

№ 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

« ____ » _____ 2017 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

(проміжний січень 2017 – грудень 2017)

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. І.П. Назаренко

Завідувач лабораторії: _____

2017

Результати роботи розглянуто НТР

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2017 р.

СПИСОК АВТОРІВ

К.т.н., доцент	Розділ 5.1.1
Квітка С.О.	Етап 5.1.1.2
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.1
Вовк О.Ю.	Етап 5.1.1.2
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.1
Курашкін С.Ф.	Етап 5.1.1.2
Асистент	Розділ 5.1.1
Стребков О.А.	Етап 5.1.1.2
Магістр	Розділ 5.1.1
Квітка О.С.	Етап 5.1.1.2
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.2
Нестерчук Д.М.	Етап 5.1.2.2
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.2
Попова І.О.	Етап 5.1.2.2
Ст. викладач	Розділ 5.1.3
Ковальов О.В.	Етап 5.1.3.2
К.т.н., доцент	Розділ 5.1.4
Постнікова М.В.	Етап 5.1.4.2
Ст. викладач	Розділ 5.1.5
Попрядухін В.С.	Етап 5.1.5.2
Асистент	Розділ 5.1.5
Речина О.М.	Етап 5.1.5.2

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 5.1.1 Розробка ресурсозберігаючих пристроїв контролю і захисту силового електрообладнання.

Етап 5.1.1.2 Розробка пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту силового електрообладнання від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

4

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

Етап 5.1.2.2 Обґрунтування структури системи прогнозування, моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів.

21

РОЗДІЛ 5.1.3 Розробка та удосконалення енергозберігаючої електромеханічної системи обробітку ґрунту.

Етап 5.1.3.2 Обґрунтування конструктивних елементів та типу електродвигуна приводу електромеханічної системи обробки ґрунту.

33

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

Етап 5.1.4.2 Теоретичне обґрунтування енергозберігаючих режимів роботи обладнання. Розробка програми і методики дослідження.

48

РОЗДІЛ 5.1.5 Розробка енергозберігаючих біотехнічних систем у рослинництві та тваринництві.

Етап 5.1.5.2 Аналіз використання мікрохвильового випромінювання в технологічних процесах лікування тварин.

61

РОЗДІЛ 5.1.1

РОЗРОБКА РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Етап 5.1.1.2 Розробка пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту силового електрообладнання від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

ВИКОНАВЦІ

Завідувач кафедри,

к.т.н., доцент

к.т.н., доцент

к.т.н., доцент

асистент

Квітка Сергій Олексійович

Вовк Олександр Юрійович

Курашкін Сергій Федорович

Стребков Олександр Андрійович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 5.1.1.2: 17 с., 0 табл., 3 рисунки, 6 посилань.

АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН,
РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ,
ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ, ТЕПЛОВЕ ЗНОШЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ.

Об'єкт дослідження: процес теплового зношення ізоляції асинхронних електродвигунів при відхиленні напруги живлення.

Мета роботи: розробка пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту силового електрообладнання від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

Методи досліджень:

- математичного та імітаційного моделювання;
- синтезу схемних рішень.

В результаті проведених досліджень:

- Визначені принципи побудови технічного пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції;
- Розроблена математична модель діагностування теплового зношення ізоляції асинхронних електродвигунів;
- Розроблена структурна схема пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції;
- Розроблена принципова електрична схема технічного пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	8
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	8
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
3.1 Принципи побудови технічного пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від непри- пустимої витрати ресурсу ізоляції.	9
3.2 Розробка математичної моделі контролю відхилення напруги жи- влення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої ви- трати ресурсу ізоляції.	10
3.3 Розробка структурної схеми пристрою контролю відхилення на- пруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпу- стимої витрати ресурсу ізоляції	12
3.4 Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю ві- дхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції	15
ВИСНОВКИ	19
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	20

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].

Хоча асинхронний електродвигун одержав широке поширення 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, які не можуть бути враховані при проектуванні двигунів. Однією з таких експлуатаційних умов є робота в умовах зниженої напруги (до 40%) [3, 4].

Значне зниження напруги при експлуатації асинхронних електродвигунів може привести до затяжних або нездійснених пусків, тобто до нераціонального використання ресурсу електродвигунів. Внаслідок вищезазначеного приводні електродвигуни робочих машин піддаються негативним експлуатаційним впливам, в результаті чого вони перегріваються або взагалі не можуть запуснитись в умовах зниженої напруги і виходять з ладу, а в режимах навантаження спостерігається нераціональне споживання електричної енергії.

В результаті вищезазначеного біля 60% відмов електродвигунів відбувається внаслідок зниження напруги.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Визначення принципів побудови технічного пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

1.2 Розробка математичної моделі контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

1.3 Розробка структурної схеми пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

1.4 Розробка принципової електричної схеми пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

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 вираховування 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 ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Принципи побудови технічного контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції

Виходячи з результатів досліджень технічний пристрій контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції повинен базуватися на наступних принципах:

1. Експлуатаційні параметри кожного електродвигуна лінії, значення яких повинен безперервно контролювати технічний пристрій, наступні:

- діючі значення напруг у кожній фазі;
- діючі значення фазних струмів;
- температура навколишнього середовища.

2. Конструкційні параметри кожного електродвигуна лінії, значення яких повинні вводитись у технічний пристрій, наступні:

- номінальна швидкість теплового зносу ізоляції;
- параметр, що характеризує ізоляцію;
- номінальне усталене перевищення температури ізоляції обмотки;
- параметри Г-подібної схеми заміщення;
- температурний коефіцієнт опору провідників обмотки;
- номінальне ковзання;
- номінальна фазна напруга;
- номінальний момент на валу;
- показник ступеня, який характеризує зміну статичного моменту робочої машини при зміні швидкості;
- відносне значення початкового моменту опору робочої машини.

3. Технічній пристрій контролю і захисту, маючі значення експлуатаційних та конструкційних параметрів, повинен обчислювати швидкість теплового зносу ізоляції кожного електродвигуна лінії.

4. У разі перевищення швидкості теплового зносу ізоляції хоча б одного з електродвигунів лінії понад номінальне значення (тобто 1 баз.год./год.) технічній пристрій діагностування повинен сигналізувати обслуговуючому персоналу про виникнення аварійного режиму роботи та вмикати стабілізатор напруги у силове коло електродвигунів лінії для підняття значення напруги на необхідний рівень, щоб швидкості теплового зносу ізоляції електродвигунів лінії не перевищували номінальне значення.

3.2 Розробка математичної моделі контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції

Структурна схема математичної моделі контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Структурна схема математичної моделі контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції

Тобто вхідними величинами у математичну модель є значення експлуатаційних та конструкційних параметрів асинхронного електродвигуна лінії, які означені вище. Вихідним параметром є поточне значення швидкості теплового зносу ізоляції. Сама математична модель являє собою взаємозв'язок між вхідними величинами і вихідною величиною, який реалізується так:

$$1) k_3 = \frac{I}{I_H};$$

$$2) k_{U(A)} = \frac{U_A}{U_H}; \quad k_{U(B)} = \frac{U_B}{U_H}; \quad k_{U(C)} = \frac{U_C}{U_H};$$

значення коефіцієнтів $k_{U(A)}$, $k_{U(B)}$, $k_{U(C)}$ порівнюються між собою і у подальшому використовується найбільше значення k_U ;

якщо $x = 0$, то

$$3) s = \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_H;$$

якщо $x = 1$, то

$$3) s = \frac{M_{0^*} + \frac{1 - M_{0^*}}{1 - s_H}}{\frac{k_U^2}{k_3} \cdot s_H + \frac{1 - M_{0^*}}{1 - s_H}};$$

якщо $x = 2$, то

$$3) s = 1 + \frac{k_U^2}{k_3} \cdot \frac{(1 - s_H)^2}{2 \cdot s_H \cdot (1 - M_{0^*})} - \sqrt{1 + \frac{k_U^2 \cdot (1 - s_H)^2 (k_U^2 \cdot (1 - s_H)^2 + k_3 \cdot s_H \cdot (1 - M_{0^*}))}{4 \cdot k_3^2 \cdot s_H^2 \cdot (1 - M_{0^*})^2} - \frac{1 - M_{0^*} \cdot s_H}{1 - M_{0^*}}};$$

якщо $x = -1$, то

$$3) s = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_H \cdot M_{0^*} - \sqrt{\left(1 - \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_H \cdot M_{0^*} \right)^2 - 4 \cdot \frac{k_3}{k_U^2} \cdot (1 - M_{0^*}) \cdot (1 - s_H)} \right);$$

$$4) k^2 = \frac{(r_1' + r_2''/s_H)^2 + (x_1' + x_2'')^2}{(r_1' + r_2''/s)^2 + (x_1' + x_2'')^2};$$

$$5) \tau_{1y} = \tau_{1n} \frac{a + \kappa^2}{1 + a - \alpha \cdot \tau_{1n} \cdot (\kappa^2 - 1)};$$

$$6) \Theta = \tau_{1y} + \mathcal{G}_{сер} + 273;$$

$$7) \Theta_n = \tau_{1n} + \mathcal{G}_{сер,n} + 273;$$

$$8) \varepsilon = \varepsilon_n \cdot e^{B \left(\frac{1}{\Theta_n} - \frac{1}{\Theta} \right)}.$$

3.3 Розробка структурної схеми пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції

Пристрій контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції складається з наступних блоків: семи блоків контролю і захисту електродвигунів (БКЗД1-БКЗД7), кожен з яких складається з підпорядкованого мікроконтролера (ПМК), блоків контролю струму (БКС) і контролю напруги (БКН), блоку світлової сигналізації (БСС) і блоку реле (БР). До складу пристрою також входить блок керування і обробки даних (БКОД), який складається з головного мікроконтролера (ГМК), блоків цифрової індикації (БЦІ) та світлової сигналізації (БСС), блоку вводу даних (БВД), електрично програмованої пам'яті (П), комунікаційного порту (КП) і блоку живлення (БЖ).

Головний мікроконтролер є ведучим (master) пристроєм, а підпорядковані мікроконтролери є веденими (slave) пристроями. Обмін даними між ведучим (master) пристроєм та веденими (slave) пристроями здійснюється за допомогою шини І²С. Всі операції на шині І²С здійснюються за допомогою тільки двох ліній – послідовної лінії даних (SDA) і послідовної лінії синхронізації (SCL). При цьому кожний елемент визначається своїм унікальним адресом, до якого входить група приладів та номер конкретного приладу.

Master-пристрій – це елемент, який ініціалізує передачу даних в шину, генерує сигнали синхронізації і завершує передачу даних, slave-пристрій – це елемент, який адресований master-пристроєм.

Блоки контролю і захисту електродвигунів (БКЗД1-БКЗД7) призначені для контролю струмів, які споживаються електродвигунами, напруги живлення електродвигунів та керування відповідними електродвигунами. Блок контролю струму (БКС) призначений для вимірювання струму, що споживається статорною обмоткою електродвигуна і перетворення його в інформативний електричний сигнал, який для подальшої обробки надходить на відповідні порти підпорядкованого мікроконтролера (ПМК). Блок контролю напруги (БКН) призначений для вимірювання напруги живлення і перетворення її в інформативний електричний сигнал, який для подальшої обробки також надходить на відповідні порти підпорядкованого мікроконтролера (ПМК).

Підпорядкований мікроконтролер (ПМК) здійснює обробку вхідних параметрів контролю та порівняння їх з величинами уставок. В залежності від величини вхідних параметрів ПМК видає сигнал на блок світлової сигналізації (БСС) або сигнал на відключення електродвигуна за допомогою блоку реле (БР).

Головний мікроконтролер (ГМК) задає основний потік даних на шині, формує необхідні часові інтервали, здійснює керування підпорядкованими мікроконтролерами та обробку даних, що надходять від них. Головний мікроконтролер також видає сигнал на блок світлової сигналізації (БСС) для візуального спостереження та блок цифрової індикації (БЦІ), на якому відображаються поточні значення величин контрольованих параметрів (струмів і напруг). В пристрої пам'яті (П) накопичується поточна інформація. Для вводу даних і керування пристроєм в пристрої передбачений блок вводу даних (БВД).

Визначення вхідних параметрів контролю, порівняння їх з уставками, приймання та видача сигналів керування виконується за спеціальною про-

грамою. Програмою передбачений ввід конструктивних, режимних та експлуатаційних даних.

В пристрої передбачений роз'єм для підключення програматора (призначений для запису програми в мікроконтролер) та комунікаційний порт (КП) (призначений для обміну даними між пристроєм та персональним комп'ютером).

Електричне живлення електронних блоків пристрою здійснюється від блоку живлення (БЖ).

Схема електрична структурна пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції наведена на рис. 2.

