

№ держреєстрації: 0116U002726

Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18
Тел. (0619)42-06-94

ЗАТВЕРДЖУЮ

директор НДІ МЗПУ

д.т.н. _____ В.Т. Надикто

« ____ » _____ 2019 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

(проміжний січень 2019 – грудень 2019)

Програма 5: «Ресурсоенергозберігаючі режими передачі і перетворення енергії в агропромисловому комплексі»

Підпрограма 5.1: «Ресурсоенергозберігаючі експлуатаційні режими роботи силового електрообладнання, енергозберігаючі біотехнічні системи»

Завідувач відділу: _____ д.т.н. В.Т. Діордієв

Завідувач лабораторії: _____ к.т.н. С.О. Квітка

2019

Результати роботи розглянуто НТР

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2019 р.

СПИСОК АВТОРІВ

К.т.н., доцент	Розділ 5.1.1
Квітка С.О.	Етап 5.1.1.4
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.1
Вовк О.Ю.	Етап 5.1.1.4
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.1
Курашкін С.Ф.	Етап 5.1.1.4
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.2
Нестерчук Д.М.	Етап 5.1.2.4
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.2
Попова І.О.	Етап 5.1.2.4
Ст. викладач	Розділ 5.1.3
Ковальов О.В.	Етап 5.1.3.4
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.4
Постнікова М.В.	Етап 5.1.4.4
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.5
Попрядухін В.С.	Етап 5.1.5.4
Асистент	Розділ 5.1.5
Речина О.М.	Етап 5.1.5.4

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 5.1.1 Розробка ресурсозберігаючих пристроїв контролю і захисту силового електрообладнання.

Етап 5.1.1.4 Розробка пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ. 4

РОЗДІЛ 5.1.2 Розробка та удосконалення системи прогнозування, моніторингу та захисту силового електрообладнання.

Етап 5.1.2.4 Розробка схем електричних принципів моніторингу трифазних асинхронних електродвигунів. 18

РОЗДІЛ 5.1.3 Розробка та удосконалення енергозберігаючої електромеханічної системи обробітку ґрунту.

Етап 5.1.3.4 Обґрунтування та розробка системи керування електродвигуном приводу електромеханічної системи обробки ґрунту. 28

РОЗДІЛ 5.1.4 Розробка та обґрунтування енергозберігаючих режимів роботи обладнання на підприємствах зберігання та обробки зернових культур.

Етап 5.1.4.4 Теоретичні дослідження впливу режимних параметрів робочих машин елеваторів на електроспоживання. 41

РОЗДІЛ 5.1.5 Розробка енергозберігаючих біотехнічних систем у рослинництві та тваринництві.

Етап 5.1.5.4 Аналітичний аналіз антенної системи для лікування запалених яєчників тварин. 59

РОЗДІЛ 5.1.1

РОЗРОБКА РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Етап 5.1.1.4 Розробка пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ.

ВИКОНАВЦІ

к.т.н., доцент

Квітка Сергій Олексійович

к.т.н., доцент

Вовк Олександр Юрійович

к.т.н., доцент

Курашкін Сергій Федорович

РЕФЕРАТ

Звіт з НДР 5.1.1.4: 14 с., 0 табл., 6 рисунків, 4 посилання.

СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР, ДІАГНОСТУВАННЯ, ІЗОЛЯЦІЯ ОБМОТКИ, ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ, ТЕМПЕРАТУРА ОБМОТКИ, ШВИДКІСТЬ ВИТРАТА РЕСУРСУ.

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

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.

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); запропоновано структурну і принципову схему, а також прототип пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів, використання якого дозволить зменшити додаткове теплове зношення ізоляції під час аномальних режимів роботи.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	8
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	8
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
ВИСНОВКИ	15
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	17

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. В агропромисловому комплексі щорічно з ладу виходять 8-10% силових трансформаторів. Вихід з ладу джерела електропостачання може спричинити значні економічні втрати за рахунок недовипуску продукції та послуг десятками об'єктів енергоспоживання [1].

Згідно розподілу основних пошкоджень силових трансформаторів потужністю 63-250 кВА в Мелітопольському районі за останні п'ять років на вводи з боку високої напруги приходиться 21%, на ізоляцію обмоток – 57%; на течію трансформаторного масла – 9%, на магнітопроводи – 4-5% [2].

Вагому роль у забезпеченні надійності силових трансформаторів відіграють природні процеси старіння ізоляції обмоток під впливом експлуатаційних факторів. Тепловий знос ізоляції відіграє головну роль у загальному її зношенні. Більшість факторів приводять саме до підвищення нагріву ізоляції і підвищенню її теплового зносу. В значній мірі на надійність впливає розташування трансформаторних підстанцій на значній відстані від центру обслуговування, їх розпорошення на значних площах, відсутнє регулярне обслуговування КТП, а також інформація про поточні режими роботи.

Одним із шляхів підвищення надійності силових трансформаторів є розробка і впровадження пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів. Для підвищення оперативності обслуговування споживчих КТП можливе застосування віддаленого контролю на базі однієї з бездротових технологій, як варіант – найбільш розвиненої GSM мережі.

Дистанційне діагностування стану режимів роботи силового трансформатора дозволяє своєчасно отримати інформацію про виникнення нештатної ситуації, що, в свою чергу, скорочує експлуатаційні витрати, забезпечує надійність та якість електропостачання споживачів [3].

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

- 1.1 Дослідити теплові процеси, які протікають в силових трансформаторах.
- 1.2 Розробити пристрій дистанційного діагностування силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Методика досліджень складається з:

- визначення критеріїв діагностування за допомогою еквівалентної теплової схеми заміщення із застосуванням диференціального вирахування і чисельного аналізу;
- обґрунтування технічних вимог до пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів;
- розробки структурної електричної схеми пристрою діагностування;
- розробки схеми електричної принципової пристрою діагностування.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведемо аналітичне дослідження теплового процесу, який відбувається у силовому трансформаторі під час симетричного перевантаження. Згідно спрощеної теплової схеми заміщення трансформатора (рисунок 1), 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.

Рівняння перевищення температури трансформатора [4] має вид

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

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

T – еквівалентна постійна часу нагріву трансформатора, с;

τ_y – усталене перевищення температури обмотки трансформатора, °С.

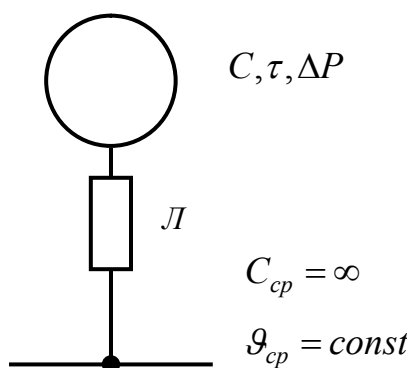


Рисунок 1 – Теплова схема заміщення трансформатора: C – теплоємність трансформатора, Дж/°С; τ – перевищення температури трансформатора над температурою навколишнього середовища, °С; ΔP – втрати активної потужності в трансформаторі, Вт; L – тепловіддача трансформатора в навколишнє середовище, Дж/(с·°С); θ_{cp} – температура навколишнього середовища, °С; C_{cp} – теплоємність навколишнього середовища, Дж/°С.

Якщо задатися припустимим значенням перевищення температури обмотки трансформатора τ_{np} , то зі збільшенням кратності струму перевантаження зменшується припустимий час t_{np} , за який температура обмотки досягне граничного значення.

За умови $\tau = \tau_{np}$, $t = t_{np}$, $\tau_{noch} = 0$ рівняння (1) прийме вигляд

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

завдяки чому припустимий час роботи трансформатора при перевантаженні

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

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

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

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.

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

де I – діюче значення сили струму перевантаження, А;

I_H – номінальне діюче значення сили струму трансформатора, А.

Постійна часу нагріву трансформатора як системи двох тіл

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

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_H – номінальні втрати активної потужності в трансформаторі, Вт.

Згідно дослідження на підставі рівнянь нагріву були отримані графіки перевищення температури обмотки трансформатора ТМ-250/10 $\tau = f(t)$ під час симетричного перевантаження від 20 до 60 відсотків відносно номінального режиму роботи (рисунок 2).

Це дозволило побудувати перевантажувальну характеристику трансформатора і оцінити вплив перевантаження на час припустимої роботи силового трансформатора – час, за який перевищення температури обмотки досягне значення τ_{np}

залежить від кратності перевантаження k і скорочується якщо кратність зростає (рисунок 3).

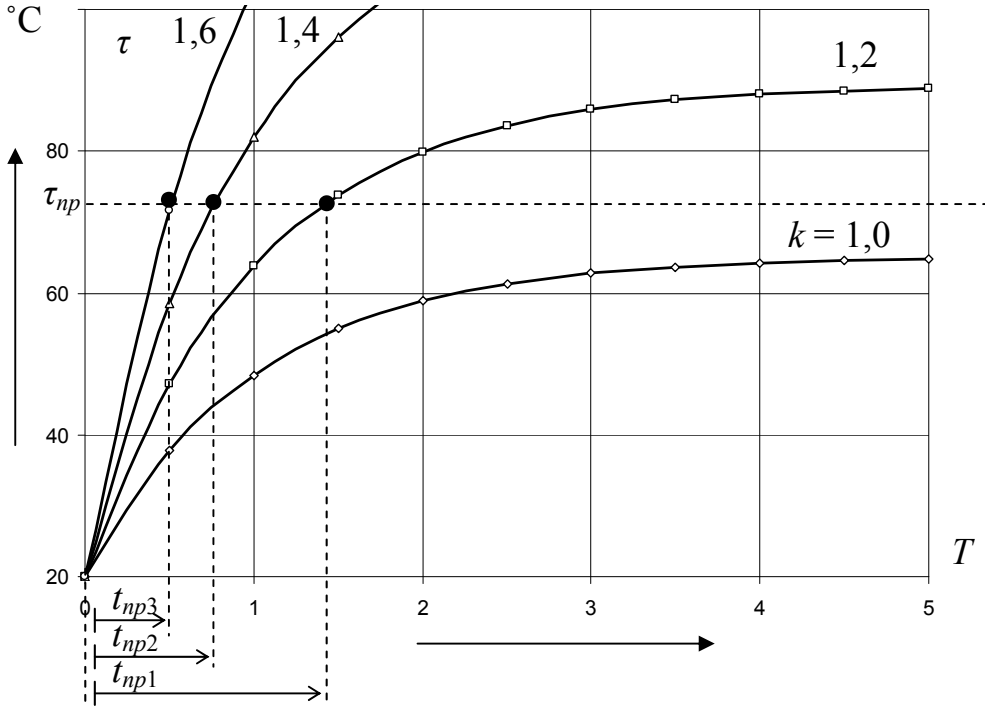


Рисунок 2 – Залежності $\tau = f(t)$ трансформатора ТМ-250/10

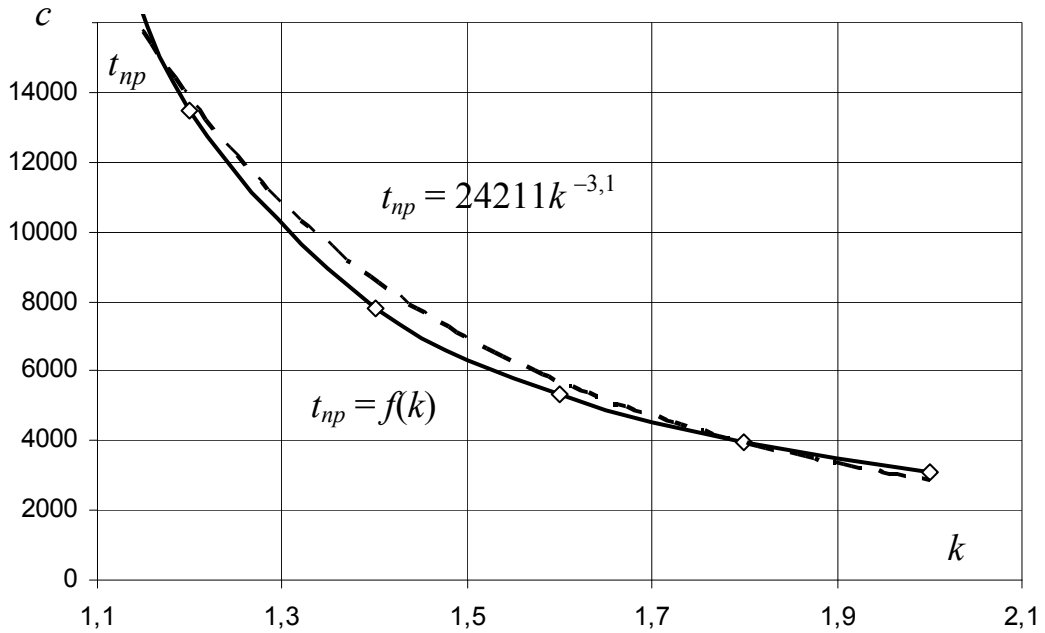


Рисунок 3 – Залежність припустимого часу роботи трансформатора ТМ-250/10 t_{np} від кратності струму перевантаження k

Під час перевантаження відбувається надмірний тепловий знос ізоляції. 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 зростає вдвічі.

Швидкість теплового зносу ізоляції силового трансформатора в результаті впливу тривалого перевантаження визначається рівнянням:

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B\left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\theta}\right)}, \quad (7)$$

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

B – температурний коефіцієнт, що характеризує клас ізоляції, К; для класу ізоляції A коефіцієнт $B = 9500 \text{ К}$ [4];

θ_n – номінальна абсолютна температура ізоляції, К;

θ – поточна абсолютна температура ізоляції, К.

Поточна абсолютна температура ізоляції визначається за формулою

$$\theta = \tau + \vartheta_{cp} + 273, \quad (8)$$

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

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

За результатами аналітичного дослідження отримані залежності швидкості теплового зносу ізоляції від кратності перевантаження і температури навколишнього середовища $\varepsilon = f(k)$ (рисунок 4).

