

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації
виробництва та інженерної екології
Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Дерев'янченко Петро Петрович

УДК 620.93

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Розробка методів підвищення надійності асинхронних
електроприводів кормоцехів свиноферм**

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Палійчук В.К.

к.т.н., доцент

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Дерев'янченко Петро Петрович. Розробка методів підвищення надійності асинхронних електроприводів кормоцехів свиноферм. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

На підставі результатів моделювання визначення вартості оптимальному діапазоні періодичності ТО електроприводів робочих машин в залежності від поголів'я обслуговує тварин, що дозволяє збільшити ефективність експлуатації електрообладнання.

Використовуючи розрахункові формули, складена таблиця рекомендованих заходів по підвищенню ефективності експлуатації електроприводів робочих машин, звідки випливає, що в кормоцехах, які обслуговують тварин більше 1000 голів необхідно встановлювати пристрої захисту електродвигуна типу УВТЗ, доповнене пристроєм захисту від зниженого опору ізоляції. Це дозволить зберегти періодичність ТО електропривода в рекомендовані терміни по ППРЗсх.

Розроблено та впроваджено в окремих господарствах пристрій захисту електродвигуна УВТЗ-5МИ, що контролює опір ізоляції обмотки статора електродвигуна, використання цього пристрою дозволить збільшити коефіцієнт готовності електроприводу на 10-15%.

Заміна пристрою захисту РТЛ на УВТЗ-5МИ в електроприводу подрібнювача кормів дозволить суттєво підвищити економічні показники використання електроприводу. Найбільш ефективним являється зміна періодичності проведення ТО електроприводів. Так заміна періодичності ТО електроприводу гранулятора ОГМ-0,8 дозволить отримати суттєвий прибуток.

Ключові слова: надійність, електропривод, кормоцех, електродвигун, технічне обслуговування.

ANNOTATION

Petro Petrovich Derevyanchenko. Improving the reliability of asynchronous electric drives of pig farms. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for a master's degree in the specialty 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

Based on the results of modeling the determination of the cost of the optimal range of periodicity of maintenance of electric drives of working machines depending on the number of animals served, which allows to increase the efficiency of operation of electrical equipment.

Using the calculation formulas, a table of recommended measures to improve the efficiency of electric drives of working machines, which implies that in feed shops serving more than 1000 animals it is necessary to install protection devices for electric motors type UVTZ, supplemented by protection against low insulation resistance. This will maintain the frequency of maintenance of the electric drive in the recommended time for PPRZsh.

The protection device of the UVTZ-5MI electric motor which controls resistance of isolation of a winding of a stator of the electric motor is developed and introduced in separate farms, use of this device will allow to increase coefficient of readiness of the electric drive by 10-15%.

Replacement of the RTL protection device with UVTZ-5MI in the electric drive of the forage shredder will allow to increase essentially economic indicators of use of the electric drive. The most effective is change of periodicity of carrying out MOT of electric drives. So replacement of periodicity of TO of the electric drive of the OGM-0,8 granulator will allow to receive essential profit.

Key words: reliability, electric drive, feed shop, electric motor, maintenance.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В КОРМОПРИГОТУВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	10
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ.....	15
РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЗМІНОЮ ТЕРМІНІВ ПРОВЕДЕННЯ ТО І МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ.....	21
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

ВСТУП

Останнім часом частка енергоресурсів в собівартості сільськогосподарської продукції збільшилася до 10% і є тенденція до подальшого зростання. Майже п'ятикратний дисбаланс цін на промислову і сільськогосподарську продукцію привів до різкого зниження купівельної спроможності і рентабельності виробництва. Машинобудування різко зменшило об'єм виробництва техніки для села. Забезпеченість обладнанням тваринницьких ферм склало 30...40%, а його знос досяг 85%. В цих умовах пред'являються підвищені вимоги до функціонування електрофікованих робочих машин. Якість виготовленої продукції, економія енергоресурсів, безаварійна робота з електрообладнання тісно взаємопов'язані. Очевидно, що домогтися високого значення цих показників можна шляхом вдосконалення технічної експлуатації і впровадження більш досконалого обладнання.

Низький рівень мають такі техніко-економічні показники сільськогосподарського виробництва як продуктивність праці та енергозабезпеченість. Ці показники в Україні в порівнянні з США, Німеччиною, Францією в 5-6 разів нижче, а знергоємність в 2-3 рази вище, ніж в цих країнах. Майже на однакових з США площах ріллі під зернобобовими культурами ми отримуємо їх урожай в 2-3 разів менший. Якщо врахувати, що парк зменшився майже на 50%, а виробництво сільськогосподарської продукції - на 40%, то затрати на одиницю ВВП збільшилися в порівнянні з 1990 р майже в 2,5 рази. Крупні виробники продукції - кормоцехи, комбикормові заводи, переробні пункти, насичені електроприводами технологічних машин, для яких характерний тривалий час роботи на добу. При такому режимі роботи істотний вплив на ефективність їх функціонування впливає надійність окремих елементів електропривода. Так, наприклад, відмова електрообладнання кормоцеху свиноферм знижує продуктивність і якість корму, ведуть до перебоїв в годуванні тварин. Це, в свою чергу, веде до втрати живої ваги

свиней. Значення технологічного збитку варіює в широких межах і залежить від поголів'я тварин. Дослідження [1, 2] показує, що на великих механізованих комплексах технологічний збиток перевищує вартість обладнання, яке відмовило. Аналогічні проблеми виникають і при експлуатації машин комбікормових заводів і елеваторів, з тією лише різницею, що збиток обумовлений зниженням продуктивності і отримання продукту зниженої якості. В останні роки, в зв'язку з диспаритетом цін, вартість відмовившого обладнання наблизилася до величини технологічної шкоди.