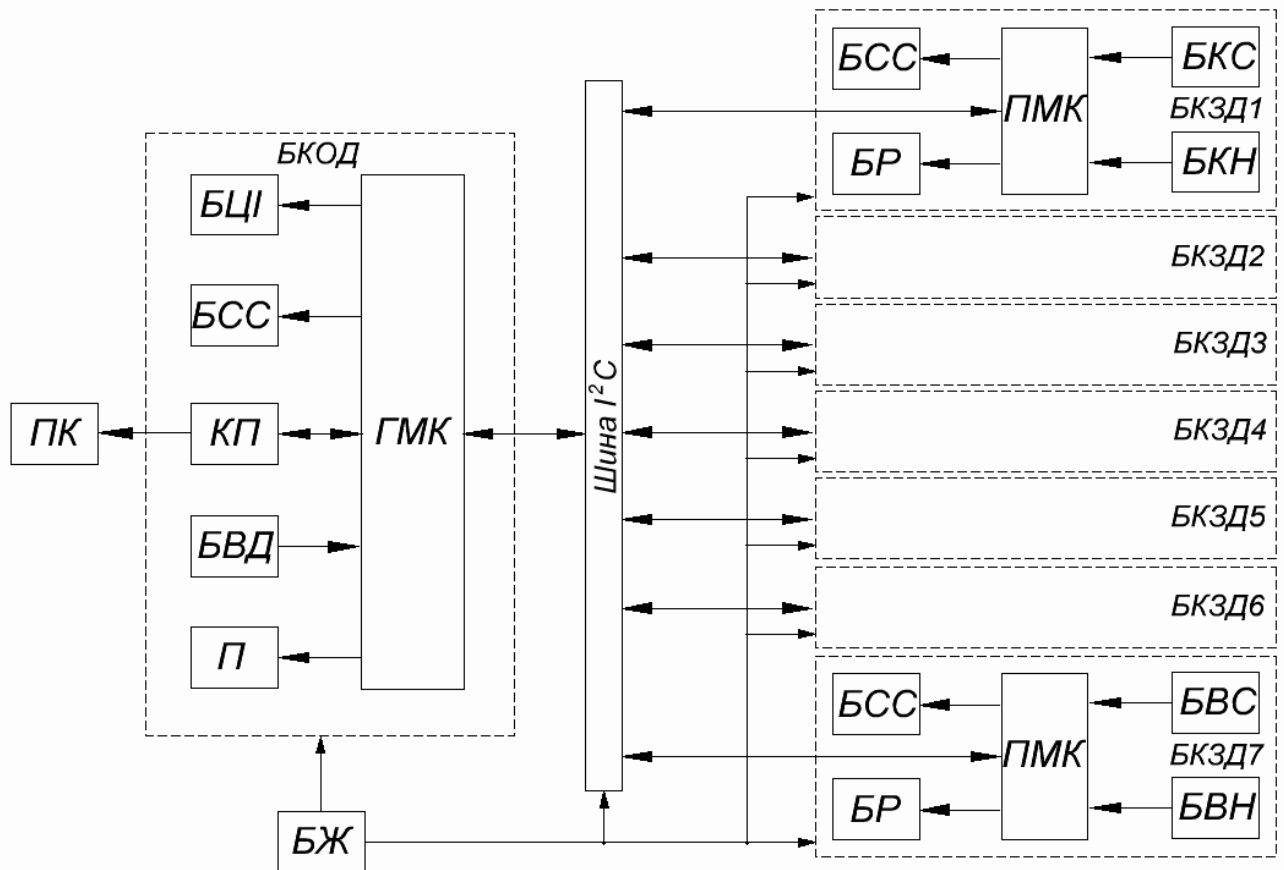


Рисунок 2 – Схема електрична структурна пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції

3.4 Розробка схеми електричної принципової пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції

До складу пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції входять сім однакових блоків контролю і захисту електродвигунів, кожен з яких реалізований на підпорядкованому мікроконтролері DD1 типу ATmega 8. Головним (ведучим) в пристрої є мікроконтролер DD2 типу ATmega 16.

Обмін даними між головним мікроконтролером DD2 та підпорядкованим мікроконтролером DD1 відбувається за допомогою двонаправленої двопровідної шини I²C. Всі операції на шині I²C здійснюються за допомогою тільки двох ліній – послідовної лінії даних (SDA) і послідовної лінії синхронізації (SCL). При цьому кожний елемент визначається своїм адресом, до якого входить група приладів та номер конкретного приладу.

Струм по фазах, що споживається електродвигуном, через первинні перетворювачі струму трансформаторного типу ТА1-ТА3, випрямлячі на діодах VD1-VD4, VD5-VD8, VD9-VD12 і конденсатори С1-С3 перетворюється у випрямлену напругу (інформативний електричний сигнал пропорційний силі струму, що протікає в обмотках електродвигуна), яка знімається з резисторів R1-R3 і подається на порти (входи аналого-цифрових перетворювачів) PC3-PC5 мікроконтролера DD1.

Вимірювана фазна напруга мережі живлення електродвигунів знижується за допомогою дільників напруги на резисторах R4-R6 і R7-R9, які мають коефіцієнт ділення 1:100, випрямляється однонапівперіодними випрямлячами на діодах VD13-VD15 і подається на порти (входи аналого-цифрових перетворювачів) PC0-PC2 мікроконтролера DD1.

Для відключення електродвигуна, в разі виникнення аварійної ситуації, в схемі передбачений блок реле, який реалізований на транзисторному ключі (транзистор VT1, резистор R13, R14) і реле К1. Контакт реле К1 увімкнений в

коло котушки відповідного електромагнітного пускача. Для захисту схеми від електрорушійної сили самоіндукції, яка з'являється в процесі комутації обмотки реле, паралельно її обмотці підключений діод VD19.

Дані про поточне значення величин діагностичних параметрів з підпорядкованих мікроконтролерів (блоків контролю електродвигунів) за допомогою двопровідної шини I²C надходять на головний мікроконтролер DD2. Після обробки даних мікроконтролером DD2 вони виводяться на цифровий LCD-індикатор HG1. Дані на індикатор подаються по вісьмох лініях порту A (PA0-PA7) мікроконтролера, а сигнал трьох ліній керування формується через порт C (PC5-PC7). Лінія E - високий рівень сигналу на даній лінії дозволяє виконання операції обміну, при цьому індикатор може отримувати команди або дані. Нульовий рівень забороняє доступ до індикатора. Лінія R/W - вказує тип операції при зверненні до індикатора (запис або читання даних). Лінія RS - визначає тип інформації, що передається: команди (RS = 0) або дані (RS = 1). В режимі передачі даних індикатор приймає та відображає знаки кода, які отримані від мікроконтролера.

Зв'язок мікроконтролера з комп'ютером здійснюється через канал RS-232, який призначений для обміну інформацією між двома пристроями. Комп'ютер для підтримки зв'язку має COM-порт (роз'єм X6). Такий зв'язок дозволяє вирішувати питання керування контролером, накопичування даних мікроконтролером в реальному часі з наступним передаванням масивів даних для зберігання, обробки та відображення. Для підключення мікроконтролера до каналу RS-232 в схемі використовується інтегральний перетворювач рівнів DD3. Для накопичування та зберігання інформації в пристрої передбачена електрично програмована пам'ять (EEPROM) DA1, керування якою здійснюється через шину I²C.

Схемою пристрою передбачена світлова сигналізація на світлодіодах VD16-VD18 та VD19, VD20. На елементах QZ1, C4, C5 реалізована схема тактового генератора мікроконтролера DD1. Для живлення пристрою передбачений інтегральний стабілізатор напруги на мікросхемі DA2.

Для вводу даних і керування пристроєм в схемі передбачена клавіатура на 16 клавiш S0-S15.

В схемі пристрою передбачений роз'єм X5 для підключення програматора, який призначений для запису програми в мікроконтролер.

Схема електрична принципова пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції наведена на рис. 3.

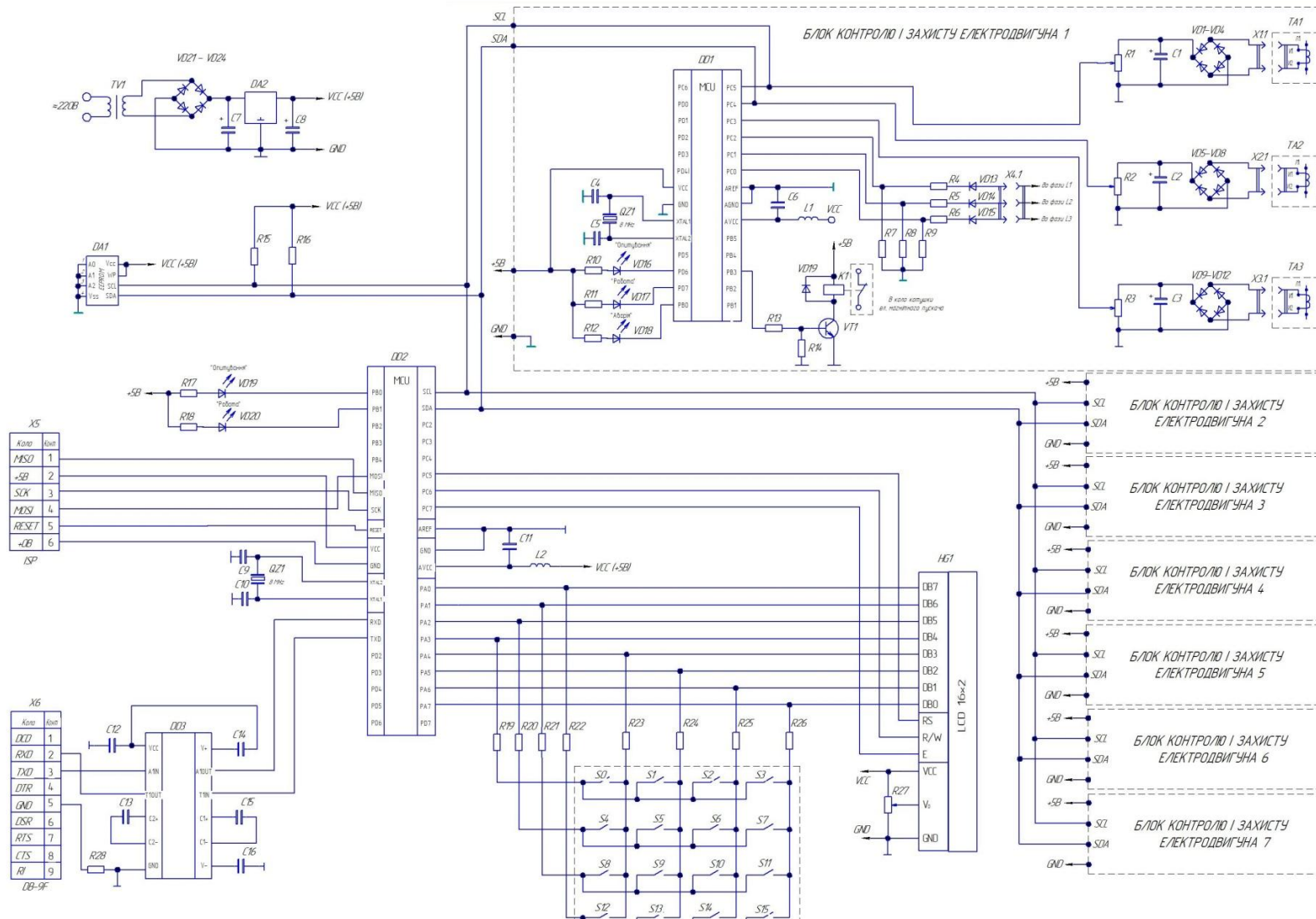


Рисунок 3 – Схема електрична принципова пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції

ВИСНОВКИ

1. Вперше обґрунтовано параметр діагностування експлуатаційних режимів асинхронного електродвигуна в умовах зниженої напруги – швидкість теплового зношення ізоляції, який дозволяє комплексно враховувати дію експлуатаційних впливів.
2. За результатами проведених досліджень запропоновані принципи побудови технічного пристрою діагностування експлуатаційних режимів роботи асинхронних електродвигунів, які поділяються на експлуатаційні та конструктивні.
3. Вперше запропонована математична модель контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції, яка дозволяє контролювати функціональний стан електродвигунів за швидкістю теплового зношення ізоляції.
4. На підставі запропонованої математичної моделі розроблена структурна схема пристрою контролю відхилення напруги живлення і захисту асинхронних електродвигунів від неприпустимої витрати ресурсу ізоляції, а також розроблена принципова електрична схема пристрою.
5. Розроблений пристрій дозволяє зменшити витрату ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів в аварійних режимах роботи на 10%.

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 5.1.2

РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ, МОНІТОРИНГУ ТА ЗАХИСТУ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Етап 5.1.2.2 Обґрунтування структури системи прогнозування, моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів

ВИКОНАВЦІ

к.т.н., доцент

Нестерчук Діна Миколаївна

к.т.н., доцент

Попова Ірина Олексіївна

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 5.1.2.2, 0 табл., 5 рисунків, 7 посилань.

СИСТЕМА, ПРОГНОЗУВАННЯ, МОНІТОРИНГ, ЗАХИСТ, СТРУКТУРА, ТРИФАЗНИЙ АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ПЕРЕТВОРЮВАЧІ, НАПРУГА, ТЕМПЕРАТУРА, СТРУМ, АНАЛОГ ЛЯМБДА-ДІОДА.

Об'єкт дослідження: система прогнозування, моніторингу та захисту асинхронного електродвигуна (АД) з короткозамкненим ротором та обґрунтування її структури.

Мета роботи: розробка системи прогнозування, моніторингу та захисту є групи асинхронних електродвигунів (АД) з короткозамкненим ротором для прийняття обґрунтованих рішень при експлуатації АД шляхом своєчасного виявлення аварійних режимів роботи, прихованих дефектів та прогнозування відмов, які зв'язані з їх розвитком.

Методи досліджень:

- метод системного підходу;
- аналітичний метод дослідження;
- фізичне моделювання первинних перетворювачів.

ЗМІСТ

ВСТУП	24
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	25
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	25
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	25
3.1 Розробка структури системи прогнозування, моніторингу та захисту (ПМіЗ) АД;	25
3.2 Опис принципу дії системи ПМіЗ АД;	26
3.3 Обґрунтування доцільності застосування електронного вимірювального перетворювача на базі аналога лямбда-діода для контролю параметрів АД в системі ПМіЗ.	27
ВИСНОВКИ	31
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	32

ВСТУП

Технічний та технологічний рівень виробництва, який базується на широкому використанні низьковольтних АД для електроприводу робочих та виконавчих механізмів, в системах автоматичного керування виробничими процесами визначаються надійністю АД.