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.

В результаті проведених досліджень запропоновано структурну схему пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів (рисунок 5).

Пристрій складається з:

– первинного перетворювача струму (ПС);

- первинного перетворювача температури навколишнього повітря (ПТП);
- первинного перетворювача трансформаторного масла (ПТМ);
- первинного перетворювача витoku трансформаторного масла (ПВМ);
- мікроконтролера (МК) до складу якого входить вбудований АЦП;
- GSM-модуля (GSM) SIM900;
- SIM картки (SIM);
- виконуючого органу (ВО1-ВО3);
- контролера живлення (КЖ);
- антени (ANT).

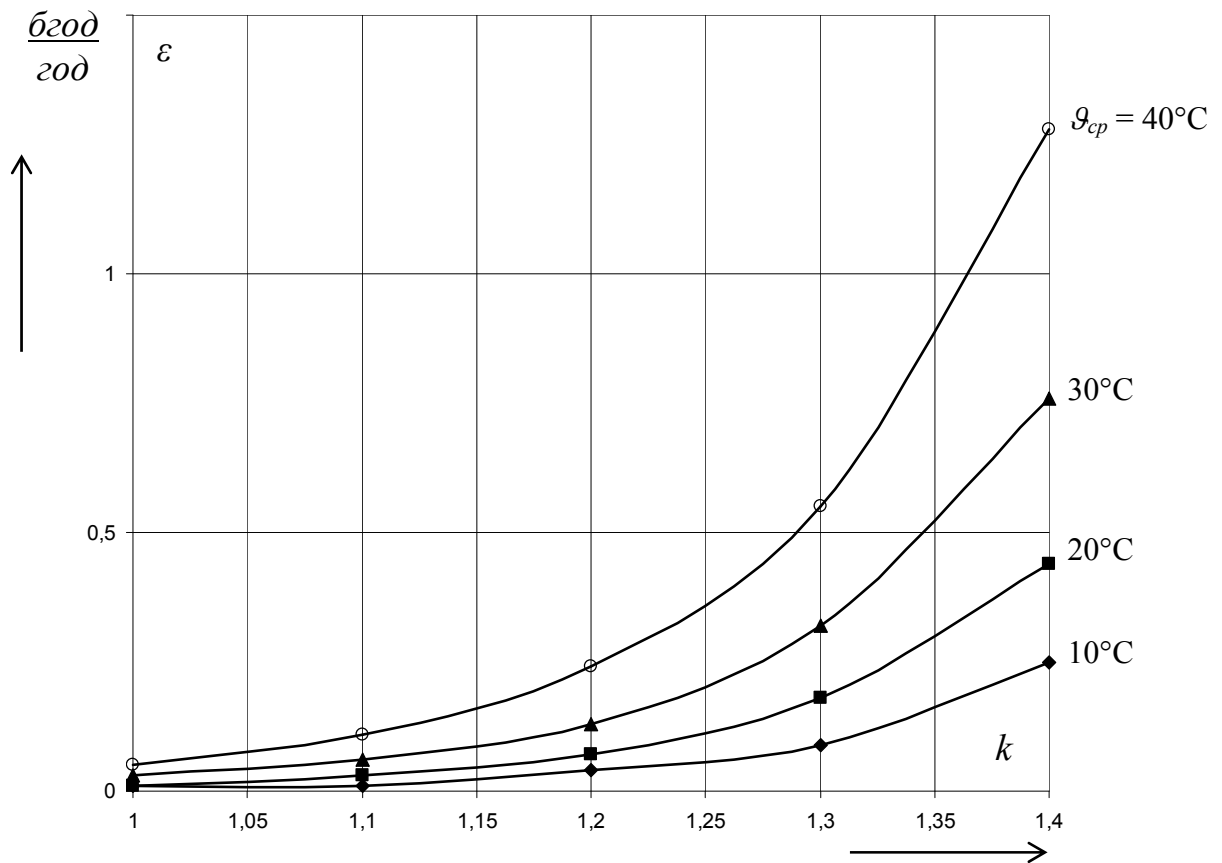


Рисунок 4 – Залежності швидкості теплового зносу ε ізоляції від кратності перевантаження k і температури навколишнього середовища T_{cp}

Запропонований пристрій працює наступним чином. Первинним перетворювачем струму вимірюється середнє квадратичне значення діючого струму навантаження силового трансформатора, одночасно з цим відбувається вимірювання тем-

ператури навколишнього повітря та температури масла в баку трансформатора. Мікроконтролер МК за даними, що отримує від первинних перетворювачів ПС, ПТП, ПТМ розраховує припустимий час перевантаження. Через програмно встановлені проміжки часу пристрій за допомогою GSM-модуля передає виміряні та розраховані данні за номером встановленої SIM картки на WEB-сервер до бази даних. Дані на сервері зберігаються необмежено в часі в архіві і можуть бути експортовані в формат Excel для подальшої фільтрації, обробки або формування звітів.

По закінченню відрахованого припустимого часу перевантаження мікроконтролером формується сигнал на відключення за допомогою одного з каналів ВО1-ВО3, до якого підключається виконуючий орган, який відключає КТП від високовольтної мережі. Одночасно з цим без витримки у часі данні про аварійне відключення відправляються як на WEB-сервер, так і у вигляді SMS-сповіщення оператору, що обслуговує цю КТП.

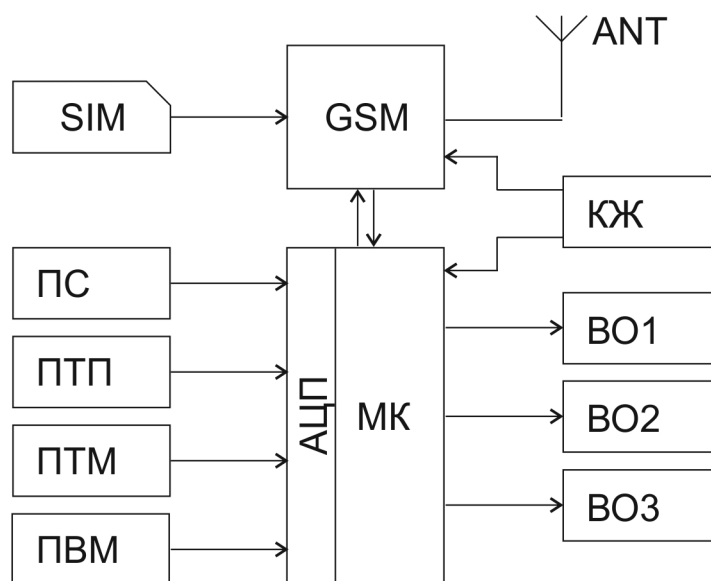


Рисунок 5 – Структурна схема пристрою дистанційного діагностування

Живлення пристрою здійснюється від джерела живлення постійного струму 12 В з можливістю автономного живлення від акумуляторної батареї. Робочий температурний діапазон пристрою – від -30 °С до + 80 °С.

На підставі структурної була розроблена принципова електрична схема пристрою дистанційного діагностування силового трансформатора, яка представлена на рисунок 6.

Пропонований пристрій дистанційного діагностування дозволить отримувати поточну інформацію про режими роботи споживчих підстанцій, своєчасно реагувати на виниклі неполадки в їх роботі. Це дасть можливість оперативного втручання в роботу споживчих підстанцій з метою підтримки якості електричної енергії та надійності електропостачання споживачів, а також скоротить експлуатаційні витрати на їх обслуговування.

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 ніж 30 °С,

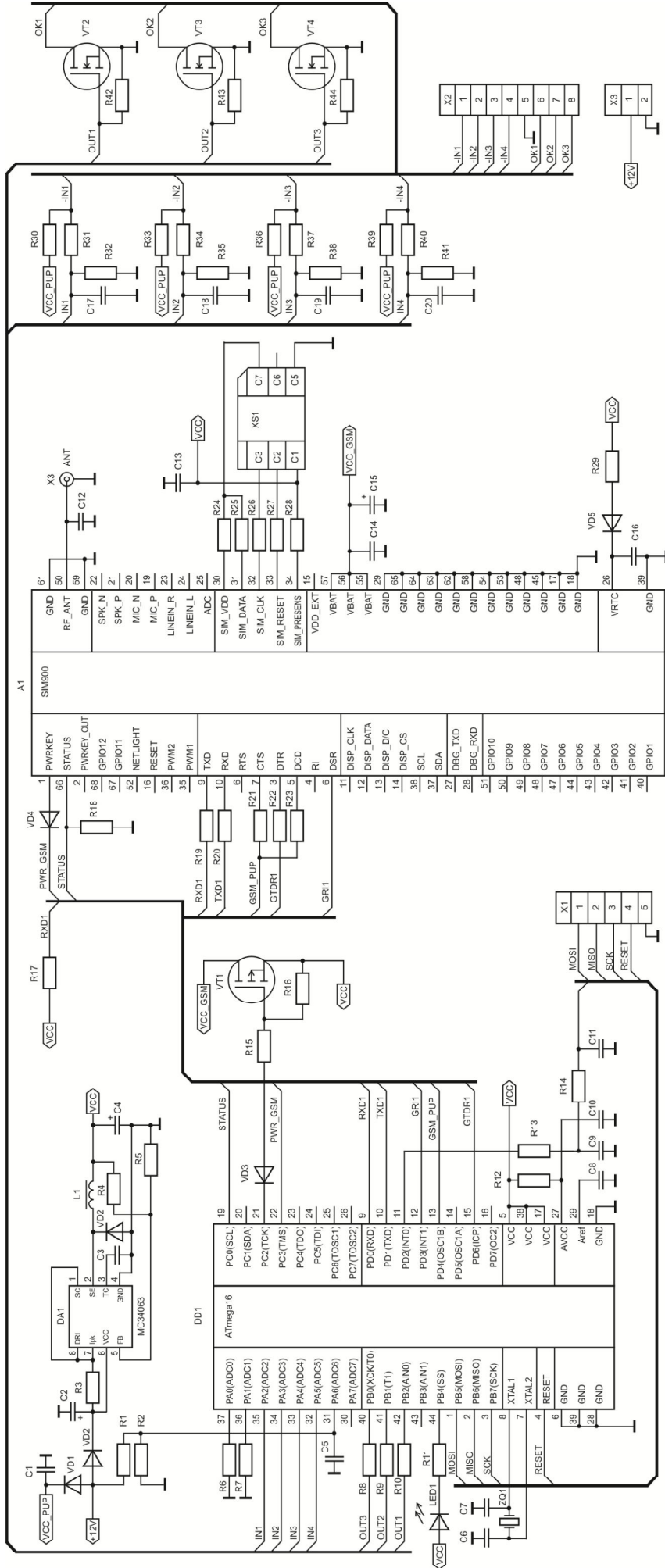


Рисунок 6 – Принципова електрична схема пристрою дистанційного діагностування

через що трансформатор може довготривало працювати при значному перевантаженні при низькій температурі навколишнього середовища.

7. Запропоновано структурну і принципову електричні схеми пристрою дистанційного діагностування силових трансформаторів КТП 10/0,4 кВ, використання якого дозволить отримувати поточну інформацію про режими роботи споживчих підстанцій, своєчасно реагувати на виниклі неполадки в їх роботі та підвищить надійність електропостачання споживачів, а також скоротить експлуатаційні витрати на обслуговування КТП.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Курашкін С.Ф. Механізм пошкодження елементів конструкції силового трансформатора / С.Ф. Курашкін, І.О. Попова І.О. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Технічні науки. // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Вип. 186 – Харків: ХНТУСГ, 2017. – С.62-63.

2. Попова І.О. Причини і наслідки пошкоджень силових трансформаторів сільських споживчих підстанцій / І.О. Попова, С.Ф. Курашкін, В.С. Попрядухін // Збірник наукових праць XXXI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди, 2017. – Вип. 31. – С.618-621.

3. Курашкин С.Ф. Пути повышения надежности электроснабжения и качества электрической энергии в АПК / С.Ф. Курашкин, В.В. Овчаров // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, Т.5. – с.182–186.

4. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168с.

РОЗДІЛ 5.1.2

РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ, МО- НІТОРИНГУ ТА ЗАХИСТУ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Етап 5.1.2.4 Розробка схем електричних принципових пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів

ВИКОНАВЦІ

К.т.н., доцент

Нестерчук Діна Миколаївна

К.т.н., доцент

Попова Ірина Олексіївна

РЕФЕРАТ

Звіт з НДР 5.1.4.4: 10 с., 0 табл., 2 рисунків, 5 посилань.

АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ПРИСТРІЙ, ПРОГНОЗУВАННЯ, МОНІТОРИНГ, ЗАХИСТ, ТРИФАЗНИЙ АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРНА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА.

Об'єкт дослідження: процес функціонування системи прогнозування, моніторингу та захисту асинхронного електродвигуна (АД) з короткозамкненим ротором.

Предмет дослідження: закономірності теплового зношування ізоляції асинхронних електродвигунів в експлуатаційних умовах.

Мета роботи: підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів в експлуатаційних умовах.

Методи досліджень: метод системного підходу та метод структурно-функціонального підходу.

В результаті проведених досліджень:

- запропонована схема електрична структурна пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів;
- розроблена схема електрична принципова пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів, що дозволить підвищити експлуатаційну надійність електродвигунів на 10 -15 %;
- аналітично розраховані показники надійності роботи розробленого пристрою.

ЗМІСТ

ВСТУП	21
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	22
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	22
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
ВИСНОВКИ	26
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	27

ВСТУП

Перетворення електричної енергії в механічну за допомогою трифазних асинхронних електродвигунів (АД) дозволяє легко і економічно вигідно приводити в рух різноманітні робочі машини та механізми технологічних ліній. Сучасні стандарти більшості країн світу висувають все жорсткіші умови щодо безпечної експлуатації АД. Вітчизняний та закордонний досвід показує популярність АД, але їхньому оптимальному використанню перешкоджає висока пошкоджуваність. Відмова АД може призвести до зупинки робочої машини, тому основним чинником безаварійної роботи АД є його надійність під час експлуатації. Одним із шляхів скорочення браку продукції на виробництві та підвищення надійності обладнання є прогнозування виходу з ладу за допомогою методів діагностування, моніторинг найбільш розповсюджених несправностей та захист АД від аварійних експлуатаційних режимів [1, 2, 3].