Очевидно, що для таких об'єктів технологічний збиток можна знизити за рахунок скорочення кількості відмов і тривалості часу відновлення, тобто шляхом підвищення коефіцієнта готовності. Для підвищення цього показника надійності рекомендується проводити комплекс признаних профілактичних заходів, регламентуємих системою ППРЕсх. Однак, фінансові труднощі в сільському господарстві не дозволяють виконувати рекомендовані заходи в повному обсязі і знергетичні служби займаються тільки аварійними ремонтами. Це призводить до того, що щорічно виходить з ладу 20-25% електродвигунів. Низьку надійність має також комутаційна апаратура електропривода. Агресивні умови навколишнього середовища і важкі режими роботи знижують термін служби цих пристроїв. Статистичні дані показують, що середнє напрацювання на відмову апаратури управління становить від трьох до п'яти років.

Таким чином, виникає проблемна ситуація з одного боку - відсутність достатніх коштів для проведення профілактичних робіт, з іншого - відмова від профілактики завдає збитків, які перевищують затрати на її проведення.

При аналізі цієї ситуації необхідно врахувати, що мета підприємницької діяльності полягає в отриманні максимального доходу. Для підприємств, що працюють в умовах ринкової економіки, першочерговим завданням є підвищення експлуатаційної ефективності, яке оприділяється комплексним поєднанням надійності і економічною діяльністю об'єкту.

Підвищення експлуатаційної ефективності пов'язано із залученням інвестицій. Так як при цьому фінансові кошти виключаються з основного виробництва, то необхідні вагомі аргументи прибутковості запропонованих інвестиційних проектів.

Зниження ефективності існуючих рекомендацій по експлуатації електроприводів обумовлено впровадженням його нових модифікацій, розробкою нових методів і засобів діагностики, впровадженням принципово нових пристроїв захисту від аварійних режимів роботи. Наприклад, з випуском електродвигуна серій 4А, АИ, АИР 5А виникла необхідність підвищити точність контролю теплового стану обмоток статора електричних машин в аварійних режимах. Однак існуючі пристрої захисту часто самі мають низьку надійність роботи, що призводить до зниження ймовірності знаходження в робочому стані всього електроприводу. За статистичними даними, через великий потік аварій і низьку якість захисту термін служби електродвигуна серії 4А становить 3-5 років при напрацюванні до відмови 500-2000 годин. Отже, поряд з підвищеною надійністю електродвигуна необхідно приділяти увагу і захисту пристрою. В цьому зв'язку, доцільна розробка таких пристроїв захисту, які могли б контролювати свою справність і мати високий гарантійний термін служби. Такий підхід забезпечить більш різке зростання коефіцієнта готовності всього електроприводу. Одним з способів підвищення коефіцієнта готовності є скорочення часу відновлення технічного об'єкту. В цьому зв'язку, перспективним є виявлення відмов на ранній стадії їх розвитку, тобто в стані скритої відмови. Тим більше, що для цього є досить вагомі наукові предпосилки теоретичного і практичного характерів: У теоретичних дослідженнях по надійності електродвигунів при стані скритої відмови; розробляються математичні моделі старіння ізоляції і прогноуються терміни служби електрообладнання; створюються технічні засоби діагностики і захисту електродвигуна; розробляються методи оцінки надійності електрообладнання з урахуванням відмов в умовах сільськогосподарського виробництва;

досліджуються математичні моделі, що дозволяють аналізувати складні аварійні режими асинхронних електродвигунів. Таким чином, висувається наступна робоча гіпотеза: за допомогою математичних моделей надійності, враховуючі скриті відмови, можна встановити функціональний зв'язок з економічними показниками діяльності підприємства і на цій підставі запропонувати раціональні терміни технічних обслуговувань і конкретні пристрої захисту електродвигуна.

На підставі вищесказаного була сформульована мета роботи і поставлені відповідні завдання.

Метою даної роботи є підвищення експлуатаційної ефективності асинхронних електроприводів кормоприготувальних цехів свинарських ферм шляхом розробки і аналізу ймовірних моделей надійності з обґрунтуванням раціональних термінів технічних обслуговувань і засобів захисту електродвигуна від аварійних режимів роботи.

Завдання дослідження:

- розробити алгоритми і програми, що дозволяють на основі статистичних даних побудувати ймовірні моделі надійності електроприводів;
- порівняти розрахункові значення показників надійності електроприводів з отриманими на вірогідних моделях;
- встановити ступінь підвищення надійності електропривода від застосування пристрою захисту і термінів проведення технічного обслуговування (ТО);

Об'єкт дослідження: асинхронний електропривід робочих машин кормоцехів і пристрої захисту від аварійних режимів роботи.

Предмет дослідження: математичні моделі надійності електроприводів і їх вірогідні характеристики.

