту АД від роботи в аварійних режимах в умовах експлуатації – це один зі шляхів підвищення експлуатаційної надійності трифазних АД.

Проведений аналіз методів діагностики пошкоджень ізоляції обмоток АД показав, що кожен з методів має як переваги, так і недоліки.

Для досягнення поставленої мети необхідно обґрунтувати структуру системи прогнозування, моніторингу та захисту трифазних АД, для її функціонування розробити алгоритми функціонування та експериментально перевірити методики прогнозування строку служби трифазних АД в умовах підвищеного зношування.

За результатами аналітичних, теоретичних та експериментальних досліджень розробити пристрій комплексного захисту трифазних АД та обґрунтувати за техніко-економічними розрахунками доцільності впровадження системи прогнозування, моніторингу та захисту трифазних АД.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гольдберг О.Д. Надежность электрических машин: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская; под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
2. Воробьев В.Е. Прогнозирование срока службы электрических машин: Письменные лекции. / Кучер В.Я. – СПб: СЗГУ, 2004. – 56 с.
3. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин / Н.Л. Кузнецов – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
4. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. / В.В.Овчаров. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.
5. Соркин М. Асинхронные электродвигатели 0,4 кВ. Аварийные режимы работы / М. Соркин. // Новости электротехники. – 2005. – №2(32). – С. 36–38.
6. Закладний О.М. Захист як складник системи функціонального діагностування асинхронних електродвигунів / О.М.Закладний, В.В.Прокопенко, О.О.Закладний // Промелектро. – 2010. - №4. – С.36 – 40.
7. Нестерчук Д.М. Захист асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи / Д.М.Нестерчук // Праці ТДАТУ. – Випуск 11, том 3. - Мелітополь: ТДАТУ, 2011 – С.56 – 65.
8. Закладний О.О. Захист як одне із завдань системи моніторингу енергетичного стану асинхронного електроприводу / О.О. Закладний // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – 2010. - № 4/2010 (63), частина 2. - С. 135 - 138.

РОЗДІЛ 5.1.3

РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Етап 5.1.3.1 Розробка пристрою захисту електрифікованих машин для обробки ґрунту.

ВИКОНАВЕЦЬ

Ст. викл.

Ковальов Олександр Вікторович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 5.1.3.1: 15 с., 0 табл., 3 рисунка, 6 посилань.

ЕЛЕКТРИФІКОВАНА МАШИНА, ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, ЕЛЕКТРОДВИГУН, АВТОНОМНИЙ ІНВЕРТОР НАПРУГИ, СХЕМА ЗАХИСТУ, МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ПРИСТРІЙ

Об'єкт дослідження: електродвигун приводу електрифікованих машин для обробки ґрунту.

Мета роботи: Підвищення надійності роботи електродвигунів приводу електрифікованих машин для обробки ґрунту.

Методи досліджень:

- аналітичний метод дослідження;
- комп'ютерне моделювання напівпровідникових систем в MATLAB 6.0

В результаті проведених досліджень:

- обґрунтовано структуру мікроконтролерного пристрою захисту електродвигунів приводу електрифікованих машин для обробки ґрунту;
- розглянуто роботу пристрою захисту для:
 - контролю несиметрії напруг мережі живлення;
 - контролю навантаження електродвигуна;
 - контролю температури обмоток електродвигуна;
 - контролю швидкості обертання електродвигуна.

ЗМІСТ

ВСТУП	52
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	53
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	53
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	53
3.1 Розробка мікроконтролерного пристрою захисту електродвигуна приводу мотоблоку.	53
3.2 Контроль несиметрії напруг мережі живлення.	53
3.3 Контроль навантаження електродвигуна.	56
3.4 Контроль температури обмоток електродвигуна.	57
3.5 Контроль частоти обертання електродвигуна.	58
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63

ВСТУП

Надійна робота сучасних сільськогосподарських підприємств в багатьох випадках залежить від надійності роботи електроприводу робочих машин та механізмів. Основним елементом електроприводу використовують асинхронні двигуни (АД), які отримали широке застосування. АД із короткозамкненим ротором є найбільш простою за будовою і надійною електричною машиною. Разом із тим на практиці спостерігається відносно великий відсоток виходу з ладу асинхронних двигунів з огляду специфічних умов та режимів роботи, котрі не були враховані при проектуванні. Згідно з [1] в окремих господарствах щорічно підлягають заміні близько 20 - 25% електродвигунів, що призводить до значних фінансових витрат.

Для захисту трьохфазних асинхронних електродвигунів від роботи з тривалими перевантаженнями в сільському господарстві застосовують теплові реле, автоматичні вимикачі, вбудованих тепловий захист.

Швидкий розвиток електроніки зробив широко доступними мікроконтролери, наприклад [2], що дає можливість створити на їх основі якісні пристрої захисту. Всі типи мікроконтролерів дозволяють виконувати значну кількість операцій очищення/запису пам'яті програми (до 10000). Це дозволить оперативно змінювати програму роботи пристрою, адаптуючи його роботу до конкретних вимог виробництва.

З огляду на все вище вказане при проектуванні пристроїв захисту асинхронних двигунів виникає необхідність контролювати кілька параметрів, а саме: споживаний струм, асиметрію напруг мережі живлення, температуру обмоток статора та швидкість обертання ротора. Тому метою даною роботи є розробка, виготовлення та експериментальні дослідження системи захисту асинхронних електродвигунів від указаних негативних впливів.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Розробка розрахункової структурної схеми системи керування електродвигуном приводу електрифікованих машин для обробки ґрунту;

1.2 Обґрунтування та розробка мікроконтролерного пристрою захисту електродвигунів приводу електрифікованих машин для обробки ґрунту.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми досліджень застосовано

- метод аналітичного дослідження.
- комп'ютерне моделювання напівпровідникових систем в MATLAB 6.0

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Розробка мікроконтролерного пристрою захисту електродвигуна приводу електрифікованих машин для обробки ґрунту

Мікропроцесорний пристрій захисту АД (рисунок 2) складається з блоків контролю параметрів роботи двигуна, комутаторних ключів, мікроконтролера, світлодіодного індикатора аварійної ситуації, силового транзисторного ключа VT2 та проміжного реле KL1.

Розглянемо роботу пристрою по блокам, відповідно до контролюваного параметру.

3.2 Контроль несиметрії напруг мережі живлення

Однією з особливостей сільських електромереж є значне віддалення споживачів електричної енергії від джерела живлення. Відповідно з цим необхідно застосовувати повітряні або кабельні лінії електропередач, на яких достатньо часто відбуваються аварійні ситуації, пов'язані з відсутністю однієї або двох фаз. До того ж, згідно з [1], велика кількість трансформаторних підстанцій у сільській місцевості

майже повністю завантажені, і не мають достатнього додаткового запасу потужності, щоб забезпечити необхідну стабільність напруги у мережі.

Особливістю роботи асинхронних електродвигунів є квадратична залежність обертаючого моменту на вал машини від величини напруги живлячої мережі (рисунок 1).

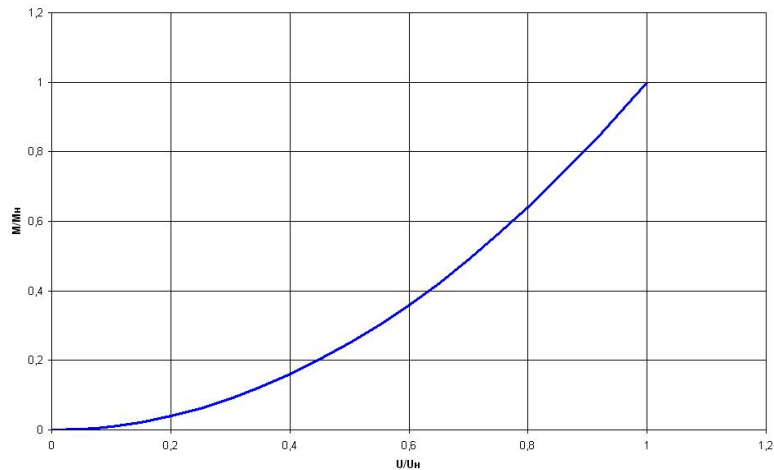


Рисунок 1 – Залежність відносного моменту (M/M_n) на валу АД від відносної напруги живлення (U/U_n)

Зміна напруги в одній чи декількох фазах приводить до появи еліптичного поля, зниження обертаючого моменту і ККД, а також до росту втрат і температури машини. У найгіршому випадку, коли обертаючий момент двигуна стає меншим, аніж момент опору робочої машини, відбувається “перекидання” АД і він переходить до режиму сталого короткого замикання. За основу для розробки цього блоку було взято конструкцію [4] з необхідними модернізаціями. Блок захисту складається зі штучної зірки, виконаної на конденсаторах С1-С3, однонапівперіодного випрямляча на діоді VD1 та формувача напруги R1R2C4VD2. Він забезпечує необхідне згладження випрямленої напруги, а також є елементом затримки для забезпечення неспрацювання пристрою при короткочасних коливаннях напруги в мережі. Резистор R2 разом з резистором R1 утворює регульований дільник напруги. Це дозволяє встановлювати необхідним поріг спрацювання захисту.

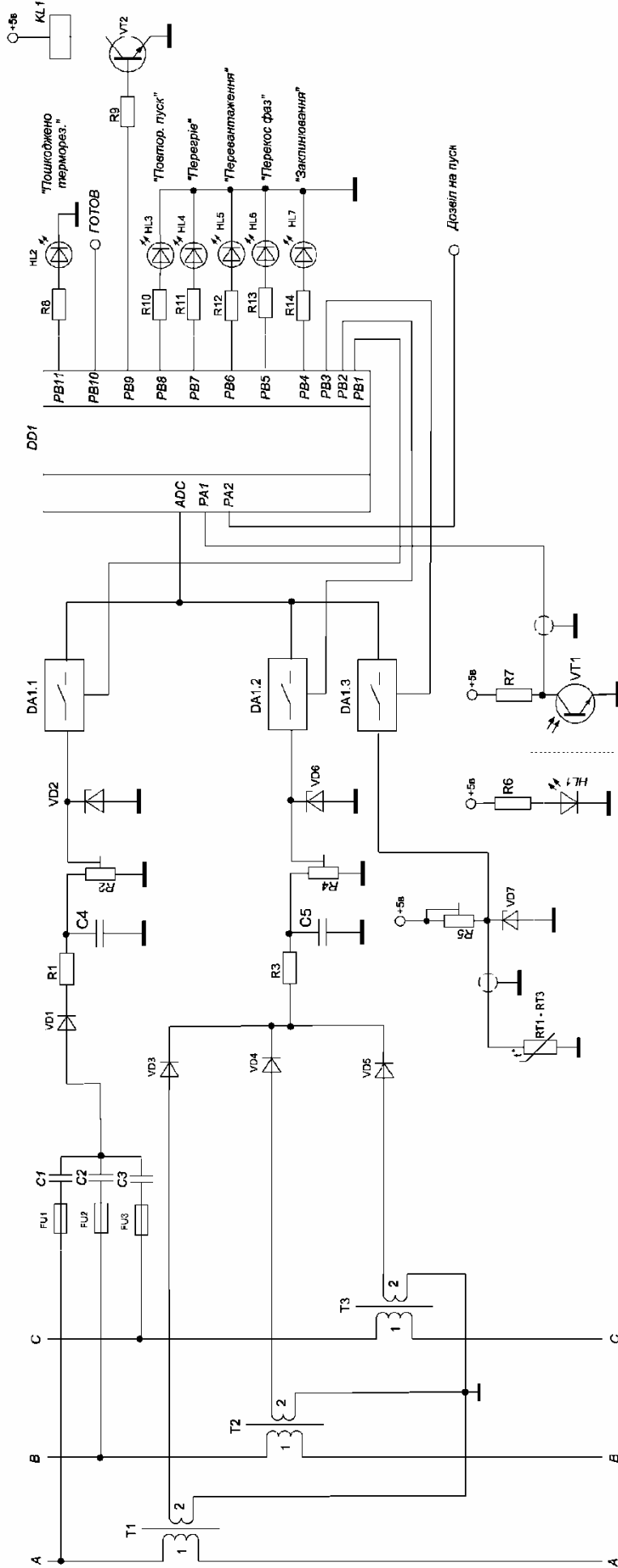


Рисунок 2 – Схема електрична принципова мікроконтролерного пристрою захисту електродвигунів

Приєднання конденсаторів C1-C3 вище точки підключення магнітного пускача дозволяє своєчасно реагувати на аварійну ситуацію у мережі не тільки у процесі роботи, а й запобігти пуску електродвигуна при відсутності однієї з фаз.

Запобіжники FU1-FU3 захищають прилад при виході з ладу одного з конденсаторів C1-C3. Постійну часу формувача напруги слід обрати близько 2-3 секунд.

Максимальна вхідна напруга вбудованого аналого-цифрового перетворювачі (АЦП) мікроконтроллера Atmega8 складає 5 вольт. Тому для забезпечення захисту АЦП необхідно встановити стабілітрон VD2. Якщо напруга на бігунку R2 перевищить напругу стабілізації стабілітрона (4,7 вольт), то VD2 відкриється і тим самим зупинить подальший ріст напруги. Коли напруга на виході дільника R1R2 менше ніж 4,7 вольт, то стабілітрон не впливає на роботу схеми.

Напруга, обмежена стабілітроном VD5 надходить до входу ADC аналого-цифрового перетворювача мікроконтроллера DD1 через ключ DA1.1. Керування ключем виконується сигналом логічної одиниці з виходу PB1 мікроконтроллера.

Приєднання датчика слід виконувати екранованим кабелем для запобігання можливих перешкод.

3.3 Контроль навантаження електродвигуна

Одним з основних негативних факторів, що призводять до передчасного виходу з ладу асинхронних електродвигунів, є тривале перевищення номінального струму обмотки статора, та, відповідно, прискореному зношенню ізоляції проводу. Тому різні варіанти схем захисту від надструмів досить часто можна зустріти у промислових системах керування, таких як наприклад [5] .

За основу роботи даного блоку було прийнято досить вдале технічне рішення організації захисту, використане у [5] . Однак при цьому блоки керування двигуном та системою захисту виконано на мікросбірках польових транзисторів, що часто виходили з ладу. Слід також враховувати таку особливість роботи АД, як значне (у 5-8 разів) перевищення номінального струму у момент пуску, до

того моменту, поки ротор не досягне номінальної швидкості обертання. Цей процес проходить швидко - протягом 5-10 секунд, і не є аварійним. Тому необхідно передбачити затримку спрацювання на вказаний час.

Роль первинних перетворювачів виконують обмотки 3 узгоджувачих трансформаторів Т1-Т3 (рисунок 2). Кінець кожної обмотки приєднано до корпусу, а початок, через відповідний діод VD3 – VD5, до резистору R3. Ці діоди забезпечують однонапівперіодне випрямлення змінної напруги з обмоток узгоджувачих трансформаторів. Напруга на обмотках буде пропорційна навантаженню відповідної фази. Однак сприйнята буде лише найбільша з них.

Призначення елементів R3, C5, R4, VD6 аналогічно R1, C4, R2, VD2 блоку контролю несиметрії напруг мережі живлення. Подача сигналу з датчика на вхід АЦП мікроконтролера забезпечує ключ DA1.2. Керування ключем виконується сигналом логічної одиниці з виходу PB2 мікроконтролера.

3.4 Контроль температури обмоток електродвигуна

Серед факторів, що призводять до виходу з ладу асинхронних електродвигунів, значне місце посідає перегрів обмоток статора за рахунок взаємодії багатьох впливів. У зв'язку з цим промисловістю було налагоджено випуск лінійки пристроїв вбудованого теплового захисту типу УВТЗ. Однак ці пристрої не отримали достатньо широкого розповсюдження.

За основу запропонованого блоку було прийнято модернізовану схему теплового реле, що наведено у літературі [6]. Принципова схема блоку теплового захисту зображена на рисунку 2. До складу блоку входять три терморезистори RT1 – RT3, що розташовані в кожній фазі обмотки статора, резистор R5, стабілітрон VD7 та транзисторний ключ DA1.3.

Терморезистори RT1-RT3 з'єднані послідовно, тому якщо температура фаз обмотки підвищиться, опір терморезисторів знизиться. Відповідно, знизиться величина падіння напруги на них. Ця напруга безпосередньо контролюється вбудованим аналого-цифровим перетворювачем DD1. Резистор R5 дозволяє встановлювати необхідний поріг чутливості з урахуванням класу нагрівостійкості

ізоляції обмотки та конкретних умов навколишнього середовища. Стабілітрон VD7 забезпечує захист АЦП від недопустимого значення вхідної напруги. Транзисторний ключ DA1.3 підключає датчик температури до входу АЦП при подачі сигналу логічної одиниці з виходу PB3 мікроконтролера DD1. Для запобігання можливих перешкод, приєднання терморезисторів слід виконувати екранованим кабелем.

Особливість роботи даного типу захисту є те, що асинхронні електродвигуни мають значну вагу та, відповідно, теплову інерцію. Тому навіть значні короткочасні зміни температури навколишнього середовища мало відображаються на довгостроковій температурі двигуна, на яку й реагують терморезистори.

3.5 Контроль частоти обертання електродвигуна

Контроль швидкості дозволяє своєчасно відключити електродвигун якщо з якоїсь причини він певний час не може розігнатися до робочої швидкості. Такою причиною може бути як перевантаження робочої машини так і засмічення та застигання змащувальної речовини в підшипниках. В усіх таких випадках до ротора АД буде прикладений момент опору, що у декілька разів перевищує номінальний. Робота у такому режимі тривалий час неприпустима, оскільки двигун буде споживати значний струм, що значно підвищить швидкість нагрівання АД. Цей блок дозволить вимкнути електродвигун в таких ситуаціях значно раніше, ніж це зроблять блоки контролю за іншими параметрами. Тим самим зменшиться теплове зношення ізоляції.

Контролювання швидкості обертання ротора проводиться за допомогою інфрачервоного датчика, що складається з інфрачервоного світлодіода HL1 та фототранзистора VT1. На муфту, що з'єднує електродвигун та робочу машину, кріпиться шторка, яка буде періодично закривати фототранзистор від світлодіода відповідно до обертання ротора. Світлодіод та фототранзистор слід розташувати на невеликій відстані один навпроти іншого. Штору слід виконати з матеріалу, що є непроникним для інфрачервоних променів.

Якщо фототранзистор освітити світлодіодом, то він відкриється і на вхід PA1 мікроконтролера DD1 надійде сигнал логічного нуля. При обертанні ротора фототранзистор буде закритий на якийсь час від світлодіода шторою. Опір фототранзистора у цей момент збільшиться у десятки разів і, відповідно, до мікроконтролера надійде сигнал логічної одиниці. Частота імпульсів від датчика буде тим більша, чим швидше буде обертатися ротор. Відповідно, проміжок часу між імпульсами буде скорочуватися.

Приєднання датчика швидкості слід виконувати екранованим кабелем для запобігання можливих перешкод.

Для оповіщення персоналу про причину аварійної зупинки електродвигуна встановлено світлодіоди HL4-HL7 з відповідними струмообмежуючими резисторами R11-R14. Світлодіод HL3 дозволяє підтвердити успішний повторний пуск електродвигуна після аварійного відключення. Для контролювання стану терморезисторів, як досить вразливих елементів, призначений світлодіод HL2.

Підключення проміжного реле KL1, що керує роботою магнітного пускача, безпосередньо до виводу мікроконтролера неприпустиме, оскільки робочий струм реле значно перевищує максимально припустимий вихідний струм мікроконтролера. Для узгодження струмів використано транзисторний ключ VT2.

В умовах виробництва може виникати необхідність захисту групи електродвигунів. Як приклад, можна привести потокові лінії кормоприготування та ін. Особливістю таких ліній є те, що при аварійній зупинці однієї машини, стає необхідна зупинка всієї лінії. Для узгодженої роботи пристрої захисту окремих двигунів потрібен єдиний блок керування.

Кожен блок захисту має окремий вхід, при подачі на який сигналу логічної одиниці розпочинається процес пуску електродвигуна та моніторингу його стану. А також окремий вихід, на якому з'являється сигнал логічної одиниці лише після успішного розгону АД до робочої швидкості.

Схема електрична принципова можливого варіанту виконання блоку керування захистом приведена на рисунку 3. Вона складається з мікроконтролера DD1 та восьми субблоків А1-А8 з транзисторними ключами VT1 - VT8 та проміжними реле KL1 – KL8, що керують роботою відповідних магнітних пускачів. Світлодіоди HL1 - HL8 дозволяють контролювати роботу транзисторних ключів.

Принцип роботи схеми. Пуск всієї лінії розпочинається з останньої машини. Спочатку подається сигнал логічної одиниці з виходу РВ8 блока керування на вхід РА2 мікроконтролера восьмого блоку захисту та на вхід транзисторного ключа субблоку А8. Транзисторний ключ відкриється, спрацює проміжне реле KL8, та почнеться пуск електродвигуна восьмої машини, після успішного закінчення якого з виходу РВ10 блока захисту на вхід РА8 блоку контролю надійде сигнал підтвердження. Пуск останніх машин проходить аналогічно. Підтвердженням успішного пуску всієї лінії є наявність на входах РА1- РА8 блоку керування сигналу логічної одиниці від блоків захисту. Якщо в процесі роботи чи пуску буде знято сигнал підтвердження хоча б з одного входу РА1-РА8, всі машини будуть зупинені подачею на входи субблоків А1-А8 сигналу логічного нуля. Це забезпечить миттєву зупинку всієї лінії.

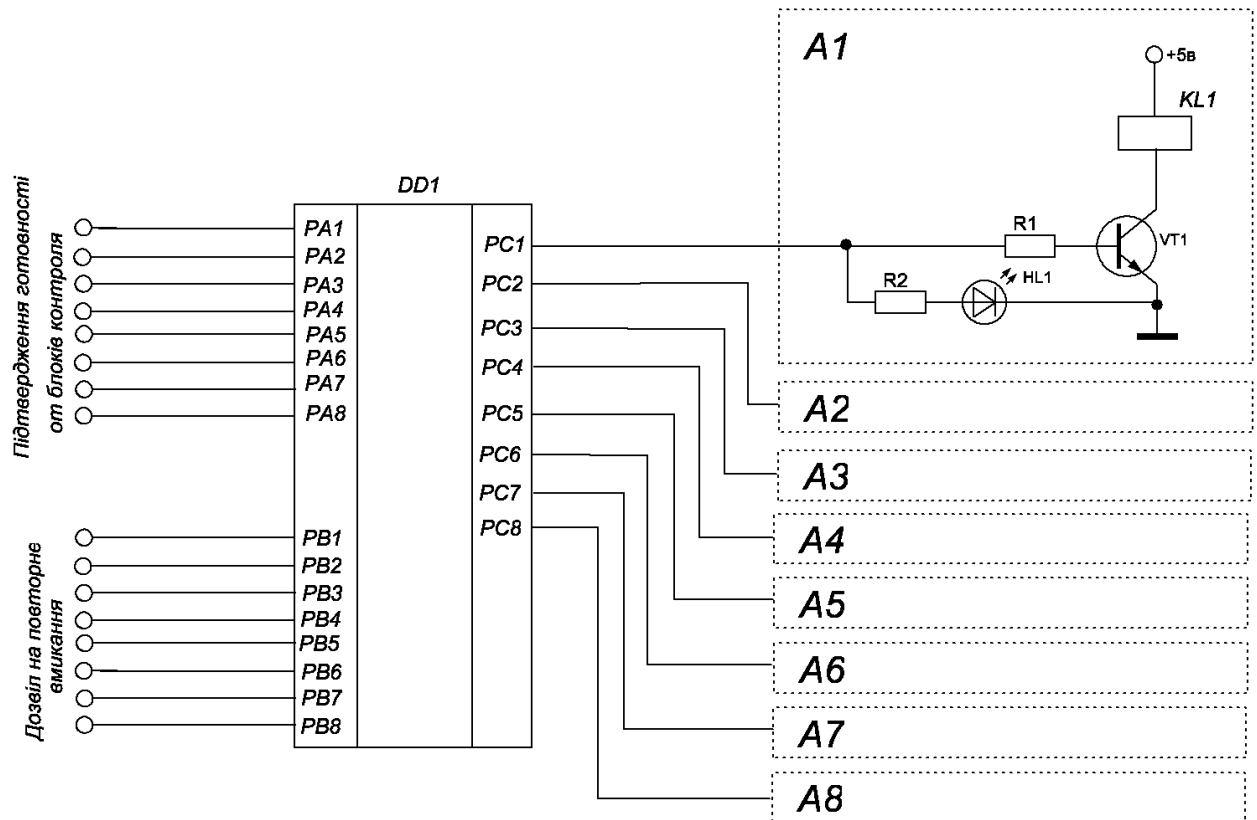


Рисунок 3 – Схема електрична принципова керування блоком захисту

Враховуючи малі розміри, блоки пристрою захисту можлива встановлювати прямо на електродвигуни, приєднуючи до блоку керування захистом коаксиальними лініями. Для підвищення надійності роботи цих ліній можливо застосувати на їх входах та виходах формувачі на базі високопотенційних перетворювачів, наприклад інтегральні мікросхеми ЕЗЛ К511ПУ1 та К511ПУ2. Згідно з [6] вони здатні забезпечити надійну передачу даних по коаксиальним лініям на відстань до 300 метрів. Якщо цього виявиться недостатньо, необхідно встановлювати на відповідних лініях додаткові магістральні підсилювачі.

ВИСНОВКИ

Розроблений мікроконтролерний пристрій для захисту асинхронних електродвигунів від асиметрії напруг мережі живлення, перевантаження, перегріву та заклинювання. Пристрій може успішно застосовуватися у складі електроприводу сільськогосподарських машин та механізмів.

Завдяки блочній конструкції та застосування мікроконтролера як головного елемента, пристрій виявляє значні можливості, що до модернізації її до конкретних умов оточуючого середовища та потреб виробництва. Якщо пристрій буде працювати у складних умовах оточуючого середовища або поруч з обладнанням, що є джерелом різноманітних перешкод, для запобігання помилковому спрацюванню слід застосовувати інтегральні серії КМ511 із підвищеною перешкодозахищеністю. Пристрій має можливість самодіагностування пошкодження терморезисторів в обмотці статора

Систему захисту на базі цього пристрою можна встановлювати не тільки на нове обладнання на стадії проектування, а й в обладнання, що вже знаходиться у експлуатації. В останньому випадку слід передбачити місце для її встановлення. Потужність, що споживає система захисту при живленні від основного керуючого обладнання, суттєво не впливає на його роботу.

Незважаючи на це розглянута комплексна система захисту має кілька недоліків, що необхідно враховувати при її застосуванні. Так для забезпечення нормального функціонування теплового захисту необхідно встановлювати вбудовані терморезистори. Це призводить до необхідності додаткових капіталовкладень на модернізації електродвигуна. Також робота системи може порушуватися при дуже низьких або дуже високих температурах оточуючого середовища, агресивній атмосфері, якщо не застосувати спеціальних заходів. Узагалі розглянутий пристрій для захисту електродвигунів можна рекомендувати до широкого застосування у сільському господарстві завдяки можливості забезпечення високих параметрів захисту при низькій собівартості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве/ В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
2. Застосування вбудованого аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера Atmega8. (англ)
<http://www.atmel.com/applicationnotes/APN145834>
3. Єрмолаєв С.О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК/ С.О. Єрмолаєв, В.О. Мунтян, В.Ф. Яковлев. – К.: МЕТА, 2003. – 543с.
4. Сбоев Ю. Защита электродвигателей / Ю. Сбоев. – Радиолюбитель, 1999, №6, с.3
5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации устройства комплектного «Каскад» ИЖТП 656.37 006
6. Нечаев И.А. Конструкции на логических элементах/ И.А Нечаев – М.: Радио и связь, 1992, - 123 с.

РОЗДІЛ 5.1.4

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НА БАЗІ АНАЛОГА ЛЯМБДА- ДІОДА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ АПК

Етап 5.1.4.1 Аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на польових і біполярних транзисторах. Патентний пошук.

ВИКОНАВЕЦЬ

К.т.н, доцент

Попова Ірина Олексіївна

РЕФЕРАТ

Проведений аналіз літератури і патентний пошук з метою визначення меж і галузей використання перетворювача на базі аналога лямбда-діода для контролю параметрів об'єктів АПК

Звіт по НДР 5.1.4.1:14 с., 0 табл., 3 рисунка, 28 посилань.

ПЕРЕТВОРЮВАЧ, АНАЛОГ ЛЯМБДА-ДІОДА, КОНТРОЛЬ
ПАРАМЕТРІВ, ВОЛЬТ-АМПЕРНА ХАРАКТЕРИСТИКА,
ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНИЙ.

Об'єкт дослідження: електронні перетворювачі на базі аналога лямбда-діода для контролю параметрів об'єктів АПК.

Мета роботи: розробка нових енергоекономічних електронних перетворювачів і підвищення точності вимірювання фізичних величин.

Методи досліджень:

- аналітичний метод дослідження;
- фізичне моделювання перетворювачів.

В результаті проведених досліджень:

- поведений аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на польових транзисторах (патентний пошук);
- поведений аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах (патентний пошук)
- зроблені висновки про можливість розробки нових перетворювачів на базі аналога лямбда-діода для контролю параметрів об'єктів АПК.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	68
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	69
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	69
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	70
3.1 Аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на польових транзисторах (патентний пошук).....	70
3.2 Аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах (патентний пошук).....	73
ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	75

ВСТУП

Наприкінці 70 років 20 століття сімейство напівпровідникових елементів поповнилося так званим лямбда-діодом. Його вольт-амперна характеристика (ВАХ) нагадує грецьку букву λ , завдяки чому діод і одержав свою назву. Лямбда-діод винайдено в Японії [69]. Новий напівпровідниковий пристрій, виконаний на одному кристалі (рис.1.1), який складається з двох комплементарних (лат. complement – доповнення) польових транзисторів з керованим pn -переходом, які працюють у режимі збіднення. ВАХ має ділянку з позитивним диференціальним опором, який є у звичайного діода, і ділянку з негативним опором, як у тунельного діода.

З ростом прикладеного до лямбда-діоду напругипозитивної полярності (анод позитивний), струм через пристрій спочатку зростає, при якійсь напрузі досягає максимального значення $I_{\text{макс}}$, а потім зменшується. При напрузі, рівній напрузі запирання транзисторів, обидва транзистора переходять в зачинений стан, і струм лямбда-діода зменшується до величини кількох наноампер. При подальшому збільшенні напруги він остається у зачиненому стані до прямої напруги пробую, при якому один із затворів пробивається. Перевагами цього пристрою є його висока технологічність; він виготовляється на одному кристалі, тому може бути поєднаний з іншими

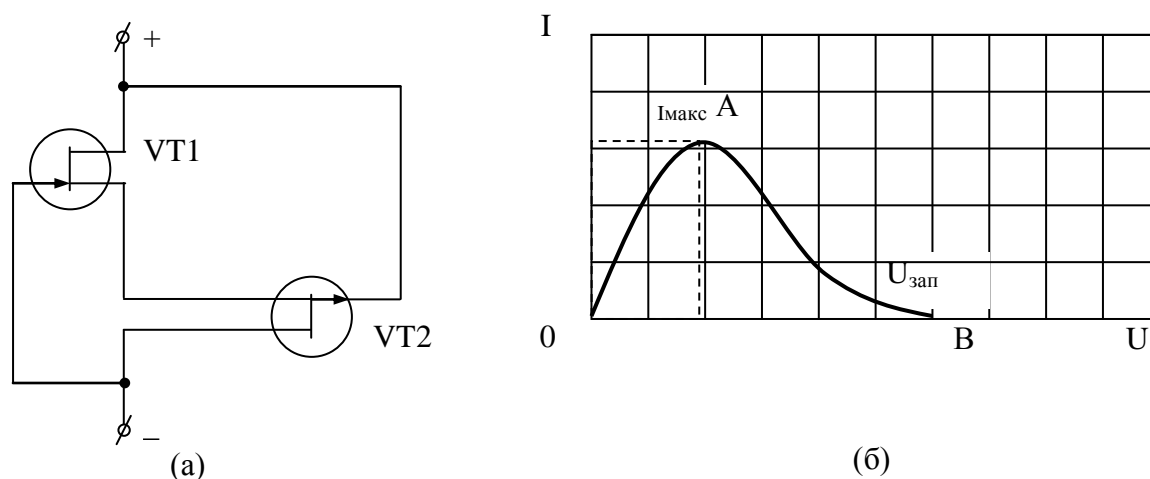


Рисунок 1 - Схема лямбда-діода (а) і його ВАХ (б).