Сучасні стандарти більшості країн світу, включаючи й Україну, ставлять все жорсткіші вимоги до безпечної експлуатації АД. 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 прогнозування, моніторингу та захисту АД. Головне завдання цих систем - це забезпечення ефективного функціонування та надійності електроприводу. 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 прогнозування, моніторингу та захисту 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 Розробка структури системи прогнозування, моніторингу та захисту (ПМіЗ) АД;

1.2 Опис принципу дії системи ПМіЗ АД;

1.3 Обґрунтування доцільності застосування електронного вимірювального перетворювача на базі аналога лямбда-діода для контролю параметрів АД в системі ПМіЗ.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми досліджень застосовані методи наукового дослідження:

- метод системного підходу;
- аналітичний метод дослідження;
- фізичне моделювання первинних перетворювачів.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Розробка структури системи прогнозування, моніторингу та захисту (ПМіЗ) АД

За результатами досліджень була обґрунтована структура системи, узагальнена структурна схема якої наведена на рисунку 4.

Об'єктами моніторингу та захисту є група АД – АД₁...АД_i.

Вимірювально-перетворювальний комплекс системи містить датчики напруги живлення, фазних струмів, температури ізоляції обмоток АД та температури навколишнього середовища, а також блок вторинного перетворення. Мікропроцесорний комплекс системи – це монітор групи АД [5], який реалізований на базі мікроконтролера.

Запропоновано для реалізації системи оповіщення щодо аварійного стану i – того електродвигуна з групи АД ввести блок цифрової та блок світлової сигналізації. Система відключення i – того аварійного електродвигуна з

групи АД містить блок комутації, який спрацьовує при прийнятті рішення щодо можливості подальшої роботи АД в мікроконтролері.

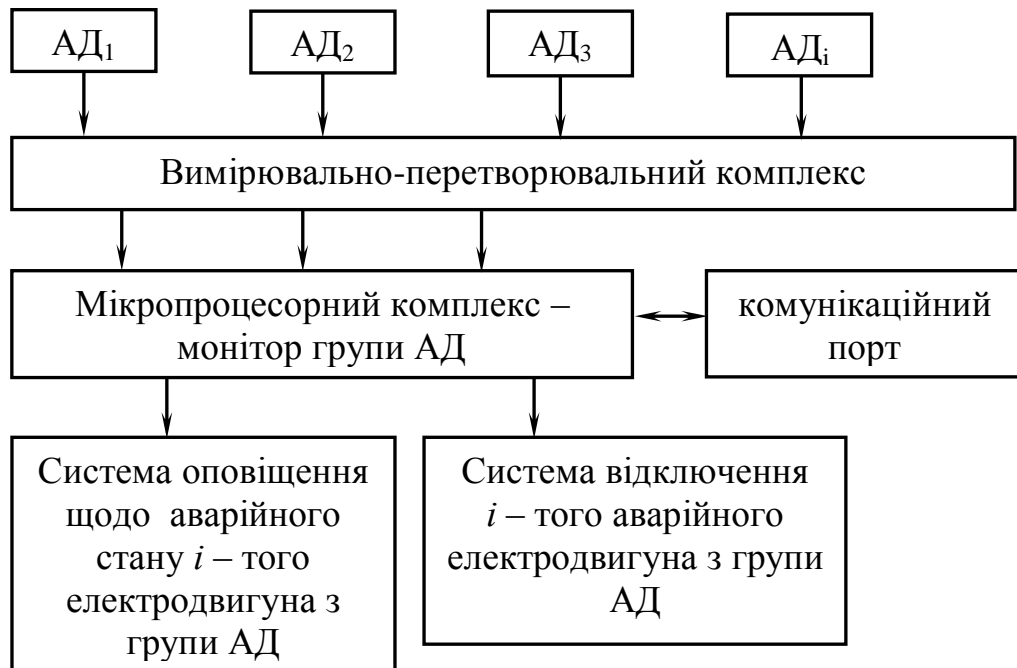


Рисунок 4 – Узагальнена структурна схема системи ПМіЗ АД

3.2 Опис принципу дії системи ПМіЗ АД

Реалізація роботи запропонованої системи можлива при сукупному використанні засобів:

- перетворювачів фізичних величин – датчиків напруги живлення, фазних струмів, температури ізоляції обмоток АД та навколишнього середовища.
- віртуальних засобів – програмного забезпечення для функціонування мікропроцесорного комплексу - монітору групи АД.

Розроблена система ПМіЗ працює таким чином.

Вхідними сигналами системи є вимірювальна інформація з датчиків напруги живлення, фазного струму, температури ізоляції обмоток АД та температури навколишнього середовища, як складових вимірювально-перетворювального комплексу. Збір даних з датчиків здійснює блок вторинного перетворення у складі вимірювально-перетворювального комплексу.

Слід відзначити, що кількість датчиків та блоків вторинного перетворення вимірювально-перетворювального комплексу така, як й кількість об'єктів контролю у групі АД.

В моніторі групи АД у складі мікропроцесорного комплексу системи реалізується алгоритм обробки вимірювальної інформації, реалізації моделі функціонального прогнозування та моніторингу АД за величинами параметрів моделі, їх зберігання, а також надається рішення щодо можливості подальшої роботи, наявності виду несправності, визначення її розвитку та прогнозування очікуваного строку безвідмовної роботи АД.

За необхідністю блоком комутації здійснюється відключення аварійного АД з групи електродвигунів від мережі живлення. Візуальна інформація щодо поточного стану електродвигуна та його номеру з групи АД надається оператору за допомогою системи оповіщення.

Комунікаційний порт системи здійснює обмін даними роботи системи з диспетчерським пунктом.

Запропонована система ПМіЗ дозволить підвищити експлуатаційну надійність асинхронних електродвигунів, при цьому відсоток виходу з ладу електродвигунів прогнозовано знизиться в 2 рази.

3.3 Обґрунтування доцільності застосування електронного перетворювача на базі аналога лямбда-діода для контролю параметрів АД в системі ПМіЗ

За результатами досліджень запропоновано застосування у якості датчиків температури ізоляції обмоток АД та напруги електронного перетворювача на базі аналога лямбда-діода в системі ПМіЗ. Розроблений перетворювач – це комплементарна пара польових транзисторів з керуючими $p-n$ переходами, один з польових транзисторів має канал p -типу, а інший – канал n -типу, витоки обох транзисторів об'єднані. Для обґрунтування доцільності застосування у якості вимірювального перетворювача розроблена еквівалентна схема заміщення аналога лямбда-діода, яка приведена на рисунку 5.

Канали кожного транзистора подані диференціальними опорами r_{c1} і r_{c2} і міжелектродними ємностями C_{ci1} і C_{ci2} , величина яких визначається геометрією і матеріалом польових транзисторів. Затвори аналога лямбда-діода подані опорами r_{z1} і r_{z2} . Через опори каналів відбувається зарядка ємностей затворів.

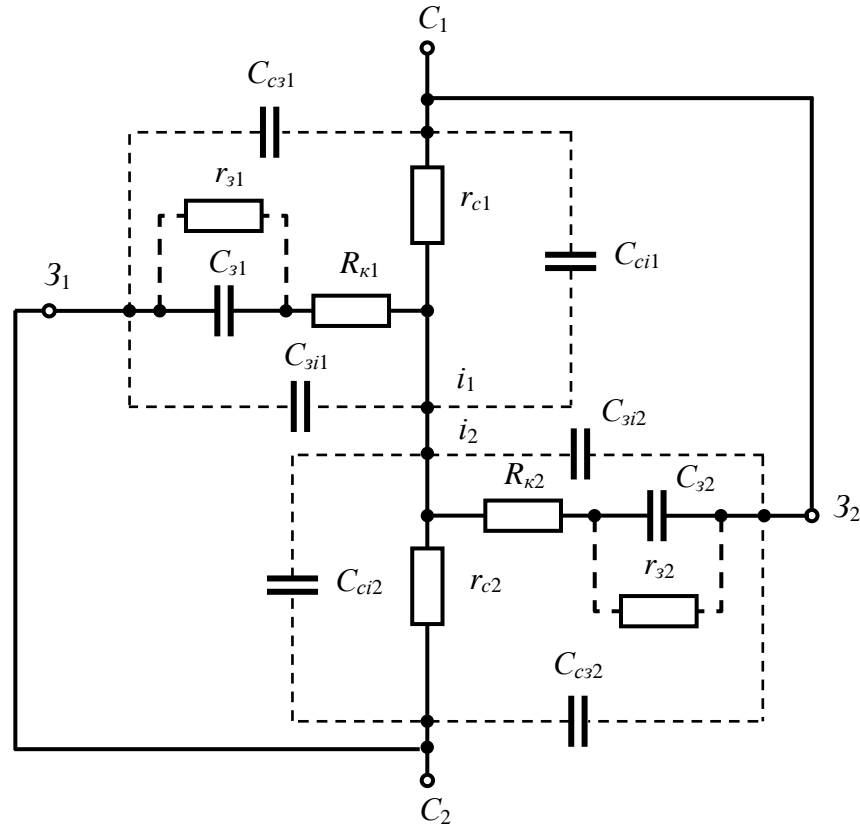


Рисунок 5 - Еквівалентна схема заміщення аналогу лямбда-діода

В результаті досліджень було встановлено, що:

- ємності затворів заряджаються через усереднені опори каналів R_{k1} і R_{k2} , що дозволило визначити кінцеву усталену часу τ_z лямбда-діода;

- при напрузі $U_{ci} = 10$ В і $U_{zi} = 0$ параметри кремнієвих польових транзисторів дорівнюють $C_z = 3...10$ пФ; $C_{zi} = 0,5$ пФ; $C_{cz} = 0,5$ пФ; $C_{ci} = 0,3...1$ пФ; $r_z = 10^{10}$ Ом; $r_c = 0,1...1$ МОм; $R_{k1} \approx 200$ Ом; $R_{k2} = 75...200$ Ом [6, 7];

- так як значення ємностей C_z , C_{zi} , C_{cz} , C_{ci} невеликі, то ними можна знехтувати.

Це дозволило розробити спрощену еквівалентну схему заміщення аналога лямбда-діода, яка наведена на рисунку 6.

Згідно аналізу літературних джерел було встановлено, що опори затво-

рів достатньо великі – $10^9 \dots 10^{10}$ Ом. Це дозволило зробити висновок, що на диференціальні опори каналів r_{c1} і r_{c2} аналога лямбда-діода впливають не струми, що течуть через затвори польових транзисторів, а падіння напруг на їх затворах.

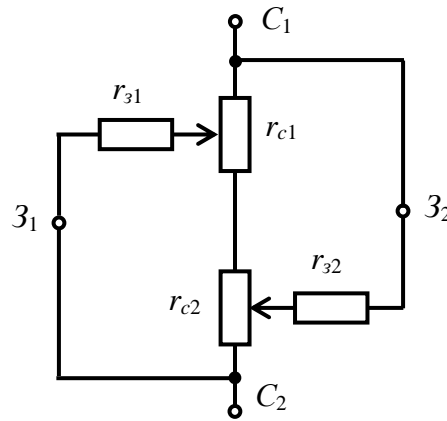


Рисунок 6 - Спрощена схема заміщення аналогу лямбда-діода

В результаті рівняння стокової вольт-амперної характеристики лямбда-діода має вигляд

$$I = \frac{1}{R_{ko1}} \frac{U_{c1}(U_{zo1} - U_{z1} - 1/2U_{c1})}{U_{zo1}} = \frac{1}{R_{ko2}} \frac{U_{c2}(U_{zo2} - U_{z2} - 1/2U_{c2})}{U_{zo2}}, \quad (1)$$

де R_{ko1} , R_{ko2} – диференціальні опори каналів польових транзисторів;

U_{c1} , U_{c2} – падіння напруги між стоком і витокм польових транзисторів;

U_{zo1} , U_{zo2} – напруга відсічки польових транзисторів;

U_{z1} , U_{z2} – напруга між затвором і витокм польових транзисторів.

Напруга на лямбда-діоді дорівнює

$$U_{\lambda} = U_{c1} + U_{c2}. \quad (2)$$

Після проміжних перетворень з урахуванням виразів (1) та (2) рівняння стокової вольт-амперної характеристики лямбда-діода приймає вигляд

$$I = \frac{1}{R_{ko2} \cdot U_{zo2}} \cdot U_{c2} \cdot U_{zo2} - \frac{1}{R_{ko2} \cdot U_{zo2}} \cdot U_{c2} \cdot U_{c1} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{R_{ko2} \cdot U_{zo2}} \cdot U_{c2}. \quad (3)$$

Застосування в конструкції лямбда-діода комплементарної пари польових транзисторів дозволило прийняти такі умови: $I_{c1} = I_{c2}$, $U_{c1} = U_{c2}$, $U_{zo1} = U_{zo2}$, $R_{ko1} = R_{ko2}$, в результаті рівняння стокової вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода має такий вигляд

$$I = \frac{1}{2R_{ko}} \cdot U_{\lambda} - \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{R_{ko} \cdot U_{zo}} \cdot U_{\lambda}^2. \quad (4)$$

За результатами аналітичних досліджень обґрунтована доцільність застосування аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури, а саме, розроблена принципова схема, яка наведена на рисунку 7 та еквівалентна схема заміщення, яка наведена на рисунку 8.