Методи дослідження. Дослідження виконано з використанням загальнонаукових методів пізнання, методів електротехніки, прикладної фізики

та електромеханіки. Результати досліджень оброблювали за допомогою методів математичної статистики.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Дерев'янченко П. П.** Моделювання надійності електроприводу. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 9-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 199-200.

2. Палійчук В. К., **Дерев'янченко П. П.** Основні показники надійності електроприводу. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р.) Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 708-710.

3. Палійчук В.К., **Дерев'янченко П. П.** Аналіз експлуатаційних особливостей роботи електроприводу в кормовиробництві. IX Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (05-24 жовтня 2020 р.). [Електроний ресурс] – <http://animal-conf.inf.ua/conf.html>.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи можуть бути впровадженні в підприємствах агропромислового комплексу Житомирської області.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 32 сторінки комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 6 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В КОРМОПРИГОТУВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Електродвигуни технологічних машин на відміну від промислових, працюють у важких умовах. До особливостей роботи слід віднести: невідповідність навантаження номінальним даним електродвигуна, низька якість електроенергії, обмежена пропускна здатність сільськогосподарських електричних мереж, недостатня потужність трансформаторів, співрозмірна з потужністю крупних електродвигунів, різкі коливання температури, висока вологість і запиленість навколишнього повітря, недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу, низька якість обладнання що надходить. Слід зазначити те, що всі перелічені фактори діють одночасно. При комплексній дії важко проводити їх контроль і реагувати відповідним чином. Це призводить до зниження експлуатаційної надійності електродвигуна і інших елементів електропривода.

Умови експлуатації електроприводів основних технологічних процесів представлені в таблиці 1.1 [1]. З таблиця 1.1 видно, що до технологічних процесів, що мають найбільш негативні режими роботи відноситься кормоприготування. Це видно за такими параметрами, як температура зовнішнього середовища - максимальна з розглянутих технологій і відносна вологість повітря - 80-85%. Такі умови роботи електроприводів робочих машин призводять до підвищеного нагріванню окремих елементів і зниженого опору ізоляції. Приготуванню кормів проводиться в окремих приміщеннях – кормоцехах [2-8].

Таблиця 1.1 – Умови роботи електроприводів сільськогосподарського виробництва

Технологічні процеси	Режими роботи			Параметри навколишнього середовища					
	Число годин використання за:		Число вмикання за годину	Весняно-літній			Осінньо-зимовий		
	добу	рік		Температура, °С	Відносна вологість, %	Вміст аміаку, г/м ³	Температура, °С	Відносна вологість, %	Вміст аміаку, г/м ³
Кормороздавання - на фермах ВРХ	2,0	400	2,0	20	45	0,02	6	77	0,03
- на свинофермах	2,5	250	1,2	18	85	0,03	13	82	0,10
- на птахофермах	0,3	100	50,0	20	68	0,017	12	62	0,02
Прибирання гною: - на фермах ВРХ	4,0	1000	1,0	20	45	0,02	6	77	0,03
- на свинофермах	2,0	500	2,0	18	85	0,03	13	82	0,10
- на птахофермах	0,2	35	10,0	20	68	0,017	12	62	0,02
Машинне доїння	6,0	2000	1,0	18	70	-	6	80	-
Кормоприготування	3,0	900	0,6	26	80	-	16	85	-
Водопостачання	6,0	2200	1,0	20	80	-	12	85	-
Вентиляція	8,0	2800	0,1	20	72	-	6	65	-
Зерноочистка	8,0	1000	1,0	20	70	-	-	-	-

Відмінною особливістю цих виробничих об'єктів є наявність додаткового шкідливого фактора - висока запиленість приміщень. Це погіршує охолодження електродвигуна і забруднює рухомі частини комутаційних апаратів.

Автоматизація процесу кормоприготування дозволила значно зменшити затрати на одиницю виробленої продукції, з більшою віддачею використовувати машини, підвищити поживність кормів, що входять в раціон

тварин. Так як кормоцехи призначені для обслуговування великого поголів'я тварин, то до показників надійності їх обладнання пред'являють збільшені вимоги. Аналіз існуючих робочих машин кормовиробництва показав, що вони, в основному, приводяться в рух від асинхронного нерегульованого електропривода [3, 8, 9]. Найбільше часу при ремонті електропривода затрачається на заміну електродвигуна. Максимальна трудомісткість приходить на електродвигуни збільшеної потужності. Розглянемо самі характерні електрофіковані механізми енергоємких технологій кормовиробництва. До таких технологічних процесів відносяться: подрібнення, змішування, гранулювання. Найбільш енергоємким процесом в кормоприготувальних цехах є подрібнення надходжуваної сировини. Для переробки зернових сумішей використовують молоткові дробарки типу Ф-1М, КДУ-2, КДМ-2, КДМ-3, на великих підприємствах застосовують також дробарки типу ДМ-440У, ДДМ, А1-ДДР [1].