Трифазні асинхронні електродвигуни є головною складовою електромеханічної системи (ЕМС), однак постійного контролю параметрів потребують всі її складові: «мережа живлення – перетворювач – електродвигун», а також їх коливання, зміни, взаємовплив.

Цілком очевидно, що впровадження надійної й ефективної системи діагностування та захисту АД від аварійних режимів роботи дозволить зменшити кількість та частоту аварійних ситуацій, подовжити термін служби електродвигунів та підвищити їх експлуатаційну надійність. Найбільшу ефективність забезпечує діагностування в режимі функціонування з визначення дефектів на ранніх стадіях розвитку.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Розробити схему електричну структурну пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів;

1.2 Розробити схему електричну принципову пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів;

1.3 Аналітично розрахувати показники надійності роботи пристрою.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета досліджень – це підвищення експлуатаційної надійності трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором шляхом розробки та впровадження пристрою моніторингу та захисту електродвигунів на базі отриманих результатів теоретичних та аналітичних досліджень.

Для досягнення поставленої мети та для виконання програми досліджень розроблена методика досліджень, яка складається з:

- обґрунтування технічних вимог до пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів;
- розробки та опису структурної схеми пристрою;
- розробки та опису схеми електричної принципової пристрою;
- розрахунку показників надійності роботи пристрою.

Запропонована методика досліджень є формалізованим описом методів наукового дослідження, а саме методу системного підходу та методу структурно-функціонального підходу.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Пристрій моніторингу та захисту трифазних АД призначений для контролю фазних струмів АД з автоматичним відключенням при аномальних режимах роботи.

При обґрунтуванні структури пристрою та його функціонального виконання стало доцільним сформулювати технічні вимоги:

- захист електродвигунів при тривалих технологічних перевантаженнях;
- захист електродвигунів при невірних процесах пуску та гальмуваннях;
- захист електродвигунів при заклинюваннях ротора;
- виконання алгоритму функціонування мікропроцесорного пристрою з обробкою вхідних параметрів для отримання результатів вимірювань на диспетчерському пульті;
- стабілізація напруги живлення.

Схема електрична структурна розробленого пристрою наведена на рисунку 1 [4]. Пристрій містить модуль моніторингу роботи АД та блок захисного відключення АД.

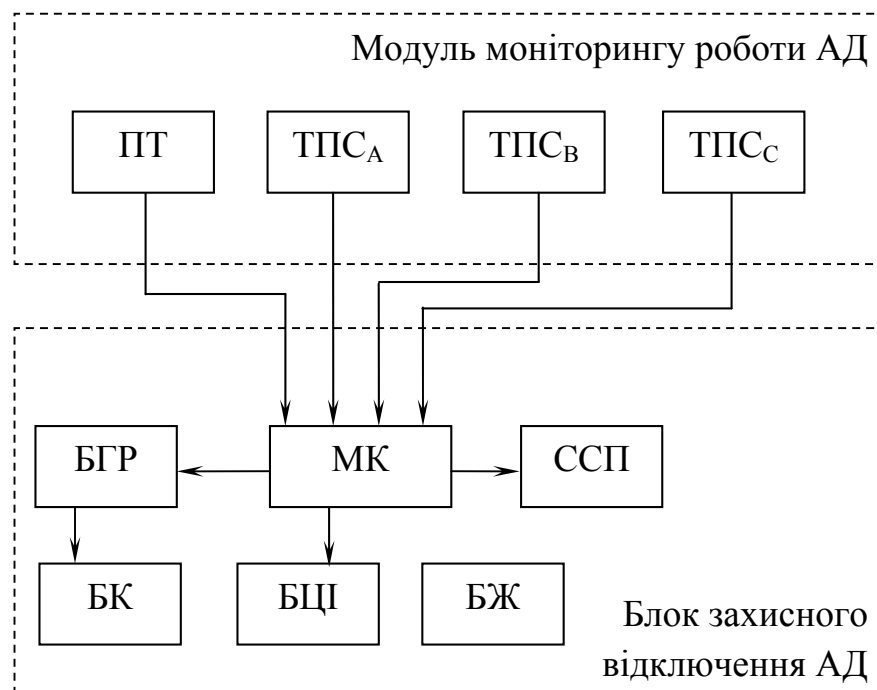


Рисунок 1 – Схема електрична структурна пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів

Згідно рисунку 1 модуль моніторингу роботи АД містить:

- три трансформаторні перетворювачі фазних струмів – ТПФС_А, ТПФС_В, ТПФС_С;
- перетворювач температури – ПТ.

Блок захисного відключення містить:

- блок обробки вимірювальної інформації на базі мікроконтролера – МК;

- блок керування магнітним пускачем електродвигуна – БК;
- світловий сигналізаційний пристрій – ССП;
- блок живлення – БЖ;
- блок вводу даних – БВД;
- блок цифрової індикації – БЦІ;
- блок гальванічної розв'язки – БГР.

Слід відзначити, що первинна обмотка трансформаторних перетворювачів фазних струмів вмикається послідовно відносно лінійного проводу, що живить електродвигун. Вторинна обмотка такого перетворювача формує електричний сигнал, пропорційний первинному струму, який надходить на відповідні порти мікроконтролера.

Схема електрична принципова пристрою наведена на рисунку 2 [4].

Блок вимірювання фазних струмів, який складається з трьох трансформаторних перетворювачів струму ТА1...ТА3, первинні обмотки яких вмикаються послідовно відносно лінійних проводів, що живлять електродвигун. Сигнали з вторинних обмоток трансформаторів струму надходять через блок обробки сигналу (резистори R1...R9, конденсатори C1...C3 та діоди VD1...VD4) на відповідні порти мікроконтролера DD2. Елементи XT1, C4 та C5 задають тактову частоту генератора мікроконтролера.

Блок керування магнітним пускачем KM1 реалізований на резисторах R21, R23, оптопарі U1 та симисторі VS1, який включений до коло живлення котушки електромагнітного пускача електродвигуна.

Світловий сигналізаційний пристрій містить два світлодіоди LED1 та резистора R19 – «робота» та LED2 та резистора R20 – «аварія».

Блок живлення реалізований на елементах: конденсатори C6, C7, C8, діоди VD5, VD6, та резистор R17, R18.

Для ручного вводу даних та керування пристроєм схемою передбачений блок вводу даних - це клавіатура з кнопками SB1 «Set», SB2 «Left», SB3 «Up», SB4 «Down», SB5 «Right», SB6 «Reset» та резистори R11...R16.

Оцінкою надійної роботи розробленого пристрою є інтенсивність відмов його окремих елементів, час роботи до відмови, ймовірність безвідмовної роботи, які аналітично визначені за літературним джерелом [5] та дорівнюють:

- інтенсивність відмов пристрою $\lambda_{\Sigma} = 0,0000446 \quad 1/\text{год}$;
- час роботи пристрою до відмови $T_P = 22000$ годин;
- ймовірність безвідмовної роботи пристрою $p_{\Sigma}(t) = 0,92$.

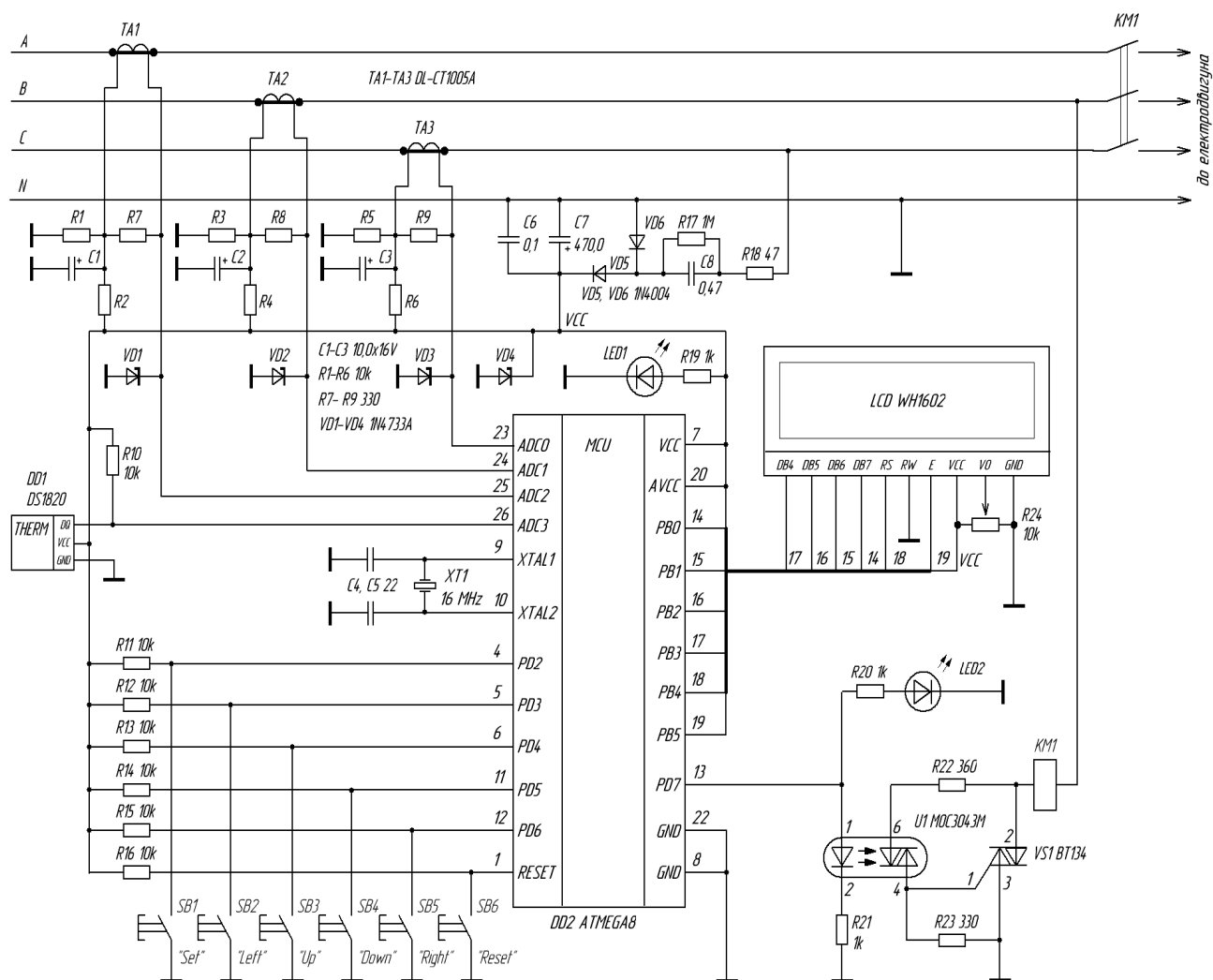


Рисунок 2 – Схема електрична принципова пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів

ВИСНОВКИ

Розробка та впровадження запропонованого пристрою дозволить захищати асинхронних електродвигунів від таких аварійних режимів:

- обриву фази трьох фазної мережі живлення змінного струму;
- тривалих технологічних перевантажень;
- невірних процесів пуску та гальмування;
- заклинювання ротора.

Практичне впровадження розробленого пристрою моніторингу та захисту дозволить підвищити експлуатаційну надійність групи трифазних асинхронних електродвигунів електромеханічної системи «електродвигун - робоча машина».

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. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин / Н.Л. Кузнецов – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
3. Закладний О.О. Захист як одне із завдань системи моніторингу енергетичного стану асинхронного електроприводу / О.О. Закладний // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Осроградського. – 2010. - № 4/2010 (63), частина 2. - С. 135 - 138.
4. Нестерчук Д.М. Діагностування за струмом, як метод захисту електромеханічної системи з асинхронними електродвигунами / Д.М.Нестерчук, С.Ф.Курашкін // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: Електрон. наук. фах. вид. Вип.9, т.2. – Режим доступу: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik>– Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – DOI 10.31388/2220-8674-2019-1-30.
5. Острейковский В. А. Теория надежности: учеб. для вузов /В. А. Острейковский. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.

РОЗДІЛ 5.1.3

РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Етап 5.1.3.4 Обґрунтування та розробка системи керування електродвигуном приводу електромеханічної системи обробки ґрунту

ВИКОНАВЕЦЬ

Старший викладач

Ковальов Олександр Вікторович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 5.1.3.4: 13 с., 0 табл., 6 рисунків, 4 посилання.

ДВИГУН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ, ТЕНЗОМЕТРИЧНИЙ ДАТЧИК, СИСТЕМА ІМПУЛЬСНО-ФАЗОВОГО КЕРУВАННЯ, ЧАСОВА ДІАГРАМА.

Предмет дослідження: система керування електродвигуном приводу електромеханічної системи обробітку ґрунту.

Об'єкт дослідження: процес керування електродвигуном приводу електромеханічної системи обробітку ґрунту.

Мета роботи: Зменшення витрат електроенергії на обробіток ґрунту на 8-10%.

Методи досліджень:

- аналітичний метод дослідження системи керування електродвигуном постійного струму приводу електромеханічної системи обробітку ґрунту на базі малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку.

В результаті проведених досліджень:

- Запропоновано систему керування електродвигуном приводу електромеханічної системи обробітку ґрунту з застосуванням системи імпульсно-фазового керування. Вона забезпечує керування електродвигуном при широкому діапазоні регулювання кутової швидкості в приводі електромеханічної системи обробки ґрунту зі зниженням питомої витрати енергії на 8-10%.