напівпровідниковими пристроями; дозволяє отримати різноманітні ВАХ, на відміну від тунельних діодів, в яких ділянки з негативним опором обмежені доволі вузькою областю. В схемах лямбда-діодів досягаються великі к.к.д., висока температурна стабільність, велика і стабільна амплітуда вихідного сигналу (у автогенераторах) [1,2].

Завдяки наявності закритого стану при достатньо високих напругах, лямбда-діод має широку область використання: у схемах електронних індикаторів напруги, генераторів синусоїдних коливань, подвоювачів частоти. В Японії випущено чотири різновиди лямбда-діоду (серійний номер MEL48880), герметизованих у металевому корпусі ТО-18.

Оскільки лямбда-діод має характеристику перемикача, у якого ділянка, відповідаюча закритому стану поширюється на доволі велику напругу, то такий пристрій може бути використаний у широкому класі схем захисту. Для такого роду застосувань використана спеціальна серія пристроїв MEL4881 з аксиальними виводами у пластмасовому корпусі. Пряма напруга пробою у лямбда-діодах серії MEL4881 складає 15-20 В, максимальна зворотна напруга у всіх чотирьох різновидах (А, В, С і D) дорівнює 2 В. Максимальний піковий струм лежить у границях 0,06-0,7 мА, пікова напруга складає 0,5-4 В, а напруга запирання від 2 В до 12 В.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Проаналізувати існуючі перетворювачі аналога лямбда-діода на польових транзисторах (патентний пошук);

1.2 Проаналізувати існуючі перетворювачі аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах (патентний пошук).

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми досліджень застосовано:

- метод аналітичного дослідження.
- фізичне моделювання перетворювача.

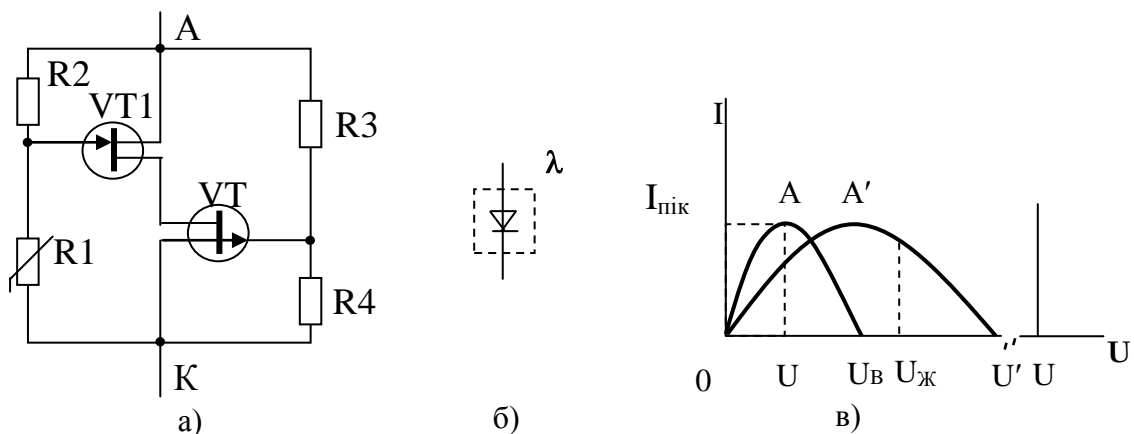
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на польових транзисторах (патентний пошук)

В Україні лямбда-діод не виготовляється, тому вченими ТДАТУ Чураковим А.Я., Жарковим В.Я. розроблений аналог лямбда-діоду (АЛД), який дозволяє розширити сфери використання лямбда-діоду в якості датчика у пристроях [3].

В АЛД використано два польових транзистора, один з яких з $p-n$ переходом і каналом p -типу, а другий з $p-n$ переходом і каналом n -типу (наприклад, типу КП303 і КП103), які представляють собою комплементарну пару, включених за відповідною схемою з об'єднаними істочками (рис.1.2).

Нами досліджені ВАХ АЛД з комплементарної пари польових транзисторів КП303Г і КП103Л, параметри яких можна змінювати в широкому діапазоні шляхом підключення затворів польових транзисторів до резисторного ділителя напруги, який складається з чотирьох резисторів $R1... R4$ [4].



а) принципова схема; б) умовне позначення; в) ВАХ

Рисунок 2 – Аналог лямбда-діода

Перед лямбда-діодом, який виконаний на монокристалі, АЛД має велику перевагу в тому, що ширина його ВАХ може змінюватися і регулюватися в значно

більшому діапазоні і автоматично переналагоджуватися при зміні величини опору первинного перетворювача. Відношення опорів резисторів $R1... R4$ повинно задовольняти умові:

$$K = \frac{R1}{R2} \approx \frac{R3}{R4} \quad (1)$$

В ТДАТУ розроблено і запатентовано декілька десятків напівпровідникових приладів на базі АЛД для АПК [4,5].

АЛД можна використовувати в якості датчика температури, якщо замість резисторів $R1, R3$ в схемі АЛД ввімкнути позистори (рис.3), або в одне з плечей резисторного ділителя напруги встановити терморезистор (позистор або термістра) [6,7].

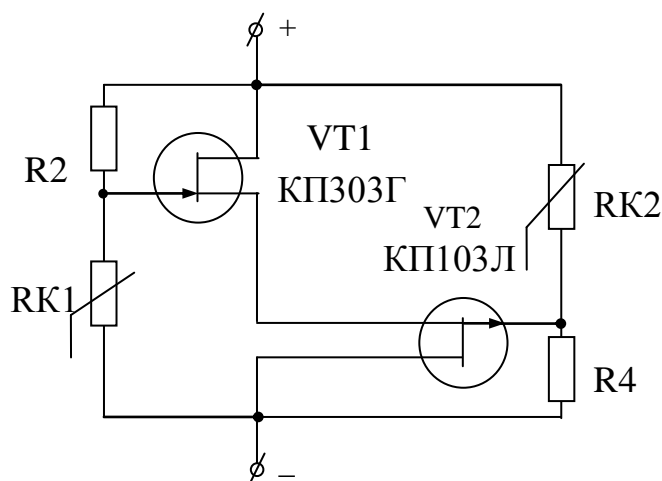


Рисунок 3 - Схема датчика температури на базі АЛД

При підвищенні температури одного з контрольованих об'єктів опір позистора відповідного датчика збільшується. Тому ВАХ АЛД зміщується вправо (див. рис. 2, в).

Особливість датчиків на базі АЛД, щоб опір первинного перетворювача при зміні контрольованої величини змінювався в широких межах. Тому на базі АЛД можна створювати енергоекономічні сигналізатори напруги та самі різноманітні датчики.

Оскільки АЛД, як перетворювач, споживає дуже мало енергії, то його можна використовувати для контролю температури у декількох розпорощених об'єктах, наприклад контролювати стан температури обмотки електродвигунів або для автоматизації мікроклімату в овочесховищах.

Якщо на затвор польового транзистора VT1 подавати різний за величиною потенціал, то ВАХ теж буде збільшувати свою ширину, тому АЛД можна використовувати в вигляді датчика контролю несиметрії напруги мережі і на зажимах асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, контролюючи напругу нульової або зворотної послідовності [8,9].

На основі аналізу [10-18] АЛД можна використати в фотореле, якщо в плече АЛД включити фотодатчик. Прикладом цього є пристрій фотореле [19,20,21], в схемі якого є джерело живлення GB, фотодатчик AL, виконавчий орган в вигляді оптрона VL, підсилювальний транзистор VT3. Фотодатчик AL виконаний за схемою АЛД ВАХ формується комплементарною парою польових транзисторів VT1,VT2, і доборою світлових характеристик фотодіодів VD1,VD2.

Запропонована схема реагує на зміну освітленості при незначному струмі у черговому режимі, що дозволяє використовувати його для автоматизації управління об'єктами, які живляться від автономних малопотужних джерел, залежно від освітленості, наприклад для управління маяками, світлофорами або електрозагорожами для випасу худоби, які живляться від малопотужних акумуляторних або сонячних батарей.

АЛД в оптоелектронному пристрої пожежної телесигналізації реагує на виникнення пожежі (підвищення температури або поява полум'я) при мізерному струмі (мікроампери) в черговому режимі. На денне світло фоточутливі елементи не реагують [22]. АЛД застосовують у регульованих світлодіодних системах опромінення розсади [11], де він використаний в якості генератора синусоїдних коливань.

Для телеконтролю вологості ґрунту в різних зонах теплиці розроблено пристрій [23,24,25], який містить джерело постійного струму, декілька датчиків вологості і приймальний напівкомплект.

3.2 Аналіз існуючих перетворювачів аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах (патентний пошук)

До недоліків пристрою на польових транзисторах слід віднести те, що вони повинні бути тільки комплементарною парою, тобто ретельно підібрані, щоб їх початковий струм стоку і напруга відсічки повинні бути за можливістю близькими, оскільки цю вимогу не дотриматися, то взагалі не буде зачиненим і буде мати великий струм витоку.

А вдруге – АЛД з польових транзисторів, що сформовані з комплементарної пари, мають малий струм стоку (до 10 мА) і у випадку використання таких приладів в пристроях контролю режимів роботи розосереджених об'єктів на їхню роботу можуть впливати опори провідників, що їх приєднують до напівкомплекту і електромагнітні поля працюючих електродвигунів великої потужності. Тому АЛД потребують додаткового екранування від впливу електромагнітних полів.

Тому розроблена схема аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах. У цьому випадку через біполярні транзистори проходять більші токи і на точність вимірювання не впливають електромагнітні поля.

Єдиною умовою є, щоб вхідний опір транзистора V_{T2} значно менше його опору бази $R_{b2} \gg R_{vx} V_{T2}$. Змінюючи співвідношення величин опорів резисторів R_{b1} і R_{b2} можна змінювати ширину вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода. Добором стабілітрона із визначеною величиною напруги стабілізації U_{cm} , можна регулювати струм, що проходить через аналог лямбда-діода на біполярних транзистора в необхідних межах. Запатентовані пристрої контролю температури обмотки статора асинхронного двигуна [26].

Якщо на одного з біполярних транзисторів подавати різний за величиною потенціал, то ВАХ теж буде змінювати свою ширину, тому АЛД на біполярних транзисторах можна використовувати в вигляді датчика контролю несиметрії напруги на затискачах асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, контролюючи напругу зворотної послідовності [27], або відхилення напруги на споживачі від номінального значення [28].

ВИСНОВКИ

1. АЛД має велику перевагу перед лямбда-діодом, який виконаний на монокристалі, в тому, що ширина його ВАХ може змінюватися і регулюватися в значно більшому діапазоні.
2. Перевага АЛД перед лямбда-діодом, який виконаний на монокристалі в автоматичному переналагоджуванні при зміні величини опору первинного перетворювача
3. Ширина ВАХ АЛД може змінюватися доволі в значному діапазоні, що дозволяє в одному напівкомплекті викорисовувати декілька АЛД і контролювати одночасно декілька розпорошених об'єктів.
4. Застосування АЛД на біполярних транзисторах дозволяє розширити діапазон використання АЛД в якості перетворювача, при цьому на точність його роботи не впливають опори провідників і електромагнітні поля потужних приймачів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гото Кано. Лямбда-диод - многофункциональный прибор с отрицательным сопротивлением/ Кано Гото, Иваза Хитоо, Такаги Хиромицу, Терамото Ивао // Электроника. -1975.-№13.- С.48-53.

2. Жарков В.Я. Розробка енергоекономічних приладів на базі аналога лямбда-діода для АПК/ В.Я.Жарков, А.Я. Чураков, А.В. Жарков. -33 с. [Електронний ресурс] <http://www.google.com.ua/url?url/> (Заголовок з екрану).

3. Жарков А. В. Розробка нових приладів на базі АЛД для АПК/ А.В. Жарков //Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених “Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК” 17-18 грудня 2015 р., Київ, Україна. – К.: НУБІП, ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження, 2015.– С.41-42.

4. Попова І.О. Система телеконтролю температури на базі аналога лямбда-діода / І.О. Попова, А.В. Жарков // Праці ТДАТА. - Мелітополь, 2001.- Вип.1, т.24.- С. 97-100.

5. Кізім І.В. Пристрої телеконтролю температури, напруги та захисту електроприймачів на базі аналога лямбда-діода/ В. І. Кізім, А.В. Жарков // Тези доповідей II-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених 22-24 травня 2002 року. – К.: Політехніка.- 2002. -С. 19.

6. Пат. 42932А UA, МПК7 G01K7/16. Пристрій для телеконтролю температури / І.О. Попова, А.В. Жарков. – № 2000020610; заявл. 04.02.2000; опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10.

7. Сліпченко М.І. Пристрій контролю температурних характеристик сонячного елемента/М.І. Сліпченко, В.О. Письменецький, М.В. Герасименко, О.Д. Шереметьєв// Журнал нано- та електронної фізики.-2013.- т. 5.- № 3.

8. Патент 50344 А Україна, МПК⁷ H02H7/09. Пристрій захисту електродвигунів при несиметрії напруги. / Попова І.О., Чураков А.Я. (Україна).- №2001128981; Заяв.25.12.2001; Опубл.15.10.2002, Бюл. № 10.

9. Чураков А.Я. Енергоекономічні схеми контролю напруги та захисту електроприймачів на базі аналога лямбда-діода/ А.Я. Чураков, А.В. Жарков //

Проблеми енергозбереження та енергозабезпечення в АПК України: Вісник ХДТУСГ. –Харків, 2001. Вип. 6. -С.232-236.

10. Жарков А.В. Регулируемая светодиодная система облучения растений и датчики на базе АЛД/ А.В.Жарков// Сб. науч. тр. СтГАУ. -Ставрополь: АГРУС, 2015. - С. 18-24.

11. Молчанов А. Г. Энергосберегающее оптическое облучение промышленных теплиц/ А. Г. Молчанов, В. В. Самойленко: моногр. СтГАУ.- Ставрополь: АГРУС, 2013. 120 с.

12. Вовденко К.П. Исследование световой характеристики светодиодного светильника/ К.П. Вовденко // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2011.- №11 - С.31.

13. Гладин Д.В. Использование светодиодных технологий в сельском хозяйстве/ Д.В. Гладин // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 2. С.60-65.

14. Васильев В.И. Ультрафиолетовые облучатели лечебно-профилактического назначения/ В.И. Васильев, А.Л. Вассерман., Ю.А. Щеголева // Электронная промышленность. 1982. Вып. 8 (114). С. 83 - 84.

15. Валеев Р. А. Повышение эффективности облучения меристемных растений с внедрением светодиодных установок/ Р. А. Валеев: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Москва, 2014. 19 с.

16. Жарков А. В. Обоснование и разработка энергоэффективной системы облучения рассады в теплице / А. В. Жарков// Вестник аграрной науки Дона.– 2015.– № 4 (32).– С.59-69.

17. Піхтарь О.В. Світлодіодна система освітлення рослин у теплиці/ О.В. Піхтарь, В.Я. Жарков// Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, спеціалістів, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика»: Зб. тез доповідей. Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2015.- С.28-29.

18. Ефимов В.П. Фотопреобразователи энергии солнечного излучения нового поколения/ В.П. Ефимов// Физика и техника полупроводников.- 2010.-т. 8.- № 2.- С. 100-115.

19. Пат. 100210 UA, МПК (2015.01) A01G9/20, F21S10/00, F21Y101/02. Регульована світлодіодна система опромінення розсади / В.Я.Жарков, А.Я.

Чураков, О.В. Піхтарь.- u201501689; заявл. 26.02.2015; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 13.

20. Пат. 103167 UA, МПК G01N27/04. Датчик вологості ґрунту / В.Я. Жарков, А.В. Жарков, І.А. Орловський, О.В. Піхтарь.- u201504369; заявл. 05.05.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. №23.

21. Пат. 3340 UA, МПК7 H01L31/08. Електронне фотореле / В.Я. Жарков, А.В. Жарков, В.Є. Плотніков, І.В. Кізім.-№2004010486; заявл.22.01.2004; опубл. 15.11.2004, Бюл.№11.

22. Пат. 61661A UA, МПК7 G05B17/12, G05B19/00. Оптиелектронний пристрій пожежної телесигналізації/ В.Я. Жарков, А.В. Жарков, І.Ю. Чаусов, І.В. Кізім. - №2003032525; заявл. 24.03.2003; опубл. 17.11.2003, Бюл. № 11.

23. Пат. 64206A UA, МПК7 G05D22/02. Пристрій для контролю вологості повітря / В.Я. Жарков, А.В. Жарков, І.В. Кізім. -№2003032554; заявл. 24.03.2003; опубл. 16.02.2004, Бюл.№2.

24. Пат. 103180 UA, МПК G01N27/04, G05D22/02, A01G9/26. Пристрій телеконтролю вологості ґрунту на базі аналога лямбда-діода/ В.Я. Жарков, А.В. Жарков, І.А. Орловський, О.В. Піхтарь.- u201504643; заявл. 14.05.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23.

25. Пат. 103517 UA, МПК G01N27/04, G05D22/02, A01G9/26. Датчик вологості ґрунту на базі аналога лямбда-діода/ В.Я. Жарков, А.В. Жарков, І.А. Орловський, О.В. Піхтарь.- u201504502; заявл. 08.05.2015; Опубл., Бюл. № 24.

26. Пат. 22526 Україна, МПК (2006) G01K7/16. Пристрій для контролю температури. /І.О., Попова, А.Я Чураков., С.Ф.Курашкін. - u2006 12431. заяв.27.11.2006; опубл.25.04.2007, Бюл. № 5.

27. Пат. 28741 Україна, МПК (2006) H02H7/09 G01K7/16. Пристрій контролю електродвигунів при несиметрії напруги. //І.О., Попова, А.Я Чураков., С.Ф.Курашкін.- u 2007 07338; Заяв.2. 07.2007; Опубл.25.12.2007, Бюл. № 21.

28. Патент №45353 Україна, МПК (2009) G01K 7/16 H02H7/09 (2009.01). Пристрій контролю відхилення напруги електричної мережі /І.О., Попова, А.Я Чураков., С.Ф.Курашкін. - u 2009 04659 Заяв.12.05.2009, виданий 10.11.2009, бюл. № 21,2009.

РОЗДІЛ 5.1.5

РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗБЕРІГАННЯ ТА ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Етап 5.1.5.1 Визначення енергетичних характеристик технологічного устаткування і дослідження впливу на них різних факторів

ВИКОНАВЕЦЬ

К.т.н, доцент

Постнікова Марина Вікторівна

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР 5.1.5.1: 26 с., 11 табл., 9 рис., 6 джерел.

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД, МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА, НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ПИТОМІ ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРО-ЕНЕРГІЇ, ТЕОРІЯ ІМОВІРНОСТІ.

Об'єкт дослідження – потокові лінії елеваторів.

Мета роботи – зменшення витрат електроенергії на обробку зерна на елеваторах на 8-10 %.

Методи досліджень – математико-статистичний метод, який побудований на основі вивчення результатів спостереження по експериментальним та звітно-статистичним даним, які одержані на протязі ряду років, та обробленими методами теорії імовірності і математичної статистики.

В результаті проведених досліджень:

- для розрахунку прийнята питома технологічна витрата електроенергії у кВт·год./т, що представляє собою витрати електроенергії на виконання очищення, обробки та зберігання 1 т зерна за одну годину. Цей показник варто вважати найбільш об'єктивним критерієм економічної роботи потокової лінії обробки зерна;

- представлені теоретичні узагальнення про вплив основних технологічних факторів на енергетичний показник з розкриттям механізму цього впливу в процесах обробки та зберігання зернових культур;

- досліджені індивідуальні технологічні характеристики транспортуючих машин елеваторів;

- досліджений вплив продуктивності і вологості на енергоємність транспортних операцій елеваторів.

ЗМІСТ

ВСТУП	81
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	83
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	83
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	83
3.1 Класифікація факторів, які впливають на питомі витрати електроенергії при очищенні та зберіганні зерна на елеваторах	83
3.2 Індивідуальні енергетичні характеристики транспортуючих машин елеваторів	85
3.3 Вплив продуктивності і вологості на енергоємність транспортних операцій елеваторів	89
ВИСНОВКИ	102
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	103

ВСТУП

Технологічні процеси дороблювання зерна на елеваторах постійно удосконалюються. Удосконалення технології і розвиток електрифікації викликає необхідність раціонального використання електроенергії. Однак, енергетичній стороні процесів дороблювання зерна, яка має важливе значення, не приділяється належної уваги. Разом з тим, раціональне використання електроенергії на елеваторах особливо актуально зараз, коли розширення виробництва електроенергії пов'язано з витратами таких невідновлюваних джерел енергії як нафта, газ, вугілля. Рішення цих задач має і соціальний аспект, тому що до нього входять люди, і успіх залежить від їх відношення до справи.

Один із шляхів раціонального використання електроенергії – розробка питомих науково-обґрунтованих норм, а дотримування норм споживання електроенергії – одна з основних задач експлуатаційного персоналу. Практично найбільш зручно установити норми споживання електроенергії на основі енергетичних характеристик агрегатів або цілих операцій.

Тільки шляхом впливу на технологічні фактори, які впливають на електроспоживання при дороблюванні зерна, можна домогтися раціонального використання і економії електроенергії. А без правильного мірила, яким є норми питомих витрат електроенергії неможливо оцінити результати заходів по раціоналізації електроспоживання. Нормування електроенергії необхідно виконувати з урахуванням специфіки робіт на елеваторах і факторів, які впливають на питомі витрати електроенергії. Норми питомих витрат електроенергії повинні бути технічно обґрунтовані і визначатися з використанням методів нормування. Обґрунтовані норми здатні удосконалювати технологічні процеси, підвищувати продуктивність праці, знижувати собівартість продукції.

В теперішній час споживання електроенергії на елеваторах планується, як правило, по звітним показникам з деякими корективами. Споживання електроенергії, яке заплановано, таким чином не відображає якості використання електро-

енергії, не враховує стан і режим роботи машин, технічні умови удосконалення технології і процес дороблювання зерна.

Визначення питомих і абсолютних витрат електроенергії на основі розрахунку з застосуванням номінальної потужності двигунів машин і механізмів, коефіцієнта попиту і часу роботи обладнання має недоліки попереднього засобу.

В процесі нормування електроенергії при дороблюванні зерна немає повної ясності відносно виду норм, одиниць і методики нормування. Необхідність вирішення вказаних питань і визначило напрямок даної роботи.

Метою держбюджетної НДР є обґрунтування мінімально можливих норм питомих витрат електроенергії на виконання стаціонарних технологічних процесів післязбиральної обробки зерна на елеваторах при дотриманні технологічних вимог.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз факторів, які впливають на питомі витрати електроенергії при очищенні та зберіганні зерна на елеваторах.

1.2 Дослідження індивідуальних енергетичних характеристик транспортуючих машин елеваторів.

1.3 Дослідження впливу продуктивності і вологості на енергоємність транспортних операцій елеваторів.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досягнення поставленої цілі в процесі теоретичного дослідження використовується наступний метод:

- математико-статистичний метод, який побудований на основі вивчення результатів спостереження по експериментальним та звітно-статистичним даним, які одержані на протязі ряду років, та обробленими методами теорії імовірності і математичної статистики.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Класифікація факторів, які впливають на питомі витрати електроенергії при очищенні та зберіганні зерна на елеваторах

Енергетичні показники технологічного обладнання елеваторів залежать від характеристики та компоновки виробничих споруд, а також від багатьох інших факторів (рисунок 1) [1, 2].

Класифікація основних факторів дає основу, щоб детально провести дослідження впливу основних факторів на енергоємність операцій з зерном на елеваторах [1, 2].

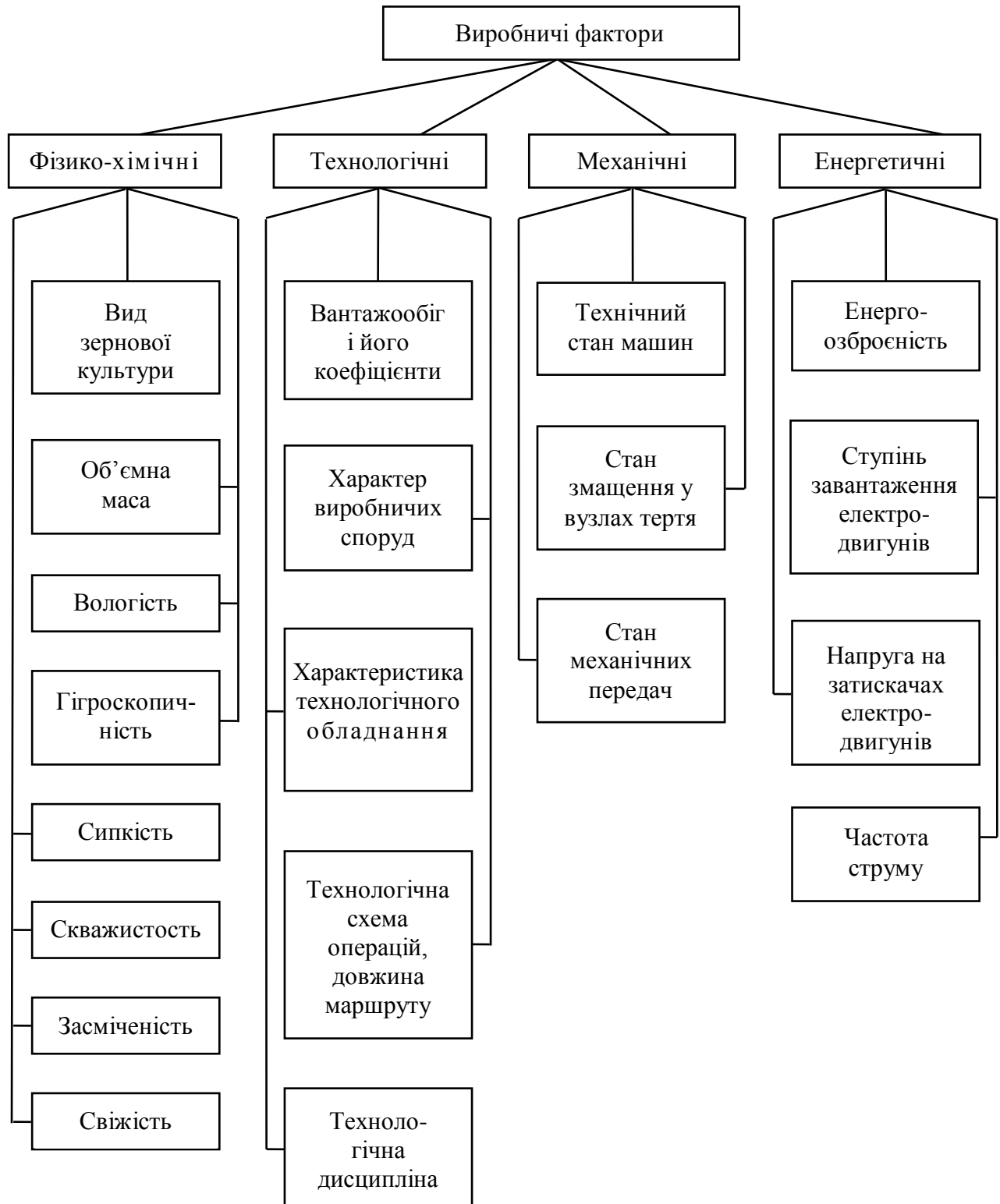


Рисунок 3.1 – Класифікація факторів, які впливають на питомі витрати електроенергії при очищенні та зберіганні зерна на елеваторах

3.2 Індивідуальні енергетичні характеристики транспортуючих машин елеваторів

За допомогою методів математичної статистики та теорії імовірності, а саме кореляційного та дисперсійного аналізів, можна вирішити задачу про ступінь впливу окремих факторів на питомі витрати енергії, визначити форму та тісноту зв'язку, вивести вихідні рівняння для розрахунку питомих витрат енергії при будь-яких виробничих умовах.

Транспортні операції в технологічних процесах елеваторів мають важливе значення, а основним фактором, який сильно впливає на енергоємність цих операцій, є продуктивність [3, 4].

Для виявлення закономірностей проведені дослідження на типових для елеваторів механізмах і машинах і побудовані енергетичні характеристики потужності та питомих витрат енергії в функції продуктивності $P = f(Q)$, $W = f(Q)$ (рисунки 2, 3 та таблиця 1).

У всіх дослідженнях енергетичні характеристики транспортних механізмів $W = f(Q)$ мають гіперболічний характер і можуть бути представлені рівнянням

$$W = \frac{b}{Q} + a, \quad (1)$$

де W – питомі витрати енергії, кВт·год./т;

Q – продуктивність, т/год.;

a , b – параметри рівняння, які визначаються за методом найменших квадратів [5, 6].

Індивідуальні енергетичні характеристики, які побудовані для окремих транспортних механізмів, отримані при постійних фізичних факторах (вологість, об'ємна маса, засміченість). Вони дозволяють визначити оптимальний, в енергетичному відношенні, режим роботи.

Таблиця 1 – Дані досліджень

Номер та індекс рисунку	Тип транспортного механізму	Культура	Вологість, %	Довжина стрічки або висота підйому
Рис. 1, а	Приймальний транспортер	Пшениця	13,4	33
Рис. 1, б	Надсилосний транспортер	Пшениця	13,1	80
Рис. 1, в	Норія	Пшениця	13,1	40
Рис. 1, г	Підсилосний транспортер	Пшениця	13,1	149
Рис. 1, д	Підсилосний транспортер	Пшениця	11,6-13	8 24 40
Рис. 1, е	Транспортер верхніх галерей	Пшениця	15,5	50 75
Рис. 2, а	Приймальний транспортер	Пшениця	11,1	12
Рис. 2, б	Норія	Пшениця	11,1	25
Рис. 2, в	Транспортер верхньої галереї	Пшениця	11,1	60
Рис. 2, г	Норія	Пшениця	16,8	14
Рис. 2, д	Приймальний транспортер	Жито	19	12
Рис. 2, е	Норія	Жито	19	16

Гіперболічний характер залежності $W = f(Q)$ підтверджує, що найвигідніший енергетичний режим буде відповідати найбільшій можливій за технологічними умовами продуктивності механізмів підприємства.

По енергетичним характеристикам окремих машин і механізмів будуються сумарні енергетичні характеристики для будь-якої операції. На рисунку 4 побудована сумарна енергетична характеристика для операції прийому та транспортуванні пшениці в силоси елеваторів. Вона одержана шляхом складання характеристик механізмів, які приймають участь в операції, з додаванням питомих витрат на розвантаження автомобілів автомобілерозвантажувачами.