У технології приготування грубих кормів до вигодовування першої операцією є подрібнення. Цей процес дозволяє виконувати подальше змішування подрібнених кормів з іншими компонентами, їх подальшу технологічну переробку і транспортування. У результаті поліпшується засвоюваність продуктів тваринами і зменшується трудоемкість процесу годування. Найбільш розповсюджені подрібнювачі: ИГК- ЗОБ, АПК-10, "Волгарь-5", ИКМ-5 та ін. Характер навантаження подрібнювачів та дробарок - різко-змінний. Це пов'язано з тим, що вологість і фізико-механічні властивості надходжуваної сировини відрізняється. Звідси стає зрозумілою одна з причин виходу електродвигуна з ладу - тривале технологічне перевантаження. Крім того, з подрібнюючим продуктом іноді поступають сторонні предмети, що призводить до поломки механізму і заклинювання вала електродвигуна [9-14].

Завершальною операцією є змішування компонентів. З цим процесом кормоприготування пов'язана ефективність роботи всього підприємства. Максимальна потужність приводного електродвигуна мають змішувачі-

дробарки типу ДСВ, змішувачі-подрібнювачі ІБК, навантаження яких лежить від ступеня подрібнення корму і періодичності очищення лопатевих мішалок. Надійність роботи змішувачів в основному знижується від виходу з ладу електродвигуна лопатевих змішувачів. В основному це відбувається в результаті попадання в ємність сторонніх предметів.

У сільському господарстві споруджується безліч різноманітних кормоприготувальних цехів, що відрізняються за призначенням, виду виробленого корму, об'єму продукції і т.д. Все кормоприготування підприємства умовно поділяються на дві групи. До першої групи належать підприємства по виробництву сухих кормів в розсипному, гранульованому або брикетованому вигляді, придатних для тривалого зберігання. Кормоцехи другої групи - спеціалізовані підприємства, випускаються комбікорми-концентрати, які довго зберігати не можна. Їх готують безпосередньо перед згодовуванням тваринам. Кормоприготувальні пункти будуються за типовими проектами з урахуванням місцевих особливостей господарства. Для зменшення витрат на спорудження цих об'єктів промисловість випускає комплекти обладнання. Так, для приготування комбікормів застосовуються такі агрегати з відповідною кількістю електродвигунів: ОКЦ-15 - 13 шт., ОКЦ-30 - 15 шт., ОКЦ-50 - 26 шт., ОЦК-4 - 8 шт., ОЦК-8 - 15 шт. [12]. Штучне сушіння трави і приготування трав'яного борошна виробляють на агрегатах типу АВМ, загальна потужність електродвигуна яких перевищує 100 кВт. Випускаються також спеціалізовані комплекти КЦС - для свиноферм. Основна частина робочих машин цих комплектів забезпечена також асинхронними нерегульованими електроприводами. Залежно від призначення кормоцеху в нього можуть входити декілька комплектів технологічних машин, що призводить до збільшення встановленої потужності електроприводу. Так, наприклад, універсальний цех сухих і вологих кормосумішей конструкції ВНИПТИМЗСХ продуктивністю 6-54 т/зміну має 37 електродвигунів із загальною встановленою потужністю 234 кВт; універсальний цех для приготування

кормосумішей "Зерноград" при продуктивності 10 т/зміну має 579 кВт встановленої потужності і 57 електродвигуна.

Висновки по розділу 1

Потрібно відзначити, що низька якість електроенергії несприятливо відображається на працездатності окремих елементів електроприводів. Через довжину ліній електропередач і недостатнього перетину їх проводів відхилення напруги живлення нерідко виходять за межі встановлених ДСТУ. Зниження напруги мережі призводить до різкої втрати створюваного моменту електродвигуна і виникнення аварійного перегріву статорної обмотки. Для комутаційної апаратури, особливо для магнітних пускачів, велике зниження напруги мережі також шкідливо, так як з'являються підвищена вібрація і перегрів котушок керування. Електронні пристрої захисту, працюючи при пониженій нарузі, змінюють межі, що веде до порушення їх захисних функцій. Негативно впливає на температурному режимі електродвигуна також неприпустима несиметрія напруги живлення, що виникає в результаті включення потужних однофазних споживачів. За результатами статистичної обробки встановлено [3], що середнє значення коефіцієнта зворотної послідовності знаходиться на рівні 7,3% при середньому квадратичному відхиленні 2,3%.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Сучасні комп'ютерні технології, в основі яких лежать прикладні пакети, надають можливість більш глибокого дослідження спеціальних питань електроприводу. Такі пакети дозволяють перевести фізичні процеси в віртуальну реальність, провести в такій віртуальній лабораторії необхідні дослідження з отриманням потрібних результатів. Особливо це важливо при дослідженнях надійності, так як це пов'язано з великими витратами часу, іноді обчислюється роками. При використанні ЕОМ в машинному часі все проходить набагато швидше і можна проводити велику кількість таких дослідів. Сучасні офісні пакети дозволяють вирішувати завдання аналізу і синтезу систем. Основною задачею дослідника стає адекватне використання прикладних програми, грамотному їх використанні і обробці отриманих результатів.

Для аналізу структурної надійності електроприводу нами пропонується використовувати пакет MatLaB. Основними пакетами розширення середовища MatLaB, які використовувалися в даних дослідженнях, є Simulink і Power System Blockset. Пакет Simulink зі своїми доповненнями - хороший інструмент для аналізу і синтезу різних електромеханічних систем. Бібліотека даного пакета служить для імітаційного моделювання і складається з графічних блоків з заданими властивостями. Запуск імітації створеної моделі дозволяє наочно уявити результати. Бібліотека Simulink має достатній набір візуальних об'єктів, які дають можливість досліджувати практично будь-яку систему автоматичного регулювання. Simulink складає і вирішує рівняння стану моделі і дуже наочно виводить результати моделювання.