ЗМІСТ

ВСТУП	31
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	32
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
ВИСНОВКИ	39
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	40

ВСТУП

Перспективними для роботи в спорудах захищеного ґрунту є електромеханічні системи обробки ґрунту, як екологічно чисті агрегати. Як показали проведені в Україні випробування макетних зразків з ТЕД, виконаних на шасі агрегатів з ДВЗ, їм властиві такі переваги, як легкість керування, економічність і надійність в роботі, можливість автоматизації технологічних процесів в теплицях, парниках, на присадибних і дачних ділянках.

Тягові електродвигуни постійного струму (ДПС) в наш час знайшли широке застосування в приводі електромобілів, мотоблоків та інших електрифікованих транспортних засобах. Визначається це рядом їх переваг і насамперед високою перевантажувальною здатністю, легкістю керування та економічністю в роботі. Однак наявність в двигуні постійного струму щіточно-контактного вузла і колектора знижує надійність їх роботи та обумовлює підвищення експлуатаційних витрат, що складають за рік 20...30 % вартості двигуна.

Останні досягнення в області створення напівпровідникових елементів відкривають широкі можливості для підвищення ефективності та надійності систем електроприводу. Відносна простота регулювання швидкості та підтримки тягового зусилля на заданому рівні визначило застосування в якості приводного електродвигуна постійного струму послідовного збудження. Отже, виникає необхідність розробки простої та надійної системи керування електродвигуном приводу малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку з використанням сучасної елементної бази.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Обґрунтування та розробка системи керування електродвигуном приводу електромеханічної системи обробки ґрунту

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Якість обробки ґрунту малогабаритними ґрунтообробними мотоблоками залежить від безлічі параметрів. Насамперед від частоти обертання робочих органів, (чи швидкості пересування агрегату), а так само обраних виду і системи обробки ґрунту. Виникає необхідність створення ґрунтообробних машин з оптимізацією енергетичних витрат.

Нерегулюємий електропривод має низькі енергетичні показники і не дозволяє регулювати частоту обертання приводного електродвигуна. Останнє приводить до неякісної обробки ґрунту (недо- чи передрібнювання орного шару) і, як результат, нераціональному використанню електроенергії.

Дослідження електроприводу малогабаритних ґрунтообробних машин (ГОМ) проводиться з урахуванням ДСТУ 3886-99 «Енергозбереження. Системи електроприводу. Метод аналізу і вибору», ДСТУ 3827-98 «Обертові електричні машини. Характеристики машини.», ГОСТ 7217-87 «Машини електричні обертові. Двигуни асинхронні. Методи випробувань».

Дослідження електроприводу малогабаритних ГОМ на базі асинхронного електродвигуна при живленні від однофазного автономного інвертора напруги при зміні проміжної частоти та параметрів фазозсуваючого елемента проводяться з використанням схеми електричної принципової дослідної установки, яка наведена на рисунку 1.

Дослідження існуючих зразків малогабаритної техніки з контролем технологічних параметрів проводиться з урахуванням ГОСТ 20915-75 «Сільськогосподарська техніка. Методи визначення умов досліджень», ГОСТ 24057-88 «Техніка сільськогосподарська. Методи експлуатаційно-технічної оцінки машинних комплексів, спеціалізованих і

універсальних машин на етапі випробувань», ГОСТ 28516-90 «Фрези ґрунтооброблюючі. Загальнотехнічні умов».

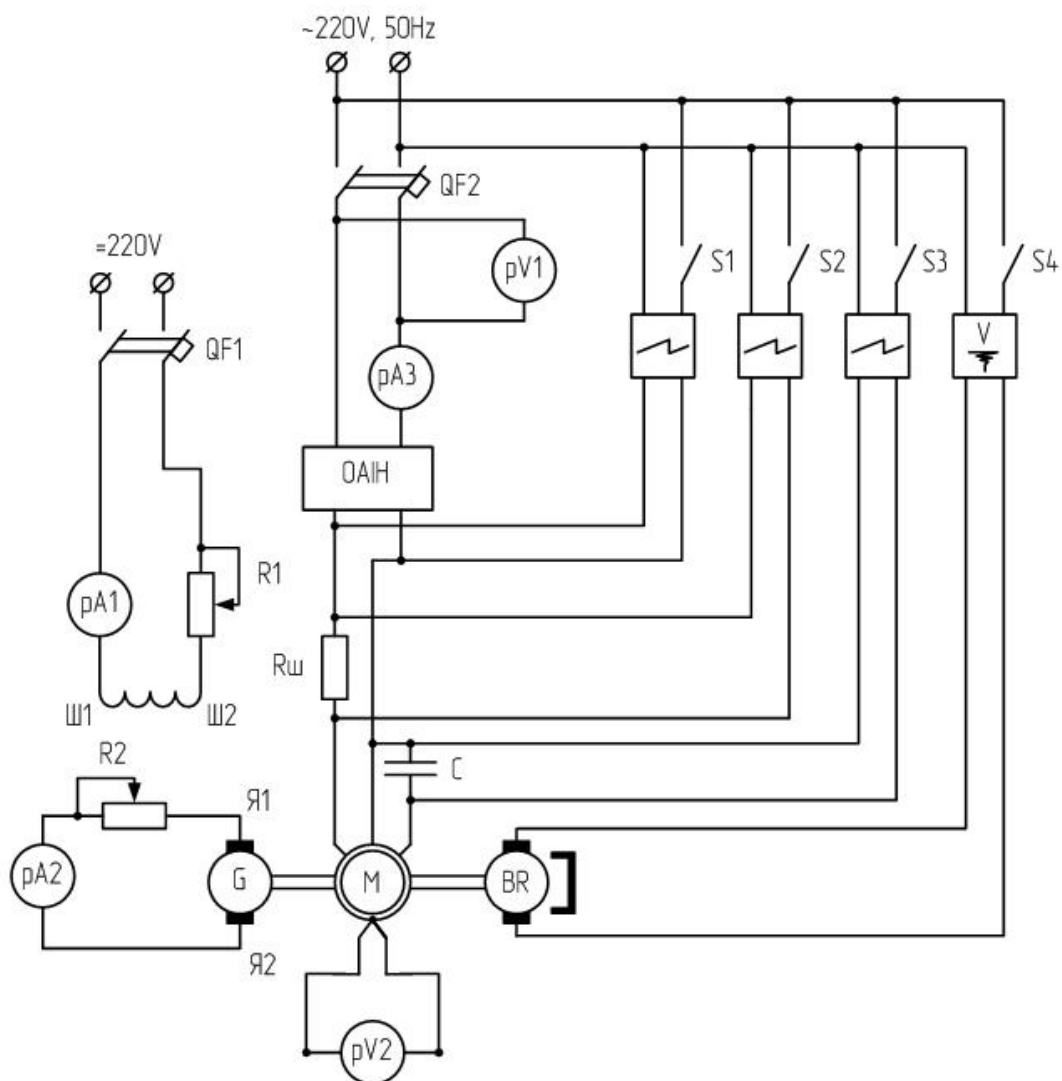
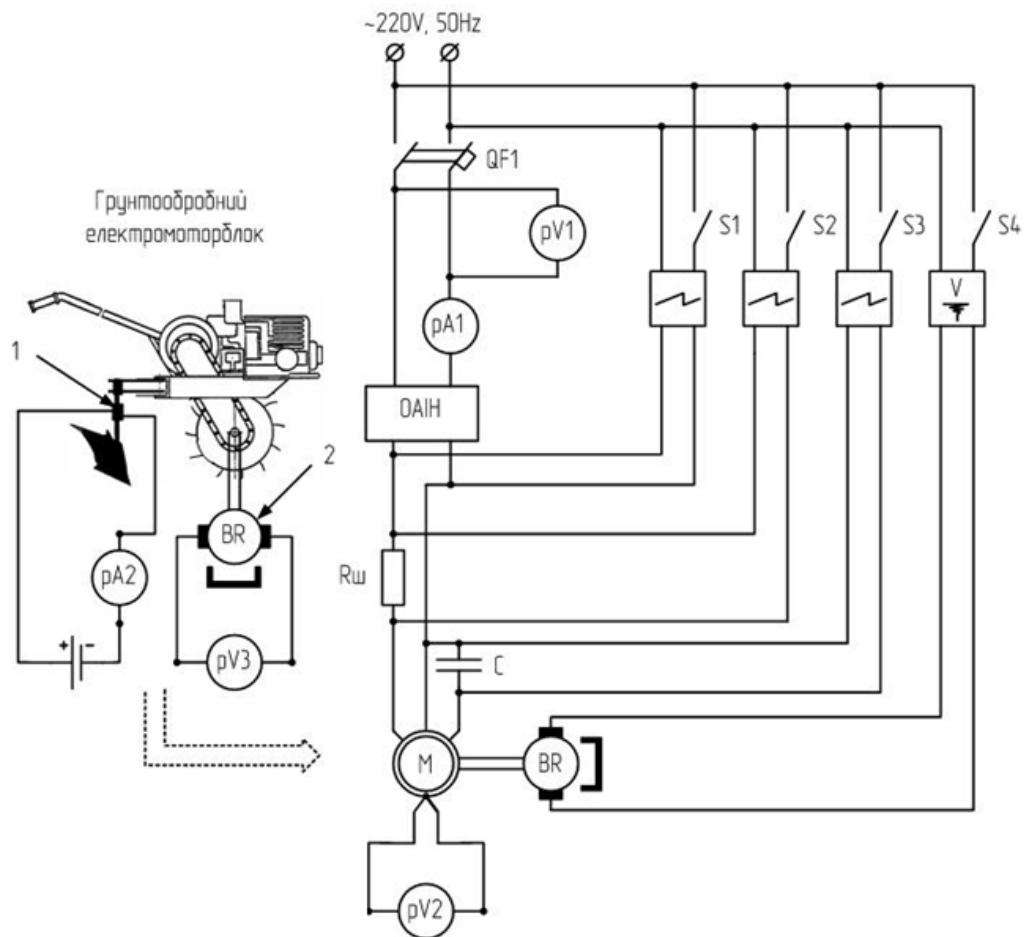


Рисунок 1 – Схема електрична принципова моделювання режимів роботи приводних електродвигунів

Дослідження існуючого зразку малогабаритного мотоблоку, виявлення ступеню впливу технологічних параметрів та режимів роботи на енергетичні та економічні показники ефективності проводиться за схемою, яка приведена на рисунку 2.



1 – тензOMETричні датчики для контролю тягового зусилля мотоблоку; 2 – датчик прискорення для контролю ковзання ведучих коліс мотоблоку з системою контролю

Рисунок 2 – Схема електрична принципова дослідження малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Класичною формою тягової характеристики є характеристика з трьома ділянками: жорсткою, м'якою та ділянкою постійної потужності [3]. Характеристика є так званою «тяговою областю», що обмежує можливі режими роботи приводу. Максимальне значення швидкості обмежують вимоги безпеки та технологічності роботи, а також обмеження по зчепленню з ґрунтом [4].

Електроприводу ґрунтообробного мотоблоку властиві часті перевантаження, що спостерігаються в режимах пуску, гальмування та за різкої зміни щільності ґрунту. Необхідність роботи електроприводу як в режимі двигуна, так і в гальмівних режимах, а також різкозмінний характер навантаження обумовлюють значні коливання потужності, що споживається електродвигуном.

З урахуванням особливостей роботи електродвигуна приводу мотоблоку розроблено функціональну схему системи керування, яка зображена на рисунку 3. На вхід системи керування подається задаючий сигнал $U_{з.в}$. Він подається, наприклад, з движка потенціометра, але може подаватися із інших джерел (ЦАП цифрової системи та ін.). Напряга $U_{з.в}$ є сигналом задавання швидкості, причому вона може бути будь-якої полярності, залежно від напрямку обертання. Ця напряга зазвичай подається на задавач інтенсивності, що забезпечує темп зміни швидкості. У цій структурі необхідно обмежувати максимальне і мінімальне значення струму збудження. Це можливо зробити за рахунок схеми обмеження струму збудження. На вхід регулятора струму збудження через схему виділення максимуму, створену двома діодами, подаються сигнали: завдання струму збудження від окремого незалежного джерела та сигнал струму збудження з виходу регулятора попереднього контуру, що обмежений на рівні номінального значення.

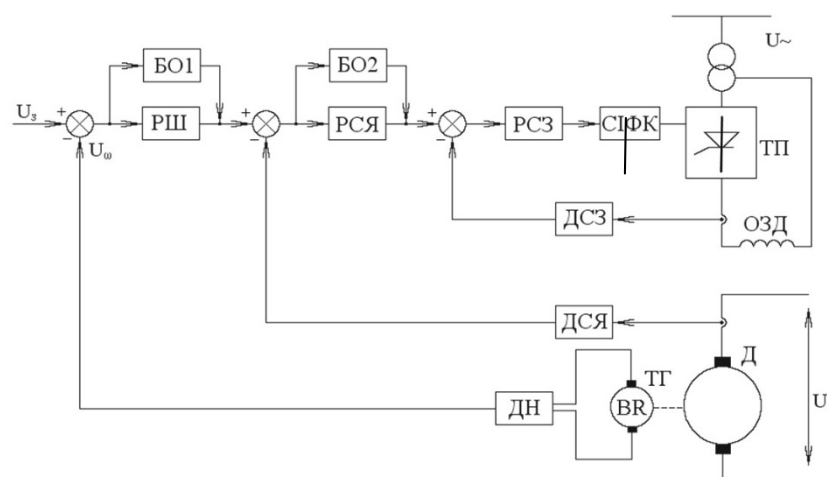


Рисунок 3 – Функціональна схема керування електродвигуном приводу мотоблоку

Система керування приводним електродвигуном постійного струму (ДПС) мотоблоку з тиристорним перетворювачем представлена на рисунку 4. Система працює за принципом вертикального керування з пилкоподібною опорною напругою. В якості генератора опорної напруги (ГОН) використовується генератор з зарядом ємності від джерела постійної напруги U_{Π} і діодним комутатором з розширеним діапазоном. Напруга керування U_V знімається з виходу емітерного повторювача (ЕП). Опорна напруга u_{OP} і напруга керування U_{KEP} подаються на вхід нуль-органу (НО), виконаного на транзисторах $VT1$ та $VT2$. При $U_{OP} < U_{KEP}$ транзистор $VT1$ відкритий внаслідок протікання струму через перехід емітер-база по ланцюгу $+U_K$, емітер-база, $R6$, $-U_K$. При відкритому транзисторі $VT1$ транзистор $VT2$ закритий за рахунок зсуву напруги, що подається на базу транзистора $VT2$ через резистор $R9$.