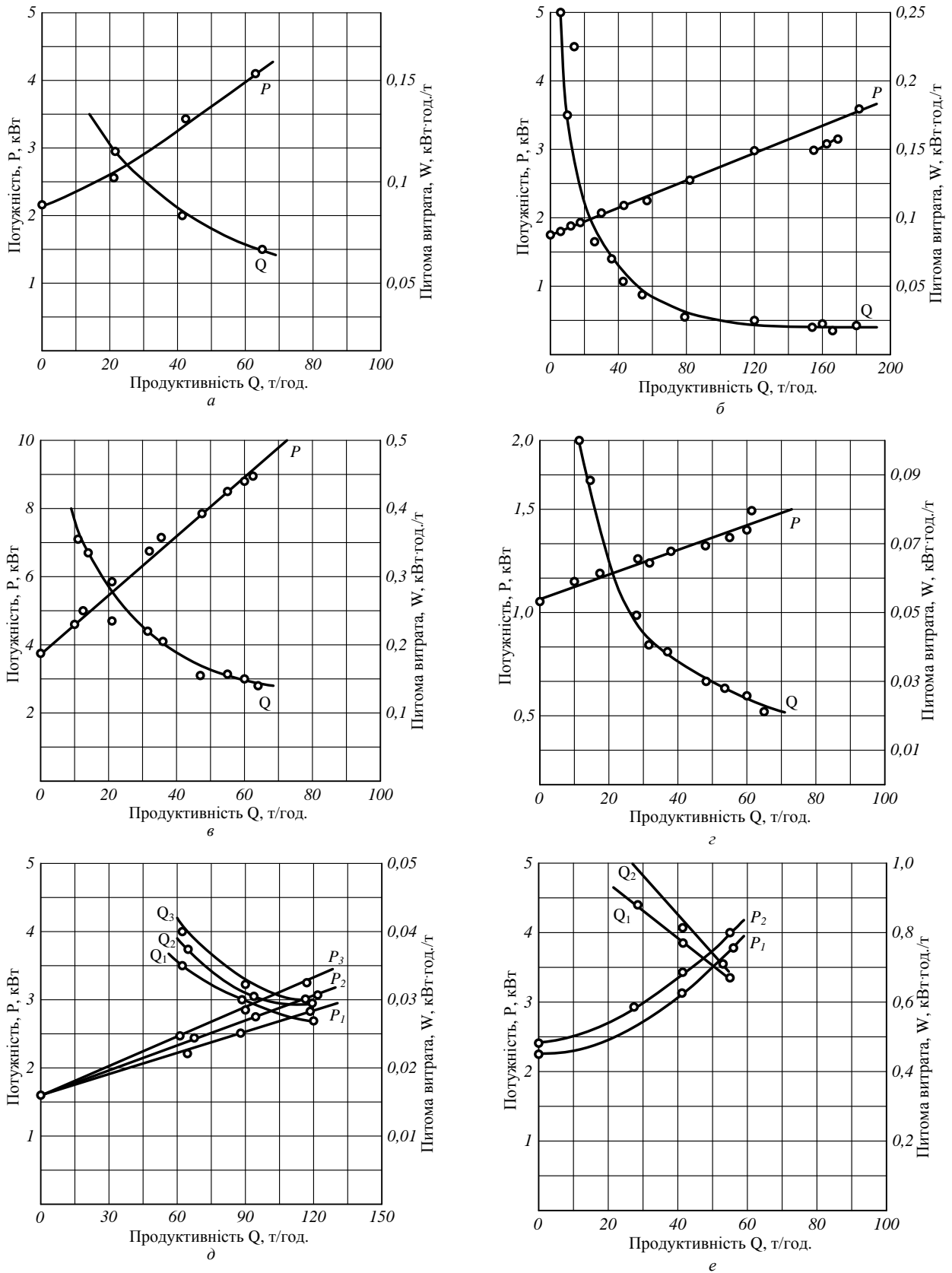


Рисунок 2 – Енергетичні характеристики транспортного обладнання на підприємствах: а – приймальний транспортер; б – надсилосний транспортер; в – норія; г – підсилосний транспортер; д – підсилосний транспортер; е – транспортери верхніх галерей.

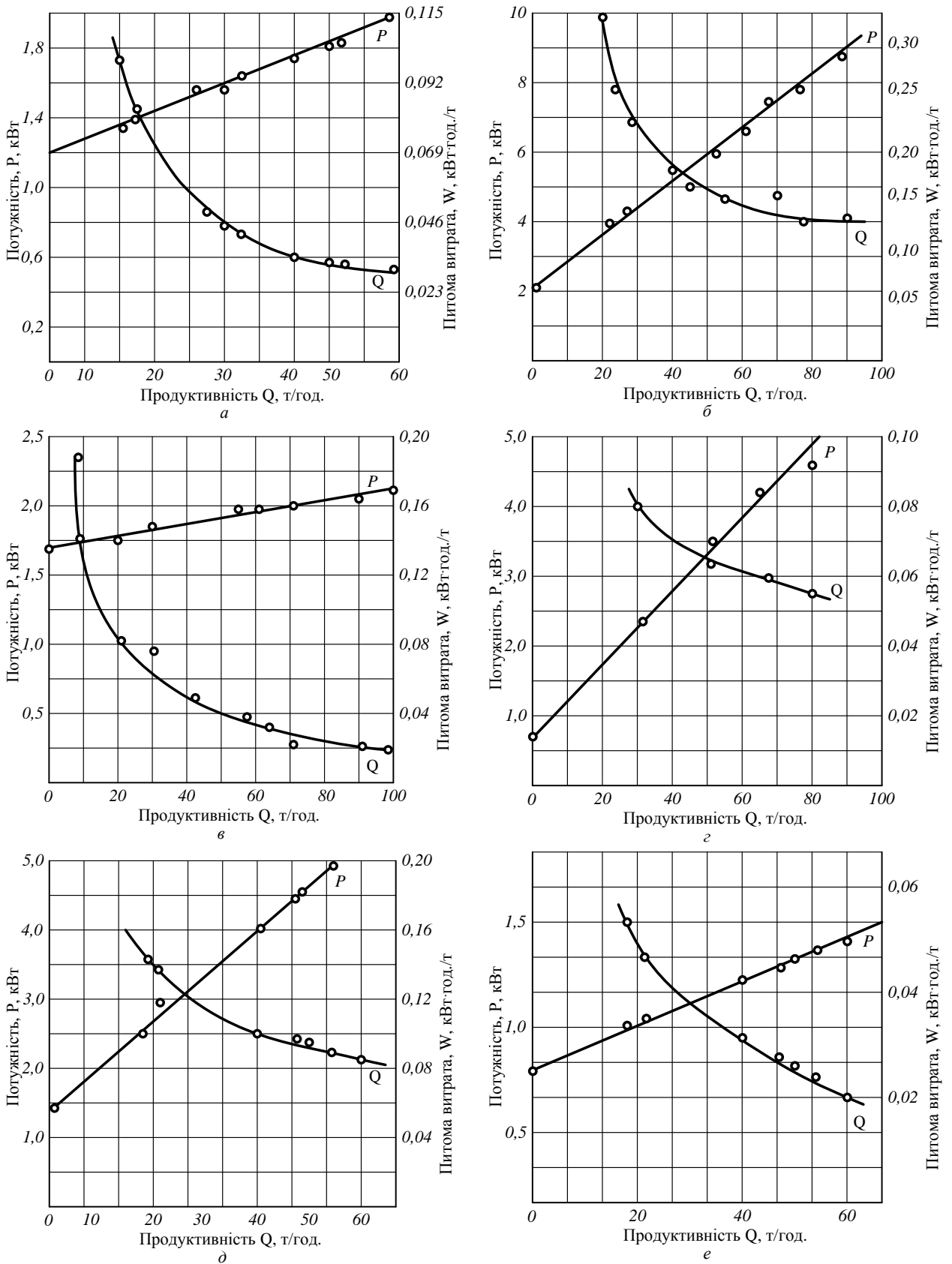


Рисунок 3 – Енергетичні характеристики транспортного обладнання на підприємствах: а – приймальний транспортер; б – норія; в – транспортер верхньої галереї; г – норія; д – приймальний транспортер; е – норія.

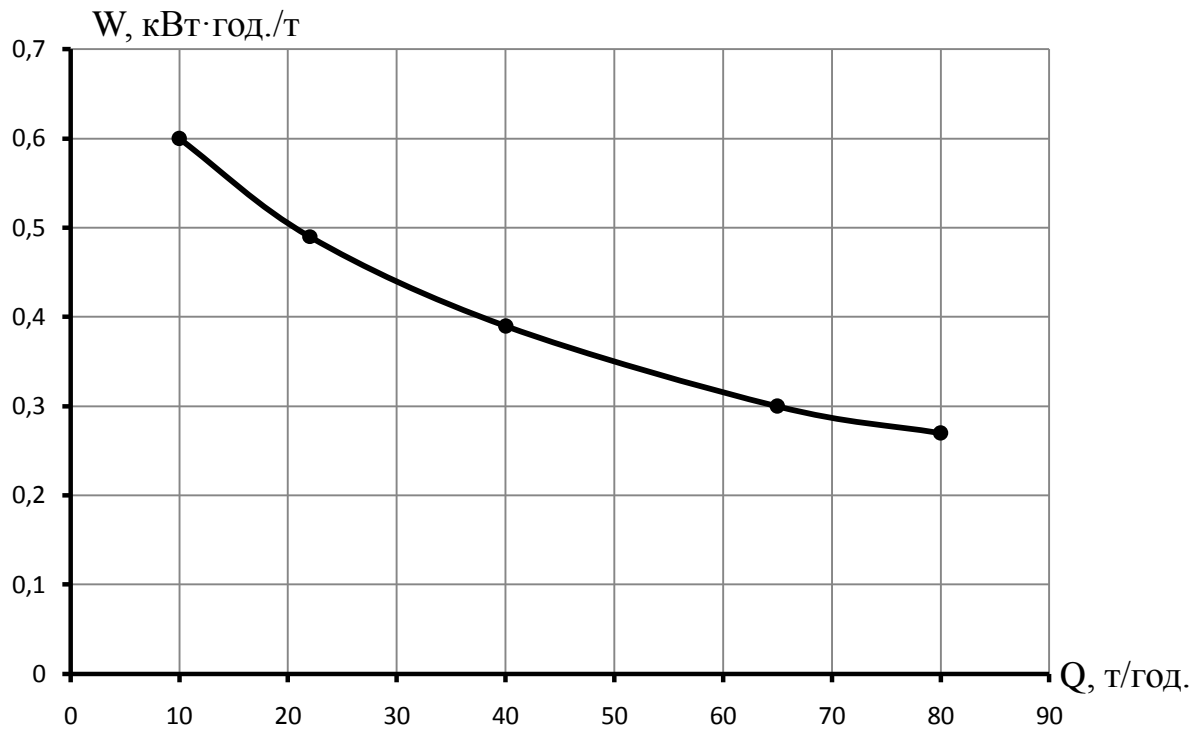


Рисунок 4 – Сумарна енергетична характеристика транспортування пшениці в силоси елеватора

По сумарним енергетичним характеристикам будуються узагальнені характеристики для зернопереробних підприємств.

3.3 Вплив продуктивності і вологості на енергоємність транспортних операцій

Індивідуальні і сумарні енергетичні характеристики елеваторів дозволяють оцінити енергетичні показники для будь-якої операції на цьому підприємстві.

Однак, ці показники для елеваторів за рядом ознак (технологічна схема, довжина маршруту, характеристики обладнання) можуть відрізнятися від середніх величин, які характеризують енергоємність операцій на будь-яких інших підприємствах. Тому, для установлення залежності $W = f(Q)$, яка стосується сукупності елеваторів, доцільно побудувати для різних операцій середні енергетичні характеристики, які називаються узагальненими. Вони можуть бути одержані на основі сумарних енергетичних характеристик для однойменних операцій на різних підприємствах.

Для цього для кожної операції складається кореляційна таблиця, в яку вносяться із сумарних енергетичних характеристик значення питомих витрат енергії на різних елеваторах при різній продуктивності і вологості зерна.

Наприклад, кореляційні таблиці 2, 3, складені для операцій по прийому і транспортуванню зерна в силоси елеватора. В таблицях вказані середні значення питомих витрат енергії W (кВт·год./т) по розрядах продуктивності Q (т/год.). Значення величини продуктивності розбили на розряди (10-15, 16-20, 21-25 т/год. та т.і.). Для кожного розряду продуктивності прийняли три значення вологості зерна (10-13, 14-17, 18-24 %).

Таблиця 2 – Кореляційна таблиця (для пшениці)

Q, т/год.	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
W, кВт·год./т	0,509	0,453	0,467	0,400	0,379	0,355	0,326	0,307	0,296	0,287	0,282	0,263

Таблиця 3 – Кореляційна таблиця (для ячменя)

Q, т/год.	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
W, кВт·год./т	0,586	0,534	0,487	0,443	0,413	0,381	0,367	0,346	0,334	0,321

Аналогічним способом були складені і оброблені кореляційні таблиці для усіх інших операцій, по яким проводились дослідження питомих витрат енергії. Сумарні енергетичні характеристики будуть виражатися рівнянням гіперболи

$$\begin{aligned}
 W &= W_1 + W_2 + \dots + W_n = \\
 &= \frac{b_1}{Q} + C_1 + \frac{b_2}{Q} + C_2 + \dots + \frac{b_n}{Q} + C_n = \\
 &= \frac{b_1 + b_2 + \dots + b_n}{Q} + C_1 + C_2 + \dots + C_n = \frac{b}{Q} + C,
 \end{aligned}$$

де b, C – параметри рівняння.

Узагальнені енергетичні характеристики будуть також мати гіпербо-лічний характер.

Для зручності математичної обробки можна замінити змінні, використовуючи наступні формули

$$1000 \cdot W = y; \quad \frac{1000}{Q} = x; \quad 1000 \cdot C = a.$$

Після заміни гіперболічна залежність виду

$$W = \frac{b}{Q} + C \quad (1)$$

може бути представлена лінійною залежністю виду

$$y = bx + a. \quad (2)$$

Після заміни змінних середні значення питомих витрат енергії, які приведені в таблицях 2, 3, приймуть по розрядам продуктивності значення, які вказані в таблицях 4, 5.

Таблиця 4 – Кореляційна таблиця (для пшениці)

x	67	50	40	33	29	25	22	20	18	16,5	15	14
y	509	453	467	400	379	355	326	307	296	287	282	263

Таблиця 5 – Кореляційна таблиця (для ячменя)

x	67	50	40	33	29	25	22	20	18	16,5
y	586	534	487	443	413	381	367	316	334	321

Параметри b і a в формулах 1, 2 можна визначити з рівнянь

$$a = \frac{\sum y_i \cdot \sum x_i^2 - \sum x_i \cdot \sum x_i \cdot y_i}{m \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}; \quad (3)$$

$$b = \frac{m \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{m \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}. \quad (4)$$

Величини a і b зв'язані між собою залежністю

$$\bar{y} = b\bar{x} + a,$$

де \bar{y} і \bar{x} – середні значення чисел y_i і x_i по приведеним таблицям, тобто

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{m}, \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{m}.$$

Тому коефіцієнт a можна виразити через коефіцієнт b

$$b = \frac{\sum y_i - a \cdot m}{\sum x_i}; \quad (5)$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} = \frac{\sum y_i}{m} - b \cdot \frac{\sum x_i}{m} = \frac{1}{m} \cdot \left(\sum y_i - b \cdot \sum x_i \right). \quad (6)$$

Краще користуватися простими формулами (5, 6).

Тісноту зв'язку між змінними x і y оцінюють коефіцієнтом кореляції r_{xy} , який визначають за формулою

$$r_{xy} = b \cdot \sqrt{\frac{m \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{m \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}. \quad (7)$$

Чисельні значення величин, які входять до формул (3, 4, 5, 6, 7), приведені в таблицях 6, 7.

Таблиця 6 – Розрахункові дані (для пшениці)

m	$\sum x_i$	$\sum y_i$	$\sum x_i^2$	$\sum y_i^2$	$\sum x_i \cdot y_i$	b	a	r_{xy}
12	349	4324	13045	$163 \cdot 10^4$	$140 \cdot 10^3$	4,9	218	0,98

Таблиця 7 – Розрахункові дані (для ячменя)

m	$\sum x_i$	$\sum y_i$	$\sum x_i^2$	$\sum y_i^2$	$\sum x_i \cdot y_i$	b	a	r_{xy}
10	320	4212	12624	$185 \cdot 10^4$	$148 \cdot 10^3$	5,4	247	0,98

Підставивши в формулу (2) значення коефіцієнтів a і b , отримуємо рівняння зв'язку для операції по прийому і транспортуванню зерна з приймальних бункерів в силоси елеватора

$$y_{\text{пш}} = 4,9x + 218; \quad y_{\text{яч}} = 5,4x + 247.$$

Повертаючись до формули (1), робимо заміну змінних

$$x = \frac{1000}{Q}; \quad y = 1000 \cdot W.$$

Отримуємо

$$y_{\text{пш}} = 1000 \cdot W_{\text{пш}} = \frac{4,9 \cdot 1000}{Q} + 218;$$

$$y_{\text{яч}} = 1000 \cdot W_{\text{яч}} = \frac{5,4 \cdot 1000}{Q} + 247;$$

$$W_{\text{пш}} = \frac{4,9}{Q} + 0,218;$$

$$W_{\text{яч}} = \frac{5,4}{Q} + 0,247.$$

Високі значення коефіцієнтів кореляції, які в обох випадках дорівнюють 0,98, підтверджують тісний зв'язок між Q і W .

Визначимо імовірність того, що отримані коефіцієнти кореляції є випадковими. Для цього скористаємося таблицями Браунлі, визначив попередньо число степенем свободи. Для ячменя

$$f = m - 1 = 10 - 1 = 9.$$

Імовірність того, що знайдені коефіцієнти кореляції є випадковими, буде

$$\text{при } r_{xy} = 0,602 \quad P = 0,05;$$

$$\text{при } r_{xy} = 0,735 \quad P = 0,01;$$

$$\text{при } r_{xy} = 0,847 \quad P = 0,001.$$

Знайдений коефіцієнт кореляції $r_{xy} = 0,98$ вище вказаних значень, тому імовірність того, що він є випадковим, буде менше величини 0,001.

Після математичної обробки кореляційних таблиць, які складені на основі проведених досліджень, були отримані рівняння зв'язку питомих витрат енергії з продуктивністю технологічних операцій з зерном різних культур. Ці рівняння приведені в таблиці 8.

По середнім значенням питомих витрат енергії (таблиці 2, 3) і розрахунковим формулам (таблиця 8) для операцій по прийому і транспортуванню пшениці і ячменя з приймальних бункерів в силоси елеватора побудовані експериментальні і теоретичні енергетичні характеристики. Вони узагальнюють роботу всіх механізмів і машин, які виконують дану операцію (рисунок 5, 6). На рисунках 7, 8 приведені узагальнені характеристики для операцій транспортування пшениці і ячменя з силосів елеватора в надсушильні бункера.

Застосування кореляційного аналізу дозволило установити форму зв'язку між продуктивністю операції і питомими витратами електроенергії при одночасній дії різних факторів. Для того, щоб оцінити вплив окремих факторів і перевагу одного фактора над іншим, був застосований дисперсійний аналіз.

Загальна дисперсія σ^2 , яка характеризує розсів експериментальних даних навколо їх середнього значення, визначається за формулою

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^n W_i^2 - \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n W_i \right)^2 \right]. \quad (8)$$

На основі даних кореляційної таблиці вона складається з трьох дисперсій

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_\omega^2 + \sigma_n^2,$$

де σ_a^2 – дисперсія, яка обумовлена основним фактором продуктивності;

σ_ω^2 – дисперсія, яка обумовлена різною вологістю зерна;

σ_n^2 – дисперсія, яка обумовлена випадковими механічними і технологічними факторами.

Таблиця 8 – Розрахункові формули

Операція	Культура	Рівняння кореляційного зв'язку	Коефіцієнт кореляції
Прийом і транспортування зерна з приймальних бункерів в силоси елеватора	Пшениця	$W = \frac{4,9}{Q} + 0,218$	0,98
	Ячмінь	$W = \frac{5,4}{Q} + 0,247$	0,98
Очищення зерна в сепараторах	Пшениця	$W = \frac{7,9}{Q} + 0,150$	0,95
Транспортування зерна в елеваторах з силосу в силос	Пшениця	$W = \frac{5,5}{Q} + 0,190$	0,99
	Ячмінь	$W = \frac{6,2}{Q} + 0,195$	0,96
Прийом і транспортування зерна з приймальних бункерів в надсепараторні бункера в механізованих баштах	Пшениця	$W = \frac{4,7}{Q} + 0,070$	0,94
	Ячмінь	$W = \frac{5,4}{Q} + 0,060$	0,99
	Просо	$W = \frac{4,0}{Q} + 0,130$	0,96
Транспортування зерна з силосів елеватора в над сушильні бункера	Пшениця	$W = \frac{3,3}{Q} + 0,181$	0,96
	Ячмінь	$W = \frac{4,0}{Q} + 0,186$	0,96
Транспортування зерна з приймальних бункерів в бункера сирого зерна зерносушарок	Пшениця	$W = \frac{5,7}{Q} + 0,086$	0,99
	Жито	$W = \frac{4,5}{Q} + 0,112$	0,99
Прийом і транспортування зерна з приймальних бункерів в склади через механізовані башти	Пшениця	$W = \frac{5,8}{Q} + 0,090$	0,98
Розвантаження зерна з складів вагонавантажувачами різних систем	Пшениця	$W = \frac{11,6}{Q} + 0,129$	0,98
	Ячмінь	$W = \frac{6,5}{Q} + 0,279$	0,97

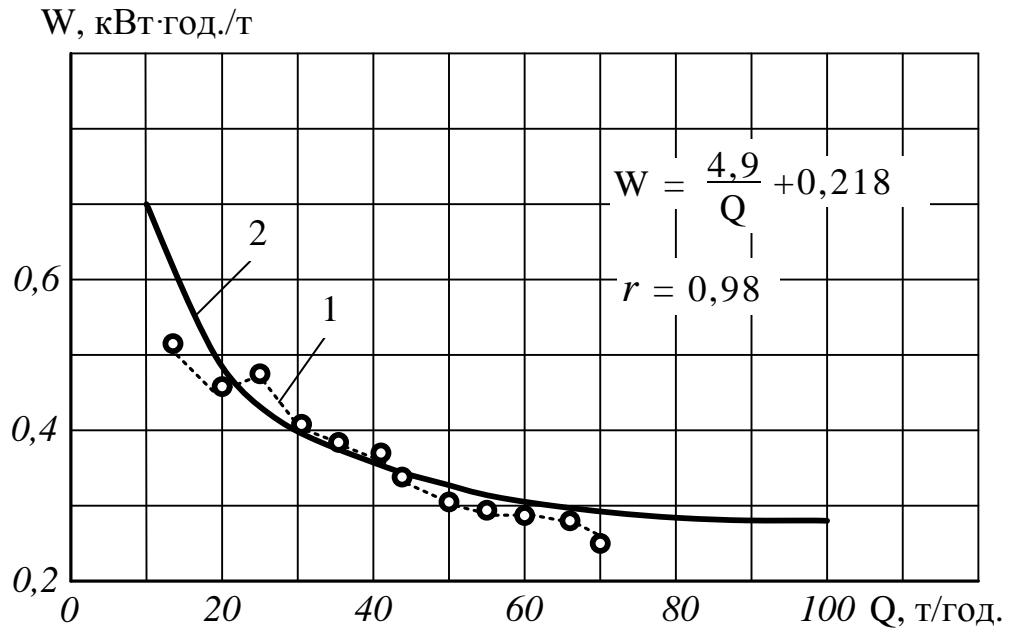


Рисунок 5 – Узагальнена енергетична характеристика транспортної операції (культура, що переміщується, – пшениця):
1 – експериментальна крива; 2 – теоретична крива

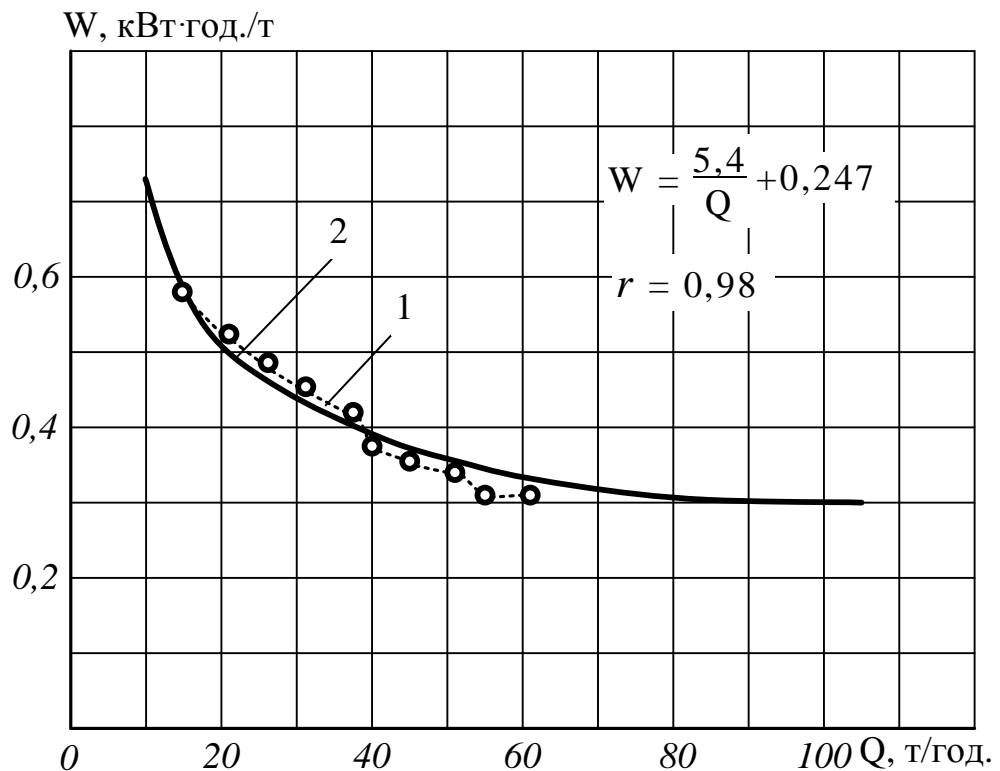


Рисунок 6 – Узагальнена енергетична характеристика транспортної операції (культура, що переміщується, – ячмінь):
1 – експериментальна крива; 2 – теоретична крива

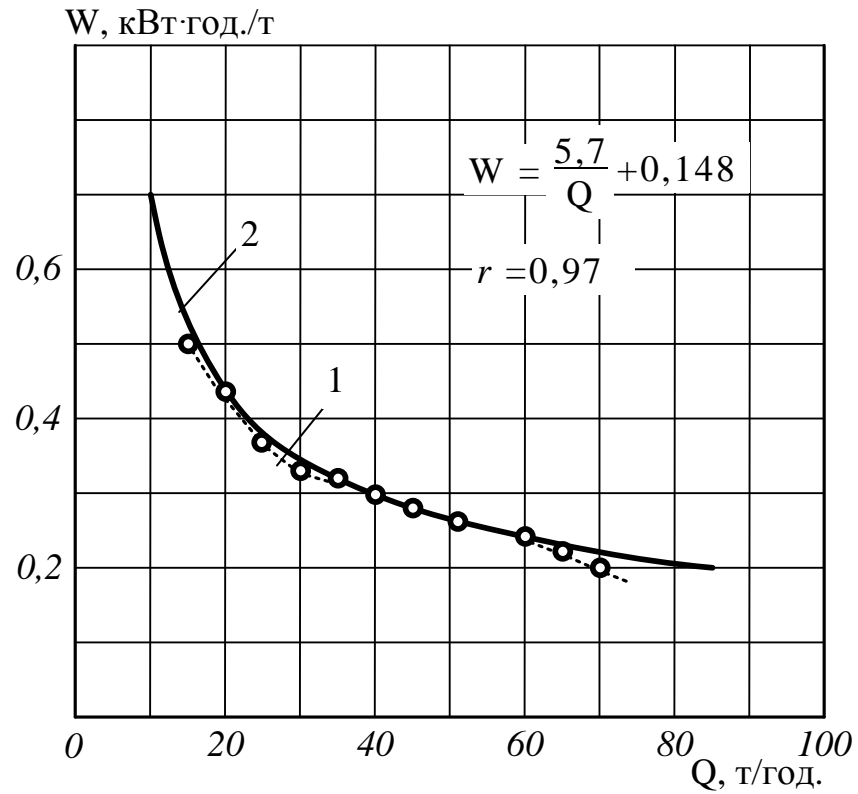


Рисунок 7 – Узагальнена енергетична характеристика транспортної операції (культура, що переміщується, – пшениця):
1 – експериментальна крива; 2 – теоретична крива

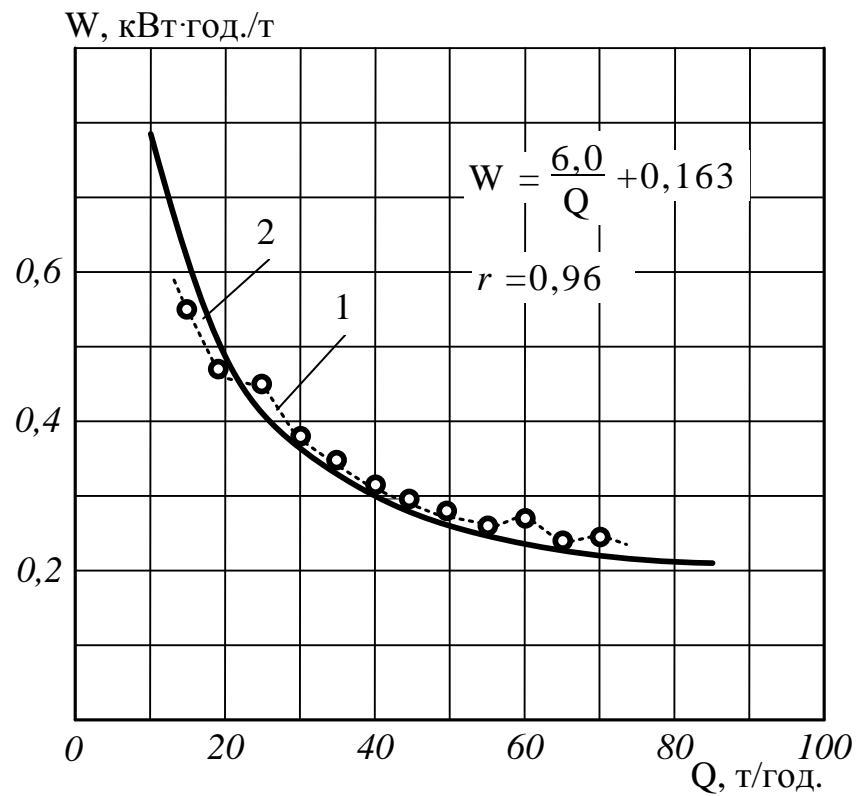


Рисунок 8 – Узагальнена енергетична характеристика транспортної операції (культура, що переміщується, – ячмінь):
1 – експериментальна крива; 2 – теоретична крива

Визначимо дисперсії σ_{ω}^2 і σ_n^2 для деяких розрядів продуктивності. Після обробки експериментальних матеріалів були складені допоміжні таблиці 9, 10, де наведені середні значення питомих витрат енергії.

Таблиця 9 – Експериментальні дані (для Q = 25 т/год.)

Операція	Питомі витрати енергії, W, кВт·год./т, при вологості зерна, %			Середня по рядку, кВт·год./т
	10-13	14-17	18-24	
Прийом і транспортування зерна з приймальних бункерів в силоси елеватора	0,4974	0,5564	-	0,527
	-	0,3770	-	0,377
	-	-	0,4665	0,466
	0,3334	-	-	0,333
	0,4721	-	-	0,472
	0,4402	-	0,5903	0,510
Середня по стовпцю	0,4360	0,4670	0,5280	

Таблиця 10 – Експериментальні дані (для Q = 65 т/год.)