Аналіз літературних джерел по робочим машинам кормоцехів дозволить розкрити структуру електроприводів і мати статистику відмов окремих елементів. В результаті теоретичних досліджень отримані розрахунки формулюють для показників якості функціонування асинхронного

електроприводу. Таким чином, маючи принципову схему електроприводу і статистичні дані про відмови його елементів, можна розрахувати основні показники надійності. Визначення коефіцієнту готовності по отриманим формулам досить трудомістке завдання. У цьому випадку складений алгоритм і сама програма для ЕВМ в середовищі EXCEL. Дана програма, дозволяє на основі наявних вихідних даних отримати коефіцієнти готовності електроприводів основних технологічних процесів кормоприготувального виробництва. Програма забезпечує розрахунок комплексних показників надійності одночасно для різних періодичних технічних обслуговувань і при використанні різних пристроїв захисту електродвигуна, а також розрахунок терміну служби електродвигуна без пристрою захисту і з його наявністю.

Сучасні особливості сільськогосподарського виробництва, пов'язані із затримками державних виплат за здану продукцію, високої вартості техніки, в тому числі електрообладнання, призводять до того, що регламентована періодичність ТО і ТР не виконується. Це призводить до зменшення показників надійності електроприводу. З урахуванням сказаного були розраховані коефіцієнти готовності деяких електроприводів в залежності від періодичності профілактичних обслуговувань і результати представлені в таблиці 2.1. В ній же приведене інтегральне значення трудомісткості ТО і ТР електроприводу машин.

Процес моделювання розбитий на два блоки: отримання графічних залежностей функції готовності для запропонованих моделей електроприводу, яких не вдалося отримати в аналітичному вигляді; розробка ймовірної моделі (з використанням методу Монте-Карло) і отримання значень функції готовності на основі статистичних даних, перевірка на відповідність теоретичних результатів, отриманих в першому блоці. По першому блоку поставлені наступні завдання:

1. Перетворити отримані структурні схеми електроприводу в необхідний вид для рїботи в середовищі MatLaB і отримати графічний вигляд функцій готовності.

2. Зіставити графічні функції готовності для моделей, по яким отримані рішення в оригінальному вигляді з отриманими, в результаті моделювання з метою перевірки адекватності моделі.

3. Отримати графічний вигляд функцій готовності окремих кормоприготувальних машин.

4. Встановити вплив окремих складових, що входять в розрахункову формулу, на вигляд функції готовності.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт готовності і трудомісткість профілактики електроприводів

Назва машини	Трудомісткість, год		Коефіцієнт готовності при періодичності ТО		
	ТО	ТР	1 місяць	3 місяці	6 місяців
Кормоподрібнювач «Волгарь-5»	1,50	6,4	0,98	0,93	0,87
Подрібнювач грубих кормів ИГК – 30Б	2,00	14,8	0,98	0,93	0,87
Подрібнювач коренеплодів ИКС-5	2,20	9,9	0,94	0,83	0,71
Подрібнювач – камневловлювач ИКМ-5	3,90	17,4	0,95	0,86	0,76
Транспортер ТК-5	1,70	9,6	0,96	0,90	0,81
Транспортер скребковий ТС-40б	0,60	2,9	0,97	0,91	0,83
Подрібнювач кормів ДКУ	1,60	10,0	0,97	0,92	0,85
Дробарка ДБ-5	5,44	39,6	0,81	0,59	0,41
Змішувач С-7	4,40	17,5	0,90	0,75	0,61
Змішувач С-12	2,80	11,6	0,97	0,92	0,86
Запарник ЗПК-4	2,40	14,5	0,94	0,84	0,72
Варочний котел ВК-1	2,70	12,0	0,91	0,77	0,62
Варочний котел-змішувач ВКС-3М	1,00	6,0	0,94	0,84	0,73
Комплект АВМ-1,5А	18,50	88,8	0,44	0,18	0,10

Математичні моделі, в описі яких використовуються випадкові величини, відносяться до імовірних. Ймовірно-статистична модель - дослідницький апарат, що дозволяє підтвердити або спростувати припущення, які були прийняті при математичному описі зв'язків між об'єктами або при розрахунку надійності будь-якої складної системи. Відповідно до [37] контролювати

надійність системи управління технологічних процесом можна методами імовірнісного моделювання з урахуванням даних про надійність компонентів системи. Такого типу моделі використовують генерування статистичних даних (числова імітація ЕВМ). Тому дане моделювання ще називається імітацією або статистичними і відноситься до моделювання типу "Монте-Карло" [2,]. Необхідність застосування імовірнісних моделей диктує також ДСТУ де сказано, що універсальним методом розрахунку об'єктів будь-якої структури і при любых сполученнях розподілів напрацювань між відмовами і часів відновлення і профілактики служить метод статистичного моделювання.

Отримані результати на імітаційні моделі є реалізаціями випадкових величин або функцій. Для визначення об'єктивних характеристик процесу потрібно багаторазове відтворення з подальшою статистичною обробкою отриманих даних. Імітаційне моделювання передбачає наявність первинного опису системи, яке пре утворюється в математичну модель процесу її функціонування. Математична модель повинна враховувати всі ймовірні стану системи і шляхи переходів з одного стану в інший. Функціональні зв'язки замінюються логічними, що характеризують систему в залежності від працездатності вхідних елементів.