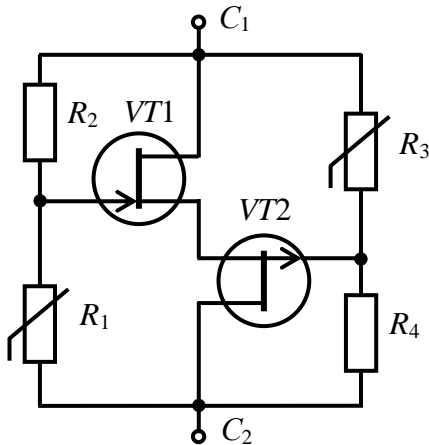


Рисунок 7 - Принципова схема аналогу лямбда-діода в якості перетворювача температури

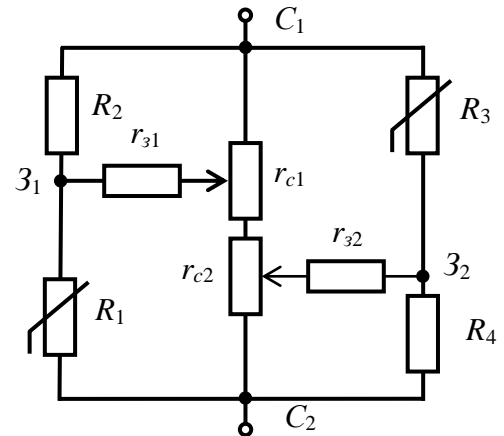


Рисунок 8 - Схема заміщення аналогу лямбда-діода в якості перетворювача температури

Напруга на затворах лямбда-діода залежить від величини опорів терморезисторів R_1 , R_3 і резисторів R_2 , R_4 . Рівняння цієї залежності має вигляд:

$$U_3 = \frac{U_{\lambda}}{2} - U_{\lambda} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{U_{\lambda}}{2} - U_{\lambda} \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}. \quad (5)$$

На основі припущення, що R_1 і R_3 – терморезистори одного типу, які знаходяться в однакових температурних умовах, а опори резисторів R_2 і R_4 рівні між собою, рівняння стокової вольт-амперної характеристики аналога

лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури має вигляд

$$I = \frac{1}{2R_{ко}} \cdot U_{\lambda} - \frac{U_{\lambda}^2}{2R_{ко} \cdot U_{зо}} \left(\frac{3}{4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right). \quad (6)$$

За результатами досліджень розрахована вольт-амперна характеристика, яка дозволяє визначати струм стоку, напругу запирання, а також дозволяє вибрати параметри резисторів для використання аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури ізоляції обмоток АД або напруги.

ВИСНОВКИ

1. Проблема підвищення надійності трифазних АД набула актуальне значення, вона багатогранна та потребує комплексного вирішення. Вперше запропонована структура системи прогнозування, моніторингу та захисту (СПіЗ) АД дозволить підвищити їх експлуатаційну надійність та прогнозовано знизити виходу з ладу АД в 2 рази.

2. Обґрунтована доцільність застосування електронного перетворювача на базі аналога лямбда-діода для контролю температури та напруги в системі ПМіЗ.

3. За результатами досліджень розрахована вольт-амперна характеристика, яка дозволяє визначати струм стоку, напругу запирання, а також дозволяє вибрати параметри резисторів для використання аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури ізоляції обмоток АД або напруги.

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.М. Захист як складник системи функціонального діагностування асинхронних електродвигунів / О.М.Закладний, В.В.Прокопенко, О.О.Закладний // Промелектро. – 2010. - №4. – С.36 – 40.
4. 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.
5. 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.
6. Попова І.О. Можливості виконання енергоекономічних пристроїв на базі аналога лямбда-діода для АПК / І.О. Попова// Матеріали XVIII міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвячена 116 річниці з дня народження академіка П.М.Василенка. м. Суми 17-18 жовтня / Науковий журнал // Серія: Механізація і автоматизація виробничих процесів – Вип.10/1 (29) – 2016. С.163 - 167.
7. Попова І.О. Еквівалентна схема заміщення первинного перетворювача на основі аналога лямбда-діода / І.О. Попова, С.Ф. Курашкін// Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України // Серія: Техніка і енергетика АПК. – 2017. Вип. 261. – С.163 - 169.

РОЗДІЛ 5.1.3

РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Етап 5.1.3.2 Обґрунтування конструктивних елементів та типу електродвигуна приводу електромеханічної системи обробки ґрунту

ВИКОНАВЕЦЬ

Ст. викл.

Ковальов Олександр Вікторович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 5.1.3.2:15 с., 0 табл., 7 рисунків, 4 посилання.

ЕЛЕКТРИФІКОВАНА МАШИНА, ОБРОБІТОК ГРУНТУ,
ЕЛЕКТРОДВИГУН, СТРУКТУРНО-ФУНКЦІЙНА СХЕМА,
СПОСТЕРЕЖНИК ШВИДКОСТІ

Об'єкт дослідження: електромеханічна система обробітку ґрунту.

Мета роботи: підвищення надійності та енергоефективності роботи електромеханічної системи обробітку ґрунту.

Методи досліджень:

- метод аналітичного дослідження.
- комп'ютерне моделювання напівпровідникових систем в MATLAB 6.0
- дослідження спостережника шляхом моделювання в програмі Matlab/Simulink

В результаті проведених досліджень:

- обґрунтовано структуру електромеханічної системи обробітку ґрунту;
- обґрунтовано тип електродвигуна приводу електромеханічної системи обробітку ґрунту;
- виконано синтез та дослідження спостережника швидкості двигуна приводу електромеханічної системи обробки ґрунту

ЗМІСТ

ВСТУП	36
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	37
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	37
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	37
3.1 Обґрунтування структурної схеми електромеханічної системи обробітку ґрунту	37
3.2 Обґрунтування типу електродвигуна приводу електромеханічної системи обробки ґрунту	39
3.3 Синтез та дослідження спостережника швидкості ДПС приводу електромеханічної системи обробки ґрунту	41
ВИСНОВКИ	47
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	47

ВСТУП

В Україні за останні роки значно збільшилася кількість фермерських господарств і приватних землекористувачів. при цьому великий розвиток отримало овочівництво захищеного ґрунту. Для підвищення ефективності виробництва овочів в теплицях і парниках широке застосування отримали малогабаритні мобільні агрегати у вигляді мотоблоків з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) потужністю 1-7 кВт вітчизняного і зарубіжного виробництва. В цілому мотоблоки з ДВЗ характеризуються як ефективні засоби малої механізації трудомістких процесів і особливо основного процесу обробітку ґрунту в фермерських господарствах, на присадибних і дачних ділянках.

Однак під час роботи мобільних агрегатів з ДВЗ в теплицях і парниках підвищується рівень шуму і загазованість повітря, які негативно впливають не тільки на людей, але і на рослини. причина цього - продукти неповного згорання рідкого палива, які осідаючи на засклену або плівкову поверхню даху і стін зменшують їх проникність і, як наслідок, знижують ріст і розвиток рослин. До недоліків мотоблоків з ДВЗ також відносяться досить високі питомі витрати рідкого палива, що має високу вартість, труднощі при пуску і зупинці агрегату, а також невисока надійність ДВЗ.

Більш перспективними для роботи в спорудах захищеного ґрунту є мобільні агрегати з тяговими електродвигунами (ТЕД), що можуть бути віднесені до електромеханічних систем для обробітку ґрунту, як екологічно чисті агрегати не має названих недоліків. Крім того, як показали проведені випробування заміна ДВЗ на нерегульований електропривод з асинхронним двигуном не дозволяє забезпечити необхідний діапазон регулювання швидкості руху агрегату, а також високі енергетичні показники його роботи. Перспективним шляхом підвищення енергетичних показників роботи електрифікованого мобільного агрегату, а також його ходових якостей є обґрунтування і створення електрифікованого мотоблока з тяговим двигуном постійного струму.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Розробка структурної схеми електромеханічної системи обробітку ґрунту;

1.2 Обґрунтування типу електродвигуна приводу електромеханічної системи обробки ґрунту;

1.2 Розробка та дослідження спостережника швидкості ДПС приводу електромеханічної системи обробки ґрунту.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми досліджень застосовано

- метод аналітичного дослідження.
- комп'ютерне моделювання напівпровідникових систем в MATLAB 6.0
- дослідження спостережника шляхом моделювання в програмі Matlab/Simulink

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Розробка структурної схеми електромеханічної системи обробітку ґрунту

Електропривод мотоблока являє собою послідовне з'єднання елементів в енергетичній частині, що утворюють силовий канал, що показує процеси передачі і перетворення енергії. Структура такого електроприводу наведена на рис. 9, а. В її складі - силові елементи, які беруть безпосередню участь в процесі перетворення електричної енергії в механічну, і елементи, що перетворюють інформацію, необхідну для управління процесом перетворення енергії. Інформаційна частина представлена без поділу на блоки і в загальному випадку вона може бути пов'язана з усіма силовими елементами.

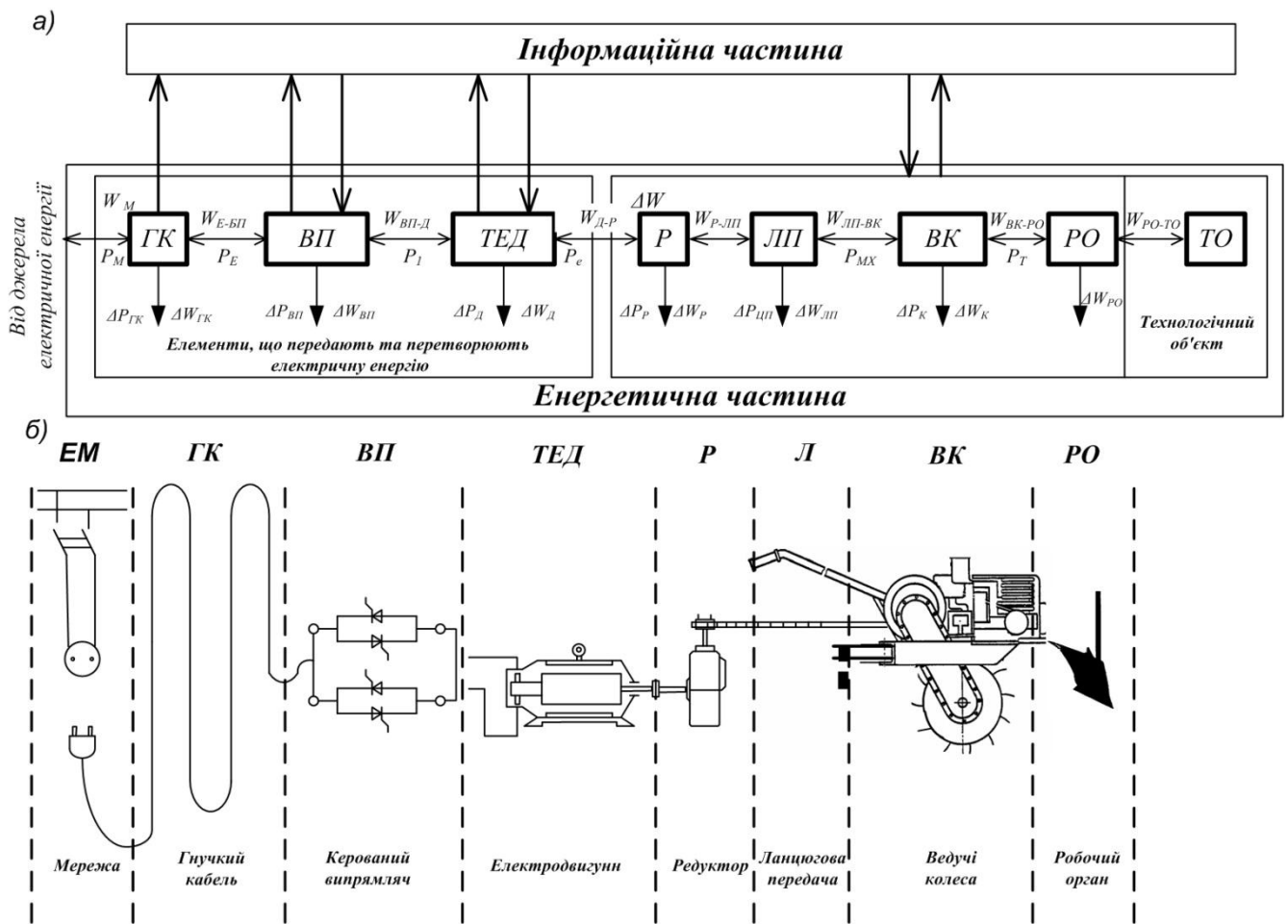


Рисунок 9 – Структурна (а) і електромеханічна (б) схеми системи обробітку ґрунту

Розглянемо «зліва - направо» елементи силового каналу, які беруть участь в перетворенні енергії. Двонаправлені стрілки на рис. 9, а підкреслюють ту обставину, що енергія може передаватися між двома елементами в загальному випадку в будь-якому напрямку.

Першим показаний елемент силового каналу, який представляє собою гнучкий кабель (ГК), по якому здійснюється підведення електроенергії з мережі змінного струму. Будемо вважати, що з ГК пов'язані характеристики напруги, що підводиться - частота, величина падіння напруги при зміні споживаного струму і т.д. Якість напруги живлення впливає на режими роботи наступних елементів і, навпаки, характеристики і режими наступних елементів визначають режим і втрати енергії в кабелі.

Вентильний перетворювач (ВП) перетворює електричну енергію змінного струму в електричну енергію постійного струму, необхідну для подальшого електромеханічного перетворювача у вигляді ТЕД. Крім того, ВП виконує роль пристрою управління рівнями потоків енергії до ТЕД.

ТЕД перетворюючи електричну енергію в механічну енергію задає з урахуванням параметрів і навантажень механічної частини характер механічного руху і змінні, що визначають цей рух: електромагнітний момент і кутову швидкість при обертальному русі, силу тяги і лінійну швидкість при поступальному русі робочого органу (РО). При електромеханічному перетворенні енергії в ДПС виникають втрати енергії. Стосовно до електромеханічної системи обробітку ґрунту, змінні, задані ТЕД, перетворюються до вигляду і параметрами, необхідним на робочому органі, наприклад, плузі при оранці ґрунту. Тому в складі силової частини енергетичного каналу передбачаються передавальний механізм, що зв'язує ТЕД з виконавчим механізмом. У розглянутому прикладі в якості ПМ використовується редуктор, що знижує швидкість і збільшує момент, отриманий на виході ТЕД до величини, необхідної виконавчого механізму, роль якого виконують ведучі колеса (ВК), що обертаються на осі і переміщаються по ґрунту з необхідною швидкістю [1].