Операція	Питомі витрати енергії, W, кВт·год./т, при вологості зерна, %		Середня по рядку, кВт·год./т
	10-13	14-17	
Прийом і транспортування зерна з приймальних бункерів в силоси елеватора	0,3164	0,3384	0,327
	-	0,2326	0,233
	0,1803	-	0,180
	0,3431	-	0,343
Середня по стовпцю	0,2800	0,2850	

За формулою (8) визначаємо (табл. 9)

$$\sigma_{\omega}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot [0,4360^2 + 0,4670^2 + 0,5280^2 - \frac{1}{3} \cdot (0,4360 + 0,4670 + 0,5280)^2] = 0,0035 ,$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{6-1} \cdot [0,527^2 + 0,377^2 + 0,466^2 + 0,333^2 + 0,472^2 + 0,510^2 - \\ - \frac{1}{6} \cdot (0,527 + 0,377 + 0,466 + 0,333 + 0,472 + 0,510)^2] = 0,006 .$$

За формулою (8) визначаємо (табл. 10)

$$\sigma_\omega^2 = \frac{1}{2-1} \cdot \left[0,2800^2 + 0,2850^2 - \frac{1}{2} \cdot (0,2800 + 0,2850)^2 \right] = 0,001 ,$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{4-1} \cdot [0,327^2 + 0,233^2 + 0,180^2 + 0,343^2 - \\ - \frac{1}{4} \cdot (0,327 + 0,233 + 0,180 + 0,343)^2] = 0,005 .$$

Розглянемо також операцію по прийому і транспортуванню пшениці з приймальних бункерів в склади через механізовані башти. Середні значення питомих витрат енергії на елеваторах наведені в таблиці 11.

Таблиця 11 – Експериментальні дані (для Q = 20 т/год.)

Операція	Питомі витрати енергії, W, кВт·год./т, при вологості зерна, %			Середня по рядку, кВт·год./т
	10-13	14-17	18-24	
Прийом і транспортування пшениці з приймальних бункерів в склади через механізовані башти	0,3850	0,3140	-	0,349
	0,4393	-	-	0,439
	0,2090	-	-	0,209
	0,2800	-	-	0,280
	-	0,3370	0,2597	0,298
	-	-	0,3062	0,306
Середня по стовпцю	0,3280	0,3250	0,2830	

За формулою (8) визначаємо (табл. 11)

$$\sigma_\omega^2 = \frac{1}{3-1} \cdot [0,3280^2 + 0,3250^2 + 0,2830^2 - \\ - \frac{1}{3} \cdot (0,3280 + 0,3250 + 0,2830)^2] = 0,00065 ,$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{6-1} \cdot [0,349^2 + 0,439^2 + 0,209^2 + 0,280^2 + 0,298^2 + 0,306^2 - \\ - \frac{1}{6} \cdot (0,349 + 0,439 + 0,209 + 0,280 + 0,298 + 0,306)^2] = 0,0059 .$$

Таким чином у всіх розглянутих випадках дисперсія $\sigma_n > \sigma_\omega$, тобто фактор випадкових механічних і технологічних різниць переважає над фактором вологості. Це підтверджує, що неможливо математично визначити ступінь її впливу, використовуючи тільки одні експериментальні дані кореляційної таблиці. Однак, з цих даних можна зробити висновок, що для одного розряду продуктивності питомі витрати енергії з підвищенням вологості зростають.

Для того, щоб урахувати вплив вологості зерна на енергоємність операцій, були проведені дослідження на одному і тому обладнанні, але при різній вологості зерна.

Як відомо, з підвищенням вологості зерна, знижується сипкість, зростає скважистість і зменшується об'ємна маса.

Зменшення об'ємної маси і сипкості при збільшенні вологості є причиною зниження продуктивності транспортних механізмів, особливо норій. На рисунку 9 показані криві, які характеризують зміни продуктивності норії ТСН-100 в залежності від вологості різних культур. Як видно, з підвищенням вологості знижується продуктивність, що в свою чергу, призводить до підвищення питомих витрат енергії. В середньому продуктивність при підвищенні вологості на 5 % знижується на 10 т/год., що складає 2 т/год. на 1 % підвищення вологості.

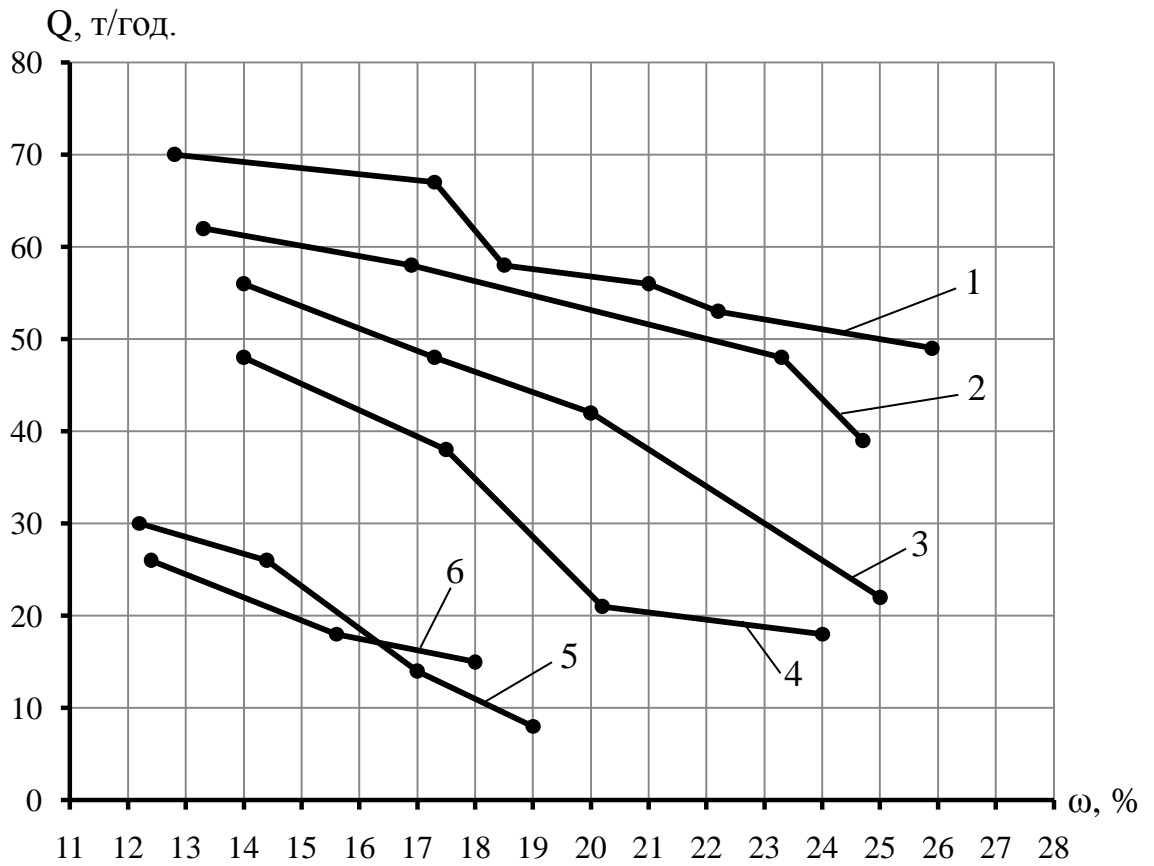


Рисунок 9 – Залежність продуктивності норій від вологості зерна для:
 1 – пшениці; 2 – жита; 3 – ячменя; 4 – вівса; 5, 6 – соняшника

ВИСНОВКИ

1 Дослідження в технологічних процесах обробки та зберігання зернових культур енергетичного фактора та параметрів, які його визначають, представляє проблему, яка має важливе народногосподарське значення. Відомо, що 1 одиниця зекономленої електроенергії може зекономити не менш 5 одиниць первинних енергоресурсів.

2 Встановлено, що витрати електричної енергії в технологічних процесах обробки і зберігання зерна на одиницю продукції в 2-3 рази перевищують аналогічні витрати в розвинених країнах.

3 Для розрахунку прийнята питома технологічна витрата електроенергії у кВт·год./т, що представляє собою витрати електроенергії на виконання очищення 1 т зерна за одну годину. Цей показник варто вважати найбільш об'єктивним критерієм економічної роботи потокової лінії обробки та зберігання зерна.

4 Встановлено, що з підвищенням вологості знижується продуктивність норії, що в свою чергу призводить до підвищення питомих витрат електроенергії. В середньому продуктивність норії при підвищенні вологості на 5 % знижується на 10 т/год., що складає 2 т/год. на 1 % підвищення вологості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Постнікова М.В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах : автореф. дис... канд. техн. наук / М.В. Постнікова. – Мелітополь, 2011. – 22 с.

2 Карпова А.П. Исследование влияния технических и технологических факторов на электропотребление при подработке зерна на юге СССР : автореф. дис... канд. техн. наук / А.П. Карпова. – К., 1981. – 21 с.

3 Кожуховский И.Е. Механизация очистки и сушки зерна / И.Е. Кожуховский, Г.Т. Павловский. – М.: Колос, 1968. – 439 с.

4 Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчёт машин, технология и автоматизация процессов / Под ред. З.Л. Тица. – М.: Машиностроение, 1967. – 448 с.

5 Смирнов Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технологических приложений / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1965. – 511 с.

6 Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Физматиздат, 1961. – 479 с.

РОЗДІЛ 5.1.6

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ КТП 10/0,4 КВ

Етап 5.1.6.1 Аналітичний огляд літературних джерел

ВИКОНАВЦІ

К.т.н., доцент

Курашкін Сергій Федорович

РЕФЕРАТ

Звіт з НДР 5.1.6.1: 17 с., 3 табл., 5 рисунків, 4 посилань.

СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР, ІЗОЛЯЦІЯ ОБМОТКИ, ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ, ТЕМПЕРАТУРА ОБМОТКИ, ШВИДКІСТЬ ЗНОСУ ІЗОЛЯЦІЇ, ВИТРАТА РЕСУРСУ.

Об'єкт дослідження: процес теплового зношення ізоляції силових трансформаторів комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) 10/0,4 кВ.

Предмет дослідження: взаємозв'язок між швидкістю теплового зносу ізоляції силового трансформатора та показниками експлуатаційних впливів (коефіцієнтом завантаження і температурою навколишнього середовища).

Мета роботи: підвищення експлуатаційної надійності силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ.

Методи досліджень: аналітичний та комп'ютерного моделювання процесу теплового зношення ізоляції силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ в Microsoft Excel.

В результаті проведених досліджень: отримано взаємозв'язок між перевищенням температури обмотки силового трансформатора і часом роботи за певним перевантаженням; отримано рівняння залежності припустимого часу роботи силового трансформатора від кратності перевантаження; отримано взаємозв'язок між швидкістю теплового зносу ізоляції силового трансформатора та показниками експлуатаційних впливів (коефіцієнтом завантаження і температурою навколишнього середовища).

ЗМІСТ

ВСТУП	107
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	108
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	108
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	108
3.1 Опис механізму розвитку процесів пошкодження ізоляції силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ	108
3.2 Аналітичне дослідження теплових процесів, які протікають в силовому трансформаторі	111
ВИСНОВКИ	119
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	120

ВСТУП

Безперебійне електропостачання споживачів електричної енергії агропромислових підприємств в більшій ступені залежить від надійності системи електропостачання в цілому і силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ зокрема. І хоча відсоток виходу з ладу силових трансформаторів споживчих трансформаторних підстанцій в агропромисловому комплексі залишається невеликий (4-6% від загальної кількості), однак вихід з ладу одного джерела електропостачання може спричинити значні економічні втрати за рахунок недовипуску продукції та послуг десятками об'єктів енергоспоживання.

Головними причинами виходу силових трансформаторів є короткі замикання в електричній мережі, перевантаження, атмосферні перенапруження, зниження якості трансформаторного масла під час експлуатації, погіршення умов охолодження, асиметрія струмів навантаження. Значну роль у забезпеченні надійності відіграє розташування трансформаторних підстанцій на великій відстані від центрів обслуговування, їх розпорошення на значних площах. Трансформатори практично не обслуговуються регулярно, відсутня інформація про поточні режими їх роботи, несвоєчасно і в недостатніх об'ємах проводиться реконструкція підстанцій і мереж.

Як відомо [1], проблеми надійності силового електрообладнання умовно можна поділити на конструкційну та експлуатаційну. Впливати на конструкційну надійність споживач не в змозі, залишається лише підвищувати експлуатаційну складову. Ця проблема може бути вирішена лише комплексно за рахунок модернізації діючих засобів захисту від аварійних режимів роботи, впровадження системи технічного обслуговування на основі безперервного діагностування роботи силових трансформаторів.

Оскільки захист КТП 10/0,4 кВ з боку високої напруги забезпечується плавкими запобіжниками, які обираються за умови захисту силових трансформаторів від коротких замикань, тому діагностування режимів їх роботи повинно здійснюватися на низькій стороні.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

- 1.1. Механізм розвитку процесів пошкодження ізоляції силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ.
- 1.2. Аналітично дослідити теплові процеси, які протікають в силових трансформаторах.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Для виконання програми досліджень застосовано

- метод аналітичного дослідження;
- комп'ютерне моделювання напівпровідникових систем в Microsoft Excel.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Механізм процесів пошкодження ізоляції силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ

Надійність силового трансформатора в значній ступені визначається надійністю його обмоток, яка, в свою чергу, залежить від стану ізоляції. Під час експлуатації силові трансформатори піддаються різноманітним експлуатаційним впливам.

Температура навколишнього середовища та сонячна радіація є найбільш розповсюдженими факторами, що впливають на силові трансформатори. Температура повітря має значні коливання як продовж доби, так і на протязі сезонної зміни. Вологість навколишнього середовища впливає на ізоляційні властивості трансформаторного масла.

Наступним експлуатаційним впливом є графік навантаження, який має залежність від багатьох факторів – сезонності роботи, кількості і виду споживачів та ін.

Перевантаження силових трансформаторів пов'язані з недосконалістю проектування електричних мереж, відсутністю засобів автоматизації і контролю за навантаженням робочих машин і механізмів, як найбільш потужних споживачів електроенергії [3].

Небезпечними експлуатаційними впливами на ізоляцію силового трансформатора є пускові струми потужних електродвигунів в умовах сумірної потужності, короткі замикання і комутаційні перенапруги в розподільних мережах. Систематичні перевантаження трансформаторів, динамічні зусилля внаслідок коротких замикань і старіння ізоляції приводять до міжвиткового замикання і виходу з ладу.

Погіршення умов охолодження ізоляційної конструкції – також одна з найпоширеніших причин виходу з ладу трансформаторів, яка виникає через витік трансформаторного масла, недостатню природну вентиляцію.

Вихід трансформатора з ладу може відбуватися внаслідок «пожежі стали» через порушення ізоляції між сталевими листами або стяжними болтами, слабким пресуванням стали, утворенням короткозамкненого кола.

Також причинами пошкоджень масляних трансформаторів можуть бути: пошкодження в системі захисту, нечітке регулювання перемикального пристрою, міжфазне коротке замикання, забруднення виводів, недостатня якість трансформаторного масла, незадовільний стан виводів в точці з'єднання обмоток.

Перелічені фактори можуть впливати як окремо так і сукупно у різних комбінаціях. Це впливає на надійність ізоляційної конструкції обмоток силового трансформатора, оскільки саме обмотки є самим уразливим з конструктивних елементів [2].

Таким чином, з урахуванням викладеного вище у подальших дослідженнях у необхідно враховувати причинно-наслідкові зв'язки експлуатаційних причин, через які силовий трансформатор виходить з ладу (рис. 1).

В силових трансформаторах конструкційна надійність не є визначаючою в розвитку процесів ушкодження ізоляції. Вагому роль відіграють природні процеси її старіння під впливом експлуатаційних факторів.

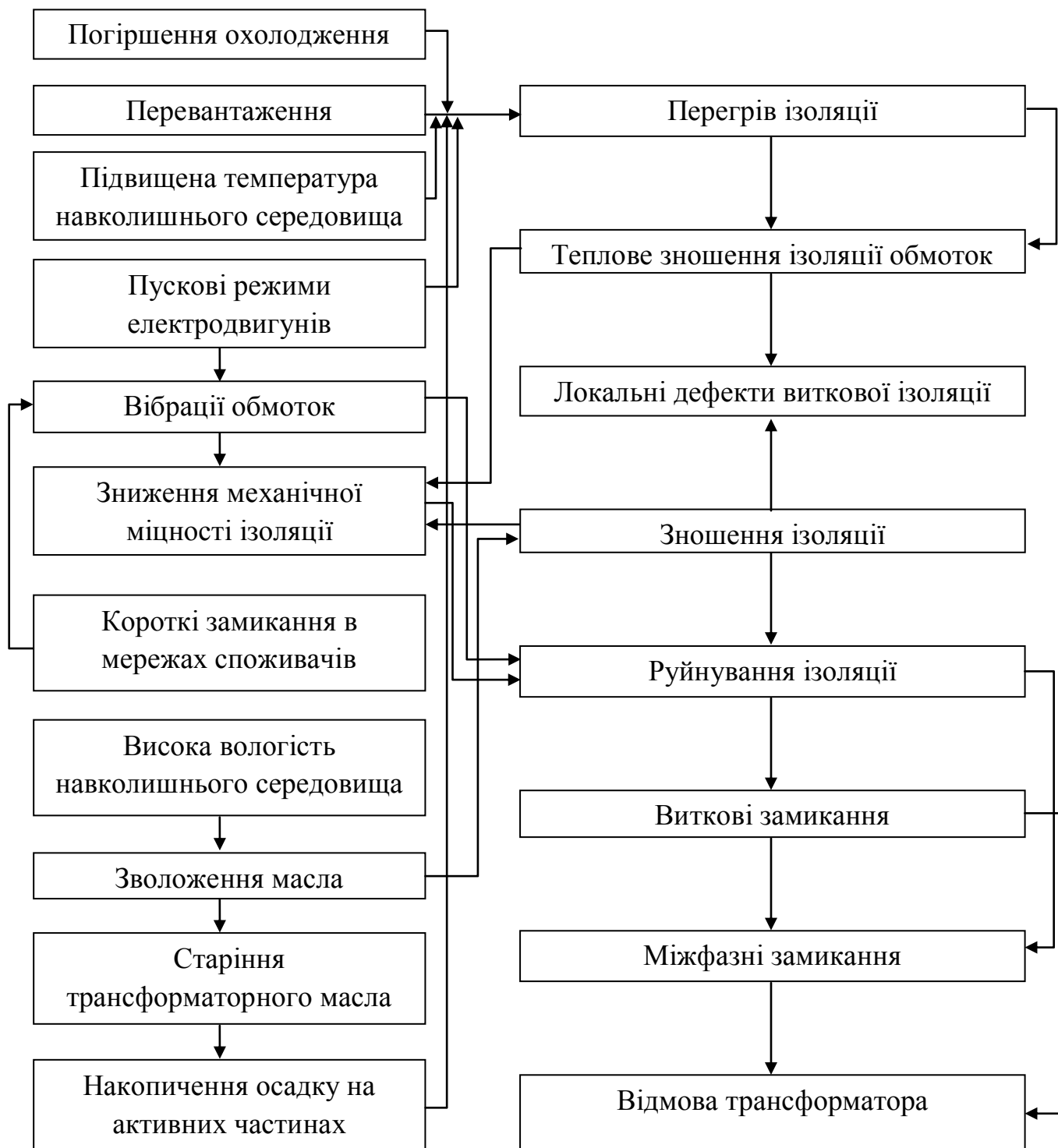


Рисунок 1 – Механізм розвитку ушкодження силового трансформатора

3.2 Аналітичне дослідження теплових процесів, які протікають в силовому трансформаторі

Як можна обачити з рис. 1 тепловий знос ізоляції є тим фактором, що визначає головну роль у загальному її зношенні. Саме підвищення нагріву ізоляції призводить до збільшення теплового зносу ізоляції.

Проведемо аналітичне дослідження теплового процесу, який відбувається у силовому трансформаторі під час симетричного перевантаження. Згідно спрощеної теплової схеми заміщення трансформатора (рис. 2), представленого одним тілом, енергія, яка виділяється в трансформаторі розподіляється на два потоки: одна частка йде на нагрів трансформатора, а інша частка віддається до навколишнього середовища.

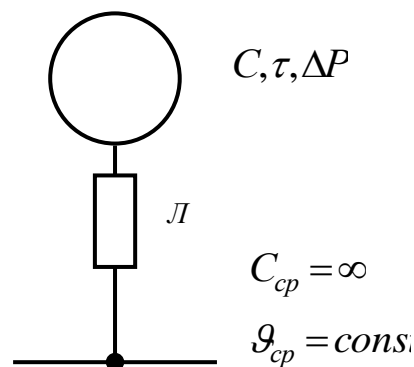


Рис. 2 – Теплова схема заміщення трансформатора: C – теплоємність трансформатора, Дж/°C; τ – перевищення температури трансформатора над температурою навколишнього середовища, °C; ΔP – втрати активної потужності в трансформаторі, Вт; L – тепловіддача трансформатора в навколишнє середовище, Дж/(с·°C); g_{cp} – температура навколишнього середовища, °C; C_{cp} – теплоємність навколишнього середовища, Дж/°C.

Рівняння перевищення температури трансформатора [1] має вид

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_{поч} e^{-\frac{t}{T}}, \quad (1)$$

де $\tau_{\text{поч}}$ – початкове перевищення температури обмотки трансформатора, °C;

T – еквівалентна постійна часу нагріву трансформатора, с;

τ_y – усталене перевищення температури обмотки трансформатора, °C.

Якщо задатися припустимим значенням перевищення температури обмотки трансформатора τ_{np} , то чим більше кратність струму перевантаження, тим за менший час t_{np} обмотки досягне припустимого значення перевищення температури.

Якщо до рівняння (1) підставити значення $\tau = \tau_{np}$, $t = t_{np}$, $\tau_{\text{поч}} = 0$

$$\tau_{np} = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t_{np}}{T}} \right), \quad (2)$$

можна отримати вираз для розрахунку припустимого часу роботи трансформатора при певному перевантаженні

$$t_{np} = T \ln \frac{\tau_y}{\tau_y - \tau_{np}}. \quad (3)$$

В усталеному режимі перевищення температури обмотки трансформатора для любого режиму роботи має вигляд

$$\tau_y = \frac{\Delta P_{constH} + k^2 \Delta P_{varH}}{\Delta P_H} \cdot \tau_{1H}, \quad (4)$$

де ΔP_{const} – постійні втрати активної потужності в трансформаторі, Вт;

ΔP_{var} – змінні втрати активної потужності в трансформаторі, Вт;

ΔP_H – втрати активної потужності в трансформаторі в номінальному режимі, Вт;

k – кратність діючого значення сили струму перевантаження.

$$k = \frac{I}{I_i}, \quad (5)$$

де I – діюче значення сили струму перевантаження, А;

I_n – номінальне діюче значення сили струму трансформатора, А.

Постійна часу нагріву трансформатора як системи двох тіл

$$T = \frac{C_1 m_1 \tau_{1n} + C_2 m_2 \tau_{2n}}{\Delta P_n}, \quad (6)$$

де m_1 – маса обмотки, кг;

m_2 – маса сталі, кг;

C_1 – теплоємність обмотки, Дж/(кг·°С);

C_2 – теплоємність сталі, Дж/(кг·°С);

де ΔP_n – номінальні втрати активної потужності в трансформаторі, Вт.

Розрахуємо необхідні величини для побудови перевантажувальної характеристики трансформатора ТМ-250/10 під час симетричного перевантаження. Вихідні данні для аналітичного дослідження [1, 4]:

- номінальна потужність: $P_{2n} = 15$ кВт;
- постійні втрати активної потужності в трансформаторі $\Delta P_{const} = 0,74$ кВт;
- змінні втрати активної потужності в трансформаторі $\Delta P_{var} = 4,2$ кВт;
- номінальне перевищення температури обмотки: $\tau_{1n} = 65$ °С;
- постійна часу нагріву трансформатора: $T = 8360$ с.

1. Припустиме перевищення температури обмотки трансформатора

$$\tau_{np} = 1,1 \cdot \tau_n; \quad (7)$$

$$\tau_{np} = 1,1 \cdot 65 = 71,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Втрати активної потужності в номінальному режимі згідно виразу

$$\Delta P_n = \Delta P_{const} + \Delta P_{var} = 0,74 + 4,2 = 4,94 \text{ кВт}.$$

3. Усталене перевищення температури, наприклад, для кратності перевантаження $k = 1,2$ складає

$$\tau_y = \frac{0,74 + 1,2^2 \cdot 4,2}{4,94} \cdot 65 = 89,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4. Розрахуємо перевищення температури обмотки трансформатора за час $t = 5T$, приймаючи $\tau_{ноч} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ та різних коефіцієнтах завантаження k . Результати розрахунків приведені в таблиці 1. за даними таблиці побудовано графіки перевищення температури обмотки $\tau = f(t)$ (рис. 3).

Таблиця 1 – Результати розрахунків перевищення температури обмотки

t/T		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$k = 1,0$	$\tau_i, \text{ } ^\circ\text{C}$	20	37,7	48,4	55,0	58,9	61,3	62,8	63,6	64,2	64,5	64,7
$k = 1,2$	$\tau_i, \text{ } ^\circ\text{C}$	20	47,3	63,8	73,8	79,9	83,6	85,9	87,2	88,0	88,5	88,8
$k = 1,4$	$\tau_i, \text{ } ^\circ\text{C}$	20	58,6	82,0	96,2	104,8	110,0	113,2	115,1	116,3	117,0	117,4
$k = 1,6$	$\tau_i, \text{ } ^\circ\text{C}$	20	71,6	102,9	121,9	133,5	140,4	144,7	147,2	148,8	149,8	150,3

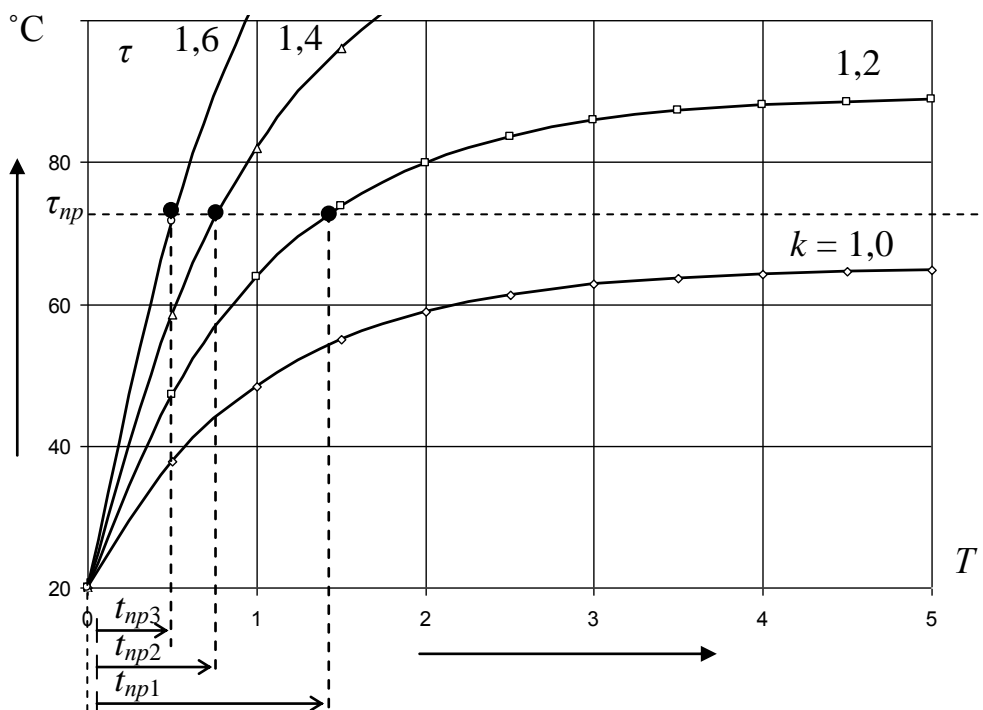


Рисунок 3 – Залежності $\tau = f(t)$ трансформатора ТМ-250/10

Наприклад, для перевантаження $k = 1,2$ припустимий час роботи складає

$$t_{np} = 8360 \cdot \ln \frac{89,3}{89,3 - 71,5} = 13483 \text{ c.}$$

З огляду рис. 3 можна побачити, що припустимий час, за який перевищення температури обмотки досягне значення τ_{np} залежить від кратності перевантаження k і скорочується якщо кратність зростає.

5. Припустимий час роботи силового трансформатора з перевантаженням розраховується за виразом (2). Розрахунок припустимого часу роботи для інших крайностей проводиться аналогічно. Результати розрахунку зведені до таблиці 2. За даними таблиці побудовано перевантажувальну характеристику трансформатора (рис. 4).

Таблиця 2 – Залежність припустимого часу роботи трансформатора з перевантаженням t_{np} від кратності струму перевантаження k

k	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\tau_{\acute{o}}, \text{ } ^\circ\tilde{N}$	65	89,3	118,1	151,2	188,8	230,8
$t_{np}, \text{ c}$	∞	13477,1	7779,4	5352,7	3979,3	3099,7

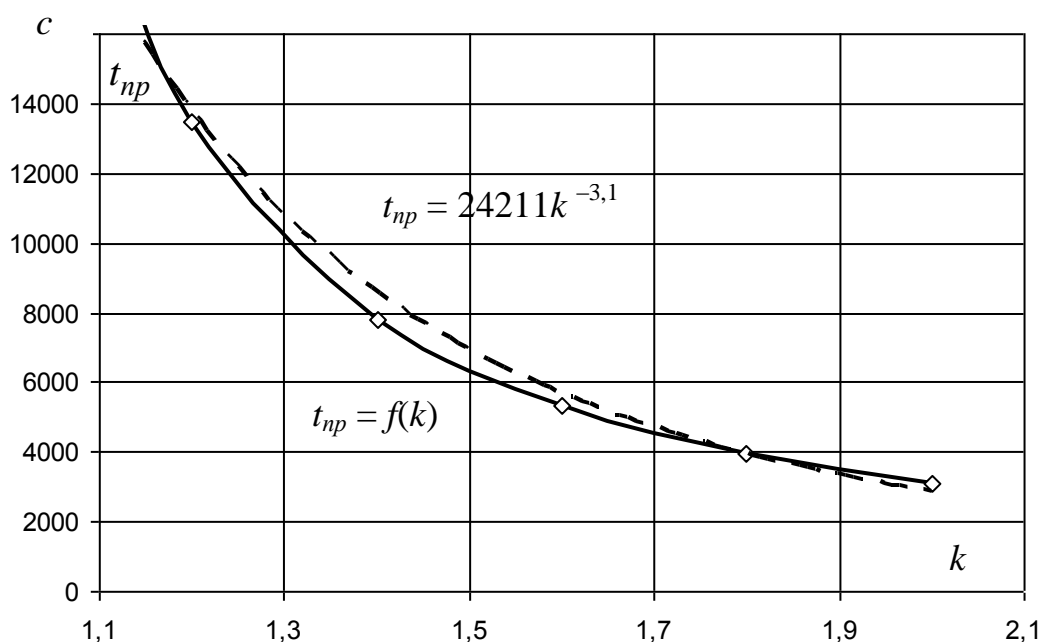


Рисунок 4 – Залежність припустимого часу роботи трансформатора ТМ-250/10 t_{np} від кратності струму перевантаження k

За допомогою метода найменших квадратів у програмі Microsoft Excel була зроблена апроксимація (рис. 4) отриманої кривої $t_{np} = f(k)$. Результатом є рівняння:

$$t_{np} = 24211k^{-3}. \quad (8)$$

Отримане рівняння може бути використане для визначення уставки спрацювання пристрою діагностування.

Під час перевантаження відбувається надмірний тепловий знос ізоляції. Існує правило, згідно якого при підвищенні температури обмотки на $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, строк її служби скорочується вдвічі. Тобто, іншими словами, у номінальному режимі роботи швидкість зносу ізоляції ε дорівнює однієї базової години за астрономічну годину ($\varepsilon = 1 \text{ б.год/год}$), а при підвищенні температури обмотки на $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, швидкість зносу буде дорівнювати $\varepsilon = 2 \text{ б.год/год}$.

Визначимо швидкість теплового зносу ізоляції силового трансформатора в результаті впливу тривалого перевантаження:

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B\left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\theta}\right)}, \quad (9)$$

де ε_n – номінальна швидкість теплового зносу ізоляції, $\varepsilon_n = 1 \text{ бгод/год}$;

B – температурний коефіцієнт, що характеризує клас ізоляції, K ; для класу ізоляції A коефіцієнт $B = 9500 \text{ K}$ [1];

θ_n – номінальна абсолютна температура ізоляції, K ;

θ – поточна абсолютна температура ізоляції, K .