Залежність вихідної напруги ЕП від напруги на його вході показана на рисунку 5. Вхідна напруга $U_{BX.EP}$ є алгебраїчною сумою напруги зсуву U'_{3C} і зовнішньої напруги керування U'_{KEP} , тобто $U_{BX.EP} = U'_{3C} \pm U'_{KEP}$. Напруга U'_{3C} вибирається з умови отримання необхідного початкового фазування. Так, наприклад, можна отримати, що при $U'_{KEP} = 0$ кут регулювання α дорівнюватиме 90° . Регулювання напруги U'_{3C} дасть можливість плавно змінювати початкове фазування. Крім того, в системі керування передбачена можливість зміни початкової фази вихідних імпульсів ступенями через 30° фазуванням напруги трансформатора, що живить діодний комутатор.

Напруга керування $U'_{KEP} = 0$ на вході ЕП відповідає напрузі U_{EP0} (рисунок 5). При подачі на вхід ЕП напруги керування U'_{KEP} з полярністю, згідною з U'_{3C} , напруга U_{EP} зросте. У схемі ЕП передбачено обмеження максимального значення U_{EP} на рівні U_{EPmax} . При подачі на вхід ЕП напруги керування U'_{KEP} зворотної полярності напруга U_{EP} буде зменшуватися. При цьому передбачено також обмеження мінімальної напруги ЕП на рівні U_{EPmin} .

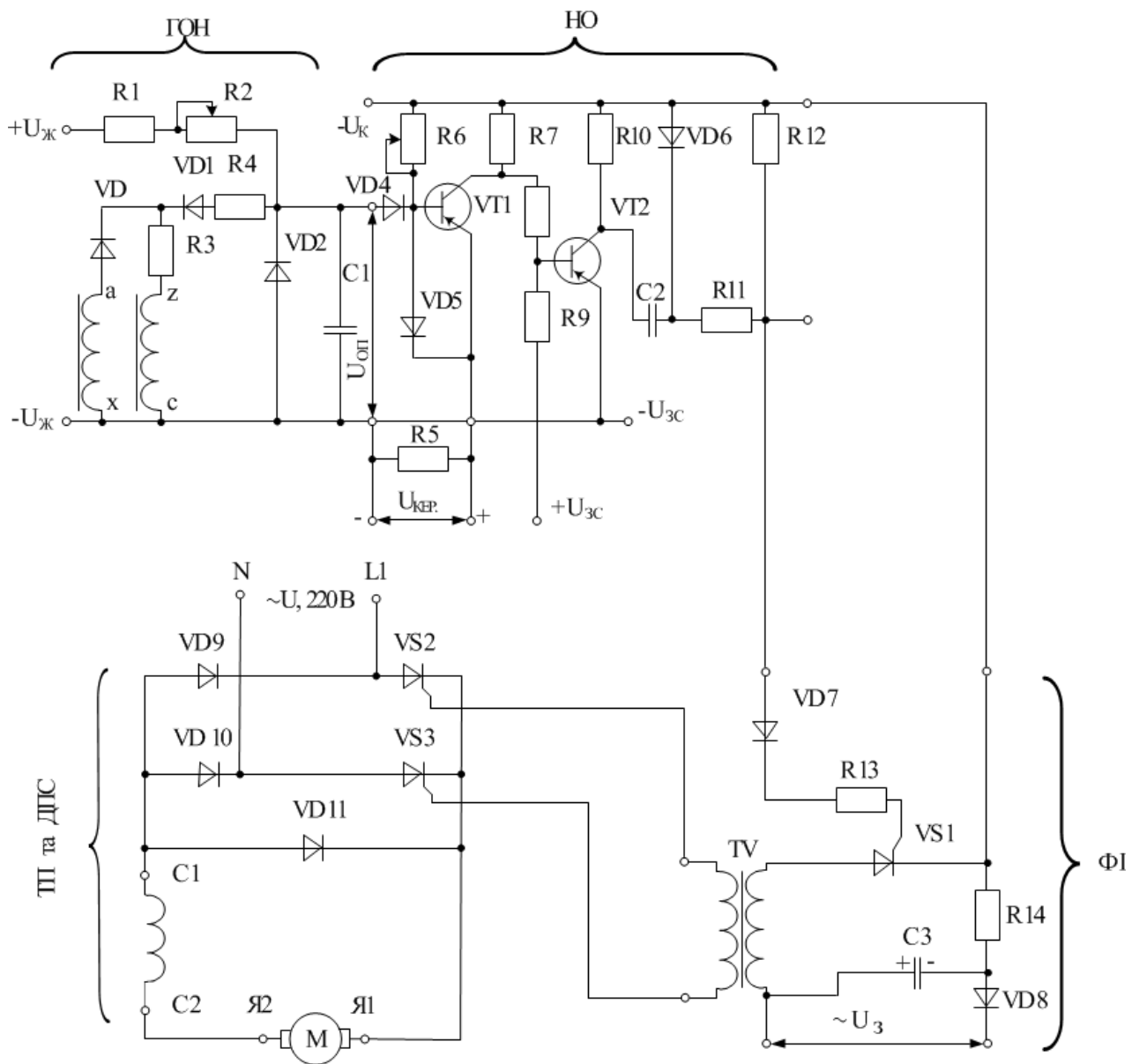


Рисунок 4 – Схема керування приводним ДПС мотоблоку з тиристорним перетворювачем

На рисунку 6 показані часові діаграми, що ілюструють роботу СІФК. Тут наведено криву анодної напруги тиристора і криву опорної напруги. Керуючий імпульс формується в момент рівності напруг $U_{оп}$ і $U_{ен}$. При зазначеному фазуванні, якщо напруга $U'_{кЕР}$ на вході ЕП дорівнює нулю, вихідна напруга його і керуючий імпульс буде формуватися в момент часу, відповідному куту $\alpha_0 = 90^\circ$.

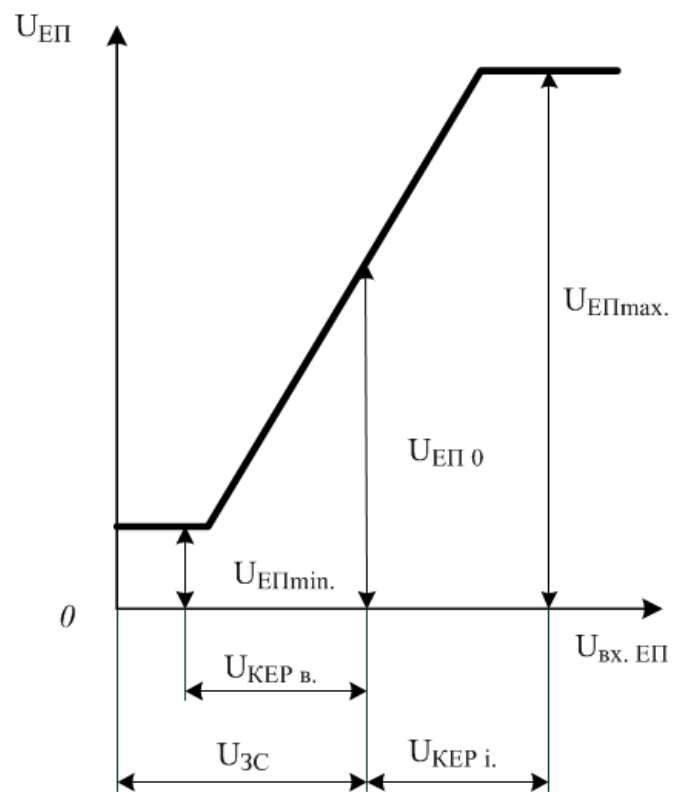


Рисунок 5 – Залежність напруги на виході ЕП від напруги на його вході

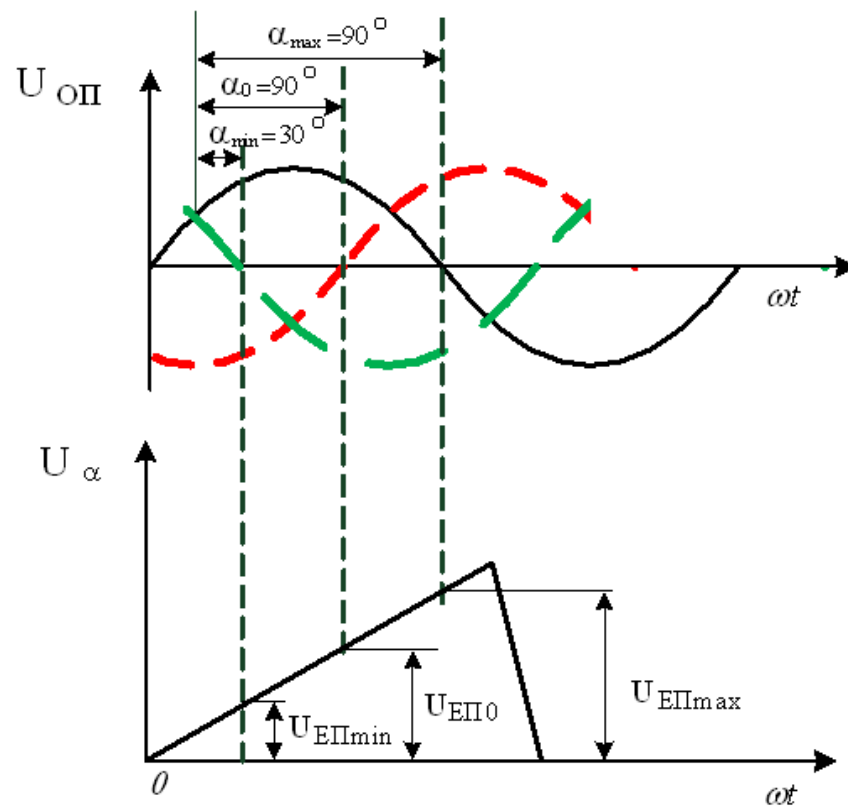


Рисунок 6 – Часові діаграми роботи системи імпульсно-фазового керування

У емітерному повторювачі передбачена можливість зміни рівнів $U_{EP\ max}$ і $U_{EP\ min}$, що дозволяє змінювати максимальний кут в інвертному режимі α_{max} і мінімальний кут α_{min} у випрямляючому режимі. На рисунку 4 розглянуто випадок, коли напруга на виході ЕП обмежується так, що кут α може змінюватися в межах $30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$.

Імпульс напруги, що формується нуль-органом, знімається з резистора $R12$ (рисунок 2) і подається на керуючий електрод допоміжного тиристора $VS1$ тиристорного формувача імпульсів ФІ (його називають генератором імпульсів). Вихідний імпульс знімається з вторинної обмотки імпульсного трансформатора TV і надходить на тиристорний перетворювач (ТП), який живить обмотки якоря та збудження ДПС приводу мотоблоку.

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано та розроблено схему електричну принципову дослідження малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку з тензометричними датчиками контролю тягового зусилля та датчиком прискорення для контролю ковзання.

2. Запропоновано систему керування електродвигуном приводу ґрунтообробного мотоблоку з застосуванням системи імпульсно-фазового керування, яка забезпечує діапазон регулювання кута α до 120° , асиметрію не більше $1,5^\circ$, тривалість імпульсу не менше $450\ \mu\text{с}$, амплітуду імпульсів $20\ \text{В}$ і більше, а тривалість переднього фронту імпульсу не більше $15\ \mu\text{с}$. Коефіцієнт передачі СІФК становить $9^\circ/\text{В}$, тобто при зміні напруги керування на $1\ \text{В}$ кут змінюється на 9° .

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі./ Корчемний Микола, Федорейко Валерій, Щербань Володимир.– Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
2. Корчемний Н.А. Классификация электроприводов сельскохозяйственных машин по вероятностным характеристикам нагрузки /Корчемный Н.А., Постельга С. К. – Механизация и электрификация сел. хоз-ва, К.: Урожай, 1981, вып. 51, с. 26 – 31.
3. Ковальов О. В. Тягові характеристики та керування мотоблоком з електроприводом по максимуму ККД / О. В. Ковальов // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2008, №30. – С. 509 – 510.
4. Куценко Ю. М. Розрахунок потужності та вибір тягового двигуна приводу мотоблока / Ю. М. Куценко, Г. Н. Назар'ян, О. В. Ковальов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 8 : Моделювання технологічних процесів в АПК : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – С. 228 – 238.

РОЗДІЛ 5.1.4

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

Етап 5.1.4.4 Теоретичні дослідження впливу режимних параметрів робочих машин елеваторів на електроспоживання

ВИКОНАВЕЦЬ

Канд. техн. наук, доцент

Постнікова Марина Вікторівна

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР 5.1.4.4: 19 с., 2 табл., 1 рис., 7 джерел.

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

Об'єкт дослідження – процеси перетворення електричної енергії в електромеханічних системах підприємств зберігання та обробки зернових культур.

Предмет дослідження – фізичні закономірності енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем підприємств зберігання та обробки зернових культур.

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

Методика 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 та зберігання 1 т зерна за одну годину. Цей показник варто вважати найбільш об'єктивним критерієм економічної роботи потокової лінії обробки зерна;

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

- проаналізовано основні принципи математико-статистичного методу нормування;

- досліджено закономірності розподілу питомих витрат електроенергії;

- дана імовірна оцінка реальності і точності норми, що проектується.