3.2 Обґрунтування типу електродвигуна приводу електромеханічної системи обробки ґрунту

Для практичної реалізації електромеханічної системи обробітку ґрунту в якості тягового електродвигуна з централізованим електропостачанням можуть бути використані як електродвигуни змінного струму, так і двигуни постійного струму з керованими вентильними перетворювачами. Однак використання для цих цілей електродвигунів постійного струму, і особливо двигунів послідовного збудження, має ряд суттєвих переваг:

1. Механічні характеристики двигунів послідовного збудження $M=f(\omega)$ природна та штучні при будь-якому способі регулювання швидкості наближені до гіперболи, тобто у цих двигунів при зміні моменту опору навантаження, кутова швидкість ω змінюється автоматично, забезпечуючи потужність $P_1=const$, що

узгоджується з законом регулювання ТЕД електромеханічної системи обробітку ґрунту. При цьому для управління двигуном постійного струму при живленні від централізованої мережі змінного струму, може бути застосовано порівняно простий керований напівпровідниковий випрямляч, який має невеликі габарити та вартість. . перетворювача частоти, який за вартістю в декілька разів перевищує вартість двигуна.

2. Електродвигуни постійного струму, у відмінності від асинхронних і синхронних електродвигунів, забезпечують регулювання швидкості в широкому діапазоні як вниз від номінальної, так і вгору від номінальної шляхом ослаблення магнітного поля з використанням простих технічних засобів.

3. В двигунах послідовного збудження електромагнітний момент має квадратичну залежність від струму якоря I_a а значить і від струму навантаження I , тому ці двигуни застосовують в приводах установок, де необхідні великі моменти при пуску і спостерігаються часті перевантаження по моменту. Згідно механічної характеристики кутова швидкість двигуна $\omega \sim 1/\sqrt{M}$, внаслідок чого корисна потужність $P_2 = M\Omega = C\sqrt{M}$ [2].

Тому при зміні навантажувального моменту в широких межах, потужність P_2 і струм I_a у двигуна послідовного збудження змінюється пропорційно \sqrt{M} . Це означає, що при одному і тому ж моменті навантаження на валу, двигуни послідовного збудження можуть мати меншу встановлену потужність у порівнянні з іншими електродвигунами. Поряд з перевагами тягових електродвигунів постійного струму є також і істотні недоліки: порівняно великі габарити і маса, а також наявність щітково-колекторного вузла. Перевагою асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором при використанні в якості ТЕД є надійність в роботі, відносно мала маса та габарити. Однак наявність перетворювачів частоти істотно ускладнює тяговий електропривод та значно підвищує його вартість [3].

3.3 Синтез та дослідження спостережника швидкості ДПС приводу електромеханічної системи обробки ґрунту

Двигун постійного струму приводу електромеханічної системи отримує живлення від тиристорного перетворювача. Останній має систему управління з класичним підлеглим принципом регулювання – зовнішній контур регулювання швидкості, внутрішній - контур регулювання струму. Для регулювання струму використовувалася структура регулятора – ПІ. Оскільки датчик швидкості в проектуваному агрегаті відсутній, то в якості зворотнього зв'язку за швидкістю будемо використовувати оцінку швидкості, яка обчислюється за допомогою спостережника. Збудження електродвигуна нерегульоване і будемо вважати, що струм збудження не змінюється. Структурно-функціональна схема керування електродвигуном приводу електромеханічної системи обробки ґрунту приведена на рис. 10.

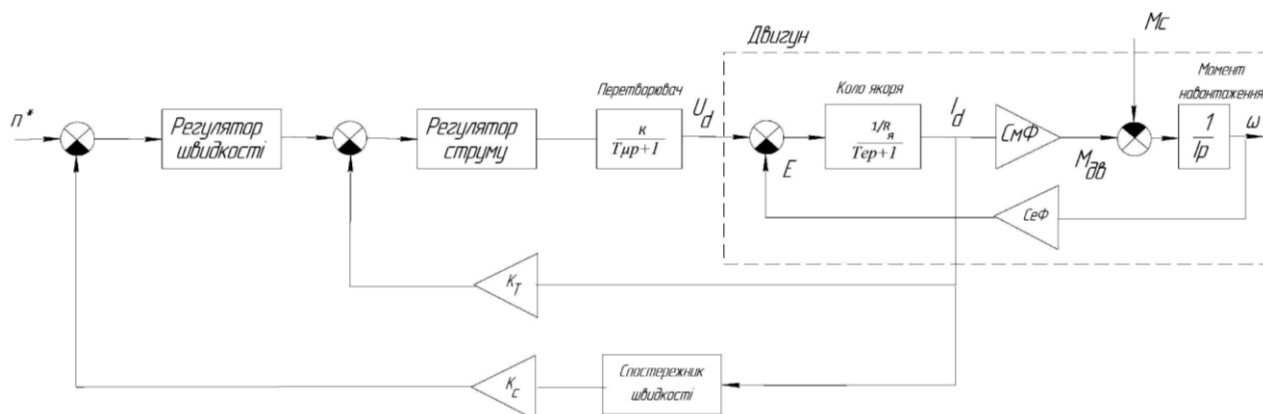


Рисунок 10 – Структурно-функційна схема керування ЕД приводу електромеханічної системи обробки ґрунту

Зробимо обґрунтоване припущення, що момент навантаження, прикладений до валу двигуна є повільно-змінним в масштабі часу спостережника швидкості, тоді можна записати $\dot{M}_c = 0$. Для синтезу спостережника швидкості представимо

рівняння в формі Коши з урахуванням $T_e = \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}$:

$$\dot{I}_d = \frac{1}{L_{\text{я}}} (-R_{\text{я}} I_d - C_e \Phi \omega + k u), \quad (1)$$

$$\dot{\omega} = \frac{1}{J}(C_M \Phi I_d - M_c). \quad (2)$$

Представимо рівняння (17)-(19) в матричній формі [8]

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (3)$$

$$y = Cx, \quad (4)$$

де x – вектор стану;

u – вектор вимірювань,

Перевіримо умову спостережності системи (3), (4) критерієм [4] – для того, щоб система була повністю спостережною необхідно і достатньо, щоб при нульових вхідних і вихідних сигналах. Система цьому критерію відповідає.

Запишемо спостережника, згідно [4]

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + Q_y(\hat{y} - y). \quad (5)$$

Рівняння (5) можна перетворити з урахуванням (4) і $Q_x = -Q_y C$

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu - Q_x(\hat{x} - x). \quad (6)$$

Визначимо коефіцієнти спостережника

$$q_1 = 2\omega_0 - \frac{1}{T_e}. \quad (7)$$

$$q_2 = \frac{C_M \Phi}{J} - \frac{2\omega_0^2 L_\gamma}{C_e \Phi}. \quad (8)$$

$$q_3 = \frac{\omega_0^3 L_\gamma J}{C_e \Phi}. \quad (9)$$

Враховуючи, що ступень стійкості $\eta = 0,707\omega_0$, а час перехідного процесу

$t_{mn} = 3\eta^{-1}$, можна визначити ω_0

$$\omega_0 = \frac{4,24}{t_{mn}} \quad (10)$$

Запишемо рівняння спостережника в скалярному виді

$$\dot{\hat{I}}_d = -\frac{1}{T_e} \hat{I}_d - \frac{C_e \Phi}{L_\gamma} \hat{\omega} + \frac{k}{L_\gamma} u - q_1(\hat{I}_d - I_d). \quad (11)$$

$$\dot{\hat{\omega}} = \frac{C_M \Phi}{J} I_d - \frac{M_c}{J} - q_2 (I_d - I_d). \quad (12)$$

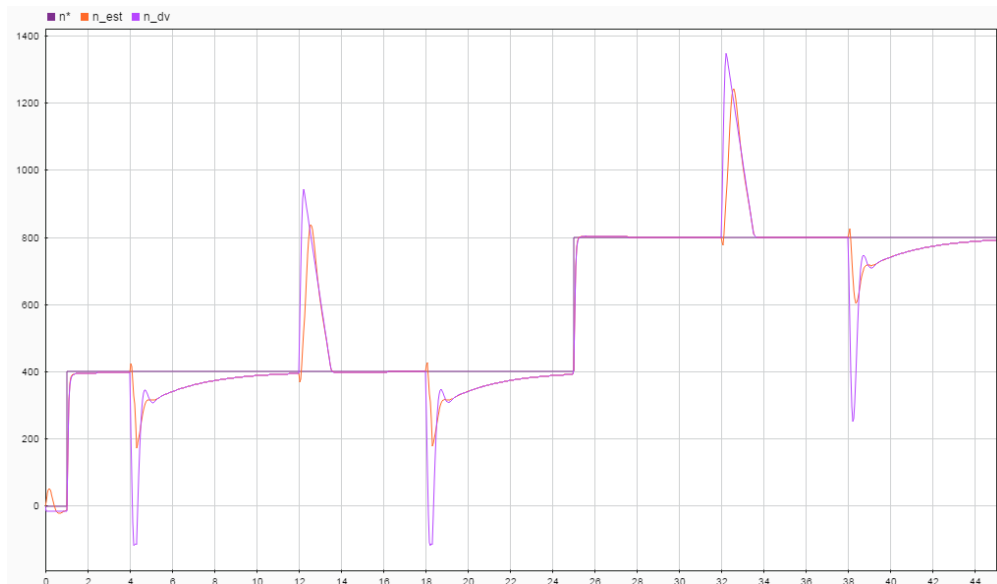
$$\dot{\hat{M}}_c = -q_3 (I_d - I_d). \quad (13)$$

Проведемо дослідження отриманого спостережника шляхом моделювання в програмі Matlab/Simulink.

В якості об'єкта керування розглянемо двигун постійного струму незалежного збудження 2ПБ132ЛУХЛ4 з наступними каталожними даними: потужність $P_H=1,3$ кВт, напруга $U_H=220$ В, частота обертання номінальна $n_H=800$ об/хв., частота обертання максимальна $n_{max}=1850$ об/хв., номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_H=72\%$, опір обмотки якоря $R_{a(15^\circ C)}=1,98$ Ом, опір обмотки додаткових полюсів $R_{д.п.(15^\circ C)}=1,38$ Ом, опір обмотки збудження $R_{зб.(15^\circ C)}=216$ Ом, індуктивність кола якоря $L_a=43$ мГн [3].

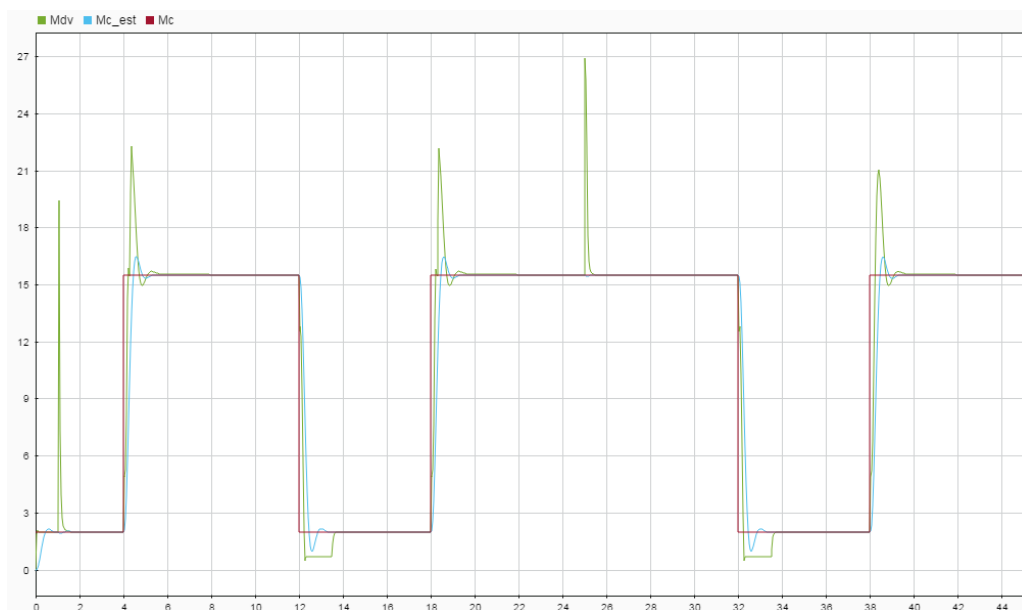
Параметри регуляторів швидкості і струму визначимо використовуючи вбудований тюнер в блок PID Controller. В регуляторах були використані обмеження по мінімальному і максимальному значенню виходу. Виконувалось моделювання системи, показаної на рис. 10. В момент часу 1 секунда подавалось завдання на швидкість рівну 50% від номінальної (400 об/хв). Відбувався розгін двигуна і в момент часу 4 секунди до двигуна прикладався номінальний момент навантаження. В період с 12 по 18 секунду проводилась імітація пробуксовування (величина моменту зменшувалась до величини моменту тертя), потім момент навантаження відновлювався. В момент часу 25 секунд завдання на швидкість змінювалось на 100%, при наявності моменту опору. В період с 32 по 38 секунду знову проводилась імітація пробуксовування с подальшим відновленням моменту навантаження.

Слід звернути увагу, що всі впливи – зміна швидкості і моменту, проводилися стрибком. Це було необхідно для дослідження якості отриманої системи. Зазвичай в реальних умовах ці впливи відбуваються плавно.



n^* – задана швидкість обертання, об./хв.; n_{est} – швидкість, яка оцінена за допомогою спостережника, об./хв.; n_{dv} – фактична швидкість ДПС, об./хв..

Рисунок 11 – Залежності заданої швидкості обертання, швидкості, яка оцінена за допомогою спостережника та фактичної швидкості обертання двигуна постійного струму від часу



M_{dv} – електромагнітний момент, створюваний ДПС, Н·м; M_{c_est} – момент опору, оцінений за допомогою спостережника, Н·м; M_c – момент опору (навантаження), прикладений до валу ДПС, Н·м.