Поточна абсолютна температура ізоляції визначається за формулою

$$\theta = \tau + \vartheta_{cp} + 273, \quad (4.20)$$

де τ – перевищення температури ізоляції над температурою навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

ϑ_{cp} – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Результати розрахунку зведені до таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку швидкості теплового зносу ізоляції під час перевантаження в залежності від температури навколишнього середовища ϑ_{cp} і кратності перевантаження k

k	$\vartheta_{cp}, ^\circ C$	$\Delta P_{var.n.},$ $Вт$	$\Delta P_{const.n.},$ $Вт$	a	$\tau_y, ^\circ C$	$\tau, ^\circ C$	Θ, K	$\varepsilon,$ $б.год/год$
1	10	4,2	0,7	0,18	65,0	64,7	347,7	0,01
1	20	4,2	0,7	0,18	65,0	64,7	357,7	0,01
1	30	4,2	0,7	0,18	65,0	64,7	367,7	0,03
1	40	4,2	0,7	0,18	65,0	64,7	377,7	0,05
1,1	10	4,6	0,7	0,16	76,8	76,4	359,4	0,01
1,1	20	4,6	0,7	0,16	76,8	76,4	369,4	0,03
1,1	30	4,6	0,7	0,16	76,8	76,4	379,4	0,06
1,1	40	4,6	0,7	0,16	76,8	76,4	389,4	0,11
1,2	10	5,0	0,7	0,15	89,9	89,5	372,5	0,04
1,2	20	5,0	0,7	0,15	89,9	89,5	382,5	0,07
1,2	30	5,0	0,7	0,15	89,9	89,5	392,5	0,13
1,2	40	5,0	0,7	0,15	89,9	89,5	402,5	0,24
1,3	10	5,5	0,7	0,14	104,5	103,9	386,9	0,09
1,3	20	5,5	0,7	0,14	104,5	103,9	396,9	0,18
1,3	30	5,5	0,7	0,14	104,5	103,9	406,9	0,32
1,3	40	5,5	0,7	0,14	104,5	103,9	416,9	0,55
1,4	10	5,9	0,7	0,13	120,4	119,7	402,7	0,25
1,4	20	5,9	0,7	0,13	120,4	119,7	412,7	0,44
1,4	30	5,9	0,7	0,13	120,4	119,7	422,7	0,76
1,4	40	5,9	0,7	0,13	120,4	119,7	432,7	1,28

За результатами розрахунків побудовано залежності швидкості теплового зносу ізоляції від кратності перевантаження і температури навколишнього середовища $\varepsilon = f(k)$ (рис. 5).

За отриманими результатами можна зробити висновок, що швидкість теплового зносу ізоляції трансформатора залежить від його конструктивних

параметрів і суттєво залежить від температури навколишнього середовища, кратності перевантаження та початкових умов, що передували перевантаженню.

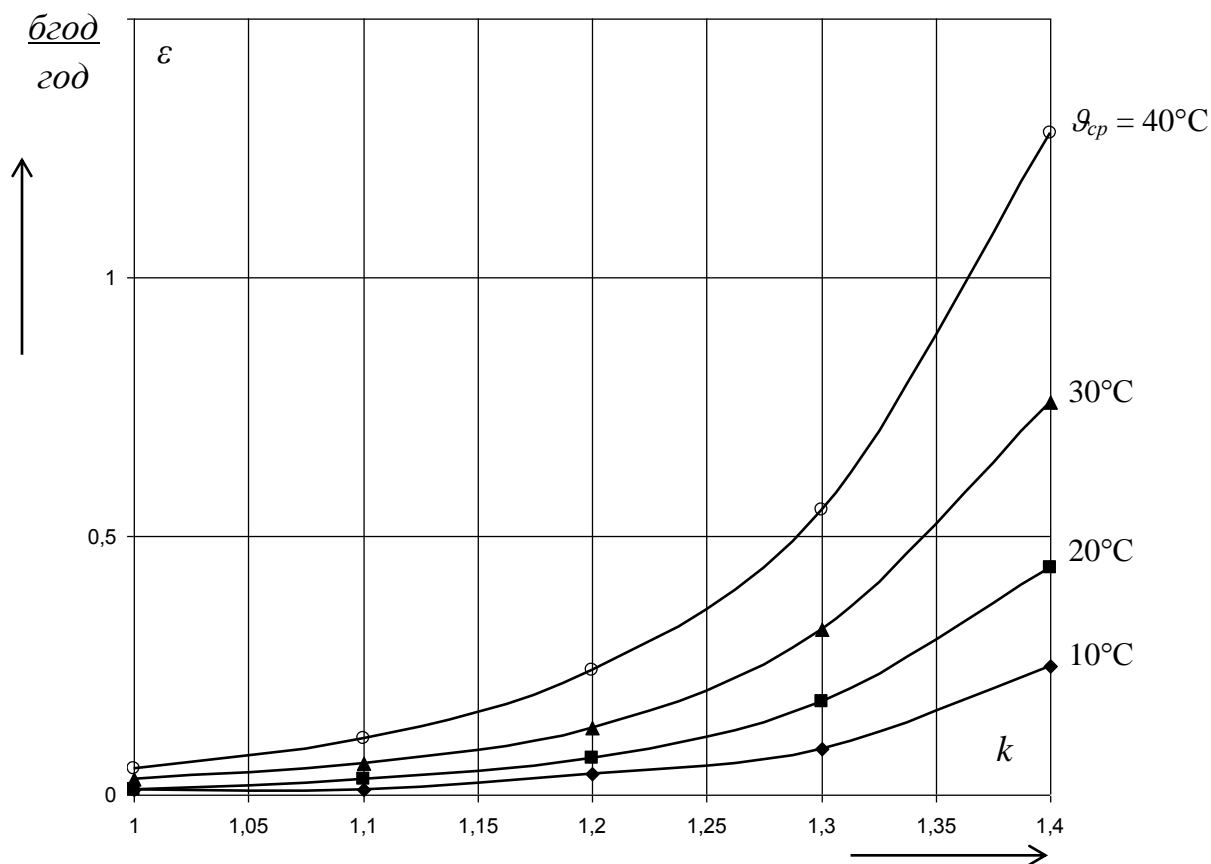


Рис. 5 – Залежності швидкості теплового зносу ϵ ізоляції від кратності перевантаження k і температури навколишнього середовища θ_{cp}

Якщо задатися критичною швидкістю за рівнем 1 б.год/год, то з рис. 5 видно, що можна перевантажувати трансформатор до 35% відносно номінального режиму при температурі навколишнього середовища 40°C , при цьому він може виконувати свої функції в повному обсязі без будь-якої шкоди для ізоляції. При менших температурах навколишнього середовища перевантаження може сягати більших значень.

Ці данні також можна використати для визначення уставки витримки спрацювання пристрою діагностування під час перевантаження.

ВИСНОВКИ

1. Головну роль у зношенні ізоляції обмоток силового трансформатора відіграє її нагрів внаслідок різних експлуатаційних впливів.

2. Перевищення температури обмотки силового трансформатора тим більше, чим більше кратність завантаження, ця залежність має нелінійний характер.

3. Усталене перевищення температури обмотки залежить від конструкційних параметрів трансформатора (класу ізоляції обмотки, постійних і змінних втрат активної потужності) та має квадратичну залежність від кратності перевантаження.

4. Припустимий час роботи силового трансформатора обернено пропорційний кратності перевантаження та не перевищує подвоєного значення постійної часу T при перевантаженні до 60%.

5. Швидкість теплового зносу ізоляції силового трансформатора лінійно залежить від номінальної швидкості теплового зносу ізоляції та експоненційно залежить від параметру, що характеризує клас ізоляції, номінальну абсолютну усталену температуру обмотки та поточну абсолютну усталену температуру обмотки, яка лінійно залежить від усталеного перевищення температури обмотки та температури навколишнього середовища.

6. Швидкість теплового зносу ізоляції силового трансформатора значно зменшується при температурах навколишнього середовища нижче 30 °C через що трансформатор може довготривало працювати при значному перевантаженні при низькій температурі навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168с.
2. Ефременко В.М. Анализ коэффициента загрузки силовых трансформаторов в электрической сети промышленного предприятия / В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2010. – № 1. – С. 69–71.
3. Шабад М.А. Защита трансформаторов 10 кВ / М.А. Шабад. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 144 с.
4. Постановление об утверждении Инструкции по расчету потерь активной и реактивной электрической энергии в элементах сети, находящихся на балансе потребителя №246 от 02.05.2007. – Кишинэу: НАРЭ Мониторул Официал №94-97/415 от 06.07.2007. – 15 с.

РОЗДІЛ 5.1.7

РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИВОДНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ В УМОВАХ ЗНИЖЕНОЇ НАПРУГИ

Етап 5.1.7.1 Аналіз електромеханічних і теплових перехідних процесів припуску приводних асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.

ВИКОНАВЕЦЬ

Асистент

Стребков Олександр Андрійович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 5.1.7.1: 26 с., 0 табл., 11 рисунків, 6 посилань.

РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ЕЛЕКТРОПРИВОД, ЗНИЖЕНА НАПРУГА, ТЕПЛОВЕ ЗНОШЕННЯ.

Об'єкт дослідження: електромеханічні і теплові перехідні процеси при пуску асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.

Мета роботи: дослідження електромеханічні і теплові перехідні процеси при пуску асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги і аналіз пускових режимів останніх з позиції ресурсозбереження.

Методи досліджень:

- аналітичний метод дослідження;
- обробка отриманих результатів в MS Excel.

В результаті проведених досліджень:

- досліджено електромеханічні та теплові перехідні процеси при пуску асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги;
- досліджено додаткове теплове зношення ізоляції при пуску асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.

ЗМІСТ

ВСТУП	124
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	126
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	126
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	126
3.1 Аналіз стану питання ресурсоенергозбереження приводних асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.	126
3.2 Електромеханічні перехідні процеси при пуску приводних електродвигунів.	127
3.3 Тепловий перехідний процес при пуску приводного електродвигуна при зниженій напрузі.	135
3.4 Аналіз впливу параметрів системи «електродвигун – робоча машина» на електромеханічні і теплові перехідні процеси при пуску електродвигуна при зниженій напрузі.	136
3.5 Дослідження теплового зношення ізоляції в післяпусковий період.	141
ВИСНОВКИ	145
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	146

ВСТУП

Електропривод здійснює кероване електромеханічне перетворення енергії і використовується у всіх областях сільського господарства, де необхідні рух та механічна робота, при цьому 95% електроприводів обладнані асинхронними електродвигунами, які споживають більше 65% електроенергії, яка виробляється в країні. [1]

Найбільш масовий асинхронний електропривод в фермерських господарствах за кількістю споживаної електроенергії знаходиться в межах потужностей від 1 до 10 кВт. За статистичними даними приблизний розподіл асинхронних двигунів за механізмами є наступним: приводи вентиляторів – 37%, транспортерів – 19%, pomp – 17%, обробляючих станків – 7%, змішувачів – 6%, механізмів пересування – 4%, засувок – 4%, компресорів – 3%. [2]

Хоча асинхронний електродвигун одержав широке поширення у фермерських господарствах завдяки своїй високій конструкційній надійності, але практика показує, що експлуатаційна надійність цих двигунів не задовольняє в достатній мірі вимогам виробництва, тому що спостерігається порівняно високий відсоток виходу їх з ладу через специфічні умови експлуатації у фермерських господарствах, які не можуть бути враховані при проектуванні двигунів.

Однією з таких експлуатаційних умов є робота в умовах зниженої напруги (до 40%) [3, 4].

Згідно статистичних даних з найбільш розповсюджених дефектів електродвигунів в умовах фермерських господарств виділяють перевантаження і перегрівання статора (31% від загальної кількості дефектів). Друге місце займає міжвиткове замикання, яке в основному визивається нагріванням обмоток робочими та пусковими струмами, струмами короткого замикання і перевантаження і пошкодження цілісності ізоляції внаслідок теплового зносу (15% від загальної кількості дефектів). Пошкодження підшипників (12%) часто визиваються систематичним перегрівом їх елементів, а пошкодження обмоток статора і ізоляції (11%) є наслідком перегріву обмоток електродвигуна, нерівномірний повітряний проміжок

між статором і ротором (9%), робота електродвигуна на двох фазах (8%), інші несправності (14%). [5]

Таким чином при роботі в умовах фермерських господарств біля 60% відмов електродвигунів можливі внаслідок зниження напруги.

Крім того приводні електродвигуни робочих машин часто працюють із змінним навантаженням, що приводить до неефективного їх використання з позиції енергозбереження.

Отже в Україні існує народногосподарська проблема ресурсоенергозбереження приводних електродвигунів у фермерських господарствах.

Суть проблеми полягає в тому, що при живленні фермерських виробничих приміщень часто спостерігається знижена напруга на вводах в будівлі. Значне зниження напруги при пусках асинхронних електродвигунів може привести до затяжних або нездійснених пусків, тобто до нераціонального використання ресурсу електродвигунів. Крім того, через відсутність засобів регулювання режимів навантаження електродвигунів при змінному завантаженні робочих машин спостерігається нераціональне споживання електричної енергії.

Причини існування проблеми: виробничі навантаження фермерських господарств не були враховані при проектуванні електричних мереж в сільській місцевості, так як фермерський рух з'явився значно пізніше часу, коли виконувалась електрифікація. Це привело до того, що часто побутові і виробничі навантаження підключені до однієї мережі. Крім того, через велику вартість засобів регулювання режимів навантаження електродвигунів майже не приділяється увага енергозбереженню.

Внаслідок вищезазначеного приводні електродвигуни робочих машин піддаються негативним експлуатаційним впливам, в результаті чого вони перегріваються або взагалі не можуть запуснутись в умовах зниженої напруги і виходять з ладу, а в режимах навантаження спостерігається нераціональне споживання електричної енергії.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз впливу відхилення напруги на експлуатаційну надійність асинхронних електродвигунів;

1.2 Дослідження електромеханічних перехідних процесів при пуску приводних електродвигунів;

1.3 Дослідження додаткового теплового зношення ізоляції при пуску асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми досліджень застосовано

- метод аналітичного дослідження.
- обробка отриманих результатів в MS Excel.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Аналіз стану питання ресурсоенергозбереження приводних асинхронних електродвигунів в умовах зниженої напруги.

В результаті проведеного аналізу було встановлено, що експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів в умовах фермерських господарств залишається низькою через роботу в умовах зниженої напруги. [4] При цьому слабо дослідженими залишаються перехідні електромеханічні та теплові процеси асинхронних електродвигунів при аварійних пусках, особливо процеси витрат ресурсу ізоляції в післяпусковий період. [5]

Пристрої захисту асинхронних електродвигунів спрацьовують, як правило, на відключення, що приводить до переривання технологічного процесу і як наслідок до технологічних збитків, що викликає необхідність розробки пристроїв полегшення аварійних пускових режимів асинхронних електродвигунів. [4]

Висока вартість частотних перетворювачів і неможливість використання контролерів-оптимізаторів у випадках коли необхідно змінювати швидкість обертання електродвигуна, викликають необхідність розробки пристрою енергозбереження при роботі асинхронного електродвигуна при його змінному завантаженні. [3]

3.2 Електромеханічні перехідні процеси при пуску приводних електродвигунів

Розглянемо електромеханічні перехідні процеси при пуску приводних електродвигунів застосовуючи механічні характеристики асинхронних електродвигунів і робочих машин.

Приводні електродвигуни працюють в парі з виробничим обладнанням, яке має різні механічні характеристики, що описуються емпіричною формулою [1]:

$$M_{оп} = M_0 + (M_{оп.н} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^x, \quad (3.1)$$

де $M_{оп}$ – поточний момент опору на валу робочої машини, Н·м;

$M_{оп.н}$ – номінальний момент опору на валу робочої машини при номінальній кутовій швидкості, Н·м;

M_0 – момент опору тертя в рухомих частинах робочої машини, приведений до її валу, Н·м;

ω_n – номінальна кутова швидкість вала робочої машини рад/с;

ω – поточна кутова швидкість вала робочої машини, рад/с;

x – коефіцієнт, який характеризує зміну моменту опору при зміні кутової швидкості вала робочої машини.

Розглянемо електромеханічні перехідні процеси при пуску приводних електродвигунів привода робочих машин з механічними характеристиками наступних

категорій: незалежними від швидкості ($x=0$); лінійно-зростаючими ($x=1$); нелінійно-зростаючими ($x=2$).

При цьому будемо вважати, що номінальний момент опору на валу робочих машин при повному їх завантаженні дорівнює номінальному моменту приводного електродвигуна, тобто

$$M_{\text{оп.н}} = M_{\text{н}}. \quad (3.2)$$

При завантаженні робочої машини, яке відрізняється від номінального, номінальний момент опору робочої машини дорівнює:

$$M_{\text{оп.н}} = \kappa_3 M_{\text{н}}, \quad (3.3)$$

де κ_3 – коефіцієнт завантаження робочої машини;

$M_{\text{н}}$ – номінальний момент асинхронного електродвигуна, Н·м.

В основу електромеханічного перехідного процесу покладемо рівняння руху системи «електродвигун – робоча машина», вважаючи момент інерції системи постійним:

$$M = J \frac{d\omega}{dt} + M_{\text{оп}}, \quad (3.4)$$

де M – момент, який розвиває двигун, Н·м;

J – момент інерції системи «електродвигун – робоча машина», кг·м²;

t – поточний час, с;

ω – кутова швидкість вала електродвигуна, рад/с.

Механічну характеристику електродвигуна представимо при зниженій напрузі, лінеризувавши її окремі ділянки (рис. 1.1)

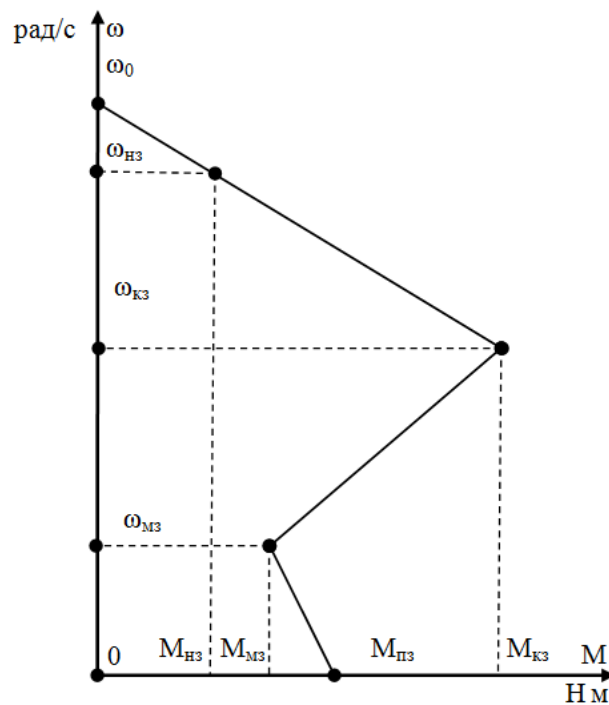


Рис. 3.1. Лінеаризована механічна характеристика електродвигуна при знятій напрузі.

Запишемо вирази моментів:

$$M_{н3} = k_U^2 M_H, \quad (3.5)$$

$$M_{к3} = k_U^2 \mu_k M_H, \quad (3.6)$$

$$M_{м3} = k_U^2 \mu_m M_H, \quad (3.7)$$

$$M_{п3} = k_U^2 \mu_n M_H, \quad (3.8)$$

де k_U — кратність напруги;

$M_{н3}$, $M_{к3}$, $M_{м3}$, $M_{п3}$ — моменти: номінальний, критичний, мінімальний, пусковий при знятій напрузі, Н·м;

μ_k , μ_m , μ_n — кратності моментів: критичного, мінімального, пускового.

Запишемо вирази кутової швидкості:

$$\omega_{нз} = \omega_0(1 - s_{нз}), \quad (3.9)$$

$$\omega_{кз} = \omega_0(1 - s_{кз}), \quad (3.10)$$

$$\omega_{мз} = \omega_0(1 - s_{мз}), \quad (3.11)$$

де ω_0 – синхронна кутова швидкість, рад/с;

$\omega_{нз}$, $\omega_{кз}$, $\omega_{мз}$ – кутова швидкість: номінальна, критична, мінімальна при зниженій напрузі, рад/с;

$s_{нз}$, $s_{кз}$, $s_{мз}$ – ковзання: номінальне, критичне, мінімальне при зниженій напрузі.

Відповідне ковзання s в залежності від кратності прикладеної напруги κ_u і коефіцієнта завантаження κ_z для різних типів робочих машин визначається наступними залежностями [6].

Для робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою ($x = 0$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{\kappa_z}{k_U^2} s_H, \quad (3.12)$$

Для робочої машини з лінійно-зростаючою механічною характеристикою ($x = 1$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{m_0 + \frac{1-m_0}{1-s_H}}{\frac{k_U^2}{\kappa_z s_H} + \frac{1-m_0}{1-s_H}}, \quad (3.13)$$

де m_0 – відносний початковий момент опору робочої машини.

Для робочої машини з нелінійно-зростаючою (параболічною) механічною характеристикою ($x = 2$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{-K_2 - \sqrt{K_2^2 - 4K_1K_3}}{2K_1}, \quad (3.14)$$

де $K_1 = \kappa_3 s_H (1 - m_0)$;

$K_2 = -2K_1 - k_U^2 (1 - s_H)^2$;

$K_3 = \kappa_3 s_H (1 - m_0 + m_0 (1 - s_H)^2)$.

3.2.1 Електромеханічний перехідний процес системи «електродвигун – робоча машина» з незалежною від швидкості механічною характеристикою при зниженій напрузі

Розглянемо електромеханічний перехідний процес системи «електродвигун – робоча машина» з незалежною від швидкості механічною характеристикою ($x=0$).

Для такої робочої машини

$$M_{оп.н} = \kappa_3 M_H. \quad (3.15)$$

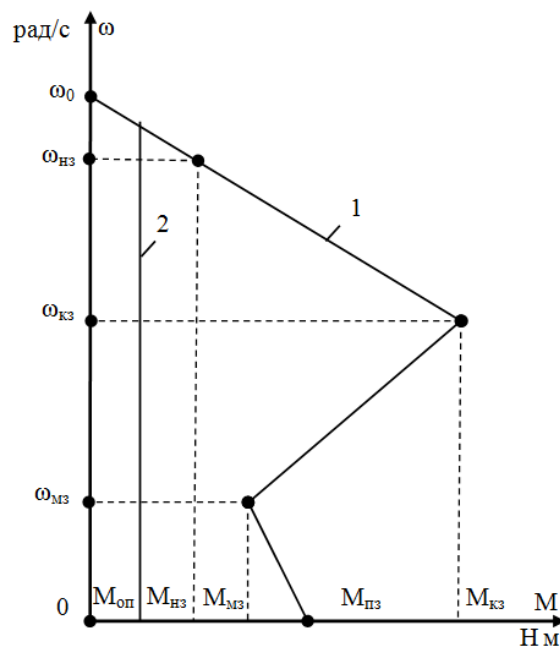


Рис. 3.2 Лінеаризована механічна характеристика електродвигуна – 1 і робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою ($x=0$) – 2.

Використовуючи рис. 3.2 та ознаку подібності трикутників отримаємо момент, який розвиває електродвигун на першій ділянці механічної характеристики

$$M = (M_{M3} - M_{ПЗ}) \frac{\omega}{\omega_{M3}} + M_{ПЗ}. \quad (3.16)$$

Перепишемо (3.16) через ковзання:

$$M = (M_{M3} - M_{ПЗ}) \frac{\omega}{\omega_0(1-s_{M3})} + M_{ПЗ}, \quad (3.17)$$

$$\text{де відповідно (3.12)} \quad s_{M3} = \frac{k_3}{k_U^2} s_M. \quad (3.18)$$

Підставимо (3.17) та (3.15) в (3.4) і отримаємо рівняння руху системи на першій ділянці розгону електродвигуна:

$$J \frac{d\omega}{dt} - \frac{M_{M3} - M_{ПЗ}}{\omega_0(1-s_{M3})} \omega + k_3 M_H - M_{ПЗ} = 0, \quad (3.19)$$

Прийнявши при t_1 $\omega = \omega_{M3}$, знаходимо з рівняння (3.19) час розгону електродвигуна на першій ділянці:

$$t_1 = T_1 \ln \frac{\alpha}{\alpha + \omega_0(1-s_{M3})}. \quad (3.20)$$

$$\text{де} \quad T_1 = \frac{J \omega_0(1-s_{M3})}{M_H k_U^2 (\mu_{П} - \mu_{M})}, \quad (3.21)$$

$$\alpha = \frac{\omega_0(1-s_{M3})(k_3 - k_U^2 \mu_{П})}{k_U^2 (\mu_{П} - \mu_{M})}, \quad (3.22)$$

Аналогічним чином знайдені вирази часу розгону електродвигуна на другій і третій ділянках:

$$t_2 = T_2 \ln \frac{\omega_0(1-s_{к3})+\beta}{\omega_0(1-s_{м3})+\beta}, \quad (3.23)$$

де

$$T_2 = \frac{J\omega_0(s_{м3}-s_{к3})}{M_H k_U^2 (\mu_K - \mu_M)}, \quad (3.24)$$

$$\beta = \omega_0(1 - s_{м3}) + \frac{\omega_0(s_{м3}-s_{к3})(k_3 - k_U^2 \mu_M)}{k_U^2 (\mu_K - \mu_M)}. \quad (3.25)$$

$$t_3 = T_3 \ln \frac{\omega_0(1-s_{к3})-\gamma}{\kappa\omega_0(1-s_{н3})-\gamma}, \quad (3.26)$$

де

$$T_3 = \frac{J\omega_0(s_{к3}-s_{н3})}{M_H k_U^2 (\mu_K - 1)}, \quad (3.27)$$

$$\gamma = \omega_0(1 - s_{н3}) - \frac{\omega_0(s_{к3}-s_{н3})(k_3 - k_U^2)}{k_U^2 (\mu_K - 1)}. \quad (3.28)$$

3.2.2 Електромеханічний перехідний процес системи «електродвигун – робоча машина» з лінійно-зростаючою механічною характеристикою при зниженій напрузі

Розглянемо електромеханічний перехідний процес системи «електродвигун-робоча машина» з лінійно-зростаючою механічною характеристикою ($x=1$).

Лінеаризувавши механічну характеристику електродвигуна і робочої машини, знаходимо час розгону електродвигуна на кожній з трьох ділянок аналогічно до п. 3.2.1.

$$t_1 = T_1 \ln \frac{\alpha}{\alpha + \omega_0(1-s_{м3})}, \quad (3.29)$$

$$\text{де } T_1 = \frac{J\omega_0(1-s_{M3})}{M_H(m' - m_0 + k_U^2(\mu_\Pi - \mu_M))}, \quad (3.30)$$

$$\alpha = \frac{(m_0 - k_U^2\mu_\Pi)(1-s_{M3})\omega_0}{m' - m_0 + k_U^2(\mu_\Pi - \mu_M)}. \quad (3.31)$$

$$t_2 = T_2 \ln \frac{\omega_0(1-s_{M3}) - \beta}{\omega_0(1-s_{K3}) - \beta}, \quad (3.32)$$

$$\text{де } T_2 = \frac{J\omega_0(s_{M3} - s_{K3})}{M_H(m'' - m' - k_U^2(\mu_K - \mu_M))}, \quad (3.33)$$

$$\beta = \frac{\omega_0(s_{M3} - s_{K3}) \left(\frac{m'' - m' + k_U^2(\mu_K - \mu_M)}{\omega_0(s_{M3} - s_{K3})} \omega_0(1-s_{M3}) - m' + k_U^2\mu_M \right)}{m'' - m' - k_U^2(\mu_K - \mu_M)}. \quad (3.34)$$

$$t_3 = T_3 \ln \frac{s_{H3} - s_{K3}}{(1-s_{H3})(K-1)}, \quad (3.35)$$

$$\text{де } T_3 = \frac{J\omega_0(s_{K3} - s_{H3})}{M_H(k_U^2\mu_K - m'')}. \quad (3.36)$$

3.2.3 Електромеханічний перехідний процес системи «електродвигун – робоча машина» з нелінійно-зростаючою механічною характеристикою при зниженій напрузі

Розглянемо електромеханічний перехідний процес системи «електродвигун – робоча машина» з нелінійно-зростаючою механічною характеристикою ($x=2$).

Лінеаризувавши механічну характеристику електродвигуна і робочої машини, знаходимо час розгону електродвигуна на кожній з трьох ділянок аналогічно до п. 3.2.1.

$$t_1 = T_1 \ln \frac{\alpha}{\alpha + \omega_0(1-s_{M3})}, \quad (3.37)$$

$$\text{де} \quad T_1 = \frac{J\omega_0(1-s_{M3})}{M_H(m' - m_0 + k_U^2(\mu_\Pi - \mu_M))}, \quad (3.38)$$

$$\alpha = \frac{(m_0 - k_U^2\mu_\Pi)(1-s_{M3})\omega_0}{m' - m_0 + k_U^2(\mu_\Pi - \mu_M)}. \quad (3.39)$$

$$t_2 = T_2 \ln \frac{\omega_0(1-s_{M3}) - \beta}{\omega_0(1-s_{K3}) - \beta}, \quad (3.40)$$

$$\text{де} \quad T_2 = \frac{J\omega_0(s_{M3} - s_{K3})}{M_H(m'' - m' - k_U^2(\mu_K - \mu_M))}, \quad (3.41)$$

$$\beta = \frac{\omega_0(s_{M3} - s_{K3}) \left(\frac{m'' - m' + k_U^2(\mu_K - \mu_M)}{\omega_0(s_{M3} - s_{K3})} \omega_0(1-s_{M3}) - m' + k_U^2\mu_M \right)}{m'' - m' - k_U^2(\mu_K - \mu_M)}. \quad (3.42)$$

$$t_3 = T_3 \ln \frac{s_{H3} - s_{K3}}{(1-s_{H3})(K-1)}, \quad (3.43)$$

$$\text{де} \quad T_3 = \frac{J\omega_0(s_{K3} - s_{H3})}{M_H(k_U^2\mu_K - m'')}. \quad (3.44)$$

3.3 Тепловий перехідний процес при пуску приводного електродвигуна при зниженій напрузі

Тепловий перехідний процес при пуску приводного електродвигуна швидкоплинний, тому з достатнім ступенем точності можемо прийняти, що він протікає адиабатично.

Знайдемо максимальне перевищення температури обмотки в кінці будь-якої з трьох ділянок розгону електродвигуна:

$$\tau_{mi} = \left(\frac{1}{\alpha} + \tau_{\text{почі}} \right) e^{\frac{3ar_0 I_{ni}^2 t_i}{c}} - \frac{1}{\alpha}, \quad (3.45)$$

де τ_{mi} – максимальне перевищення температури обмотки статора над температурою навколишнього середовища на будь-якій ділянці розгону, °С;

t_i – час розгону електродвигуна на будь-якій ділянці, с;

i – номер ділянки.

Відповідно до [1] позначимо величину $I_{\pi i}^2 t_i$ буквою Π і назвемо імпульсом квадрату діючого значення сили пускового струму на i -й ділянці розгону, тобто

$$\Pi_i = I_{\pi i}^2 t_i. \quad (3.46)$$

Тоді рівняння (3.46) запишеться наступним чином:

$$\tau_{mi} = \left(\frac{1}{\alpha} + \tau_{\text{почі}} \right) e^{\frac{3\alpha r_0 \Pi_i}{c}} - \frac{1}{\alpha}. \quad (3.47)$$

Запишемо вирази для розрахунку максимального перевищення температури обмотки статора електродвигуна та імпульсу квадрату діючого значення пускового електричного струму на кожній з трьох ділянок розгону.