У даній роботі передбачається застосовувати логічну модель, тому моделювання складатиметься в відтворені випадкових процесів зміни станів з урахуванням логічних умов працездатності її елементів. Кожне таке відтворення представляє "розіграш" випадкового явища за допомогою процедури, що дає випадковий результат. Статична модель складається з безлічі реалізацій моделювальних явищ. Велика кількість реалізацій забезпечить отримання достовірних статистичних оцінок моделювального процесу. Крім того, для створення імітаційної моделі необхідно знати мінімальну кількість дослідів і алгоритми імітації псевдовипадкових чисел, що мають типів розподілення. Мінімальна кількість дослідів визначається на основі граничної теореми теорії ймовірностей - при великій кількості реалізацій

N частота подія наближається до його ймовірності, а середнє арифметичне \bar{x} прагне до математичного очікування m_x . Завдання зводиться до визначення такої кількості реалізацій N . Щоб помилка цих значень при заданій достовірності не перевищувала задані межі. Щоб із заданою довірчою ймовірністю стверджувати, що \bar{x} відхилиться від m_x на величину, яка не перевищує число дослідів, що має бити не менше:

$$N = \left(\frac{\sigma}{\varepsilon}\right)^2 \left[\Phi^{-1}\left(\frac{1+\beta}{2}\right)\right]^2 \quad (2.1)$$

де: σ - середньоквадратичне відхилення випадкової величини; ε - точність експерименту, приймаємо 0,01; Φ^{-1} - функція, зворотна функції нормального розподілу, при $\beta = 0,99$ $\Phi^{-1} = 2,58$.

Програмна імітація випадкових функцій зводиться до генерування реалізації рівномірно розподілених випадкових величин з наступним функціональним перетворенням. Так, експоненціальне розподілення псевдовипадковий величин імітується з вигляду:

$$X = -\frac{1}{\lambda} \ln z \quad (2.2)$$

де z - рівномірно розподілені величини, які моделюються за допомогою базового генератора.

Розподіл Вейбулла імітується за формулою:

$$X = -b \frac{1}{\lambda} (\ln z)^{1/c} \quad (2.3)$$

де b, c - параметри розподілу.

Висновки по розділу 2

З урахуванням викладеного визначені задачі моделювання по другому блоку.

1. Визначити величину похибки, з прийнятими допущеними при теоретичних дослідженнях з розрахунку комплексного показника надійності електроприводу.

2. Отримати функції готовності на основі статистичних даних і порівняти їх з отриманими в попередньому блоці.

РОЗДІЛ 3

ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЗМІНОЮ ТЕРМІНІВ ПРОВЕДЕННЯ ТО І МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Відомо, що якість функціонування будь-якого пристрою залежить від ступеня придбання надійності на етапах розробки, виготовлення і експлуатації. Втрата надійності на будь-якому з цих етапах може бути певною мірою компенсована на наступних. Таким чином, для отримання високонадійного елемента або системи необхідна комплексна робота конструкторів.

Аналіз моделювання електроприводів робочих машин кормоприготувальних підприємств показав, що значення показників надійності знаходяться на низькому рівні, особливо якщо рідко проводиться технічне обслуговування.

Перший, найбільш легкий і не вимагає модернізації електроприводу, шлях підвищення показників надійності - зміна періодичності ТО. Оптимальну періодичність ТО можна розрахувати. Інтервал оптимальних коефіцієнтів готовності електропрогрівання-приводів можна підтримувати шляхом проведення технічного обслуговування в терміни, вказані в таблиці 3.1.

З таблиці 3.1 слідує, що рекомендована періодичність технічних обслуговувань по ППРЕсх збігається оптимальної для більшості електроприводів, що працюють в кормоцехах, які готують корм на 200 400 голів тварин. Технічні обслуговування електроприводів робочих машин, пов'язаних з підготовкою кормів на 100 голів, можна проводити рідше в два рази в порівнянні з рекомендованими по ППРЕсх.

Ці висновки справедливі тільки для того об'єкта, у якого статистика відмов, трудомісткість ТО і час роботи на добу збігаються з вихідними в даних розрахунках. Якщо кормоцех готує корми для ферм з кількістю голів тварин, що відрізняється від паспортного і трудомісткість ТО відмінна від

розрахункової, то потрібно користуватися отриманими формулами, де відправною точкою є ставлення технологічного збитку до витрат на ТО.

Таблиця 3.1 – Оптимальна періодичності ТО електроприводу технологічних машин.