ЗМІСТ

ВСТУП	43
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	44
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	44
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
3.1 Основні принципи математико-статистичного методу нормування	44
3.2 Дослідження закономірності розподілу питомих витрат електроенергії і її аналіз	45
3.3 Імовірна оцінка реальності і точності норми, що проектується	51
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Реалізації програми енергозбереження в сільськогосподарському виробництві приділяється велика увага. Один із шляхів енергозбереження при очищенні зерна на елеваторах – розробка науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії, впровадження яких дозволить економити 8-10% електроенергії.

Проблема нормування витрати електроенергії стосовно до елеваторів в теперішній час не отримала належного вирішення і потребує подальшого удосконалення в напрямку розробки науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії на основі математичного моделювання предмета дослідження і рішення оптимізаційних задач. Первинною елементарною нормою питомої витрати електроенергії, що може бути технічно обґрунтована шляхом експериментів і розрахунків, є технологічна норма на очищення 1 т зерна в потоковій лінії. При цьому мінімум питомої витрати електроенергії може бути прийнятий за норму тільки, якщо технологічні показники будуть задовольняти стандартним показникам якості зерна. В зв'язку з цим необхідність проведення імовірної оцінки норми питомих витрат електроенергії при очищенні та зберіганні зерна на елеваторах є актуальною проблемою.

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

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 Основні принципи математико-статистичного методу нормування.

1.2 Дослідження закономірності розподілу питомих витрат електроенергії і її аналіз.

1.3 Імовірна оцінка реальності і точності норми, що проектується.

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 Основні принципи математико-статистичного методу нормування

Розробка норм по математико-статистичному методу включає наступні етапи:

– визначення характеристики питомих витрат електроенергії як змінної математичної величини;

– аналіз даних статистичних спостережень, їх корегування, визначення середніх значень, які характеризують той чи інший ознак в залежності від вибраного календарного відрізка часу (змiна, доба, місяць, рік);

– установлення виду розподілу питомих витрат електроенергії і його аналіз;

- установлення форми і тiсноти зв'язку між технологiчними параметрами і питомими витратами електроенергії;

- визначення імовірної оцінки реальності і точності норми, що проектується;

- обґрунтування можливості об'єднання окремих сукупностей і укрупнення норм.

3.2 Дослідження закономірності розподілу питомих витрат електроенергії і її аналіз

Одним з важливих етапів математично-статистичного методу є визначення виду розподілу питомих витрат електроенергії. На основі аналізу факторів, які формують питомі витрати електроенергії, попередньо обирають певний закон його розподілу. Наприклад, питомі витрати електроенергії, які представлені як результат впливу суми великої кількості незалежно діючих випадкових факторів, для багатьох технологічних процесів розподіляється за нормальним законом [6, 7].

При нормальному розподілі щільність імовірності питомих витрат електроенергії буде

$$\phi_n(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

а функція розподілу

$$F_n(x) = 0,5 + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{x-a}{\sigma}\right). \quad (2)$$

В даному випадку величина a (математичне сподівання) і σ (середньоквадратичне відхилення) є параметрами розподілу.

Після того, як обрано закон розподілу та знайдені параметри теоретичного розподілу, необхідно перевірити відповідність емпіричних даних передбачуваному теоретичному розподілу в генеральній сукупності. Вирішують це питання за допомогою так званих критеріїв згоди.

На величину питомих витрат електроенергії на підприємствах обробки та зберігання хлібних культур впливає велика кількість факторів. Одні з них є основними, які контролюються, другі – другорядними, випадковими, які мають імовірний характер. Як правило, всі фактори діють незалежно один від одного, а пито-

мі витрати є підсумком сумарного впливу цих факторів, багато з них не грають суттєвої ролі в їх формуванні. Це дозволяє зробити апріорне припущення про нормальний розподіл на підприємствах очищення та переробки хлібних культур питомих витрат електроенергії, тому що вони обумовлені великою кількістю незалежно діючих причин [6, 7].

Для встановлення закону розподілу питомих витрат електроенергії на елеваторах були використані дані спостережень по обробці пшениці.

Отриманий ряд, де $y = W_{\text{пит.}}$, з відповідними частотами значень і проведених обчислень показаний в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розподілення частот сукупності спостережень питомої витрати електроенергії

y	m	ym	y^2	y^2m	$y - \bar{y}$	$t = \frac{y - \bar{y}}{\sigma}$	$f(t)$	m''	m'
0,8	1	0,8	0,64	0,64	-1,0833	-2,2359	0,0332	1,02	1
1,3	6	7,8	1,69	10,14	-0,5833	-1,2039	0,1942	6,01	6
1,8	13	23,4	3,24	42,12	-0,0833	-0,1719	0,3932	12,17	12
2,3	7	16,1	5,29	37,03	0,4167	0,8600	0,2756	8,53	9
2,8	3	8,4	7,84	23,52	0,9167	1,8920	0,0669	2,07	2
\sum_1^n	30	56,5	18,7	113,45					

Продовження таблиці 1

y	$m - m'$	$(m - m')^2$	$\frac{(m - m')^2}{m'}$	M	M'	$M - M'$	P	q	$\frac{(m - m')^2}{m'q}$
0,8	0	0	0	1	1	0	0,033	0,967	0
1,3	0	0	0	7	7	0	0,2	0,8	0
1,8	1	1	0,0833	20	19	1	0,4	0,6	0,138
2,3	-2	4	0,4444	27	28	-1	0,3	0,7	0,634
2,8	1	1	0,5	30	30	0	0,066	0,934	0,535
\sum_1^n			1,0277						1,307

Зробивши апріорне припущення про нормальність розподілу, можна довести відповідність емпіричного розподілу теоретичному нормальному. Для того щоб побудувати криву нормального розподілу, скористаємося наступною формулою [6, 7]:

$$F(t) = \frac{Nk}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (3)$$

де N – число проведених досліджень, дорівнює сумі частот емпіричного розподілу $\sum m$;

k – величина інтервалу подрібнення емпіричного ряду розподілу;

σ – середньоквадратичне відхилення ряду;

t – нормоване відхилення: $t = \frac{y - \hat{y}}{\sigma}$.

Величина $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}$ табульована і знаходиться за математичними

таблицями [6, 7].

Визначаємо параметри розподілу:

- середньозважену емпіричного ряду $\hat{y} = \frac{\sum ym}{\sum m} = \frac{56,5}{30} = 1,8833$;

- дисперсію емпіричного ряду

$$\sigma^2 = \frac{\sum y^2 m}{\sum m} - \hat{y}^2 = \frac{113,45}{30} - (1,8833)^2 = 0,2349, \quad \sqrt{0,2349} = 0,4847.$$

У формулі (3) множник $\frac{Nk}{\sigma} = \frac{30 \cdot 0,5}{0,4847} \approx 31$.

За значеннями емпіричних m та теоретичних m' частот і питомих витрат електроенергії у побудовані криві емпіричного та теоретичного нормального розподілу, які представлені на рисунку 1.

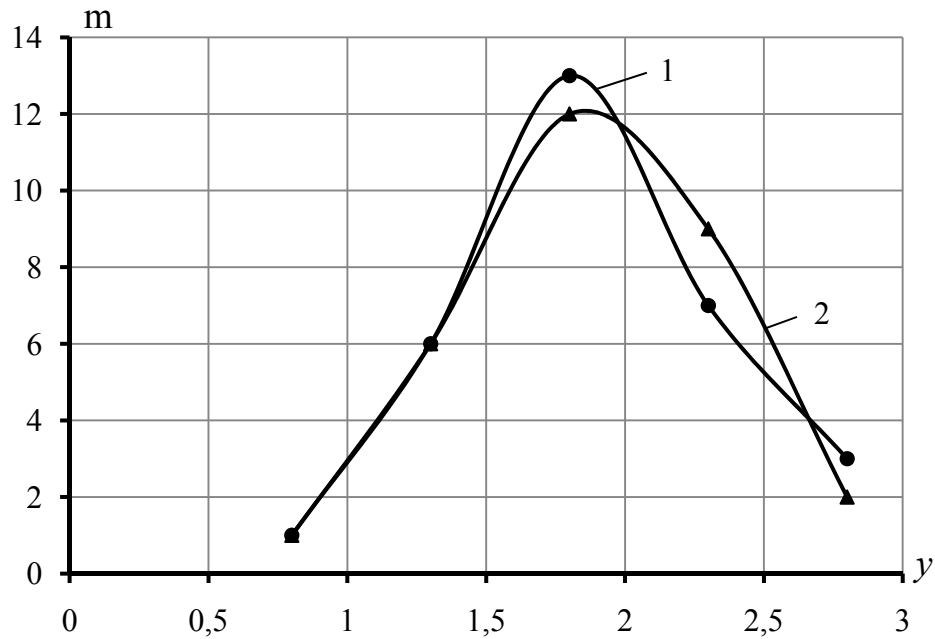


Рисунок 1 – Емпіричний і теоретичний розподіл питомих витрат електроенергії на елеваторах: 1 – емпірична крива; 2 – теоретична крива.

Проведемо об'єктивну оцінку наближеності емпіричного розподілу до теоретичного нормального, використовуючи критерії згоди Колмогорова, Пірсона, Романовського та Ястремського [6, 7].

Критерій згоди Пірсона заснований на визначенні величини χ^2 , яка розраховується як сума квадратів різниць емпіричних та теоретичних частот, віднесених до теоретичних частот, тобто

$$\chi^2 = \sum \frac{(m - m')^2}{m'}, \quad (4)$$

де m – емпіричні частоти;

m' - теоретичні частоти.

Для знаходження теоретичного закону розподілу використовували в емпіричному розподілі величини \hat{y} , σ та $\sum m$ (три параметри). Тому число ступенів свободи, які необхідно визначити при використанні критерію Пірсона, буде [6, 7]:

$$k = n - S, \quad (5)$$

де n – число груп після об'єднання малочисельних груп;

S – число параметрів, знайдених за допомогою емпіричного розподілу.

В нашому випадку $k = 5 - 3 = 2$.

При

$$\chi^2 = \sum \frac{(m - m')^2}{m'} = 1,0277$$

та $k = 2$, $P(\chi^2 \geq 1,0277) = 0,6 > 0,05$ [6, 7].

При імовірностях, значно відмінних від нуля, розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами слід вважати випадковою. Вказана імовірність не є дуже великою, але її не можна вважати і малою. Отже, розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами можна вважати випадковою, а розподіл – підкорюється закону нормального розподілу.

Критерій академіка А.Н.Колмогорова встановлює наближеність теоретичних та емпіричних частот шляхом порівняння їх інтегральних розподілів та визначається виходячи з D – максимальної верхньої межі абсолютного значення різниці їх накопичених частот, віднесеного до квадрату кореня з числа спостережень N [6, 7]:

$$\lambda = \frac{D}{\sqrt{N}}, \quad (6)$$

де D – максимальна межа різниці: накопичених теоретичних частот (M'), накопичених емпіричних частот (M).

В нашому випадку $N = 30$, $D = (M - M')_{\max} = 1$,

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{30}} = 0,182.$$

Якщо $P(\lambda)$ – величина значна (більше ніж 0,05), то розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами може бути випадковою і розподіли добре відповідають один одному. Значенню $\lambda = 0,182$ відповідає імовірність $P(\lambda) = 0,9999 > 0,05$ [6, 7], тому розбіжність між емпіричним та теоретичним нормальним розподілом треба вважати частково випадковою.

За В.І. Романовським, якщо його критерій рівний

$$\frac{\chi^2 - k}{\sqrt{2k}} < 3$$

[6, 7], розбіжність між емпіричним та теоретичним розподілом слід вважати несуттєвою. Підставляємо замість χ^2 та k їх значення, отримуємо

$$\frac{\chi^2 - k}{\sqrt{2k}} = \frac{1,0277 - 2}{\sqrt{2 \cdot 2}} = 0,487 < 3.$$

Це значення достатньо менше трьох, тому розбіжність між теоретичними та емпіричними частотами можна вважати несуттєвою і, таким чином, теоретичний розподіл достатньо добре відтворює емпіричний.

Критерій Б.С. Ястремського в загальному вигляді можна записати наступним виразом [6, 7]:

$$I \leq 3\sqrt{2n + 4\theta}, \quad (7)$$

$$I^2 = \sum_1^n \frac{(m - m')^2}{m' \cdot q} - n, \quad (8)$$

де m – емпіричні частоти;

m' – теоретичні частоти;

n – число груп.

Для числа груп, менших 20, $\theta = 0,6$ [6, 7].

В нашому випадку $I = |1,307 - 5| = 3,693$;

$$1,307 - 5 \leq 3 \cdot \sqrt{2 \cdot 5 + 4 \cdot 0,6} ;$$

$$3,693 < 10,56 ,$$

що свідчить про нормальний розподіл досліджуваної сукупності.

Усі чотири критерії згоди з достатньою мірою достовірності підтвердили нормальний закон розподілення питомих витрат електроенергії на елеваторах.

3.3 Імовірна оцінка реальності і точності норми, що проектується

Мінімальна питома витрата електроенергії буде залежати від набору машин у потоковій лінії. Наприклад, якщо очищення зерна буде здійснюватися двома потоковими лініями з трієрами, то за норму можна прийняти $W_{\text{пит.}} = 1,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}/\text{т}$ при $Q = 15 \text{ т/год.}$

Необхідно дати імовірну оцінку реальності прийнятої за норму величини, користуючись теорією імовірностей. Для обчислення імовірності того, що питома витрата електроенергії, як випадкова величина, прийме яке-небудь значення в інтервалі $y_2 - y_1$ скористаємося загальною формулою [6,7]

$$P(y_1 \leq Y \leq y_2) = \int_{y_1}^{y_2} \phi(y) dy, \quad (9)$$

де $\phi(y)$ - щільність імовірності.