Максимальне перевищення температури обмотки статора в кінці першої ділянки розгону електродвигуна

$$\tau_{m1} = \left(\frac{1}{\alpha} + \tau_{\text{почі}} \right) e^{\frac{3\alpha r_0 \Pi_1}{c}} - \frac{1}{\alpha}. \quad (3.48)$$

3.4 Аналіз впливу параметрів системи «електродвигун – робоча машина» на електромеханічні і теплові перехідні процеси при пуску електродвигуна при зниженій напрузі

Аналіз проведемо на прикладі робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою. Кількісний аналіз проведемо на прикладі електродвигуна типорозміру 4A100S2Y3 з наступними каталожними даними.

$P_{2H}=4$ кВт; $\eta_H=0,865$; $\cos\varphi_H=0,89$; $R'_1=1,509$ Ом; $X'_1 = 1,537$ Ом $'_1$; $R''_2 = 1,006$ Ом, $X''_2 = 2,767$ Ом; $R_1=1,485$ Ом; $X_1=1,513$ Ом, $X_\mu=95$ Ом; $U_H = 220$ В; $s_H = 0,033$; $s_K = 0,28$; $s_M = 0,75$; $\mu_{пш} = 2,0$; $\mu_{мп} = 1,6$; $\mu_{кп} = 2,5$; $r_{20}=1,19$ Ом; $G_M=3,78$ кг.

Дослідимо кількісно залежності часу розгону електродвигуна на кожній з трьох ділянок розгону у функції параметра системи J/M_H , кратності прикладеної напруги k_U та коефіцієнту завантаження робочої машини k_3 . Задаємося значенням кратності прикладеної напруги в межах від 0,8 до 1. Значення відношення моменту інерції системи «електродвигун – робоча машина» від 0,01 до 0,015 c^2 . Представимо графічно сумарний час розгону системи на трьох ділянках.

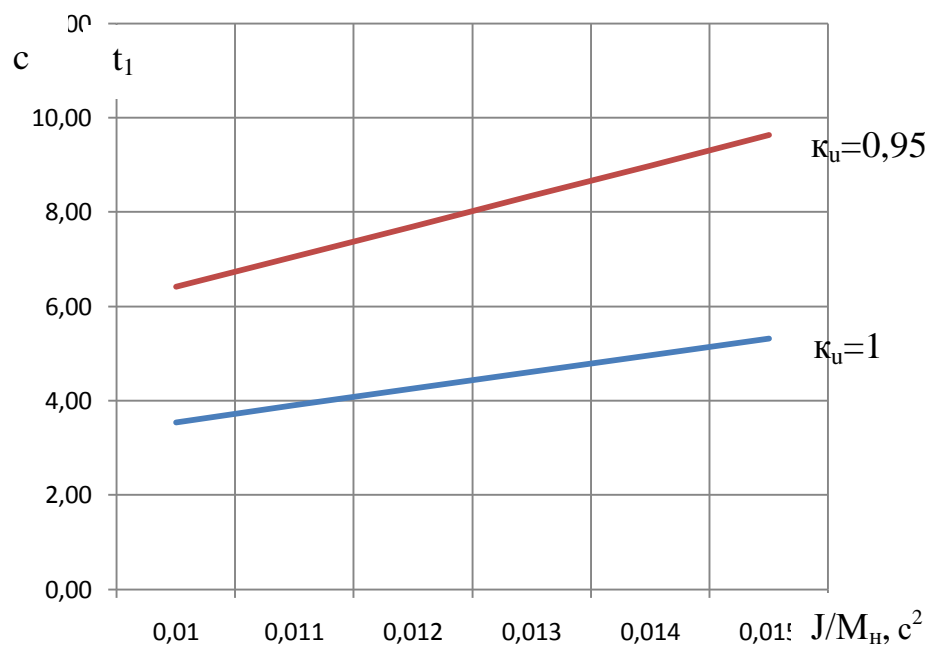


Рис. 3.2 Залежність часу розгону електродвигуна у функції J/M_H при коефіцієнті завантаження робочої машини $k_3=1$.

Результати досліджень показали, що при повному завантаженні робочої машини ($k_3=1$), пуск можливий тільки при значенні кратності прикладеної напруги в межах від 0,95 до 1. При цьому в залежності від величини відношення моменту інерції системи до номінального моменту електродвигуна та кратності напруги, час пуску електродвигуна знаходиться в межах від 3,54 до 9,63 секунд.

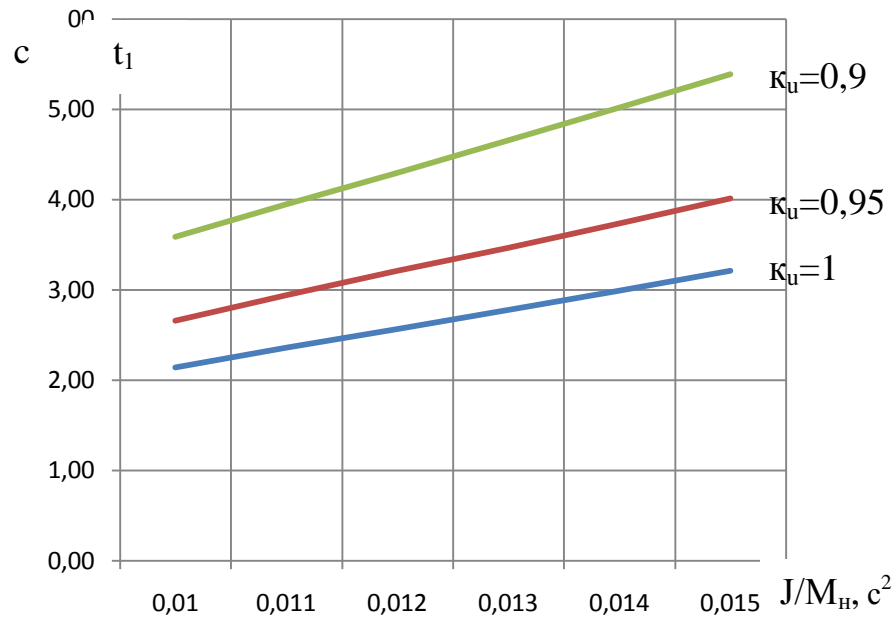


Рис. 3.3 Залежність часу розгону електродвигуна у функції J/M_n при коефіцієнті завантаження робочої машини $\kappa_3=0,75$.

При завантаженні робочої машини на 75%, пуск можливий при значенні кратності прикладеної напруги в межах від 0,9 до 1. При цьому в залежності від величини відношення моменту інерції системи до номінального моменту електродвигуна та кратності напруги, час пуску електродвигуна знаходиться в межах від 2,14 до 8,42 секунд.

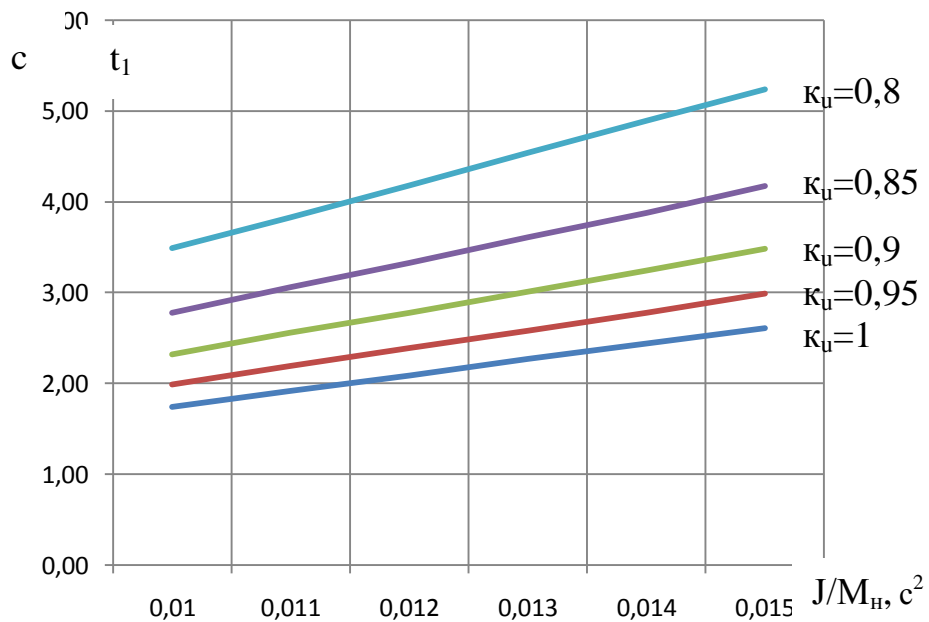


Рис. 3.4 Залежність часу розгону електродвигуна у функції J/M_n при коефіцієнті завантаження робочої машини $\kappa_3=0,5$.

При завантаженні робочої машини на 50%, в залежності від величини відношення моменту інерції системи до номінального моменту електродвигуна та кратності напруги, час пуску електродвигуна знаходиться в межах від 1,74 до 5,24 секунд.

Дослідимо кількісно перевищення температури обмотки заданого електродвигуна в кінці пуску, при цьому будемо вважати, що початкове перевищення температури обмотки електродвигуна дорівнює номінальному значенню.

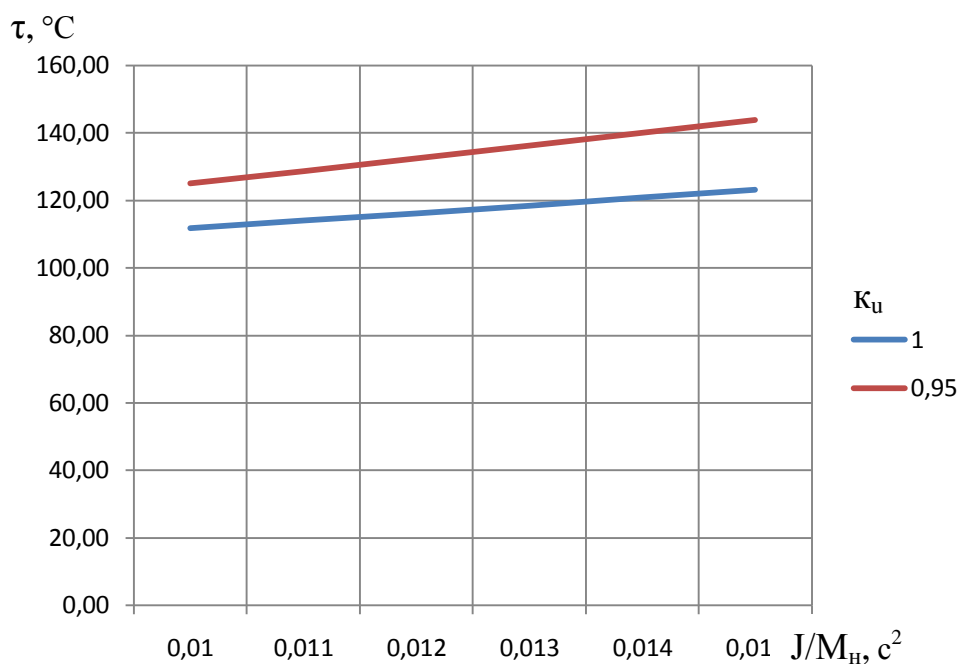


Рис. 3.5 Залежність перевищення температури ізоляції електродвигуна в кінці пуску у функції J/M_n при коефіцієнті завантаження робочої машини $k_3=1$.

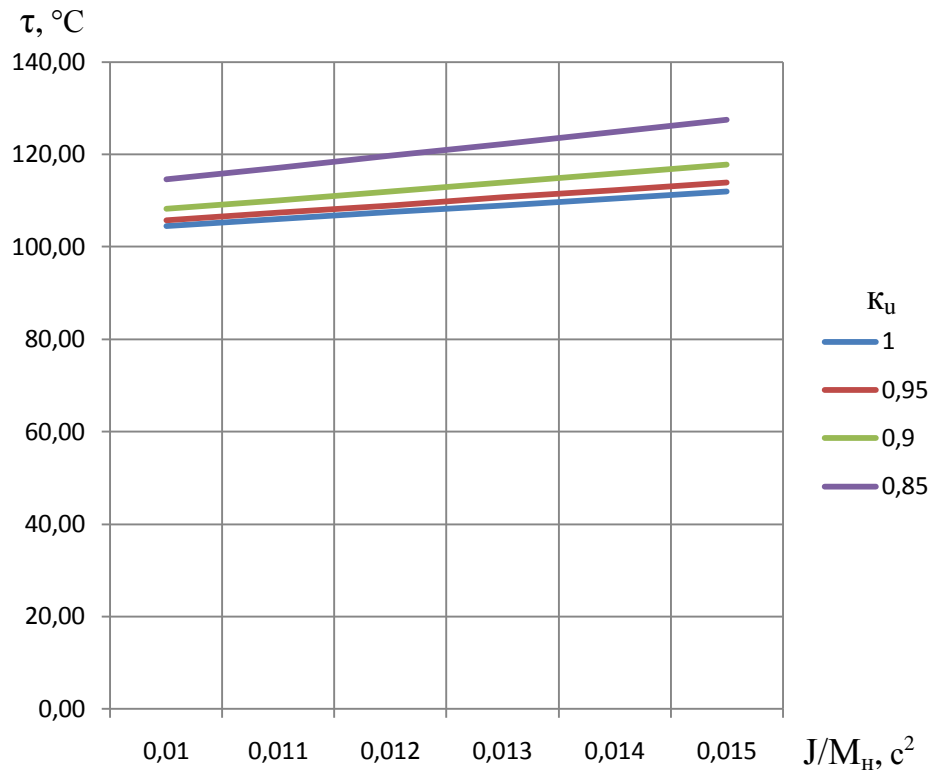


Рис. 3.6 Залежність перевищення температури ізоляції електродвигуна в кінці пуску у функції J/M_n при коефіцієнті завантаження робочої машини $k_3=0,75$.

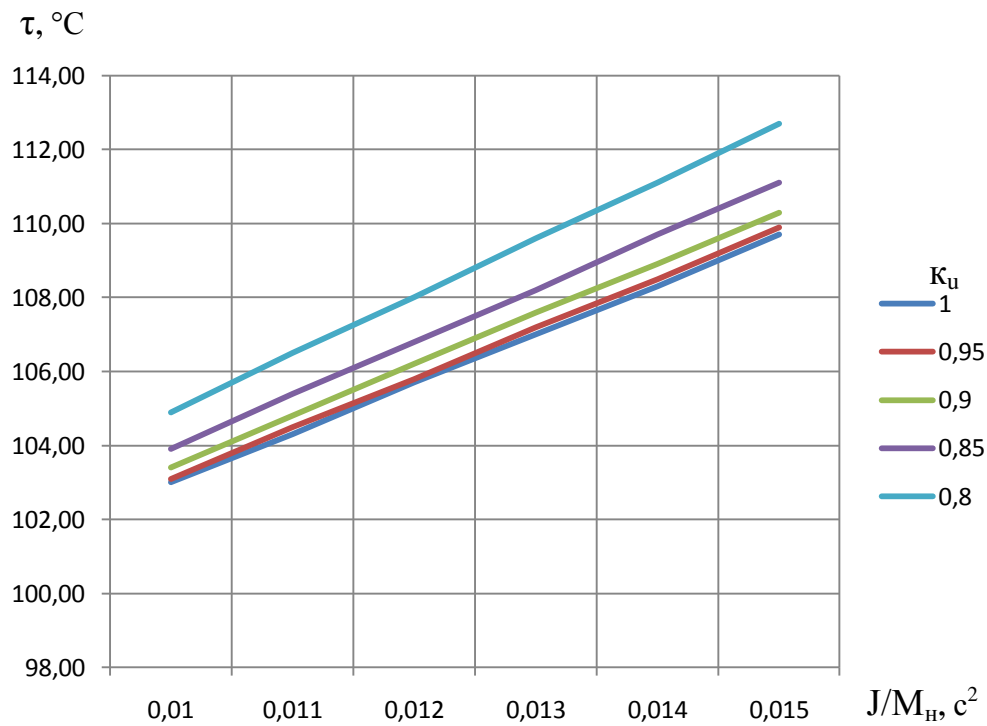


Рис. 3.7 Залежність перевищення температури ізоляції електродвигуна в кінці пуску у функції J/M_n при коефіцієнті завантаження робочої машини $k_3=0,5$.

Як видно з рисунків 3.5 – 3.7, при пуску системи «електродвигун – робоча машина» при зниженні живлячої напруги, перевищення температури електродвигуна значно перевищує номінальне значення. Значне перевищення температури обмотки приводить до збільшення розходу ресурсу ізоляційної конструкції, тобто до додаткового розходу ресурсу електродвигуна. Тому виникає необхідність дослідження і кількісної оцінки додаткового теплового зношення ізоляції при пуску електродвигуна.

3.5 Дослідження теплового зношення ізоляції в післяпусковий період

Враховуючи порівняльну швидкоплинність процесу нагрівання обмотки при пуску, можна прийняти, що обмотка досягає максимального перевищення температури в момент часу $t=0$. В післяпусковий період охолодження обмотки до номінального значення швидкість зміни температури буде невеликою у відповідності до кривої охолодження:

$$\tau = \tau_n \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \tau_m e^{-\frac{t}{T}}. \quad (3.49)$$

Швидкість теплового зношення ізоляції в післяпусковий період опишеться виразом:

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B \left(\frac{1}{\tau_n \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \tau_m e^{-\frac{t}{T}} + \vartheta_{cp} + 273} \right)} \quad (3.50)$$

ε – поточна швидкість теплового зношення ізоляції, бгод/год;

ε_n – номінальна швидкість теплового зношення ізоляції, бгод/год;

B – параметр, який характеризує клас ізоляції, К;

T – постійна часу нагрівання електродвигуна, с;

Θ_n – абсолютна номінальна температура ізоляції, К;

ϑ_{cp} – температура навколишнього середовища, °С.

Представимо графіки охолодження обмотки електродвигуна (рис.3.8) та швидкості теплового зношення ізоляції в післяпусковий період (рис.3.9).

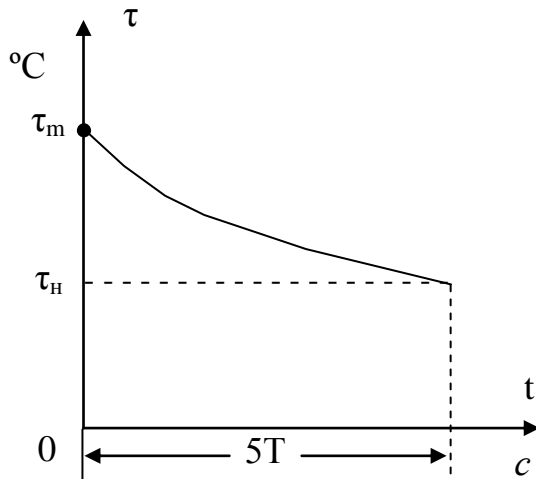


Рис. 3.8

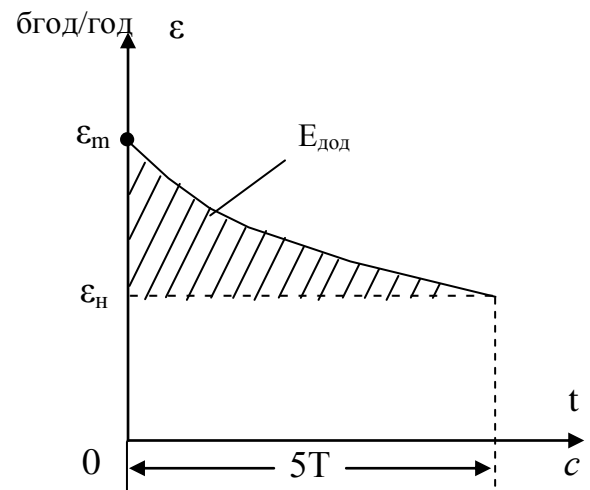


Рис. 3.9

Додаткове теплове зношення ізоляції в післяпусковий період відбувається на інтервалі часу від нуля до $5T$ і може бути знайдено за виразом:

$$E_{\text{доп}} = \int_0^{5T} \varepsilon dt - 5T \varepsilon_n \quad (3.51)$$

де ε – описується (3.50).

Дослідимо залежність додаткового теплового зношення ізоляції обмотки у функції максимального перевищення температури обмотки при заданому значенні постійної часу нагрівання електродвигуна типорозміру 4A100S2Y3, для якого $T=1840$ с. Приймаємо $\vartheta_{cp}=40^\circ\text{C}$. Ізоляція класу В вказаного електродвигуна характеризується наступними параметрами: $V=10200\text{K}$, $\theta_n=403\text{K}$, $\tau_n=90^\circ\text{C}$, $\varepsilon_n=1\text{бгод/год}$. Розбиваємо залежність $\varepsilon=f(t)$ на 50 ділянок. Приймаємо тривалість кожної ділянки $t_i=184$ с. Тоді $t_i/T=0,1$. Введемо позначення: $e^{\frac{t_i}{T}}=v$. Знаходимо значення $v=0,9$. Тоді перевищення температури обмотки на i -й ділянці дорівнює:

$$\tau_i = \tau_n(1 - \epsilon) + \tau_{i-1}\epsilon \quad (3.52)$$

Для першої ділянки:

$$\tau_1 = \tau_n(1 - \epsilon) + \tau_m\epsilon \quad (3.53)$$

Для другої ділянки:

$$\tau_2 = \tau_n(1 - \epsilon) + \tau_1\epsilon \quad (3.54)$$

І так далі.

Прийнявши з певними припущеннями на кожній ділянці $\tau_i = \text{const}$, можемо розрахувати швидкість теплового зношення ізоляції на кожній ділянці ϵ_i за виразом:

$$\epsilon_i = \epsilon_n e^{B \left(\frac{1}{\Theta_n} - \frac{1}{\tau_i + \theta_{cp} + 273} \right)} \quad (3.55)$$

Для вказаного електродвигуна:

$$\tau_i = 9 + 0,9\tau_{i-1} \quad (3.56)$$

Залежності додаткового теплового зношення ізоляції для електродвигуна типорозміру 4A100S2Y3 у функції відношення моменту інерції системи «електродвигун-робоча машина» до номінального моменту електродвигуна при кратності напруги живлення $k_U = 0,8-1,0$ наведені на рис. 3.10.

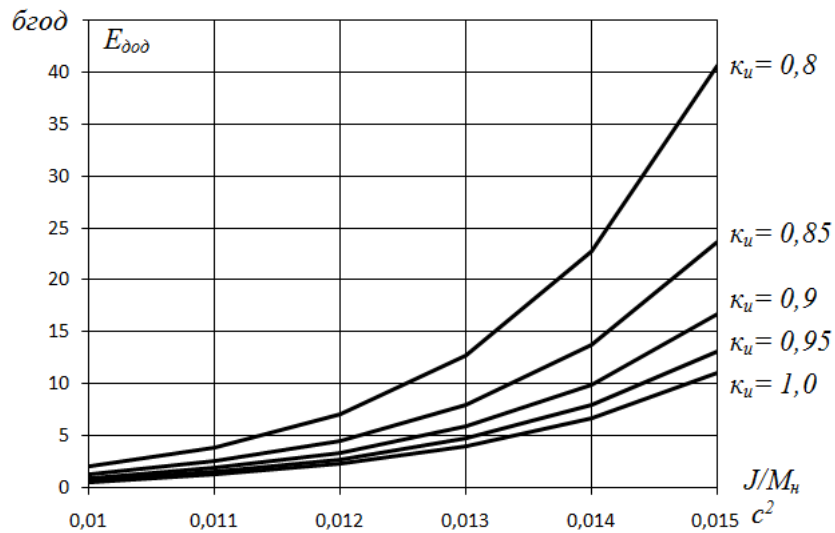


Рис. 3.10. Залежності додаткового теплового зношення ізоляції у функції відношення моменту інерції системи «електродвигун-робоча машина» до номінального моменту електродвигуна.

Дослідимо також залежність додаткового теплового зношення ізоляції у функції імпульсу квадрату пускового струму електродвигуна (рис. 3.11).

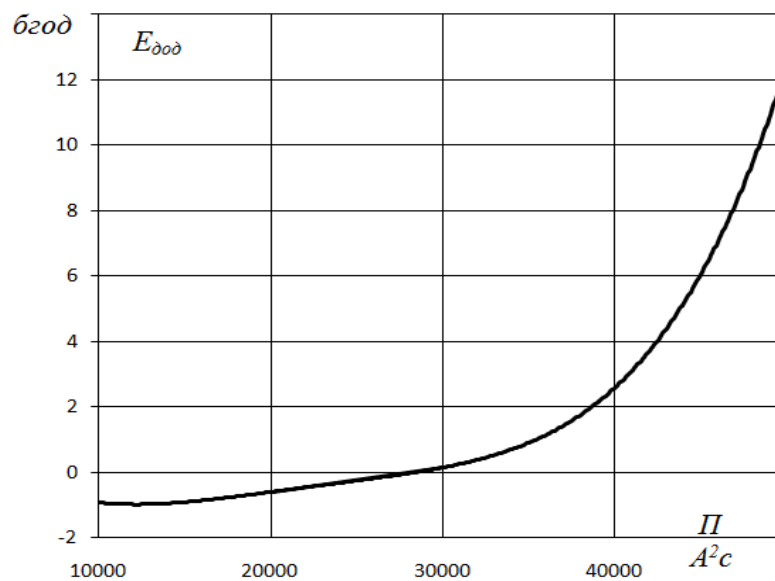


Рис. 3.11. Залежність додаткового теплового зношення ізоляції у функції імпульсу квадрату пускового струму електродвигуна

Аналіз отриманої залежності додаткового теплового зношення ізоляції від імпульсу квадрату сили електричного струму електродвигуна показує, що дана залежність дозволяє вибрати уставку імпульсу квадрату пускового струму пропонуваного пристрою, який буде полегшувати пусковий режим електродвигуна.

ВИСНОВКИ

1. В якості критерію оцінювання розходу ресурсу ізоляції електродвигуна в післяпусковий період можна прийняти додаткове теплове зношення ізоляції, яке є функцією відношення моменту інерції системи «електродвигун-робоча машина» до номінального моменту електродвигуна і кратності прикладеної напруги.

2. В якості діагностичного параметру режиму роботи електродвигуна в післяпусковий період можна прийняти імпульс квадрату пускового струму.

3. Знайшла подальший розвиток теорія перехідних електромеханічних і теплових процесів в асинхронному електродвигуні з короткозамкненим ротором при пусках в умовах зниженої напруги.

4. Вперше обґрунтовано параметр діагностування перехідних теплових процесів при пусках асинхронного електродвигуна в умовах зниженої напруги – додаткове теплове зношення ізоляції в післяпусковий період.

5. Вперше обґрунтовано критерій додаткового теплового зношення ізоляції в післяпусковий період – імпульс квадрату сили пускового струму;

6. Отримані вирази для розрахунку часу пуску асинхронного електродвигуна приводу робочих машин з незалежною від швидкості, лінійно зростаючою та нелінійно зростаючою механічними характеристиками у функції запропонованого параметру системи «асинхронний електродвигун-робоча машина» - відношення моменту інерції системи до номінального моменту асинхронного електродвигуна при різних значеннях прикладеної напруги, які дозволяють оцінити пусковий режим з позиції ресурсозбереження.

7. Дослідження процесу теплового зношення ізоляції показало, що тепловий перехідний процес при пуску є адіабатичним. Основне теплове зношення ізоляції припадає на післяпусковий період.

8. Отримана залежність додаткового теплового зношення ізоляції від імпульсу квадрату сили електричного струму електродвигуна дозволяє вибрати уставку імпульсу квадрату пускового струму запропонованого пристрою, який буде полегшувати пусковий режим електродвигуна.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве/ В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
2. Ермолаев С.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации в системе АПК / С. А. Ермолаев, В.А. Мунтян., В.Н. Кюрчев // – К.: Альтур, 1997. – 414с.
3. Енергозберігаючі способи пуску асинхронних електродвигунів при зміні напруги <https://best-energy.com.ua/support/stabilizers/348-low-grid-voltage>
4. Хомутов О.И. Эксплуатация, диагностика и восстановление низковольтных асинхронных электродвигателей / О.И. Хомутов, А.А. Грибанов // Изд-во АлтГТУ, 2003. – 110 с.
5. Гольдберг О.Д. Надежность электрических машин / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская // – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
6. Вовк О.Ю. Вплив зниження напруги живлячої мережі на теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна / Вовк О.Ю., Квітка С.О., Квітка О.С. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 153 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 153. с. 79-82

РОЗДІЛ 5.1.8

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ У РОСЛИННИЦТВІ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ В АПК

Етап 5.1.8.1 Аналіз стану питання, виявлення можливих шляхів енергозбереження.

ВИКОНАВЕЦЬ

Асистент

Речина Ольга Миколаївна

РЕФЕРАТ

Звіт з НДР 5.1.8.1: 18с., 0 табл., 3 рис., 6 посилань.

ТЕПЛИЦЯ, ФОТОСИНТЕТИЧНО АКТИВНА РАДІАЦІЯ,
ПРОГНОЗОВАНА ВРОЖАЙНІСТЬ РОСЛИН, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ.

Об'єктом дослідження є процес управління опроміненням рослин в спорудах захищеного ґрунту.

Предметом – мінімізація дози штучної ФАР протягом вегетаційного періоду рослин.

Мета роботи: Зниження питомих витрат електроенергії при досвічуванні рослин у теплицях.

Метод досліджень: аналітичний.

За результатами досліджень запропоновано стратегію управління освітленістю тепличних культур при програмуванні врожаю та із урахуванням ймовірного надходження природної фотосинтетично активної радіації.

ЗМІСТ

ВСТУП	150
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	151
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	151
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	151
3.1 Вплив світла на інтенсивність фотосинтезу рослин.....	151
3.2 Аналіз способів опромінення рослин в	153
3.3 Обґрунтування можливості застосування енергоощадної системи опромінення рослин у спорудах захищеного ґрунту.....	156
ВИСНОВКИ.....	163
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	164

ВСТУП

Однією з найбільш актуальних проблем вітчизняної економіки є суттєве зниження витрат енергоносіїв в різних галузях промислового та сільськогосподарського виробництва.

Культиваційні споруди захищеного ґрунту є одними з найбільш енергоємних об'єктів сільськогосподарського призначення. Сучасний рівень витрат енергоносіїв на вирощування тепличної продукції, що склався в агрокомплексі України, значно перевищує відповідні показники аналогічних виробництв у розвинених країнах світу. На процеси опромінення та обігріву рослин витрачається близько 40% електроенергії, що споживають тепличні господарства. Великі витрати енергії на освітлення теплиць зумовлені багатьма причинами, основними з яких є достатньо низькі енергетичні показники джерел опромінення та недосконала робота систем управління освітленням.

Крім того, на сьогодні основним напрямком розвитку сільського господарства є інтенсифікація, яка передбачає переважне підвищення врожайності культур замість нарощування площ під ними, тому раціонально шукати шляхи підвищення рентабельності підприємств, а відтак і збільшення овочевої продукції, за рахунок енергоощадного виробництва. В цьому відношенні важливе значення має забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату теплиць, до яких відноситься і якість опромінення рослин, тому доцільно детальніше вивчити вплив якісних параметрів освітлення на процес росту та морфологічного розвитку рослин і розробити енергоощадну технологію опромінення рослин на основі максимального використання природної фотосинтетичної активної радіації (ФАР).

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1 Дослідити функції росту рослин та шляхи їх регулювання;
- 1.2 Проаналізувати способи опромінення рослин в теплицях;
- 1.3 Розробити стратегію управління опроміненням рослин у спорудах захищеного ґрунту за максимального використання природного освітлення;

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження передбачено проводити аналітичними методами.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вплив світла на інтенсивність фотосинтезу рослин

Інтенсивність фотосинтезу визначається кількістю отриманих в одиницю часу фотосинтетичних речовин - цукрів і вимірюється кількістю грамів сухої речовини, отриманої протягом доби з 1 квадратного метру площі.