Назва машини	Діапазон зміни періодичності, ТО		Кількість голів, шт.
	t _{ТО опт, год.}	t _{ТО опт, днів}	
1. Кормоподрібнювач "Волгарь-5"	76- 63	25-21	200 св.
	25-19	8-6	2000 св.
2. Подрібнювач грубих кормів ИГК-3ОБ	32-24	11-8	2000 св.
	197-122	66-41	100 св.м.
3. Подрібнювач коренеплодів ИКС-5М	72-53	24-18	2000 св.
	4. Подрібнювач-камнеуловлювач ИКМ-5	71-52	24-17
33-25		11-8	2000 св.
5. Транспортёр коренеплодів ТК-5	47-34	16-11	400 св.
	25-19	8-6	2000 св.
	98- 78	33-28	100 св.м.
6. Транспортёр скребковий ТС-40М	22-18	7-6	1000 св.
	64- 53	21 - 18	100 св.м.
7. Дробарка ДКУ	45-31	15-10	800 св.
	89-76	30-25	200 св.
	25-21	8-7	2000 св.
8. Дробарка ДБ-5	30-21	10-7	800 св.
	18-15	6-5	2000 св.
9. Змішувач С-7	31 -24	10-8	800 св.
	20-15	7-5	2000 св.
10. Змішувач С-12	103 - 80	34-27	200 св.м.
	30-23	10-8	2000 св.
11. Запарник ЗПК-4	25-18	8-6	2000 св.
12. Варочний котел ВК-1	78-60	26-20	200 св.м.
	22-17	7-6	2000 св.
13. Варочний котел ВКС-3М	71-51	24-17	200 св.м.
	21-15	7-5	2000 св.
Примітка: в стовпці вказано час, через яке необхідно проводити чергове ТО, в годиннику фактичної наробки; св. - свині, св.м. - свиноматки.			

Не для всіх електроприводів можна досягти необхідного рівня надійності зміною періодичності ТО. Іноді, отримана періодичність важко здійсненна по організаційно-технічним або економічних міркувань, особливо якщо розрахункове значення менше місяця. Тому, для таких електроприводів необхідні інші способи підвищення коефіцієнта готовності. Зокрема, найбільш

оптимальним застосування діагностичних приладів, що діють постійно або періодично згідно з діаграмами і функціями готовності. Але в зв'язку з відсутністю таких приладів, вимушені застосовувати інші, більш доступні способи підвищення надійності, наприклад, проведення модернізації електроприводу.

Одним із способів, що істотно впливає на показники надійності, є збільшення терміну служби апаратури управління і захисти, які мають кілька різних варіантів реалізації: покриття апаратури і шаф управління спеціальними захисними розчинами - летючими інгібіторами (роботи по створенню таких розчинів ведуться в ЧГАУ); герметизація шафи управління з цілю зменшення впливу навколишнього середовища; винесення апаратури управління в окреме приміщення, з меншим ступенем агресивності навколишнього повітря; заміна існуючих апаратів на більш надійні аналогічні, а при необхідності - на безконтактні. Найбільш добрий варіант можна вибрати тільки в конкретних виробничих умовах. Однак, можна провести попередню оцінку впливу цих заходів, визначивши підвищення коефіцієнту готовності електроприводу при збільшенні терміну служби апаратури управління.

Модернізувати електропривід можна також заміною існуючого устрою захисти на більш надійне або більш відповідне конкретним умовам експлуатації по функціонально-захисним властивостям. Методиками вибору пристроїв захистів присвячено багато наукових робіт, в тому числі дисертації Данилова В.М., Грундуліса А.О., Оськина С.В. При використанні цих методик необхідно враховувати наступне:

- 1) надійність пристрою захисту створює значний вплив на надійність усього електроприводу, тому можуть бути ситуації, коли введення додаткового апарату захисту підвищить термін служби електродвигуна, але знижує коефіцієнт готовності всього електроприводу;

2) маючи однотипні пристрої захисту, ефективніше використовувати апарати з самоконтролем справності і високою власною конструктивною і виробничою надійністю.

В роботі відібрані оптимальні кошти і заходи, які підвищують надійність електроприводу робочих машин сільськогосподарського виробництва (табл.3.2). В якості моделей надійності використовувалися вираз, отриманий у другому розділі. У таблиці запропонованих заходів щодо модернізації і терміни проведення ТО електроприводів тільки для зазначеного поголів'я. У 3-ій колонці таблиці 3.2 вказано розрахунковий термін служби електродвигуна при правильному і своєчасному налаштуванню пристрою захисту. Звичайно, в конкретних господарствах, рекомендовані способи підвищення надійності будуть відрізнятися від оптимальних. Проте, можна рекомендувати загальну стратегію підвищення якості функціонування, використовувати отримані графіки і таблиці - визначити її найбільш придатний варіант.

Для електроприводів робочих машин, що працюють в кормоцехах рекомендується установка пристроїв вбудованим температурним захистом. Також зазначалося, що одним з ефективних способів отримання високої надійності електроприводу є застосування безвідмовного пристрою захисту високими функціонально-захисними властивостями. За пристроїв захисту були виконані дослідження від розробки схем до організації серійного виробництва і експлуатації промислових виробів в реальних умовах. З 1990 року промисловість випускає для сільського господарства пристрій захисту УВТЗ-5М, схема якого наведена на рисунку 3.1.