Так як питома витрата електроенергії розподіляється по нормальному закону, то щільність імовірності [6, 7]

$$\phi_n(y) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-a)^2}{2\sigma^2}}.$$

Отже,

$$P(y_1 \leq Y \leq y_2) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{y_1}^{y_2} e^{-\frac{(y-a)^2}{2\sigma^2}} dy. \quad (10)$$

Зробивши в інтегралі заміну перемінної отримаємо

$$\frac{y_1 - a}{\sigma} = t_1; \quad \frac{y_2 - a}{\sigma} = t_2.$$

Інтеграл не виражається через елементарні функції, але його можна вичислити через спеціальну функцію, що виражає так називаний інтеграл імовірностей, для якого складені таблиці [6, 7]. Вибираємо в якості такої функції

$$\Phi(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^y e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Ця функція являє собою функцію розподілу для нормально розподіленої випадкової величини. Таким чином, імовірність попадання на ділянку випадкової величини питомої витрати електроенергії, розподіленої по нормальному закону з будь-якими параметрами, через стандартну функцію розподілу $\Phi(y)$, що відповідає найпростішому нормальному закону, виражається залежністю [6, 7]

$$P(y_1 \leq Y \leq y_2) = \Phi\left(\frac{y_2 - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{y_1 - a}{\sigma}\right). \quad (11)$$

Таким способом можна установити імовірну оцінку реальності норми. Для цього необхідно визначити параметри емпіричного і теоретичного розподілу. До визначення параметрів емпіричного і теоретичного розподілу виконуються попередні обчислення (табл. 2).

Таблиця 2 – Попередні обчислення до визначення параметрів розподілу (дві лінії з трієрами)

Q	$W_{\text{пит.}}$	$W_{\text{пит.(x)}}$	$(W_{\text{пит.}} - W_{\text{пит.(x)}})^2$	$(W_{\text{пит.(x)}} - \bar{W}_{\text{пит.(x)}})^2$
9	2,548	2,601	0,0028	0,4774
10	2,218	2,27	0,0027	0,1296
11	1,973	2,021	0,0023	0,0123
12	1,782	1,826	0,0019	0,0070
13	1,627	1,673	0,0021	0,0561
14	1,503	1,544	0,0013	0,1339
15	1,399	1,438	0,0015	0,2227
\sum_1^n	13,05	13,373	0,0146	1,039

Визначимо параметри емпіричного розподілу

$$\bar{W}_{\text{пит.}} = \frac{1}{n} \sum_1^n W_{\text{пит.}};$$

$$\bar{W}_{\text{пит.}} = \frac{13,05}{7} = 1,864 \text{ кВт}\cdot\text{год./т};$$

$$\sigma_W^2 = \frac{\sum_1^n W_{\text{пит.}}^2}{n} - \bar{W}_{\text{пит.}}^2;$$

$$\sigma_W^2 = \frac{25,34}{7} - 1,864^2 = 0,15;$$

$$\sigma_W = \sqrt{\sigma_W^2};$$

$$\sigma_W = \sqrt{0,15} = 0,387.$$

Визначимо параметри теоретичного розподілу

$$\bar{W}_{\text{пит.}(x)} = \frac{\sum_1^n W_{\text{пит.}}}{n};$$

$$\bar{W}_{\text{пит.}(x)} = \frac{13,373}{7} = 1,91 \text{ кВт}\cdot\text{год./т};$$

$$\sigma_{W(x)}^2 = \frac{\sum_1^n W_{\text{пит.}(x)}^2}{n} - \bar{W}_{\text{пит.}(x)}^2;$$

$$\sigma_{W(x)}^2 = \frac{26,583}{7} - 1,91^2 = 0,149;$$

$$\sigma_{W(x)} = \sqrt{\sigma_{W(x)}^2};$$

$$\sigma_{W(x)} = \sqrt{0,149} = 0,386.$$

Оцінимо тісноту отриманого зв'язку індексом кореляції

$$R = \sqrt{\frac{\sigma_W^2 - \sigma_{W(x)}^2}{\sigma_W^2}};$$

$$R = \sqrt{\frac{0,15 - 0,002}{0,15}} = 0,99,$$

$$\sigma_{W(x)}^2 = \frac{\sum_1^n (W_{\text{пит.}} - W_{\text{пит.}(x)})^2}{n};$$

де

$$\sigma_{w(x)}^2 = \frac{0,0146}{7} = 0,002.$$

Як бачимо, індекс кореляції дуже високий. Це підтверджує дуже міцний зв'язок між питомою витратою електроенергії і продуктивністю. Отже, існує велика близькість теоретичної залежності до експериментальної.

Стандарт $\bar{\sigma}_x$, виправлений при малій вибірці

$$\bar{\sigma}_{w(x)} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (W_{\text{пит.}(x)} - \bar{W}_{\text{пит.}(x)})^2}{n-1}};$$

$$\bar{\sigma}_{w(x)} = \sqrt{\frac{1,039}{7-1}} = 0,416.$$

Середня помилка вибірки

$$\varepsilon = \frac{\bar{\sigma}_{w(x)}}{\sqrt{n}};$$

$$\varepsilon = \frac{0,416}{\sqrt{7}} = 0,1572.$$

При коефіцієнті довіри $t = 3$

$$\begin{aligned} P &= \left[\left(\bar{W}_{\text{пит.}(x)} - \tilde{W}_{\text{пит.}(x)} \right) \leq t \cdot \frac{\bar{\sigma}_{w(x)}}{\sqrt{n}} \right] = \\ &= P \left[\left(\bar{W}_{\text{пит.}(x)} - \tilde{W}_{\text{пит.}(x)} \right) \leq 3 \cdot 0,1572 \right] = 0,997, \end{aligned}$$

тобто при коефіцієнті довіри $t = 3$ гранична помилка вибірки з імовірністю 0,997 не буде перевищувати триразову середню помилку вибірки.

Величина

$$\Delta_{\text{гр.}} = t \cdot \frac{\bar{\sigma}_{w(x)}}{\sqrt{n}}$$

складає 6% від норми, що проектується.

Визначимо довірчі інтервали питомої витрати електроенергії (кВт·год./т), виходячи з проектованої норми.

$$W_{\text{пит.2}} = W_{\text{пит.н}} + t \cdot \varepsilon;$$

$$W_{\text{пит.2}} = 1,4 + 3 \cdot 0,1572 = 1,8716;$$

$$W_{\text{пит.1}} = W_{\text{пит.н}} - t \cdot \varepsilon;$$

$$W_{\text{пит.1}} = 1,4 - 3 \cdot 0,1572 = 0,92.$$

$$\begin{aligned} \text{Тоді} \quad & [1,8716 \geq W_{\text{пит.}} \geq 0,92] = \\ & = \Phi\left(\frac{1,8716 - 1,4}{0,416}\right) - \Phi\left(\frac{0,92 - 1,4}{0,416}\right) = 0,75. \end{aligned}$$

Звідси видно, що імовірність попадання фактичної питомої витрати електроенергії в зазначений інтервал складає 75 %, тобто в 25 випадках зі ста питома витрата електроенергії буде відрізнятися від значень інтервалу, у межах якого знаходиться проектована норма.

Визначимо імовірність того, що питома витрата електроенергії не перевищить 1,8716 кВт·год./т.

$$\begin{aligned} P(W_{\text{пит.}} \leq 1,8716) &= P(-\infty \leq W_{\text{пит.}} \leq 1,8716) = \\ &= \Phi\left(\frac{1,8716 - 1,4}{0,416}\right) - \Phi\left(\frac{-\infty - 1,4}{0,416}\right) = 0,87. \end{aligned}$$

Визначимо імовірність того, що питома витрата електроенергії буде більше 0,92 кВт·год./т

$$\begin{aligned} P(0,92 \leq W_{\text{пит.}}) &= P(0,92 \leq W_{\text{пит.}} \leq +\infty) = \\ &= \Phi\left(\frac{\infty - 1,4}{0,416}\right) - \Phi\left(\frac{0,92 - 1,4}{0,416}\right) = 0,87. \end{aligned}$$

По приведеним даним вибіркового спостереження визначимо межі, у яких з деякою гарантованою імовірністю буде знаходитися середня питома витрата електроенергії в генеральній сукупності. Для цього використовуємо критерій Стьюдента [6, 7]. При $n' = 7 - 1 = 6$ і заданої гарантованою імовірністю в 87 % знаходимо $\alpha = 2,0$. Тоді гранична помилка вибірки (кВт·год./т)

$$\Delta_{\text{гр.}} = \frac{\alpha \cdot \bar{\sigma}_{w(x)}}{\sqrt{n}};$$

$$\Delta_{\text{гр.}} = \frac{1,8 \cdot 0,416}{\sqrt{7}} = 0,283.$$

Таким чином, з імовірністю 0,87 можна затверджувати, що генеральна середня питомої витрати електроенергії (кВт·год./т) буде укладена в межах

$$1,4 \pm 0,23 = 1,683 \div 1,115 ,$$

що підтверджує реальність прийнятої норми.

Реально здійсненна норма питомої витрати електроенергії потокових ліній елеваторів з довірчою імовірністю 0,87 дозволяє отримати науково-обґрунтовані норми витрати електроенергії.

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. Експериментальними дослідженнями встановлено, що розбіжність між теоретичними і експериментальними даними не перевищує 10 % при сильному кореляційному зв'язку ($r = 0,9 - 0,98$) режимів роботи силового електрообладнання та фізико-механічних властивостей зерна з питомими витратами електричної енергії.

5. Усі чотири критерії згоди з достатньою мірою достовірності підтвердили нормальний закон розподілення питомих витрат електроенергії на підприємствах очищення та переробки хлібних культур.

6. Реально здійсненна норма питомої витрати електроенергії потокових ліній елеваторів з довірчою імовірністю 0,87 дозволяє отримати науково-обґрунтовані норми витрати електроенергії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Головка С.Г. Краткий анализ зарубежного законодательства по контролю энергопотребления / С.Г. Головка // Энергосбережение. – 2001. - №9-10. – С.14-16.

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

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

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

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

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

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

РОЗДІЛ 5.1.5

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В ТВАРИННИЦТВІ

Етап 5.1.5.4 Аналітичний аналіз антенної системи для лікування запалення яєчників тварин

ВИКОНАВЦІ

Канд. техн. наук, доцент

Асистент

Попрядухін Вадим Сергійович

Речина Ольга Миколаївна

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР 5.1.5.4: 13 с, 0 табл., 1 рисунок, 8 посилань.

АНТЕННА СИСТЕМА, ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ, ІНФОРМАЦІЙНО - ХВИЛЬОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ.

Об'єкт дослідження - процес лікування патології яєчників великої рогатої худоби інформаційним електромагнітним випромінюванням короткохвильового діапазону.

Предмет дослідження - електронні системи та метод інформаційної електромагнітної технології для лікування патології яєчників тварин ВРХ.

Мета роботи - створення електронної системи та інформаційного електромагнітного методу для внутрішньоутробного лікування хвороб і розладів функції яєчників маточного поголів'я великої рогатої худоби.

Методи досліджень - теоретичні методи аналізу і синтезу, математичне моделювання.

В результаті проведених досліджень:

Встановлено, що короткохвильове випромінювання є чинником, який підвищує неспецифічну резистенцію організму. Джерелом і приймачем інформаційних електромагнітних полів є жива клітина, яка є «великомасштабною» елементною базою для складних систем для обробки надвеликих масивів інформації.

В основі методу терапії хвилями короткохвильового діапазону лежить вплив на керуючу систему організму і коректування її для підтримки гомеостазу. Метод дозволяє проводити терапію без застосування лікарських засобів.

Встановлено, що для визначення біотропних параметрів ЕМП (частоти, щільності потоку потужності, експозиції), що забезпечать пригнічення патогенних коків в яєчниках тварин і прискорену регенерацію пошкоджених тканин, необхідно фізико-математичні дослідження на основі моделі яєчників і патогенних коків з урахуванням їх електрофізичних параметрів.

ЗМІСТ

ВСТУП	62
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	63
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	63
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	64
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	71

ВСТУП

Кризовий стан в тваринництві України характеризується спадом виробництва молока і м'яса, що частково спричинено зниженням репродуктивної здатності маткового поголів'я корів внаслідок після пологових хвороб, серед яких основне місце займає патологія гонад (яєчників).

Аналіз статистичних даних показує, що за останній час яловість корів знаходиться в межах 17-30%, а в окремих господарствах відсоток безплідних тварин сягає 40% від числа маточного поголів'я. Сьогодні збитки на утримання однієї корови з порушеною відтворювальною функцією складають близько 100 грн на добу.

Захворювання корів на гінекологічні хвороби спричиняє зниження заплідненості корів на 17...40%, збільшення часу від отелення до наступного запліднення на 40...60 днів, зменшення виживання приплоду і молочної продуктивності на 12...18%.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналітичний аналіз антенної системи для лікування запалення яєчників тварин.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Найбільш ефективні результати при лікуванні патології яєчників корів можуть бути отримані за допомогою внутрішньоутробного лікування електромагнітним випромінюванням міліметрового діапазону. Тому виникає необхідність створення антеною системи з необхідною діаграмою спрямованості і достатнім рівнем потужності на яєчниках корів.

Розглянемо найбільш часто використовувані в радіолокації антенні системи: волноводно-щілинні антени, волноводно-рупорні антени і інших типів [1-3]. Хвилеводно-щілинні антени виходять при прорізуванні щілин в широких або вузьких стінках прямокутних хвилеводів і є одним з видів лінійних багатоелементних антен [5]. Вони забезпечують звуження діаграми спрямованості (ДС) в площині, що проходить через вісь хвилеводу і ту сторону хвилеводу, на якій виконані щілини. Розрізняють антени резонансні, нерезонансні і антени з узгодженими щілинами. У всіх випадках волноводно-щілинних антен ширина щілин вибирається з умов. Звідси стає зрозумілим, що подібного типу антени найбільш часто використовуються в сантиметровому і більш довгохвильових діапазонах. У міру укорочення довжини хвилі їх застосування стає недоцільним, оскільки зростають технологічні труднощі при виготовленні щілин, і зменшується механічна міцність самої антеною системи. Крім того, загальним недоліком волноводно - щілинних антен є обмеженість діапазонних властивостей [7, 8]. При використанні не стабілізованої по частоті джерела СВЧ коливань в такій антеною системі відбувається відхилення в просторі ДС від заданого напрямку, що супроводжується зміною ширини і узгодження з живильним волноводом.