Фотосинтетичні процеси можна регулювати цілеспрямованим впливом на фактори, що безпосередньо беруть участь у процесах росту та розвитку рослин, а саме температуру, освітленість, забезпеченість водою та елементами живлення. Всі ці фактори однаково важливі і жоден із них згідно «закону мінімуму» [1] не може бути замінений іншим. Тому при регулюванні мікроклімату культивуваційних споруд слід враховувати, що кожен з факторів діє не ізольовано, а в комплексі з іншими відповідно до потреб рослини. Проте з огляду на вартісні чинники ціноутворення на тепличну продукцію вплив світла на врожай найбільш значущий і компенсувати нестачу освітленості по економічним причинам більш проблематично порівняно із компенсацією нестачі інших факторів

Світловий режим рослин визначається спектральним складом, інтенсивністю світла та тривалістю освітлення.

Згідно з [1,2] інтенсивність фотосинтезу зростає при збільшенні інтенсивності світла. Особливо яскраво це проявляється при низьких рівнях освітленості в зимовий період (освітленість до 200 Вт/м²), при цьому дворазове збільшення світлового потоку викликає аналогічне збільшення інтенсивності

фотосинтезу. Влітку ж при високому загальному світловому фоні незначне його зниження майже не впливає на інтенсивність фотосинтезу.

На початкових стадіях розвитку рослин, коли площа листя невелика, підвищення темпу фотосинтезу відбувається при більш низьких рівнях освітленості, ніж при розвиненому листовому покриві дорослих рослин.

Залежність інтенсивності фотосинтезу від інтенсивності світла представлена на рисунку 1.

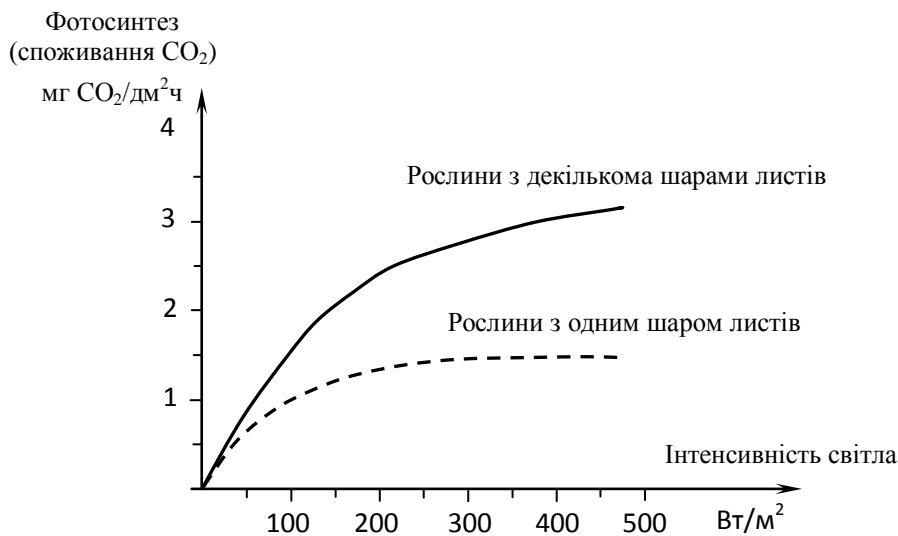


Рисунок 1 – Залежність інтенсивності фотосинтезу від інтенсивності світла

Поряд з інтенсивністю освітлення на ріст і формування врожаю значно впливає тривалість денного освітлення [2]. Розрізняють рослини довгого, короткого та нейтрального дня. Рослини короткого дня (огірок, хризантема) при штучному зменшенні тривалості денного освітлення до 10 - 12 годин на добу прискорюють утворення генеративних органів. Рослини довгого дня (салат, редиска, кріп, капуста) прискорюють розвиток і формування генеративних органів у міру зростання тривалості денного освітлення. Рослини нейтрального дня (томат) слабо реагують на зміну тривалості денного освітлення.

Спектральний склад світла також дуже важливий. Життєво необхідною для рослин є видима частина оптичного випромінювання у діапазоні 380-780 нм, яку часто називають фотосинтетично активною радіацією (ФАР).

Інтенсивність процесу фотосинтезу у різних діапазонах спектру - спектр дії фотосинтезу та крива спектрального поглинання (середня для 22 видів рослин) ФАР листям рослин представлена на рисунку 2а та 2б відповідно.

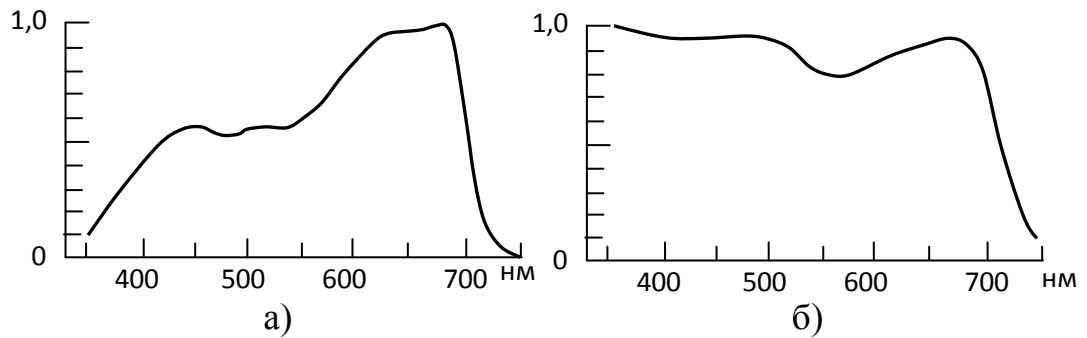


Рисунок 2 – Спектр дії фотосинтезу (а) та крива спектрального поглинання ФАР листям рослин (б)

З рисунку видно, що найбільш інтенсивне засвоєння вуглецю спостерігається під червоними променями. Потім у напрямку зеленого діапазону спектру процес фотосинтезу поступово слабшає. В зелених променях фотосинтез мінімальний, оскільки ці хвилі хлорофілом рослин майже не поглинаються. У синє-фіолетовій частині спектру спостерігається другий підйом інтенсивності фотосинтезу. Отже, спектр дії фотосинтезу має два максимуми, що відповідають двом максимумам поглинання хлорофілом квантів світла.

3.2 Аналіз способів опромінення рослин в теплицях

При відсутності або недостатній інтенсивності світла в теплицях через її конструкцію, добовий та річний хід сонця, хмарність або високі вимоги культури до світла, рослини додатково опромінюють штучними джерелами світла, при цьому намагаються спектр випромінювання джерела світла максимально наблизити до кривої спектральної ефективності фотосинтезу.

Доля фотосинтетично активної у потоці інтегральної радіації залежить від багатьох чинників, насамперед від географічного розташування теплиці, пори року, кута стояння Сонця над горизонтом, хмарності, антропогенних явищ.

Більшість тепличних рослин, залежно від своїх фізіологічних особливостей, ростуть і плодоносять при освітленості 8-12 тис. люкс. Такої потужності потік на більшості території України спостерігається в кінці лютого і у вересні. Взимку освітленість на поверхні землі в полудень на відкритому місці сягає близько 4-5 тис. люкс, що приблизно в 15 раз менше освітленості в ці ж години влітку. Ще менше променистої енергії надходить на землю в ранкові та після полуденні

години. Освітленість культивацийних споруд у цей час зовсім низька. Внаслідок відбиття і поглинання світла покривним матеріалом теплиці вона зменшується приблизно в половину у порівнянні з освітленістю на відкритому місці, оскільки близько 10% світла, що падає, відбивається склом, 10% поглинається конструкцією теплиць. При 30% втратах світла внаслідок забруднення покрівлі теплиць загальні втрати становлять 50%. Якщо на ґрунт надходить 20% світла, то на частку рослин у теплицях припадає лише 30%. Частина енергії проходить повз лист, природно гублячись для фотосинтезу. З енергії, що падає на лист, 15% відбивається в навколишнє середовище, 10% проходить крізь лист, і 75% поглинається листом. Всього лише близько 15% загальної кількості променистої енергії використовується для фотосинтезу, а 70% або ще більше перетворюється на тепло.

На сьогодні відомі такі способи опромінення рослин в теплицях як імпульсний, мобільного освітлення, освітлення за допомогою світлодіодів, опромінення за сигналом фотореле [2].

Імпульсний спосіб опромінення передбачає чергування світлового і темного періодів фотосинтезу рослин. Застосовується переважно для вирощування розсади, яка є невибагливою до фотоперіоду. Спосіб виключає можливість використання металогалогених ламп (найбільш прийнятних та широко застосовуваних у тепличному господарстві). Сьогодні цей спосіб може дістати нового витку розвитку за впровадження світлодіодного освітлення.

Мобільне освітлення рослин, принцип дії якого базується на переміщенні у просторі джерел опромінення, порівняно із використанням стаціонарного світлотехнічного обладнання значного підвищення продуктивності не дає і його застосування виправдане лише у випадку, коли необхідна низька інтенсивність освітлення і використовується невелика кількість ламп.

Перспективним напрямком розвитку енергозбереження при опроміненні є використання світлодіодів. Джерела світла, побудовані на світлодіодах, вигідно відрізняються низьким енергоспоживанням, довгим терміном служби (за заявами фірм виробників до 50-100 тис. годин), можливістю регулювання в широкому

діапазоні інтенсивності та спектру випромінювання [1,2]. Світлова віддача одиничних потужних світлодіодів складає 30-50 лм/Вт (у деяких екземплярів 80-100 лм/Вт), досягнутий індекс кольоропередачі більше 80. Також, до переваг світлодіодів як потенційних джерел опромінення рослин в теплицях слід віднести їх високу механічну міцність, вібростійкість, відсутність впливу циклів вмикання – вимкнення на термін їх служби (на відміну від ламп розжарювання та газорозрядних ламп), відносну безпеку при використанні (низький клас напруги - 12В) та екологічність (відсутність отруйних складових (ртуть і ін.)), що дуже приємно. Технології виробництва і використання світлодіодів інтенсивно розвиваються, однак поки що їх застосування в теплицях економічно не ефективне. Це пояснюється високою вартістю світлодіодів та низькою інтенсивністю їх випромінювання, що відповідно вимагає від товаровиробника великих початкових капіталовкладень, що здається на сьогодні не можливим для більшості представників середнього та малого бізнесу. Сьогодні світлодіодне освітлення вигідно використовувати лише при вирощуванні розсади, коли питома щільність рослин під світлодіодною матрицею достатньо висока.

Класичним, якщо можна так висловитись, та переважно застосовуваним у тепличних господарствах є спосіб опромінення рослин, заснований на традиційному алгоритмі досвічування рослин, який передбачає включення опромінювачів в разі зниження рівня сонячної радіації в теплиці нижче порогового рівня, та відключення їх, якщо інтенсивність сонячного опромінення перевищить встановлену межу, тобто регулювання йде за релейним принципом. Недоліком подібного підходу є не повне використання потенціалу природної ФАР та відсутність можливості впливати на строки дозрівання культур безпосередньо освітленням.

Також відомим є спосіб опромінення рослин та система контролю надходження сонячної радіації до теплиць із використанням короткострокового прогнозу інтенсивності сонячної радіації на основі синтезу моделі безхмарного неба та прогнозу ослаблення радіації у атмосфері [3]. Суть цього способу полягає у періодичній обробці зображень хмар та аналізі співвідношення хмарного та

чистого неба у RGB-форматі і видачі керуючого сигналу про необхідність включення ламп. Недоліком даного способу опромінення є складність його реалізації, яка пов'язана із застосуванням адаптивного управління при використанні нейронних мереж та недостатньою надійністю у виробничих умовах через те, що настройки веб-камери, яка використовується, можуть суттєво впливати на результат прогнозування.

Тож, загалом можна зробити висновок, що сьогодні не існує універсальної системи опромінення рослин, яка б при високому рівні надійності та без ускладнення умов роботи обслуговуючого персоналу могла застосовуватись із будь-якими джерелами світла та забезпечувала стабільний розвиток рослин і мінімальне споживання електроенергії.

3.3 Обґрунтування можливості застосування енергоощадної системи опромінення рослин у спорудах захищеного ґрунту

Необхідність економії енергоресурсів у зв'язку з їх суттєвим здорожчанням спонукає виробників до активної модернізації теплиць. Необхідність максимального використання потенціалу поновлюваних природних енергоресурсів спонукала до розробки і застосування нових принципів управління параметрами мікроклімату тепличних споруд. Сучасна САУ мікроклімату забезпечує гнучке регулювання температурного, вологісного, газового та мінерального режимів рослин із врахуванням їх багатофакторних кореляційних залежностей із інтенсивністю сонячної радіації, підтримує не лише заданий режим, але і максимально ефективно використовує можливості виконавчих систем: контурів опалення, квартирної вентиляції, систем зашторювання та інше. Проте застосування сучасних стратегій управління не змінило принципу регулювання радіаційного режиму рослин: комутація опромінювачів здійснюється за уставкою фотореле та згідно встановленої часової програми. Подібний підхід формування радіаційного режиму теплиць унеможливорює гнучке керування ростом рослин та не завжди враховує їх фізіологічних потреб [2].

Отже, критерієм формування радіаційного режиму теплиць, що визначатиме стратегію управління освітленістю має стати економія енергоресурсів та рентабельність виробництва, яка певним чином залежить від строків реалізації продукції.

З цією метою на основі аналізу математичної моделі надходження сонячної радіації [4] та з урахуванням закономірностей зміни її інтенсивності у часі через утворення хмар було розроблено концепцію визначення необхідності включення додаткового штучного опромінення рослин в спорудах захищеного ґрунту, що заснована на максимальному використанні природної фотосинтетично активної радіації. Запропонована концепція коротко показана на рисунку 1.

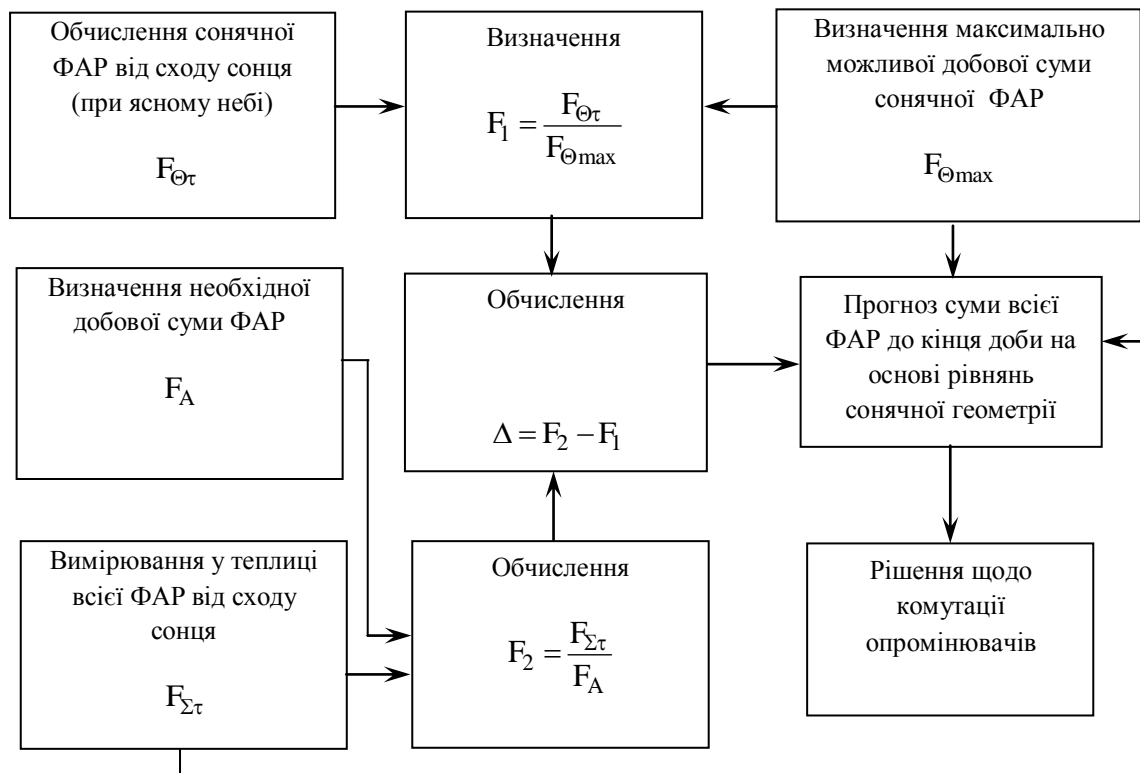


Рисунок 3 – Концепція управління штучним опроміненням рослин

Як видно з рисунку рішення щодо комутації опромінювачів приймається на основі порівняння динаміки співвідношень значень необхідної та реальної суми ФАР у теплиці. Значення F_2 визначається агротехнологічними нормами F_A , отже є можливість гнучкого програмування врожайності культур [5].

Розглянемо можливість корегування параметру необхідної продуктивності рослин в виробничому циклі.

Відповідно до загальних принципів моделювання динамічних процесів [6] усі зміни у досліджуваній системі і її параметри (перемінні стану) визначаються протягом періоду розвитку через деякі встановлені інтервали часу - крок розрахунку. На кожному часовому кроці за основу розрахунку приймаються результати попереднього кроку. Так, якщо прийняти за крок розрахунку добу, то загальна біомаса рослини M_j у j -у добу вегетаційного періоду визначається як сума біомаси M_{j-1} наприкінці попередньої доби, що має номер $j-1$, і приросту біомаси ΔM_j на дану добу, тобто

$$M_j = M_{j-1} + \Delta M_j \quad (1)$$

Аналогічно проводиться розрахунок біомаси й окремих органів

$$m_{i,j} = m_{i,j-1} + \Delta m_{i,j} \quad (2)$$

де i - орган (1 - листя, 2 - стебла, 3 - корені, 4 - колосся, бульби);

$m_{i,j-1}$ - біомаса i -го органа наприкінці $j-1$ або на початку j -тої доби на одиницю площі;

$\Delta m_{i,j}$ - приріст біомаси i -го органа за j -ту добу.

У розглянутій моделі при визначенні величини ΔM_j враховується фотосинтез і дихання рослин, які розглядаються як реалізовані в умовах оптимальних параметрів мікроклімату споруд захищеного ґрунту. Тобто значення ΔM_j визначає потенційний приріст тепличних культур і знаходиться за формулою

$$\Delta M_j = \int_0^t \int_0^{L_{j-1}} \varepsilon (\Phi - R_1) dL d\tau - R_2 \quad (3)$$

де ε - коефіцієнт ефективності газообміну, (виходячи з хімічного рівняння фотосинтезу, $\varepsilon = 0,67$), мг сухої речовини/мг CO_2 ;

Φ - інтенсивність фотосинтезу листя, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$;

R_1 - інтенсивність дихання росту, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$;

R_2 - дихання підтримки структур, мг/дм² ;

L - індекс листової поверхні, m^2/m^2 ;

τ - годинний кут.

Інтегрування газообміну проводиться за зовнішнім інтегралом в рамках часового кроку розрахунку біомаси, тобто в межах доби ($t = 24$). При цьому в ході чисельного інтегрування дискретність складає одну годину. У внутрішньому інтегралі інтегрування відбувається за допомогою площі листової поверхні, причому верхньою межею є значення індексу листової поверхні наприкінці попереднього кроку L_{j-1} .

Розподіл загального приросту ΔM_j між окремими органами і перерозподіл існуючих асимілянтів описується за допомогою ростових функцій. Ці функції представлені в сумах температур і мають у моделі наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \Delta m_{i,j} &= A_{i,\Sigma T} \Delta M_j - B_{i,j} T_j m_{i,j} \quad \text{при } i=1,2,3 \\ \Delta m_{4,j} &= A_{4,\Sigma T} \Delta M_j + \sum_{j=1}^3 B_{i,j} T_j m_{i,j} \end{aligned} \quad (4)$$

де $A_{i,\Sigma T}$ - вегетативні функції росту як функції сум середніх добових температур вище нуля, безрозмірні;

$B_{i,j}$ - репродуктивні функції росту, що показують, яка частка біомаси інших органів переходить у плоди, $1/...^\circ C$;

T_j - середня температура повітря j -ої доби, $^\circ C$.

Інтенсивність фотосинтезу листя визначається за відомою формулою [8].

$$\Phi = \frac{a\Pi(L, \tau)}{1 + \frac{\sqrt{c}}{1 - \sqrt{c}} \cdot \frac{\Pi(L, \tau)}{\bar{\Pi}}}, \quad (5)$$

де $\Pi(L, \tau)$ - інтенсивність поглиненої в посіві фотосинтетично активної радіації, $Вт \cdot m^{-2}$;

a - початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,

$(mg \text{ CO}_2 \cdot dm^{-2} \cdot год^{-1}) / (Вт \cdot m^{-2})$;

$\bar{\Pi}$ - інтенсивність радіації пристосування, Вт·м⁻²;

c - коефіцієнт витрат на дихання при світловому насиченні, що дорівнює

$$c = \sigma_2 / \sigma_1;$$

σ_1 і σ_2 - інтенсивність фотосинтезу і дихання при світловому насиченні, які розраховані на одиницю сухої біомаси листя, мг CO₂/(г·год.).

Модель продукційного процесу враховує, що дихання складається з двох компонентів: дихання росту R_1 і дихання підтримки структур R_2 . Дихання росту R_1 вважається пропорційним фотосинтезу, тобто передбачається, що має місце лінійна залежність

$$R_1 = c_1 \Phi \quad (6)$$

Дихання підтримки структур приймається пропорційним накопиченій біомасі і розраховується для окремих органів рослини. Розрахунок ведеться за формулою

$$R_2 = \sum_{i=1}^4 c_{2i} m_i \quad (7)$$

де c_1 і c_{2i} - коефіцієнти витрат на дихання, безрозмірні.

Індекс листкової поверхні визначається як відношення маси листя до питомої поверхневої щільності

$$L_j = m_{i,j} / m_t \quad (8)$$

При цьому згідно з [7], питома поверхнева щільність виражається наступною залежністю

$$m_t = \frac{a}{\sigma_1} \cdot \frac{1 - \sqrt{c}}{\sqrt{c}} \bar{\Pi} \quad (9)$$

Для розрахунку фотосинтезу за формулою (5) проводиться визначення інтенсивності поглиненої посівом ФАР $\Pi(L, \tau)$ за формулою

$$\Pi(L, \tau) = (1 - A_\Phi) \left(c_s S' \frac{\partial a_s}{\partial L} - c_D D \frac{\partial a_D}{\partial L} \right) \quad (10)$$

де A_Φ - альbedo посіву в області ФАР, безрозмірне;

S' - щільність потоку прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню, Вт/м²;

c_s - коефіцієнт переходу від інтегральної прямої радіації до прямої ФАР, безрозмірний;

D - щільність потоку розсіяної радіації, Вт/м² ;

c_D - коефіцієнт переходу від інтегральної розсіяної радіації до розсіяної ФАР, безрозмірний;

a_D - коефіцієнт пропускання розсіяної радіації у посіві, безрозмірний;

a_s - коефіцієнт пропускання прямої радіації у посіві, безрозмірний.

Похідні $\partial a_s / \partial L$ і $\partial a_D / \partial L$ залежать від геометричної структури посіву. Для рослин функція геометричної структури $G_L(h_0)$, тобто проекція одиниці площі листя на поверхню, перпендикулярну сонячним променям, виражається формулою

$$G_L(h_0) = k \sin h_0 \quad (11)$$

де h_0 - висота Сонця, град;

k – коефіцієнт, що залежить від видових особливостей рослин, безрозмірний.

У загальному випадку для $\partial a_s / \partial L$ і $\partial a_D / \partial L$ будемо мати

$$\frac{\partial a_s}{\partial L} = \frac{\partial a_D}{\partial L} = k \exp(-kL) \quad (12)$$

і рівняння (10) буде мати вигляд

$$\Pi(L, \tau) = (1 - A_\phi)(c_s S' + c_D D) k \exp(-kL) \quad (13)$$

Якщо підставити цей вираз у формулу фотосинтезу (5) і проінтегрувати за індексом листової поверхні, отримаємо вираз для розрахунку інтенсивності фотосинтезу всієї листової площі:

$$\Phi_L = \int_0^{L_{j-1}} \Phi dL = \frac{\Phi_{\max}}{k} \ln \left[\left(1 - \frac{ka(1-A_\phi)}{\Phi_{\max}} Q_\phi \right) : \left(1 + \frac{ka(1-A_\phi)}{\Phi_{\max}} Q_\phi e^{-kL_{j-1}} \right) \right] \quad (14)$$

де

$$\Phi_{\max} = a\bar{\Pi}(1 - \sqrt{c}) / \sqrt{c} \quad (15)$$

виражає інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні, а щільність потоку ФАР, що падає на посів, визначається за формулою

$$Q_{\Phi} = c_s S' + c_D D \quad (16)$$

Після математичних перетворень рівняння для розрахунку приросту біомаси (3) набуває вигляду [6]

$$\Delta M_j = \varepsilon(1 - c_1) \int_0^t \Phi_L d\tau - \sum_{i=1}^4 c_{2i} m_{i,j} \quad (17)$$

Отже при запрограмованому агрономами прирості біомаси тепличних рослин шляхом легких математичних перетворень з рівняння (17) можна визначити необхідну добову норму ФАР F_A , яка буде дорівнювати інтегралу інтенсивності фотосинтезу протягом фотоперіоду.

Запропонована стратегія управління штучним опроміненням рослин цілком забезпечить не лише максимальне використання природної фотосинтетично активної радіації, а й варіацію строків дозрівання тепличної продукції. Правильно підібрана стратегія управління радіаційним режимом теплиць – важлива складова збільшення продуктивності рослин, ефективного використання енергоресурсів, а відповідно й додаткова можливість суттєво знизити собівартість продукції.

ВИСНОВКИ

Запропонована концепція опромінення рослин при подальшій розробці системи управління дозволить вивести споживання електроенергії в теплицях з часу пікових навантажень, що сприятиме економії коштів і більш рівномірному завантаженню електромереж, знизити кількість включень опромінювачів (що сприяє їх більш тривалій роботі), відповідно меншими будуть втрати енергії при пусках ламп. Також запропонована концепція має такі переваги, як запобігання споживання енергії поза світлою частиною доби, забезпечення рослин необхідною добовою дозою фотосинтетично активної радіації, що сприятиме отриманню врожаю в точно визначені строки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Макрушин М.М., Макрушина Є.М., Петерсен Н.В., Мельников М.М. Фізіологія рослин: Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2006.- 416с.
2. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта: Учебное пособие для агр. учеб. заведений I-IV уровней аккредитации по спец. 1310 «Агронимия» / Белогубова Е.Н., Васильев А.М., Гиль Л.С. и др./ . – К.: ОАО «Издательство «Киевская правда», 2006. – 528с.
3. Jorge Casa Nova, Jose Boaventura Cunha, P. B. de Moura Oliveira. Solar irradiation forecast model using time series analysis and sky images. EFITA/WCCA JOINT CONGRESS ON IT IN AGRICULTURE, 2005
4. Albright, L.D., Both A.J., Chiu A.J. Controlling greenhouse light to a consistent daily integral // Transactions of the ASAE - 2000. - №43(2). – P. 421-431.
5. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х.Г. Тооминг/. – Гидрометеиздат Ленинград, 1977. – 200с.
6. Полуэктов Р.А., Нагиев А.Т., Шукуров М.Ш. Математическое моделирование радиационного режима посева и прогноза темпов развития растений и урожайности сельскохозяйственных культур/ Р.А. Полуэктов, А.Т. Нагиев, М.Ш. Шукуров // Известия национальной академии наук Азербайджана. – 2004.- №2.-с.1-5.

РОЗДІЛ 5.1.9

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ В ТВАРИННИЦТВІ

Етап 5.1.9.1 Аналіз існуючих методів лікування ендометриту у ВРХ.

ВИКОНАВЕЦЬ

Асистент

Попрядухін Вадим Сергійович

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПЛЕНИЕ	167
1.АНАЛИЗ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КОРОВ.....	168
2.ОСОБЕННОСТИ ПАТОЛОГИИ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И МЕТОДЫ ЕЁ ЛЕЧЕНИЯ.....	170
3. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ВОЛНОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ВЕТЕРИНАРИИ И МЕДИЦИНЕ В ЛЕЧЕБНЫХ ЦЕЛЯХ.....	178
ВЫВОДЫ	184
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	186

ВСТУПЛЕНИЕ

Кризисное положение в животноводстве Украины характеризуется спадом производства молока и мяса за счет бесплодия маточного поголовья коров. Основными послеродовыми болезнями у коров являются акушерско-гинекологические болезни, среди которых основное место занимает патология гонад (яичников).

Проведенный анализ показывает, что за последнее время яловость коров находится в пределах 17 – 30%, а в отдельных хозяйствах процент бесплодных животных достигает 40% от числа маточного поголовья. Экономический ущерб от содержания лишь одной коровы с нарушенной воспроизводительной функцией составляет в среднем до 100 грн. в сутки.

Заболевание коров гинекологическими болезнями влечет за собой снижение оплодотворяемости коров на 17...40%, увеличение от отела до плодотворного осеменения на 40...60 дней, уменьшения выхода приплода и молочной продуктивности на 12...18%.

1. АНАЛИЗ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КОРОВ

Для проведения внутриутробного лечения патологии яичников КРС информационным электромагнитным излучением необходимо рассмотрение и анализ морфофункциональных характеристик репродуктивной системы коров. Проведенный анализ позволит определить необходимые внешние размеры излучающей системы для внутриутробной обработки яичников коров электромагнитным излучением. Репродуктивная система коровы состоит: яичников; яйцеводов; рогов матки с карункулами; тела матки; шейки матки; влагалища; вульвы; прямой кишки; мочевого пузыря; мочеиспускательного канала.

Преддверие влагалища - короткая трубка, начинающая от половой щели и заканчивающаяся у отверстия мочевого канала. Оно у коров имеет длину 8-12см. Влагалище – мускульно-эластичная трубка от преддверия влагалищной части шейки матки. Оно находится в тазовой полости под прямой кишкой и достигает длины у коров 30см. Матка у коров двуорогая, расположена под прямой кишкой и свободно подвешена на широкой маточной связке, которая закреплена на поясничных мышцах. Матка состоит из шейки, тела и рогов. Шейка матки коров предназначен для накапливания спермиев и сохранения их жизнеспособности. У коров шейка матки имеет длину 8-12см, а диаметр 3-6см; у тёлочек она от 5-7см длиной и диаметром до 3см. Тело матки расположено между шейкой и рогами с длиной 2-3см. Яйцепроводы - парные трубочки, расположенные в собственной, образованной брюшиной, складке. Для коров длина их составляет 20-30см.

Яичники - парные органы, в них образуются половые клетки самки - яйца, половые гормоны, играющие важную роль в развитии и функционировании половой системы, её подготовки к акту спаривания, процессу оплодотворения, наступлению и сохранению беременности. Схема строения яичников приведена на рис.1.1.

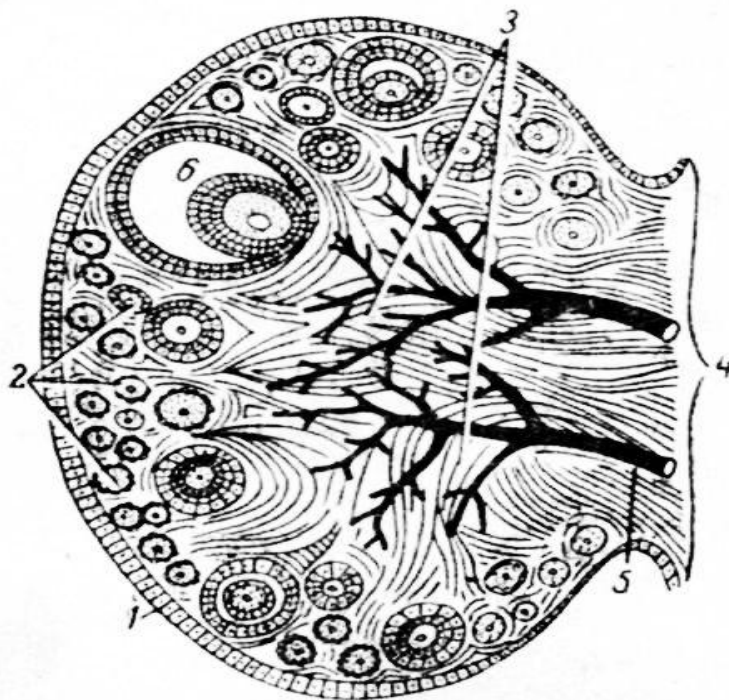


Рис.1.1. Схема строения яичника коров:

- 1-зачатковый эпителий;
- 2-фолликулярный слой;
- 3-сосудистый слой;
- 4-ворота яичника;
- 5-сосуды;
- 6-граафов пузырьёк.