Рисунок 12 – Залежності електромагнітного моменту двигуна, моменту опору навантаження та моменту опору, оціненого за допомогою спостережника від часу

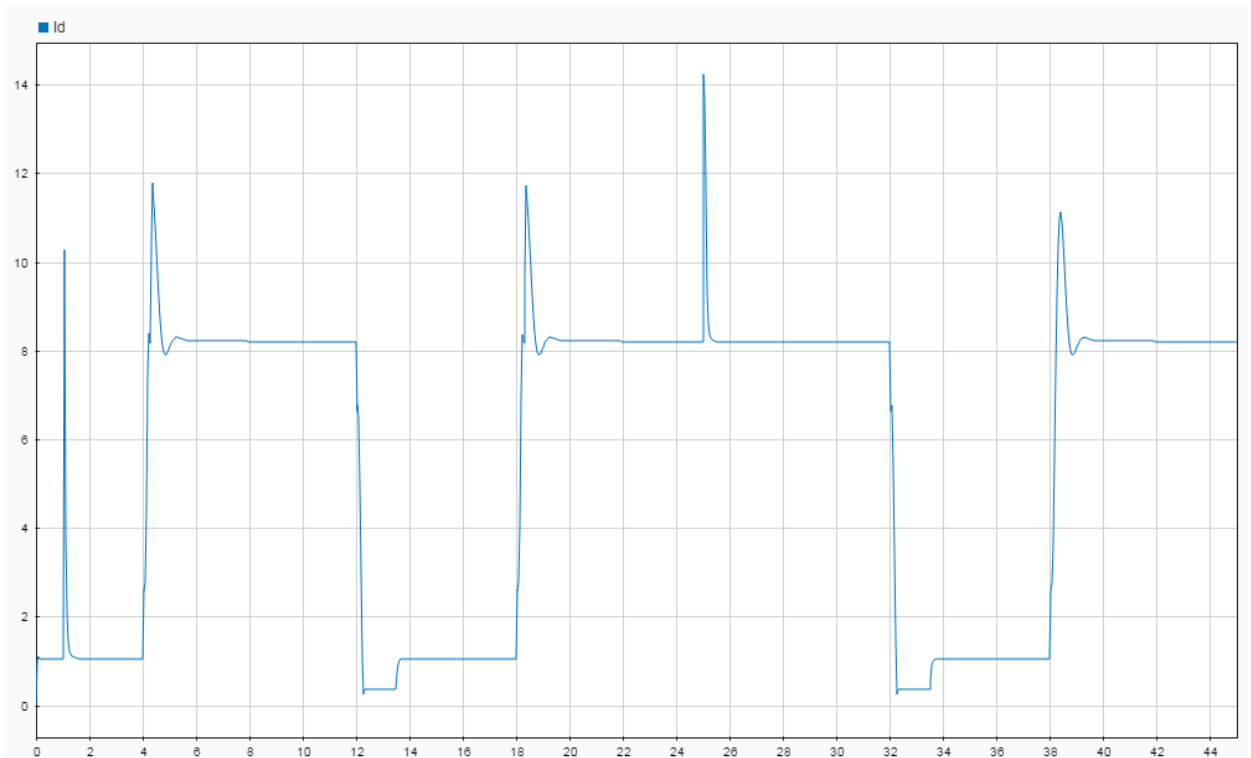
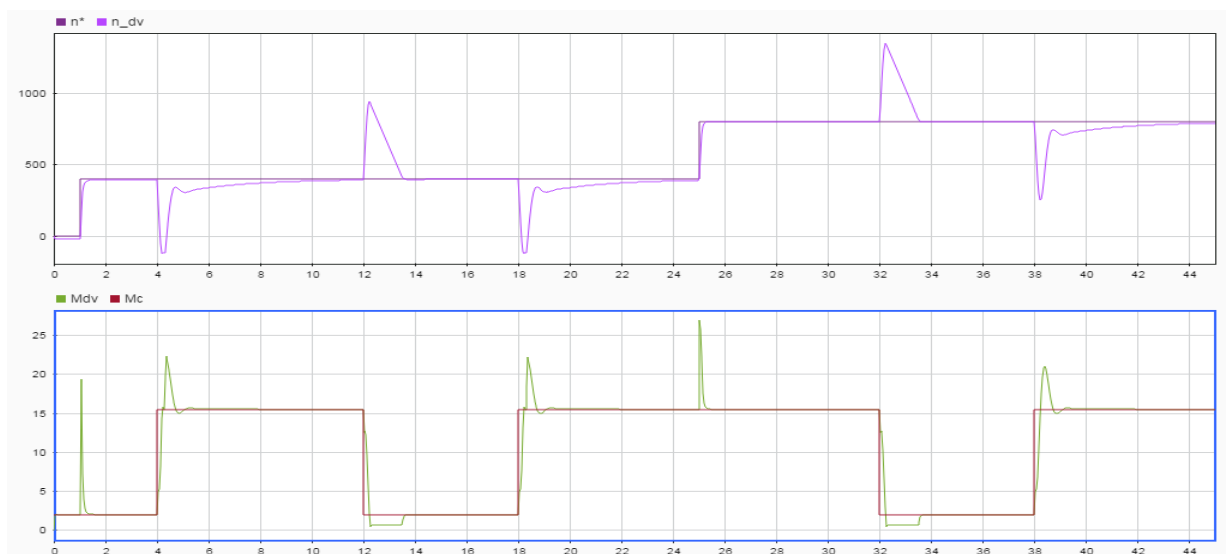
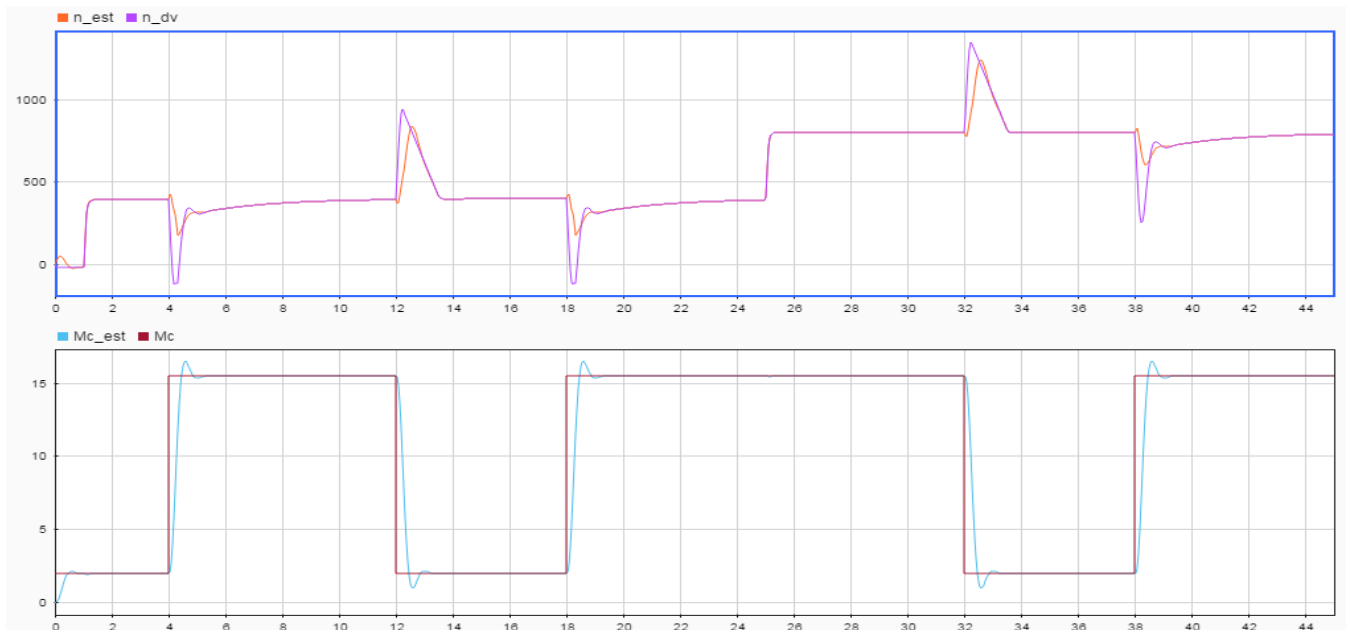


Рисунок 13 – Залежності фактичного струму двигуна (I_d) від часу



n^* – задана швидкість, об./хв.; n_{dv} – фактична швидкість ДПС, об./хв.; M_{dv} – електромагнітний момент, створюваний ДПС, Н·м; M_c – момент опору (навантаження), прикладений до валу ДПС, Н·м.

Рисунок 14 – Залежності заданої швидкості, фактичної швидкості, електромагнітного моменту, створюваного ДПС та моменту опору навантаження від часу



n_{est} – швидкість, яка оцінена за допомогою спостережника, об./хв.; n_{dv} – фактична швидкість ДПС, об./хв.; Mc_{est} – момент опору, оцінений за допомогою спостережника, Н·м; Mc – момент опору (навантаження), прикладений до валу ДПС, Н·м.

Рисунок 15 – Залежності швидкості, яка оцінена за допомогою спостережника, фактичної швидкості ДПС, моменту опору, оціненого за допомогою спостережника та моменту опору навантаження від часу

Як видно з рисунків (11-15), моделювання показало високі динамічні характеристики розробленої системи. Використання спостережника дозволяє виключити з системи ненадійний елемент – давач швидкості, при цьому зберігаються всі властивості електромеханічної системи обробітку ґрунту.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено структурну схему електромеханічної системи обробітку ґрунту, на якій обґрунтовано силові елементи, які беруть безпосередню участь в процесі перетворення електричної енергії в механічну, і елементи, що перетворюють інформацію, необхідну для управління процесом перетворення енергії.

2. В результаті порівняльної оцінки енергетичних показників, регульовальних і пускових властивостей двигунів постійного та змінного струму, рекомендується для привода мотоблоків з централізованим електропостачанням використовувати переважно двигуни постійного струму в комплекті з тиристорним випрямлячем.

3. Дослідження спостережника швидкості показало високі динамічні характеристики розробленої системи. Використання спостережника дозволило виключити з системи ненадійний елемент – давач швидкості, при цьому зберігаються всі властивості електромеханічної системи обробітку ґрунту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ковальов О.В. Аналітичний метод порівняльної техніко-енергетичної оцінки ефективності і технічного рівня мотоблоків/ О.В. Ковальов, А.А. Катюха, Г.Н. Назар'ян// Праці ТДАТА. – Випуск 7. – Том 3. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – С. 93-99.

2. Корчемний М. Електроприводмобільного агрегату / М. Корчемний, І. Савченко, С. Гусаков// Електрифікація. – 1997. – С. 30-31.

3. Электрические машины в тяговом автономном электроприводе/ [Ю.М. Андреев, К.Г. Исаакян, А.Д. Машихин и др.]: под ред. А.П. Пролыгина. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.

4. Потапенко Е.М. Основы теории и методы автоматического управления: учебное пособие/ Е.М. Потапенко, А.Е. Казурова. – Запорожье: ЗНТУ, 2013. – 273 с.

РОЗДІЛ 5.1.4

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

Етап 5.1.4.2 Теоретичне обґрунтування енергозберігаючих режимів роботи обладнання. Розробка програми і методики дослідження

ВИКОНАВЕЦЬ

к.т.н., доцент

Постнікова Марина Вікторівна

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР 5.1.4.2: 12 с., 2 табл., 2 рис., 8 джерел.

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД, МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА, НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЄМНІСТЬ, РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ТЕОРІЯ ІМОВІРНОСТІ, ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

Об'єкт дослідження – потокові лінії елеваторів.

Мета роботи – зменшення витрат електроенергії на очищення та зберігання 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 та зберігання 1 т зерна за одну годину. Цей показник варто вважати найбільш об'єктивним критерієм економічної роботи потокової лінії очищення та зберігання зерна;

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

- досліджено індивідуальні технологічні характеристики зерноочисних машин елеваторів;

- досліджено вплив продуктивності зерноочисних машин на питомі витрати електроенергії.

ЗМІСТ

ВСТУП	51
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	52
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	52
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	52
3.1 Енергетичний фактор в техніко-економічних показниках елеваторів	52
3.2 Структура питомих витрат електроенергії на елеваторах	53
3.3 Математико-статистичний метод нормування електроенергії	53
3.4 Дослідження питомих витрат електроенергії на зерноочисні операції	55
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59

ВСТУП

Контроль енерговикористання є невід'ємною частиною енергозберігаючої політики багатьох країн. Фактично державному контролю у відповідності з законодавством різних країн підлягає все енергетичне господарство. Законами, правовими актами передбачена обов'язковість проведення обстежень і державних експертиз. Причому, законодавча база передбачає як введення нормування і контролю за споживанням паливно-енергетичних ресурсів, як фінансову і адміністративну відповідальність, так і створення економічних механізмів підвищення зацікавленості споживачів щодо економії витрат енергоресурсів [1].

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 дотримання норм споживання електроенергії – одна з основних задач експлуатаційного персоналу. Практично найбільш зручно установити норми споживання електроенергії на основі енергетичних характеристик агрегатів або цілих операцій.

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 післязбирального очищення зерна на елеваторах при дотриманні технологічних вимог.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз енергетичного фактору в техніко-економічних показниках елеваторів.

1.2 Аналіз структури питомих витрат електроенергії на елеваторах.

1.3 Аналіз математико-статистичного методу нормування електроенергії.

1.4 Дослідження питомих витрат електроенергії на зерноочисні операції.

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 Енергетичний фактор в техніко-економічних показниках елеваторів

Одним з важливих техніко-економічних показників в оцінці роботи елеваторів є ефективність використання енергії в технологічному процесі. Як відомо, абсолютна величина витрат електроенергії на елеваторах не дозволяє судити про ефективність використання електроенергетичних ресурсів.

Питомі витрати електроенергії є показником, який характеризує енергоємність всього технологічного процесу, окремої виробничої операції або виробництва в цілому. Цей показник дозволяє порівняти результати використання електроенергії при різних змінних умовах роботи.

Наявність зв'язків в технології і енергетиці елеваторів є причиною, яка визначає не тільки техніко-економічні, але і чисто технологічні показники, а питомі витрати електроенергії – фактором, вивченню і нормуванню якого повинна бути приділена особлива увага [2].