Проведений аналіз показує, що волноводно-щілинні антени через своїх недоліків недоцільно використовувати для лікування хвороб яєчників корів.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Хвилеводно - рупорні антени, на відміну від розглянутих вище антенних систем, є широко-імпульсними пристроями і забезпечують приблизно полуторне покриття по діапазону [2]. У загальному випадку рупор є трансформатором хвилі, що розповсюджується по волноводу, в хвилю іншого типу. Відбувається перетворення плоскої хвилі в поперечному перерізі хвилеводу в приблизно плоску хвилю значних розмірів в розкритті рупора. Всі хвилеводні хвилі, як правило, розглядаються: TE₁₀ хвиля прямокутного хвилеводу або TE₁₁ хвиля круглого хвилеводу. Узгодження хвилеводу з вільним простором забезпечується завдяки плавному зміні хвильового опору вздовж рупора. Це призводить до зменшення відбиття від розкриття. До волноводно-рупорних антен відносяться конічні, пірамідальні і секторальні випромінювачі [1, 5]. Конічні рупорні антени будуються на базі круглого хвилеводу. Вони мають ряд недоліків: у таких антен площину поляризації поля нестійка і може легко змінюватися при незначних деформаціях стін; поле в розкритті такого конічного випромінювача поляризоване неоднаково в різних точках. ДС таких антен мають приблизно осьової симетрією. Пірамідальні і секторальні рупорні антенні випромінювачі будуються на базі прямокутних волноводних систем. Такі антени використовуються, як правило, для отримання вузької ДС в двох взаємно перпендикулярних площинах за рахунок збільшення поперечних розмірів розкриття рупора, що є істотним недоліком для застосування в лікувальних цілях хвороб яєчників корів. Найбільш прийнятними для лікування хвороб яєчників корів внутрішньоутробним способом є антени випромінювання з відкритого кінця полого діелектричного хвилеводу і узгодження його з прямокутним хвилеводом [4-7].

Тому використання такого типу антеною системи для наших конкретних цілей вимагає проведення додаткових досліджень.

Повний діелектричний хвилевід (ПДХ) являє собою циліндричний волноводний канал радіусом α , багато великим робочої довжини хвилі λ в діелектрику з комплексної діелектричної проникністю ϵ матеріалу стінок каналу. У розглянутій антенною системі з рупорним випромінювачем необхідну узгодження хвильових опорів досягається застосуванням пірамідальної рупорної антени. Необхідна перетворення фазових характеристик полів здійснюється діелектричної лінзою [7, 8]. Співвідношення довжин сторін розкриття апертури рупора вибирається з умови, що забезпечують рівність діаграм в i - площинах на рівні половинної потужності. Це умова необхідна для збільшення ефективності збудження гібридної хвилі, що володіє осесиметричним розподілом поля. Розміри випромінює апертури повинні бути такими, щоб у всьому робочому діапазоні волноводно-лінзового переходу лінза перебувала в далекій зоні випромінювача і відстань між фазовими центрами випромінюваного рупора поля в i - площинах було незначним в порівнянні з фокусною відстанню лінзи. Дальня зона і збіг фазових центрів забезпечують сферичність фазового фронту, падаючого на лінзу КВЧ поля. Профіль лінзи, застосований в переході, плоско-опуклий, звернений опуклою поверхнею до опромінювача. При проходженні лінзи сферичний фазовий фронт поля, що надходить з опромінювача, заломлюється на опуклій поверхні лінзи. З боку діелектричного хвилеводу на опуклу поверхню лінзи падає близький до плоского фазовий фронт. Відбиті від обох поверхонь хвилі йдуть на поглинаючу стінку діелектричного хвилеводу, де ефективно загасають. Як матеріал лінзи вибирається фторопласт, що володіє в міліметровому і субміліметровому діапазонах малими втратами.

Були проведені теоретичні дослідження для визначення параметрів і отримані діаграми спрямованості (ДС) рупорно-хвилеводної системи для внутрішньо-утробного лікування яєчників маточного поголів'я корів.

Основним елементом конструкції антени є випромінювач, який повинен сформувавти необхідну ДС і забезпечити достатній рівень потужності на поверхні яєчників корів на частоті 73,2 ГГц.

Схема конструкції рупорно-хвильового випромінювача приведена на рис. 1.

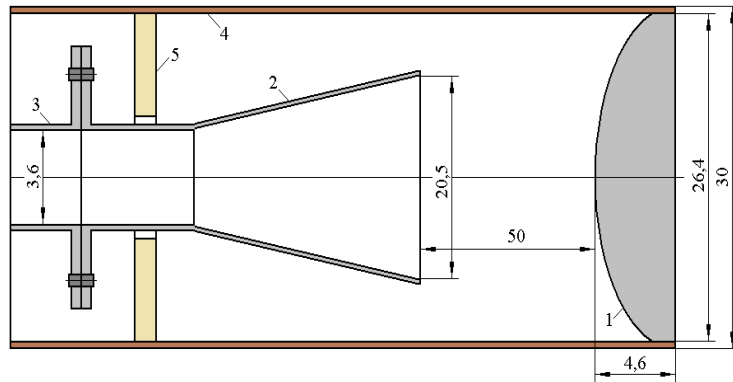


Рис. 1. Схема конструкції випромінюючої лінзи з напівсферичною діелектричною лінзою

Випромінююча система з обтічником 1 показана на рис. 3. Геометричні розміри даної системи показані в міліметрах. Пірамідальний рупор 2 переходить в прямокутний хвильовід 3 чотирьох міліметрового діапазону. Вся конструкція розташовується в діелектричній трубці 4 з вініласту. Для центрування в трубці хвильоводних елементів використовуються пінопластові вставки 5. Такого типу опромінювачі забезпечують аксіально-симетричну та вузьку ДС.

При проведенні всіх розрахунків будемо вважати, що в випромінюючому розкритті поширюється тільки одна хвиля (в нашому випадку TE_{10}). Результати будуть тим точніше, чим більше розмір розкриття в порівнянні з довжиною хвилі λ .

У декартовій системі координат розподіл електричної компоненти хвилі, що розповсюджується по хвильоводу, має вигляд:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}_x E_x + \mathbf{e}_y E_y + \mathbf{e}_z E_z. \quad (1)$$

За аналогією з виразом (1) напишемо електричну компоненту хвилі в сферичній системі координат:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}_r E_r + \mathbf{e}_\varphi E_\varphi + \mathbf{e}_\theta E_\theta. \quad (2)$$

Ми розглядаємо прямокутний хвилевод, в якому поширюється хвиля TE_{10} , що має тільки поперечну складову електричного поля ($E_x = H_y = E_z = 0$). З урахуванням рівності нулю деяких компонент електричного і магнітного полів хвилі TE_{10} в хвилеводі можемо записати:

$$\begin{cases} E_x = -E_\varphi \sin \varphi + E_\theta \cos \varphi \cos \theta, \\ E_y = E_\varphi \cos \varphi + E_\theta \sin \varphi \cos \theta, \\ E_z = -E_\theta \sin \theta. \end{cases} \quad (3)$$

Після підстановки значень складових електричного поля з (3) в співвідношення (1) отримаємо:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}_x (E_\theta \cos \varphi \cos \theta - E_\varphi \sin \varphi) + \mathbf{e}_y (E_\varphi \cos \varphi + E_\theta \sin \varphi \cos \theta) - \mathbf{e}_z E_\theta \sin \theta. \quad (4)$$

У сферичній системі координат складові електричного поля E_θ і E_φ в розкритті прямокутного хвилеводу перерізом $a \times b$ визначаються виразами:

$$E_\theta = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \sin \varphi \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (5)$$

$$E_\varphi = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \cos \varphi \left(\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right) \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (6)$$

де B – амплітудний коефіцієнт;

$Z_0 = 120\pi$ – хвильовий опір вільного простору;

$$\alpha = (\pi a / \lambda) \sin \theta \cos \varphi ;$$

$$\beta = (\pi b / \lambda) \sin \theta \sin \varphi ;$$

$$\lambda_g = \lambda / \sqrt{1 - (\lambda / 2a)^2} \text{ – хвильова довжина хвилі.}$$

Після підстановки значень E_θ і E_φ у вираз (3) були отримані рівняння для складових електричного поля в наступному вигляді:

$$E_x = E_\theta \cos \varphi \cos \theta - E_\varphi \sin \varphi = -F \frac{\lambda}{\lambda_g} \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \theta , \quad (7)$$

де

$$F = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta} , \quad (8)$$

$$E_y = F \left[\cos^2 \varphi \left(\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right) + \sin^2 \varphi \cos \theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right] , \quad (9)$$

$$E_z = -E_\theta \sin \theta = -F \sin \varphi \sin \theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) . \quad (10)$$

Після підстановки виразів для складових електричного поля, що визначаються в (6), (9) і (10), в співвідношення (4) отримаємо вираз для електричної компоненти основної хвилі прямокутного хвилеводу:

$$\begin{aligned} \mathbf{E} = & \mathbf{e}_x \left(-F \frac{\lambda}{\lambda_g} \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \theta \right) + \mathbf{e}_y F \left[\cos^2 \varphi \left(\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right) + \right. \\ & \left. + \sin^2 \varphi \cos \theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right] + \mathbf{e}_z \left[-F \sin \varphi \cos \theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right] . \end{aligned} \quad (11)$$

В результаті перетворень були отримані вирази для визначення ДС в площинах Н та Е основної хвилі TE_{01} відкритого кінця прямокутного хвилеводу:

$$\mathbf{E}_{x0z} = \mathbf{e}_y B Z_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \frac{\cos[(\pi a/\lambda)\sin\theta]}{[(\pi a/\lambda)\sin\theta]^2 - (\pi/2)^2} \left(\cos\theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right), \quad (12)$$

$$\mathbf{E}_{y0z} = \mathbf{e}_y B Z_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \left(-\frac{4}{\pi^2} \right) \frac{\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin\theta\right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin\theta\right)} \left[\cos\theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos\theta \right) \right]. \quad (13)$$

Результати розрахунку за формулами (12) і (13) показали, що за рівнем -15 дБ ширина головної пелюстки ДС в обох площинах, що розглядаються, складає 24,8 мм для розмірів прямокутного розкриву $a' \times b' = 20,5 \times 14,31$ мм.

Таким чином, в цьому випадку більше 80% випромінюваної потужності будуть зосереджені в трубі діаметром 30 мм. З урахуванням розмірів прямокутного розкриття та розмірами хвилеводу 3,6x1,8 мм була визначена довжина пірамідального рупора 35 мм.

У зв'язку з внутрішньоутробним лікуванням тварин, розкрив діелектричного хвилеводу випромінювача електромагнітної енергії було закрито діелектричною лінзою з параметрами: діаметр 26,4 мм; товщина 4,6 мм; фокусна відстань 50 мм.

ВИСНОВКИ

1. На підставі узагальнення фактичного матеріалу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій слід зробити висновок, що для внутрішньоутробного лікування акушерсько-гінекологічних хвороб маточного поголів'я великої рогатої худоби слід використовувати низькоенергетичні (інформаційні) ЕМП міліметрового діапазону, які дозволяють створити ефективну, енергозберігаючу та екологічно чисту електромагнітну технологію .

2. Для визначення біотропного параметрів ЕМП (частота, щільність потоку потужності, експозиція), що викликають пригнічення патогенних коків в яєчниках тварин і прискорену регенерацію пошкоджених тканин, необхідні фізико-математичні дослідження на основі моделі яєчників і патогенних коків з урахуванням їх електрофізичних параметрів.

3. Для внутрішньоутробного лікування хвороб яєчників ВРХ, необхідні дослідження і розробка антени на основі полого діелектричного хвилеводу, узгодженого з пірамідальним рупорним випромінювачем і діелектричної лінзою на виході хвилеводу.

4. Величина щільності потоку потужності на поверхні яєчників ВРХ повинна бути такою, щоб наведений потенціал на мембрані патогенних коків був не менше 110 мВ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попрядухин В.С. Определение оптимальных параметров электромагнитного излучения для угнетения патогенных микроорганизмов, вызывающих воспаления яичников КРС / В. С. Попрядухин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України – 2016. – Вип. 176 – С. 91 – 93.
2. Попрядухин В.С. Использование электромагнитного излучения в лечении гинекологических болезней животных / В.С. Попрядухин // Энергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2015. – № 2(5). – С.49 – 52.
3. Попрядухин В.С. Теоретический анализ излучающей системы для лечения заболеваний яичников у коров / В. С. Попрядухин // Scince Rise. – 2017. – № 2/2(31). – С.17 – 29.
4. Попрядухин В. С. Анализ распределения электрического поля в больных яичниках коров / В. С. Попрядухин // Scince Rise. – 2017. – № ½ (30). – С. 26 – 31.
5. Диагностика, лечение и профилактика патологии яичников и яйцеводов у коров: учебно-методическое пособие / [Р. Г. Кузьмич, Л. Н. Рубанец, А. А. Гарбузов и др.; Витебская государственная академия ветеринарной медицины]. – Витебск: ВГАВМ, 2010. – 60 с.
6. Черенков А. Д. Влияние низкоэнергетических МП на клетки тканей вымени коров больных маститом / А. Д. Черенков, Л. Ф. Кучин. – Вісник ХДТУСГ. – 2001. – Вип. 6. – С. 32 – 33.
7. Бинги В. Н. Магнитология: эксперименты и модели / В. Н. Бинги. – М.: «МИЛТА», 2002. – 592 с.
8. Анатомія свійських тварин / С. К. Рудик, Ю. О. Павловський, Б. В. Криштофорова [та ін.]. – Київ : Аграрна освіта, 2001. – 576 с.