У коров яичники эллипсоидной формы, весят в среднем 14-20г, длина их 3,5-5см, ширина 2-2,8см, толщина 1,5-2см. Яичники находятся в брюшной полости. Они подвешены на брыжейке яичника и специальных яичниковых связках. Снаружи яичники покрыты однослойным кубическим зачатковым эпителием. Под ним находится белочная оболочка. В яичнике видны две зоны: наружная – корковая (фолликулярная) и внутренняя- мозговая (сосудистая). Корковая зона состоит из нежной соединительной ткани. Этот слой содержит в себе фолликулы и жёлтые тела. Мозговой слой обильно пронизан сосудами и нервами. Зрелые фолликулы заметны на поверхности яичников в виде пузырьков с размерами у коров 1-2см.

Состояние яичника значительно влияет на репродуктивные свойства животного. Данные половые железы выполняют воспроизводительную и эндокринную функции. Воспроизводительная функция заключается в образовании и выделении яйцеклеток, эндокринная – в секреции половых гормонов.

Воспроизводительная функция желез обеспечивается процессами фолликулогенеза, овогенеза и овуляции, которые связаны между собой и зависят от действия многих факторов, которые зависят от возрастных особенностей роста и развития организма. В связи с этим, при определении состояния полового аппарата коров значительное внимание уделяется исследованию морфологических и функциональных изменений яичников. Анализ анатомического строения половых органов крупного рогатого скота показал, что для внутриутробного лечения патологии яичников необходимо использовать систему излучения электромагнитной энергии с параметрами: длина 50см; диаметр 25см. Для проведения неоднократных внутриутробных облучений репродуктивных органов маточного поголовья крупного рогатого скота, излучающая система должна помещаться в обтекатель, изготовленного из материала с плотностью 160 кг/м^3 , диэлектрической проницаемостью не более 1,2 и тангенсом диэлектрических потерь 2×10^{-4} .

2. ОСОБЕННОСТИ ПАТОЛОГИИ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И МЕТОДЫ ЕЁ ЛЕЧЕНИЯ

Увеличение производства животноводческой продукции на сельскохозяйственных предприятиях зависит от интенсификации воспроизводства крупного рогатого скота. Однако интенсификации воспроизводства крупного рогатого скота в значительной мере сдерживается возникновением у маточного поголовья животных различных патологических изменений в организме и половых органах, ведущих к нарушению их воспроизводительной функции, потере плодовитости и продуктивности [1,2]. В животноводческих хозяйствах

Украины ежегодно отмечается до 40% уровень бесплодия и яловости коров. Основной причиной бесплодия коров являются морфологические изменения и расстройства функций яичника, которые развиваются на фоне нарушений в кормлении, содержании и использовании животных, а также в организации и проведении искусственного осеменения [3-7].

Анатомическая структура организма маточного поголовья коров, деятельность всех его органов и тканей находятся в тесной функциональной связи с яичниками [8,9]. Однако работа органов животных, особенно эндокринной и нервной систем, отражаются на морфологии и функции яичников [10,11]. Нервной системе свойственно программирование быстрых процессов, эндокринной - более медленной.

Эндокринная система использует в качестве мобильных посредников разнообразные гормоны, которые секретируются специфическими железами и в процессе транспортировки воздействуют на отдалённые ткани, в том числе и на морфологические изменения и расстройства функций яичника. Нервная система играет интегрирующую роль в регуляции эндокринных функций [12,13].

Изучение функциональной морфологии яичников коров в норме и патологии показывает, что большинство болезней яичников возникают в послеродовой период, вызывая временную или постоянную потерю организмом воспроизводительной способности [14-15]. В основу классификации болезней яичников у коров положена тесная взаимосвязь

общего состояния организма животного и работы его органов с морфо-функциональным состоянием яичников.

На рис. 2.1 приведены основные виды патологии яичников животных КРС.

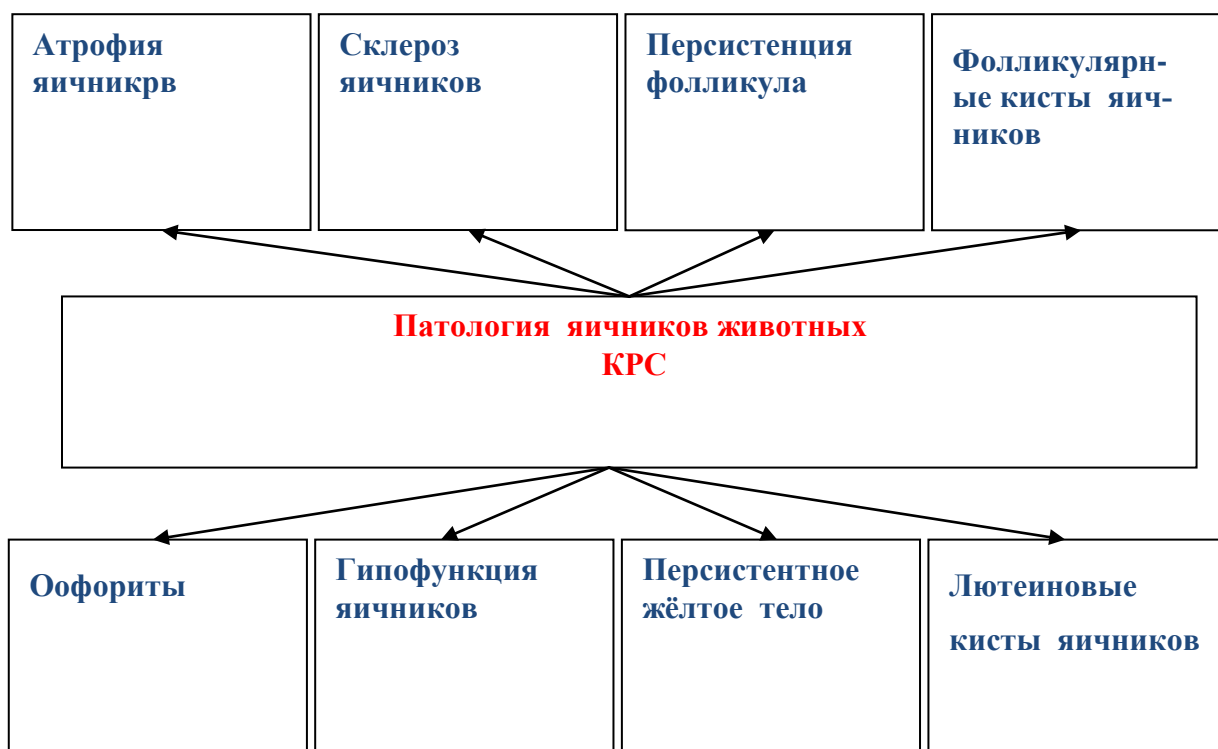


Рис.2.1. Основные виды патологии яичников животных КРС.

Оофорит (овариит) является инфекционным процессом воспаления яичников [7]. Как и большинство воспалительных процессов болезнь протекает в острой и хронической формах. По характеру экссудата воспаление может быть: серозным, геморрагическим, гнойным, фибринозным [14]. Острый оофорит развивается при внедрении в яичники возбудителя инфекции при воспалении матки, труб, брюшины и других органов; после отдавливания жёлтого тела, кист и прочих воздействий травматического характера. Реже оофорит возникает вследствие проникновения возбудителя инфекции гематогенным путём. Острые оофориты сопровождаются повышением температуры тела, животное угнетено, отказывается от корма, снижает удои. Ритм половых циклов нарушается. Ректальным исследованием обнаруживают увеличение поражённого яичника до размеров небольшого куриного яйца. Фолликулов и жёлтых тел в яичнике нет. Наряду с поражением яичников обнаруживают патологию матки и яйцепроводов. При хроническом оофорите общее состояние не изменяется. Иногда паренхима яичника атрофируется, белочная оболочка сильно утолщает-

ся, и яичник значительно уменьшается в объёме. Если вирулентность микрофлоры слабая, а защитные силы организма хорошо выражены, развитие острого оофорита после своевременного лечения прерывается, и деятельность яичника восстанавливается. При гнойном оофорите иногда возможно осложнение перитонитом со смертельным исходом. При хроническом оофорите болезнь может сопровождаться перерождением зародышевого слоя яичника. Животные подлежат выбраковке. Для лечения острого воспаления яичников применяют антибиотики и сульфаниламидные препараты в общепринятых дозах. Для внутримышечного применения используют пеницилин, стрептомицин, тетрациклин, неомицин, эритромицин и другие антибиотики в различных комбинациях. Указанные препараты вводят 2-3 раза в день из расчёта 3000-5000 ЕД/кг массы животного.

Гипофункция яичников обусловлена нарушением гаметобразующей и стероидосинтезирующей функции яичников в условиях хронического стресса. Гипофункция яичников занимает значительное место в структуре гинекологической патологии у коров [13]. Заболевание характеризуется нарушением развития и созревания фолликулов, овуляции и формирования жёлтых тел. Непосредственная причина гипофункции заключается в снижении синтеза гонадотропных гормонов гипофиза и в ослаблении реакции яичников на их действии. Значительное влияние на дисфункцию яичников оказывают кортикостероидные гормоны, синтез которых повышается при различных стрессовых воздействиях на животных. Гипофункция яичников проявляется уменьшением их размеров, они не содержат фолликулов и жёлтых тел. При ректальном исследовании яичники небольшие и имеют гладкую поверхность. При этом у коров отсутствуют половые циклы, возникает стойкое бесплодие, животные становятся непригодными для воспроизводства и подлежат выбраковке.

Для лечения коров при гипофункции яичников используют Сурфагон в дозе 10мл (50мкг)в/м; Фоллигон 500-1000МЕ;Фертагил 2,5-3мл за 30 минут до осеменения и другие лекарственные препараты. Лекарственные средства, при-

меняемые для лечения коров, не должны снижать качество производимой продукции (молока) [12].

Персистентное жёлтое тело (ПЖТ) - считают жёлтое тело в яичнике небеременной коровы, задержавшееся и функционирующее более 25-30 дней. Жёлтые тела в яичниках образуются на месте лопнувших фолликулов и могут быть трёх разновидностей: жёлтое тело полового цикла; жёлтое тело беременности; персистентное жёлтое тело. Частота распространения ПЖТ регистрируется у 30-60% бесплодных коров. Непосредственной причиной ПЖТ является недостаточная выработка маткой лютеолитического фактора ($PgF_{2\alpha}$). Персистентное жёлтое тело выделяет в кровь гормон прогестерон, который блокирует овуляцию [10,13].

К факторам, способствующим возникновению ПЖТ, относятся: недостатки в кормлении; хронические патологические процессы, протекающие в матке; неполноценные половые акты; отдельные формы эндометритов. Бесплодие коров при ПЖТ яичников может продолжаться не только месяцами, но и годами. Все терапевтические приёмы при персистентных жёлтых телах можно подразделить на консервативные и оперативные. Оперативные методы основаны на удалении жёлтого тела из яичников путём его энуклеации через прямую кишку. Консервативный метод предусматривает применение синтетических аналогов простагландина из группы $PgF_{2\alpha}$ (магэстрофан, тимэстрофан, просольвин, динолитик). Препараты вводят в дозе 500мкг (2мл) однократно. Кровы проявляют охоту через 48-72 часа после инъекции препаратов [12,13].

Кисты яичников- сферические полостные образования, возникающие в тканях этих органов из неовулировавших фолликулов в результате ановуляторного полового цикла. По функциональному состоянию разделяются на фолликулярные и лютеиновые. Лютеиновые кисты отличаются от фолликулярных тем, что внутренняя поверхность частично или на всём протяжении выстлана слоем лютеиновой ткани, толщина которой варьирует от едва заметной до 0,5см. Макроструктура лютеиновых кист зависит от степени и характера лютеинизации их стенки. Они могут быть толстостенными или тон-

костенными с упругой или мягкой флюктуацией, шаровидными образованиями диаметром от 21,0-35,6мм. Содержание лютеиновых кист- жёлтого или интенсивно-жёлтого цвета жидкость.

Полость лютеиновой кисты тела значительно меньше фолликулярной и содержит гомогенный секрет с небольшим количества прогестерона(0,38-4,2нг/мл). Кисты чаще бывают одиночными, реже множественными. В этих случаях в одном или обоих яичниках обнаруживают одновременно фолликулярную и лютеиновую кисты, находящиеся на разных стадиях развития[10].

Непосредственными причинами для возникновения кисты являются: эндокринные нарушения, которые приводят к образованию на месте фолликула кисты; использование больших доз гормональных препаратов; скармливание кормов, богатых эстрогенами.

Лечебный метод кисты предусматривает внутримышечное введение одного из синтетических аналогов простагландина из группы $PgF_{2\alpha}$ в дозе 500мг

Двукратно с интервалом 24 часа[12,13]. При отсутствии эффекта курс лечения повторяют через две недели с учётом функционального состояния яичников.

Фолликулярные кисты - тонкостенные, реже толстостенные напряжённо или мягко флюктуирующие шаровидные образования диаметром 2-6см. Киста имеет истончённую оболочку и её легко можно раздавить. Кисты обладают низкой прогестагенной активностью. Низкий уровень прогестерона и лютеотропина у коров с фолликулярными кистами свидетельствует о нарушении гормональной функции яичников вследствие недостаточной гонадотропной стимуляции. При кистах яичников прогноз бывает осторожным, так как лечебные мероприятия не всегда дают надлежащий эффект, а иногда кистозные поражения возобновляются, обуславливая постоянное бесплодие. Для лечения коров при фолликулярных кистах яичников используют три метода: медикаментозный; хирургический; комбинированный. Медикаментозный метод предусматривает использование Сурфагона 25мкг(5мл) в течении 3-х дней

в/м. на 11-й день после первого введения Сурфагона инъекцируют Тмэстрофон в дозе 2мл двукратно с интервалом 10-12 часов. За 8-10 часов до первого осеменения коров инъекцируют внутримышечно 4-5мл Сурфагона [12,13].

К атрофии яичников относится заболевание, которое сопровождается уменьшением яичников в объёме с одновременным снижением их функции. Двусторонняя атрофия яичников наиболее часто возникает как результат недостаточного и несбалансированного кормления. Иногда это заболевание бывает следствием ранее имевшихся оофоритов. Атрофия яичников, как правило, является следствием гипофункции яичников.

При атрофии в яичниках развиваются дистрофические процессы различного характера, глубина которых зависит от силы и длительности действия этиологического фактора. Длительное же действие раздражителей различной продолжительности и силы сопровождается глубокими и необратимыми изменениями в паренхиме и строме, вызванными развитием соединительной ткани. В легких случаях атрофия яичников сопровождается прекращением роста и созревания фолликулов, атрезией их, уменьшением в яичнике интерстициальной ткани и запустеванием части его сосудов, что приводит к незначительному уменьшению объема коркового и мозгового слоев яичника, происходит понижение или прекращение выработки половых гормонов, но необратимые изменения в яичниках или не возникают, или проявляются лишь в слабой степени и только в отдельных участках яичника. В затяжных случаях при данном заболевании яичников отмечается перерождение и уменьшение коркового и мозгового слоев яичника, развитие соединительной ткани и другие необратимые изменения. Размер яичника при этом значительно уменьшается, рост фолликулов и желтых тел прекращается, матка атоничная, уменьшенная в размерах [10].

При атрофии яичников отмечается сбой в половых циклах коров. Яичники становятся меньших размеров, функция их прекращается.

Для лечения коров при атрофии яичников используют Сурфагон в дозе 10мл (50мкг) в/м; Фоллигон 500-1000МЕ; Фертагил 2,5-3мл за 30 минут до осеменения и другие лекарственные препараты. [12].

Склероз яичников характеризуется замещением их паренхимы соединительной тканью. Склероз яичников является следствием воспаления интерстициальной ткани с последующей ее гиалинизацией. Под влиянием одного из указанных или других факторов начинается усиленный рост соединительной ткани яичника, которая оказывает постоянное давление на паренхиму и строму, вызывая склероз яичника.

Соединительная ткань затем подвергается гиалинизации с образованием плотных очагов по всему яичнику или отдельных его участках. Белочная оболочка яичника сильно уплотняется, образование фолликулов в яичниках приостанавливается. Половая цикличность нарушается или вовсе прекращается. Если разрастание соединительной ткани обусловлено травмой яичника, соединительная ткань разрастается по месту травмы, а второй яичник может функционировать нормально. При интенсивном развитии соединительной ткани яичники могут быть увеличены в размерах. Созревающие фолликулы, жёлтые тела или кисты в яичниках отсутствуют.

С течением времени развивается атония матки, а затем она атрофируется. Наступает постоянное бесплодие. Для лечения склероза яичников, в начальной стадии заболевания, можно использовать использовать Сурфагон в дозе 10мл (50мкг)в/м; Фоллигон 500-1000МЕ;Фертагил 2,5-3мл за 30 минут до осеменения и другие лекарственные препараты [12].

Персистенция фолликула - патология, сопровождающаяся нарушением сроков овуляции у коров в течение полового цикла. Персистенция фолликула связана с эндокринными нарушениями, которые сопровождаются уменьшением предовуляционного выброса лютеинизирующего гормона (ЛГ) в кровь[10,12]. К факторам, вызывающих персистенцию фолликулов, относятся: ожирение коров; недостаток в рационах витаминов и микроэлементов; стрессы(грубое обращение, удары и др.) .Данная форма дисфункции яичников проявляется в виде многократных неплототворных осеменений и постлибидными метрорагиями (маточными кровотечениями на вторые – третьи сутки после окончания половой охоты).Основная стратегия лечебных мероприятий

при данных патологиях состоит в индукции овуляции. При проявлении охоты за 8-10 часов до осеменения вводят Сурфагон - (2-5) мл в/м, либо Фертагил-2,5мл за 30 минут до осеменения, либо Хорулон-1500м.е. за 30 минут до осеменения.

Проведенный анализ показывает, что в современных условиях для лечения болезней и расстройства функции яичников коров используются антибиотики, гормоны и другие химические препараты. Тем не менее, терапевтическая эффективность остаётся низкой. Применение большого количества медикаментов и гормонов для лечения акушерско - гинекологических болезней коров приводит к накоплению их в организме животных. Антибиотики и гормональные препараты с молоком и мясом поступают в организм человека, угнетают иммунитет, поражают печень и другие органы, что приводит к различным заболеваниям.

Таким образом, безмедикаментозные методы лечения патологии яичников, удовлетворяющие практике, в настоящее время отсутствуют.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО - ВОЛНОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ВЕТЕРИНАРИИ И МЕДИЦИНЕ В ЛЕЧЕБНЫХ ЦЕЛЯХ

Информационные электромагнитные излучения КВЧ диапазона всё большее применение в ветеринарии и медицине, что подтверждает их высокую терапевтическую эффективность, отсутствие осложнений и побочных отрицательных эффектов. Применение ЭМИ информационного характера для лечения животных связано с тем, что ЭМП обладают рядом положительных особенностей: энергосбережение; экологическая чистота; экономичность; технологическая и аппаратурная простота; безмедикаментозный метод лечения.

Анализ исследований по воздействию информационных ЭМП на биологические объекты, проводимых: в Московском центре информационной медицины под руководством Бессонова А. Е. в ИРЭ РАН под руководством Н. Д. Девяткова;

в ТулГУ под руководством Нефедва Е. Н.; а Харьковском НТУСХ под руководством А. Черенкова, Н. Лисиченко, Ю. Мегеля, Н. Косулиной; в Новосибирском институте под руководством Козначеева А. П. показывают, что наибольший терапевтический эффект в ветеринарии и медицине следует ожидать от информационных электромагнитных излучений миллиметрового диапазона.

Из анализа экспериментальных исследований по воздействию ЭМИ на биологические объекты различной природы следует, что указанные воздействия оказывают стимулирующее действие на функции кроветворения и состав крови животных.

При определенных биотропных параметрах ЭМП, используемых для облучения животных, были установлены изменения в содержании белка и белковых фракций, в увеличении в крови меди, гистамина, холестерина.

В экспериментах также было установлено, что ЭМИ КВЧ диапазона способствует повышению резистивности эритроцитов к влиянию низких температур и снижает эффект рентгеновского облучения.

В опытах с животными была проведена СВЧ- терапия семи телят с признаками бронхопневмонии. После десяти сеансов СВЧ- терапии у четырех телят температура нормализовалась, исчезли хрипы, появились аппетит и подвижность. У остальных телят после СВЧ- терапии было отмечено улучшение общего состояния.

ЭМИ миллиметрового диапазона длин волн было использовано для лечения эмфиземы легких у жеребца. Заболевание было связано с кашлем, хрипотой, жестким напряженным дыханием, сильным переутомлением. После десяти сеансов КВЧ- терапии было установлено выздоровление. Признаки эмфиземы исчезли, появился аппетит, общий тонус повысился.

Применение КВЧ- терапии позволило вылечить восемь телят айширской породы в возрасте 3...4 месяцев, больных бронхопневмонией. У телят наблюдались: кашель, повышенная температура, угнетенное состояние, отказ от корма. У семи телят было средней тяжести, а у одного очень тяжелое. В течение трех дней КВЧ- терапию применяли с экспозицией по 40 минут, а в последующие дни – по

30 минут. После 6 сеансов было установлено улучшение состояния у всех животных: кашель прекратился, температура нормализовалась, животные стали принимать корм. Полное выздоровление наступило через восемь сеансов.

ЭМИ миллиметрового диапазона применяют и для лечения мастита у коров.

По данным работ, корова, пораженная маститом, теряет до 15% годовой молочной продукции, зачастую выбраковывается. Современное лечение мастита у коров связано с использованием большого количества антибиотиков. Антибиотики с мясом и молоком поступают в организм человека и приводят к появлению у него устойчивых рас микробов. Поэтому немедикаментозное лечение мастита у коров является особенно актуальным.

Подтверждена положительная роль облучения волнами миллиметрового диапазона при лечении злокачественных опухолей, регенерации мягких и костных тканей.

В работах было отмечено, что ЭМИ способствует быстрому заживлению ран без применения антибиотиков и других препаратов. В исследованиях было использовано 95 м коров: с гнойными ранами 36 голов; с абсцессов вымени 43 коровы, после операционными ранами 13 коров; с экземой 3 коровы. У животных с гнойными ранами была выявлена кокковая микрофлора: стафилококки (*St. Aureus*) 85,5%; стрептококки (*str. Agalastial*) 12,3%; 3,2% другие микроорганизмы. Для лечения инфекционных ран кожного покрова животных было применено излучение миллиметрового диапазона с частотой 36,72 ГГц на расстоянии 25 см от раны с плотностью потока мощности 5 Вт/м^2 и экспозицией 4 мин, утром и вечером. проведенные исследования показали, что электромагнитное излучение миллиметрового диапазона ускоряет процесс регенерации тканей инфекционных ран, что подтверждается увеличением фибробластов в размерах их цитоплазмы, ядер, массой произведенных коллагеновых волокон. При восстановлении кожного покрова животных электромагнитное излучение стимулирует иммунную систему организма, оказывает бактерицидное влияние на ткань, усиливает обменные процессы в организме животных.

В работе установлено, что микроволновое излучение с параметрами: частота 3,75 ГГц; плотность потока мощности 10 Вт/м^2 ; экспозиция 15...16 мин, при переломах костей КРС вызывает ускоренное костеобразование. Из опыта следует, что на 3 сутки после облучения перелома появляется мелкопелистый регенерат, который на 14 сутки образует регенерат, состоящий из вновь образованной пластинчатой кости, при этом имело место рассасывание и замена старого вертикального слоя вновь образованным, с сохранением костно-мозговой полости.

В производственных условиях было проведено лечение 7 коров и 8 телят с диагнозом серозный переоостит плюсневелой кости. Лечение проводили при тех же параметрах СВЧ в течении 10 суток, по 15 мин в сутки. После 10 суток лечения животные выздоровели.

В работе было отмечено изменение всасывательной и секреторной деятельности желудка и кишечника животных при гастрите и энтерите и восстановление этих функций при воздействии на организм микроволнового излучения. Накоплен обширный клинический и экспериментальный материал, свидетельствующий об изменениях иммунного статуса больных людей и экспериментальных животных после воздействия ЭМП мм-диапазона низкой интенсивности, обусловленных изменением активности иммунокомпетентных клеток.

Продемонстрировано, что электромагнитное крайневысокочастотное излучение низкой интенсивности снижает поглощение йода тиреоидной тканью. Это является экспериментальным обоснованием использования КВЧ-излучения в комплексной терапии интоксикации радиоiodом в качестве радиопротекторного воздействия. Доказано эффективность использования мм-диапазона как монотерапии, так и в комбинации с традиционной медикаментозной терапией при лечении больных ишемической болезнью сердца.

При стенокардии ЭМП способствуют уменьшению частоты приступов и переходу прогрессирующей стенокардии в стабильную, росту при этом резервных возможностей и аэробной мощности миокарда, что коррелирует с показателем физической работоспособности больных. Получена доказанность эффективного использования ЭМП при лечении гастродуоденальных язв, лечение неврологиче-

ских больных, лечение больных с гиперпластическими процессами в матке, в комбинированном лечении ортопедических больных, заболеваний урологического профиля, при лечении больных хроническим необструктивным бронхитом.

Данные многочисленных исследований позволили предположить, что выбором биотропных параметров ЭМИ, можно добиться благоприятного влияния на ход лечения при многих болезнях, с которыми данный вид организмов может бороться. Доказано, что сигналы, подобные ЭМП, вырабатываются и используются в определенных целях самим организмом, а внешнее облучение лишь имитирует их. Проникая в организм, эти излучения на определенных (резонансных) частотах трансформируются в информационные сигналы, осуществляющие управление и регулирование восстановительными процессами или приспособительными процессами в нем.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что методы электромагнитной терапии представляют значительный интерес для ветеринарной практики. Широкое применение фармакологических препаратов, содержащих антибиотики, гормоны и другие химические средства, приводят зачастую к негативным явлениям, накоплению их в организме, снижению качества продуктов животноводства, что может вызывать болезни людей. Электромагнитное излучение при воздействии на патологические процессы в организме животных приводят к понижению рецепторной чувствительности, уменьшению длительности фазы восстановления и интерстициального отёка, активизации регенеративных процессов, ускорению и коррекции гормональной и ферментативной систем, улучшению микроциркуляции крови и лимфы. При соответствующих параметрах ЭМП, воздействующего на кровь животного, улучшается транспорт питательных веществ и отработанных продуктов метаболизма, поддержания водного баланса тканей, перенос активных субстанций, регулирующих характер и активность обменных процессов в клетках и тканях.

В связи с тем, что проблемы воспалительных заболеваний яичников маточного поголовья КРС является до настоящего времени актуальной, ввиду большой частоты осложнений и низкой эффективности проводимой традицион-

ной терапии, нередко приводящей к потере воспроизводства. При этом следует отметить, что эффективное лечение акушерско-гинекологических заболеваний животных можно ожидать от действия информационных ЭМП с оптимальными биотропными параметрами. Однако определение оптимальных параметров ЭМП для лечения животных, требует разработки моделей, учитывающих параметры воздействующего ЭМП и параметры гинекологических органов животных.

ВЫВОДЫ

Основными болезнями яичников у коров, чаще всего, встречаются: воспаление яичников (овариит) – до 15%; гипофункция яичников – до 30%; персистентное жёлтое тело – до 90%; киста яичников – до 30%; атрофия яичников – до 40%; склероз яичников – до 10%, от числа бесплодных коров.

В современных условиях для лечения болезней и расстройства функции яичников коров используются антибиотики, гормоны и другие химические препараты. Тем не менее, терапевтическая эффективность остаётся низкой, так как при назначении лечебных мероприятий не учитывается сложный многокомпонентный комплекс в регуляции половой функции и динамика содержания гормональных рецепторов и чувствительности к гормонам соответствующих компетентных структур.

Кроме того, антибиотики и другие медикаменты, попадая в организм человека через молоко и мясо коров, угнетают иммунитет, поражают печень и другие органы, что приводит к различным заболеваниям. Поэтому немедикаментозное лечение яичников у коров является актуальной задачей.

Литературный анализ показывает, что лечение болезней яичников у коров возможно на основе применения информационного электромагнитного излучения КВЧ диапазона.

Анализ взаимодействия информационного ЭМП на клеточном уровне показывает, что электромагнитное информационное излучение следует воспринимать как тончайший инструмент почти безграничного влияния на биологические процессы в живом организме. Однако, желаемые изменения свойств биологических объектов могут быть получены только при оптимальном сочетании биотропных параметров воздействующего ЭМП (частота, плотность потока мощности, экспозиция, модуляция, поляризация). Определение которых, связано как с теоретическими работами, исследующими процесс взаимодействия информационных ЭМП с яичниками коров, с учётом их морфологического строения и электрофизических

свойств, так и антенными системами для внутриутробного лечения, что является актуальной задачей.

Таким образом, целью данной работы есть создание электронной системы и информационного электромагнитного метода для внутриутробного лечения болезней и расстройства функции яичников маточного поголовья крупного рогатого скота.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Полянцев Н. И. Воспроизводство стада в скотоводстве и свиноводстве / Н. И. Полянцев, Б. А. Калашник. – Москва : Агропромиздат, 1991. - 144 с.
2. Полянцев Н. И. Воспроизводство в промышленном животноводстве / Н. И. Полянцев. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 240 с.
3. Багманов М. А. Диагностика, лечение и профилактика заболеваний животных / М. А. Багманов. – Ульяновск: УСХИ, 1999. 25 с.
4. Dulores P. Increase incidence of retained placenta associated with heat stress in dairy caustheriogenology / P. Dulores, D. Williams. – 1980. – V. V. – №2. – P. 115 – 121.
5. Lomba F. Aspects du syndrome part dans cinq grandes exploitations baines. Frequence et repercussions / F. Lomba // Ann. MedVeter. – 1980. – V.24. – №18. – P. 577 – 584.
6. Мисайлов В. Д. Меры борьбы с бесплодием яловостью коров / В. Д. Мисайлов. – Улан-Удэ, 1976. – 77 с.
7. Зверев Г. В. Гинекологические болезни коров / Г. В. Зверев. – Киев: Урожай, 1976. – 150 с.
8. Батраков А. Я. Ветеринарное обслуживание промышленного скотоводства / А. Я. Батраков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 195 с.
9. Боль К. Г. Основы патологической анатомии сельскохозяйственных животных / Б. Г. Боль. – М.: Сельхозгиз; 1961. – 572 с.
10. Гормональная регуляция размножения у млекопитающих: Пер. с англ. / Под ред. К. Остина и Р. Шорта. - М.: Мир, 1987. - 305 с.
11. Konermann H. Die Weichen truh auf erneutes Tragen werden stellen / H. Konermann // Landwirtschaft. Wochen. – Blatt. – 1979. – №139(48) – P. 24 – 26.
12. Гончаров В. П. Акушерство, гинекология и биотехника размножения животных / В. П. Гончаров, Д. А. Черепашин. – М.: Колос, 2004. – 328 с.
13. Гончаров В. П. Профилактика и лечение гинекологических заболеваний коров / В. П. Гончаров, В. А. Карпов. – М.: Россельхозиздат, 1981 – 190 с.
14. Медведев Г. Ф. Послеродовые изменения в половых органах коров / Г. Ф. Медведев // Ветеринария. – 1981. – №1. – С. 58 – 61.
15. Михайлов Н. Н. К профилактике бесплодия заразной этиологии у сельскохозяйственных животных / Н. Н. Михайлов // Тр. ВИЭВ. М. – 1979. – Т.49. – С. 53 – 58.