3.2 Структура питомих витрат електроенергії на елеваторах

Виробничий процес на елеваторах складається з окремих операцій, які відрізняються по призначенню, характеристикам і об'ємам, а також по енергоємності (від 0,15 до 15 кВт·год./т). Причому, окремі операції елеваторів можуть бути не пов'язані між собою і проходити окремо. Тому сумарні питомі витрати електроенергії в залежності від часу (доба, місяць) можуть коливатися в великих межах.

Одним з факторів, який викликає різницю в формуванні питомих витрат електроенергії на елеваторах, є режимні умови роботи.

Таким чином, структура питомих витрат електроенергії для будь-якої операції може бути представлена як сума питомих витрат окремих машин і механізмів, які входять в дану операцію. Наприклад, питомі витрати електроенергії на зерноочисні операції W_3 складаються з витрат електроенергії на коливання сит $W_{\text{КС}}$, віднос відходів повітряним потоком $W_{\text{пов}}$, транспортування відходів з бункерів $W_{\text{тр}}$, а також з пускових витрат $W_{\text{п}}$

$$W_3 = W_{\text{КС}} + W_{\text{пов}} + W_{\text{тр}} + W_{\text{п}} = W_{\text{Т}} + W_{\text{ел}} + W_{\text{х}}, \quad (1)$$

де $W_{\text{Т}}$ – технологічні витрати електроенергії,

$$W_{\text{Т}} = W_{\text{КС}} + W_{\text{пов}} + W_{\text{тр}}, \text{ кВт}\cdot\text{год.}/\text{т};$$

$$W_{\text{п}} – \text{пускові витрати, кВт}\cdot\text{год.}/\text{т}, \quad W_{\text{п}} = W_{\text{ел}} + W_{\text{х}};$$

$$W_{\text{ел}} – \text{електричні витрати електроенергії, кВт}\cdot\text{год.}/\text{т};$$

$$W_{\text{х}} – \text{витрати електроенергії на холостий хід обладнання, кВт}\cdot\text{год.}/\text{т}.$$

Розрахункова продуктивність визначається конструкцією зерноочисної машини, культурою зерна та якісними показниками зерна [3-5].

3.3 Математико-статистичний метод нормування електроенергії

Норми, які встановлені на основі середніх статистичних даних про фактичні витрати електроенергії, не являються науково-обґрунтованими. Вони характеризують лише середні витрати за окремий проміжок часу, не врахо-

вують затрати в технологічних процесах, які виникають при неполадках обладнання. Математико-статистичний метод дозволяє науково обґрунтувати реальність і точність норми, що встановлюється, дати імовірну оцінку можливих відхилень величини питомих витрат електроенергії від прийнятих за норму при зміні параметрів технологічного процесу, вирішити питання про ступінь впливу другорядних факторів, об'єднати норми. В цілому цей метод побудований на основі вивчення результатів спостереження експериментальних і звітно-статистичних даних, які одержані за декілька років і оброблені методами теорії імовірності і математичної статистики.

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 електроенергії, визначити форму та тісноту зв'язку, вивести вихідні рівняння для розрахунку питомих витрат електроенергії при будь-яких виробничих умовах.

Усі операції в технологічних процесах елеваторів мають важливе значення, а основним фактором, який сильно впливає на енергоємність цих операцій, є продуктивність [6]. Для виявлення закономірностей досліджено на типових для елеваторів механізмах і машинах і побудовано енергетичні характеристики потужності та питомих витрат електроенергії в функції продуктивності $P = f(Q)$, $W = f(Q)$.

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

$$W = \frac{b}{Q} + a, \quad (2)$$

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

Q – продуктивність, т/год.;

a , b – параметри рівняння, які визначаються за методом найменших квадратів [7, 8].

Індивідуальні енергетичні характеристики побудовано для окремих механізмів при постійних фізичних факторах (вологість, об'ємна маса, засміче-

ність). Вони дозволяють визначити оптимальний, в енергетичному відношенні, режим роботи.

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 побудовано сумарні енергетичні характеристики для будь-якої операції. По сумарним енергетичним характеристикам побудовані узагальнені характеристики для елеваторів.

3.4 Дослідження питомих витрат електроенергії на зерноочисні операції

Досліджено питомі витрати електроенергії на зерноочисні операції на сепараторах ЗСМ-50, КДП-80. Під час дослідження враховувалась також електроенергія, яка споживається вентиляторами і механізмами, які транспортують відходи.

В таблиці 1 приведено технологічні параметри і енергетичні показники, які одержані при роботі на двох сепараторах ЗСМ-50, а на рисунку 16 – об'єднана крива енергетичних характеристик.

Таблиця 1 – Технологічні параметри і енергетичні показники

Сепаратор ЗСМ-50	Культура	Вологість, %	Засміченість, %		Продуктивність, т/год.	Питомі витрати електроенергії, кВт·год./т
			до очищення	після очищення		
Перший	Пшениця	13,6	5,1	3	16,6	0,681
					18,8	0,604
					20,6	0,552
Другий	Пшениця	14,3	2,6	0,7	17,4	0,648
					19,3	0,587
					21,8	0,522

В таблиці 2 і на рисунку 17 приведено дані залежності питомих витрат електроенергії від технологічних параметрів сепаратора КДП-80. Досліджено

питомі витрати електроенергії при очищенні пшениці засміченістю до 10 % і вологістю до 24 %.

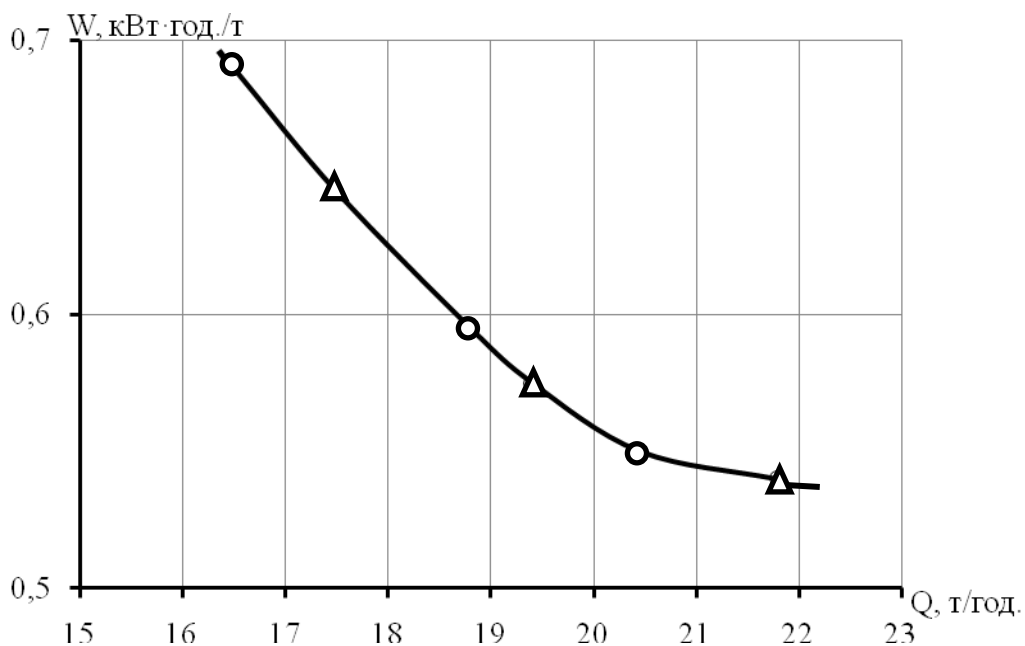


Рисунок 16 – Енергетичні характеристики для сепараторів ЗСМ-50 (● – для сепаратора №1; ▲ – для сепаратора №2)

Таблиця 2 – Експериментальні дані (пшениця з вологістю 15,5 %)

Засміченість пшениці, %		Продуктивність сепаратора, т/год.	Питомі витрати електроенергії, кВт·год./т
до очищення	після очищення		
3,2	1,1	24,2	0,890
3,2	1,5	41,0	0,535
3,2	2,0	64,0	0,348

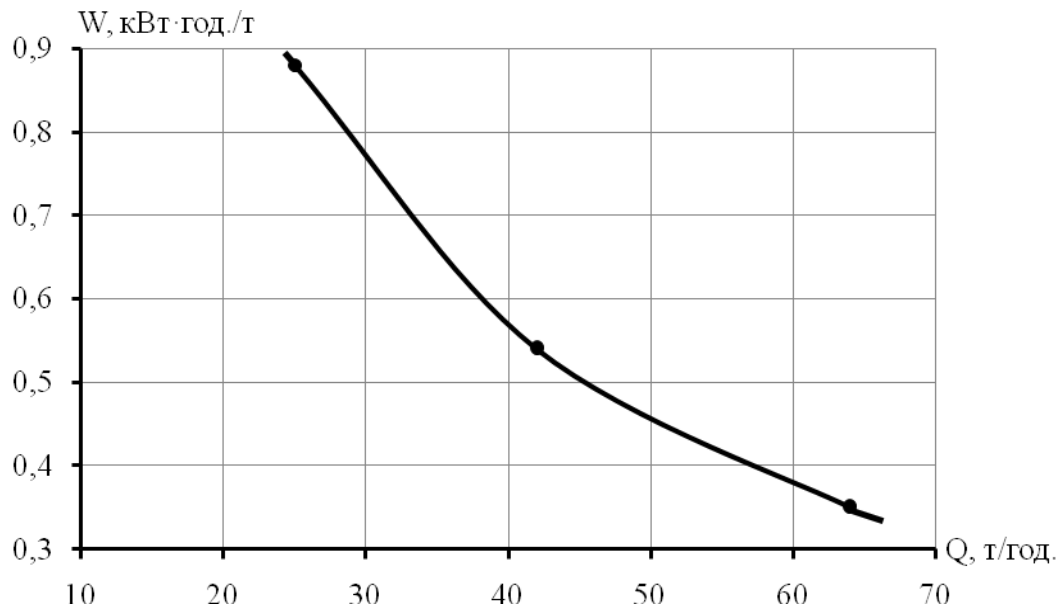


Рисунок 17 – Залежність питомих витрат електроенергії від продуктивності сепаратора КДП-80

Після математичної обробки методом кореляції вперше отримано рівняння узагальненої енергетичної характеристики зерноочисної машини

$$W = \frac{7,9}{Q} + 0,15, \quad (3)$$

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

Q – розрахункова продуктивність зерноочисної машини, т/год.;

В формулі (3) враховано витрати електроенергії на коливання сит, відноси відходів повітряним потоком, транспортування відходів від сит в бункера для відходів. Однак, необхідно враховувати і середні витрати електроенергії на холості пробіги при пусках.

З урахуванням пускових умов формула (3) прийме вигляд

$$W = \frac{8,48}{Q} + 0,15. \quad (4)$$

Розрахункова продуктивність Q зерноочисної машини визначається її фактичною продуктивністю і залежить від конструкції машини, культури зерна, що очищується, якісних показників зерна (вологістю і засміченістю), тобто

$$Q = K \cdot Q_{\phi}, \quad (5)$$

де K – коефіцієнт, який враховує культуру зерна і його якісні показники;

Q_{ϕ} – фактична продуктивність зерноочисної машини (таблиця 3).

При очищенні вологої і сирої пшениці з вмістом окремих домішок більше 10 %, а також при очищенні інших зернових культур з різною вологістю і засміченістю слід застосовувати коефіцієнт K , який корегує продуктивність.

Запропоновано рівняння енергетичної характеристики зерноочисних машин з урахуванням їх конструктивних особливостей, культури зерна, вологості і засміченості

$$W = \frac{8,48}{K \cdot Q_{\phi}} + 0,15. \quad (6)$$

Найвигідніший енергетичний режим зерноочисної машини буде відповідати найбільшій можливій за технологічних умов продуктивності машини.

ВИСНОВКИ

1 Дослідження в технологічних процесах очищення 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 очищення і зберігання зерна на одиницю продукції в 2-3 рази перевищують аналогічні витрати в розвинених країнах.

3 Для розрахунку енергоємності процесу очищення зерна запропонована 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 очищення та зберігання зерна.

4 Досліджено, що в середньому продуктивність зерноочисних машин при зростанні вологості зерна на 1 % знижується на 0,5 т/год.

5 Встановлено, що при збільшенні засміченості зерна на 1 % енергоємність збільшується в середньому на 0,1 кВт·год./т внаслідок зниження продуктивності зерноочисної машини.

6 Досліджено, що із збільшенням вологості зерна на 1 % енергоємність збільшується в середньому на 0,2 кВт·год./т.

7 Вперше отримано рівняння енергетичної характеристики зерноочисних машин з урахуванням їх конструктивних особливостей, культури зерна, вологості і засміченості $W = \frac{8,48}{K \cdot Q_{\phi}} + 0,15$.

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

4 Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчёт и проектирование / И.Е. Кожуховский. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 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 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.

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

8 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 5.1.5.2 Аналіз використання мікрохвильового випромінювання в технологічних процесах лікування тварин

ВИКОНАВЦІ

к.т.н., , ст. викладач
асистент

Попрядухін Вадим Сергійович
Речина Ольга Миколаївна

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР5.1.5.2: 13 с., 0 табл., 0 рисунків, 6 посилань
ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ХВИЛЕВОД,
КОРОТКОХВИЛЬОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, КЛІТИННА МЕМБРАННА,
ДІАПАЗОН СПРЯМОВАННОСТІ.

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

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.

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	64
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	65
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	65
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	65
3.1 Біофізичні можливості інформаційного електромагнітного випромінювання для лікування патології яєчників ВРХ.	65
3.2 Дія інформаційних електромагнітних випромінювань на стан мембран патогенних коків, що викликають патології яєчників великої рогатої худоби.	69
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73

ВСТУП

Експлуатація маточного поголів'я великої рогатої худоби значною мірою визначається виникненням у тварин різних патологічних змін в організмі і статевих органах, що ведуть до порушення їх репродуктивної функції, втрати плодючості і продуктивності. Проведений аналіз показує, що за останній час яловість корів знаходиться в межах 17 ... 30%, а в окремих господарствах відсоток безплідних тварин досягає 40% від числа маточного поголів'я.

Економічні збитки від утримання лише однієї корови з порушеною відтворювальною функцією становить в середньому до 100 грн. на добу. Основними хворобами яєчників у корів, найчастіше, зустрічаються: запалення яєчників (оваріо) - до 15%; гіпофункція яєчників - до 30%; персистентного жовтого тіла - до 90%; кіста яєчників - до 30%; атрофія яєчників - до 40%; склероз яєчників - до 10%, від числа безплідних корів.

У сучасних умовах для лікування хвороб і розладів функції яєчників корів використовуються антибіотики, гормони і інші хімічні препарати. Проте, терапевтична ефективність залишається низькою, так як при призначенні лікувальних заходів не враховується складний багатокomпонентний комплекс в регуляції статевої функції, динаміка змісту гормональних рецепторів і чутливість до гормонів відповідних компетентних структур. Крім того, антибіотики та інші медикаменти, потрапляючи в організм людини через молоко і м'ясо корів, пригнічують імунітет, уражають печінку і інші органи, що призводить до різних захворювань. Тому немедикаментозне лікування яєчників у корів є актуальним завданням.

Метою держбюджетної НДР є визначенням параметрів електромагнітного поля і створення антенної системи для внутрішньоутробного лікування патології яєчників ВРХ.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз біофізичних можливостей інформаційного електромагнітного випромінювання для лікування патології яєчників ВРХ.

1.2 Аналіз дії інформаційних електромагнітних випромінювань на стан мембран патогенних коків, що викликають патології яєчників великої рогатої худоби.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досягнення поставленої мети в процесі теоретичного дослідження застосовуються методи аналізу і синтезу.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Біофізичні можливості інформаційного електромагнітного випромінювання для лікування патології яєчників ВРХ

Зв'язок між клітинами організму, передача та обробка інформації здійснюється шляхом генерації ними електромагнітних випромінювань, амплітудно-частотна характеристика яких порушується при патологічних станах. Висока лікувальна ефективність інформаційного ЕМВ полягає у синхронізації біологічних коливань в плазматичних мембранах клітин, що призводить до утворення інформаційного сигналу, який відновлює гомеостаз біологічної тканини. На клітину безпосередньо впливають акустoeлектричні коливання, в які трансформуються штучно генеровані ЕМВ [1,2].

Було з'ясовано, що акустoeлектричні хвилі під дією ЕМВ можуть виникати також на внутрішніх мембранах мітохондрій, порушуючи хімоосмосний зв'язок. Це пов'язано з погіршенням умов клітинного дихання: зокрема змінюються умови переходу електронів по компонентам ланцюга цитохромів, що знижує споживання кисню клітинами, сповільнюючи процес утилізації іонів водню на внутрішній стороні мембрани. З іншого боку, повинні враховуватися умови синтезу молекул АТФ, тому що коливання мембрани при-

водять до збільшення швидкості руху протонів відносно мембрани по протонному каналу. Енергетика взаємодії молекул АДФ з протонами збільшується, збільшуючи ймовірність проходження реакції АДФ АТФ. Таким чином, дія інформаційних ЕМВ зводить на користь процеси фосфорилування при деякому антиоксидантному ефекті[1,2,5].

Аналітично встановлено, що синхронізація коливань автогенераторів зовнішнім інформаційним ЕМВ призводить до зміни їх спектральних характеристик, при яких фази коливань автогенераторів збігаються з фазою зовнішнього поля в об'ємі біологічного об'єкта. У роботах [5]показано, що синфазні коливання здатні викликати конформаційні перебудови клітинних структур, впливати на проникність біологічних мембран і служити інформаційним сигналом для регуляторних систем всього біологічного об'єкта.

З позицій біофізики основна роль у встановленні інформаційного гомеостазу належить, в першу чергу, клітинним мембранним системам, які відповідають за біоенергетичні процеси, швидкість надходження і виділення речовин клітинами. За сучасної теорії трансмембранного транспорту, саме електричне поле всередині мембрани створює потоки необхідних речовин із зовнішнього середовища всередину клітини і з клітини в зовнішнє середовище через спеціальні гідрофільні канали, найімовірніше, ліпопротеїнового походження. Швидкість проникнення іонів через мембрану визначається такими властивостями, як товща, значення діелектричної проникності, розміри і кількість порів в мембрані, наявність фіксованих електромагнітних зарядів на мембрані та породах та деякими іншими [4,5].

Дія КХЧ-випромінювання на біологічні мембрани багато в чому обумовлено особливостями структурної організації і функціонування мембран. КХЧВ поглинається в мембрані, надлишок енергії відразу ж розсіюється, підвищуючи загальну температуру об'єкта. Найімовірніше, що дія НВЧ-енергії пов'язана з перерозподілом електричних сил, що беруть участь в стабілізації мембрани. В результаті змінюється ступінь зв'язування K^+ , Ca^{2+} та інших іонів в мембрані (в тому числі в іонних каналах), а також виникають локальні

зміни фізико-хімічних властивостей поверхні мембран (мікрів'язкість, рН, поверхневий натяг, ефективний заряд) [5,6].

Живі організми є динамічними системами, з великим числом параметрів внутрішніх процесів. В живих організмах є численні регулювальні системи, які утримують параметри в певних межах. Тому функціонування зазначених систем підтримки життєдіяльності організму пов'язане з основною структурно-функціональною одиницею живого організму - кліткою. Усі значимі для біооб'єкту зміни починаються і закінчуються на клітинному рівні, клітина є універсальним комплексом, початковим і кінцевим етапом реалізації всіх біологічних процесів [1,2,5].

Теоретичний і експериментальний матеріал з проблеми біологічної дії ЕМВ свідчить, що інформаційний вплив електромагнітного випромінювання повинно мати резонансний характер [4,6]. Біологічні макромолекули і надмолекулярні системи мають деякі власні частоти коливань, що лежать в діапазоні СВЧ. Так, у біомембранах полярні головки фосфоліпідів здійснюють обертовий рух з частотою 109 Гц, а характеристична частота зв'язаної води лежить в області 108 - 109 Гц. В області 1010 - 1011 Гц знаходяться характеристичні частоти COO-, NH₃⁺ і інших груп, що відіграють важливу роль у функціонуванні білкових молекул. Кінетика елементарних актів ферментативного каталізу характеризується наступними часом: взаєморозпізнавання ферменту і субстрату - 10^{-8} - 10^{-9} с; локальні мікрохімічні зміни в активному центрі - 10^{-10} - 10^{-11} с; конформаційна релаксація в фермент-субстратном комплексі 10^{-3} - 10^{-7} с [4,5,6]. Отже, в біологічному об'єкті резонансне поглинання енергії ЕМП можливо в дециметровому, сантиметровому і КВЧ діапазонах довжин хвиль.

Слід також зазначити, що мінімальна потужність електромагнітного випромінювання, що впливає на хворий орган тварини, необхідна для того, щоб викликати значний терапевтичний ефект, дуже мала в порівнянні з тепловою потужністю, що віддається самим організмом в зовнішній простір. У той же час потужності випромінювання, що надходить ззовні, цілком достат-

ньо для формування сигналів управління, енергія яких у будь-яких інформаційних системах на кілька порядків менша енергії системи в цілому, що визначається потужністю виконавчих органів або пристроїв [3,6].

Величина щільності потоку потужності електромагнітного випромінювання для лікування хворих органів тварин ВРХ залежить від конкретних механізмів взаємодії зовнішнього поля з клітинними осциляторами, біотропних параметрів електромагнітного випромінювання, рівня шумів в органах тварин і повинна перевищувати рівень слабких не ковалентних зв'язків в об'єкті: іонних взаємодій, водневих зв'язків і вандерваальсових взаємодій. За допомогою цих зв'язків реалізується інформація, укладена в послідовності макромолекулярних ланцюгів. Практичні рівні енергії електромагнітного випромінювання для впливу на ембріони тварин повинні складати одиниці - десятки мкВт / см² [64, 74, 78].

Численні спостереження та аналітичні узагальнення лікувальних ефектів дають підставу вважати, що КВЧ-випромінювання є чинником, що підвищує неспецифічну резистенцію організму. А так як в основі методу терапії хвилями КВЧ діапазону лежить вплив на керуючу систему організму і коректування її для підтримки гомеостазу, то за своєю суттю це метод є безмедикаментозний.

Передбачається, що ефективна дія інформаційних електромагнітних випромінювань КВЧ діапазону на процес лікування патології яєчників маточного поголів'я великої рогатої худоби відбувається за рахунок залучення додаткових внутрішніх ресурсів (нервова, ендокринна, імунна, судинна системи та ін.), які беруть участь у відновленні систем саморегуляції, заблокованої негативною інформацією на клітинному рівні [1,5,6].

3.2 Дія інформаційних електромагнітних випромінювань на стан мембран патогенних коків, що викликають патології яєчників великої рогатої худоби

Розробка методів пригнічення патогенних коків в яєчниках тварин за допомогою ЕМВ пов'язано зі зміною потенціалу на мембрані [5,6].

Зазвичай процес руйнування мембран пов'язують з досягненням параметрів системи деяких критичних значень, після чого процес стає незворотним і настає руйнування мембрани.

Відхилення мембрани від рівноваги можна пояснити виникненням дефектів в структурі мембран за рахунок локального стиснення в поздовжньому або поперечному напрямку. Випадкове зменшення товщини мембрани носить різко виражений локальний характер, що слід розглядати як початковий етап формування локального поглиблення [2,4,6].

Механізм руйнування мембран обумовлений дефектами типу наскрізної пори. Передбачається, що в цьому випадку формування дефекту супроводжується переорієнтацією молекул ліпиду, розташованих поряд з місцем дефекту і виникненням так званої інвертованої пори [2,3,4]. Величина критичного радіусу дефекту в мембрані, при якому наскрізна пора не закривається, описується співвідношенням [5]:

$$r_0 = \frac{\tilde{\delta}}{\left(\delta + C \frac{\varphi_{KP}^2}{2} \right)}, \quad (1)$$

де $\tilde{\delta}$ – лінійний натяг одиниці довжини периметра дефекту;

δ – поверхневий натяг мембрани;

$$C = C_1 \left(\frac{\varepsilon_B}{\varepsilon_m} \right), \quad (2)$$

де C_1 – смність одиниці площі мембрани;

ε_B – діелектрична проникність води;

ε_m – діелектрична проникність мембрани;

φ_{KP} – критичний потенціал, перевищення якого призводить до деструкції мембрани.

Величина критичного потенціалу пробою може бути визначена з виразу:

$$\varphi_{KP} = \sqrt{0,376E_{\text{упруг}} \frac{h^2}{\varepsilon_m \varepsilon_0}}, \quad (3)$$

де $E_{\text{упруг}}$ – модуль пружності мембрани;

h – товщина мембрани;

ε_0 – електрична постійна.

Відповідно до теорії електричного пробою, середній час життя мембрани в ЕМП КХЧ діапазону можна представити виразом:

$$\bar{t} = Ae^{W/K_B \cdot T}, \quad (4)$$

де A – константа;

W – максимальне значення енергії мембрани при опроміненні в ній циліндричної пори;

K_B – постійна Больцмана.

Для розрахунку енергії дефекту необхідно враховувати роботу, пов'язану зі зміною поверхні розділу «мембрана-розчин» за рахунок створення бічної поверхні циліндра і зменшення поверхні розділу за рахунок спаду ділянок, відповідних торцям циліндра.

Залежність максимального значення енергії дефекту від величини критичного потенціалу на мембрані визначається з виразу:

$$W = \frac{\pi \tilde{\delta}^2}{\delta + C \frac{\varphi_{KP}^2}{2}}. \quad (5)$$

Отримані в вирази дозволяють оцінити відносну величину напруженості електричної складової ЕМП, як в цитоплазмі мікроорганізмів, так і в мембрані цитоплазми на резонансній частоті. Однак, отримані вирази не дають

відомостей про величину електричної напруженості і експозиції дії ЕМП для деструкції мембран клітин патогенних коків.

В даному випадку наведений потенціал на мембрані цитоплазми визначається наступним виразом:

$$\varphi_{нав}^2 = \varphi_0^2 + P \cdot t \frac{C_0 V_0 g^2 C_S}{(4\pi \varepsilon_m \varepsilon_0 d)^2} \cdot e^{-\frac{F\varphi_0 \cdot g}{RT}} + P \frac{g C_S}{4\pi \varepsilon_m \varepsilon_0 \omega} E \cos \omega t. \quad (6)$$

де φ_0 – потенціал на мембрані в початковий момент часу;

P – проникність мембрани;

t – час експозиції;

C_0, C_S – концентрації іонів всередині і поза клітиною;

V_0 – об'єм клітини в початковий момент часу;

g – заряд іона;

F – число Фарадея;

R – газова постійна;

T – абсолютна температура;

e – заряд електрона;

E – електрична напруженість поля;

N_A – постійна Авогадро;

ω – кругова частота ЕМП опромінення.

ВИСНОВКИ

1. Короткохвильове випромінювання є чинником, що 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.

2. 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.

3. 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.

4. Для внутрішньоутробного лікування хвороб яєчників ВРХ необхідним є дослідження і розробкою антенної системи на основі порожнистого діелектричного хвилеводу, узгодженого з пірамідальним рупорним випромінювачем і діелектричної лінзою на виході хвилеводу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попрядухин В.С. Информационно-волновая терапия в ветеринарии и медицине в лечебных целях / В.С. Попрядухин, Ю.М. Федюшко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, – 2016. Вип. 175. – С.158 – 160.

2. 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.

3. Попрядухин В.С. Биофизические предпосылки лечения акушерко-гинекологических заболеваний животных: тезисы по материалам международной научно-технической конференции молодых учёных [«Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК»] (Київ, 6 – 7 листопада 2016 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП, 2016. –С.60-62.

4. Попрядухин В.С. Электромагнитный метод и электронные системы терапии гинекологических болезней животных: автореф. дис. канд.техн. наук./ В.С.Попрядухин.- Харків – 2017

5. 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.

6. 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.