Таблиця 3.2 – Рекомендовані заходи щодо підвищення надійності електроприводів технологічних машин кормоцехів

Назва машин	K _r	Термін служби двигуна, год	Кількість голів, шт	Періодичність ТО, тижнів	Рекомендована модернізація
1. Кормоподрібнювач	0,960	5,5	100	8	-
	0,975	5,5	200	4	-
	0,986	9	1000	3	УВТЗ
2. Подрібнювач грубих	0,976	6,0	200	4	-
	0,988	8,9	2000	3	УВТЗ+защ.ПСИ*
3. Подрібнювач	0,883	6,0	100	10	-
	0,980	16,7	2000	4	УВТЗ+защ.ПСИ*
4. Подрібнювач	0,950	4,0	300	4	-
	0,970	4,0	600	2	-
	0,985	9	2000	2	УВТЗ+защ.ПСИ*
5. Транспортер	0,977	8,9	600	3	УВТЗ
	0,980	7,5	600	2	-
	0,950	7,5	100	6	-
6. Транспортер скребковий	0,990	8,9	1000	2	УВТЗ+защ.ПСИ*
	0,972	4,3	200	3	-
	0,966	4,3	100	4	-
7. Дробарка ДКУ	0,980	7,0	800	3	-
	0,971	7,0	200	4	-
	0,973	8,9	200	5	УВТЗ
	0,990	10,2	2000	3	УВТЗ+защ.ПСИ*
8. Дробарка ДБ-5	0,891	12,4	800	4	УВТЗ
9. Змішувач С-7	0,950	11,8	800	4	УВТЗ+защ.ПСИ
	0,943	10,8	800	4	УВТЗ
10. Змішувач С-12	0,941	5,5	200	8	-
	0,924	5,5	100	12	-
	0,990	10	2000	3	УВТЗ+защ.ПСИ
11. Запарник ЗПК-4	0,985	4,3	2000	1	-
	0,982	8,9	2000	3	УВТЗ
12. Варочний котел ВК-1	0,943	5,6	200		-
	0,985	8,9	2000	2	УВТЗ
	0,948	10,9	200	5	УВТЗ+защ.ПСИ
13. Варочний котел	0,986	5,6	200	2	-
	0,990	10,9	2000	2	УВТЗ+защ.ПСИ

Примітка: УВТЗ + зах. ПСІ * - рекомендується встановити пристрій вбудованого температурного захисту і захист від зниженого опору ізоляції електродвигуна.

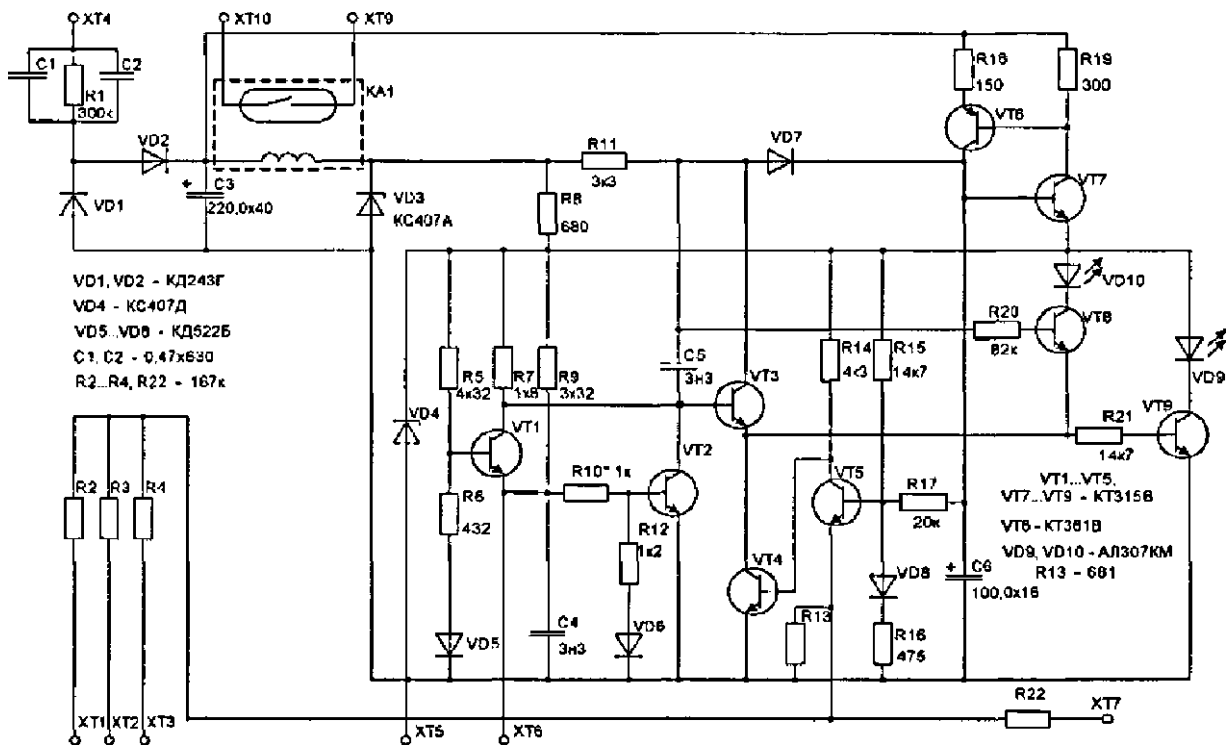


Рис. 3.1. Схема пристрою захисту УВТЗ-5М

Істотно підвищити коефіцієнт готовності електроприводу і термін служби електродвигуна можна додавши пристрій контролею ізоляції обмоток статора. Однак введення додаткового елемента може привести до зниження загального показника надійності. У зв'язку з цим було розроблено пристрій УВТЗ-5МИ, яке доповнено елементами, що не знижують загальну надійність пристрою (рис. 3.2).

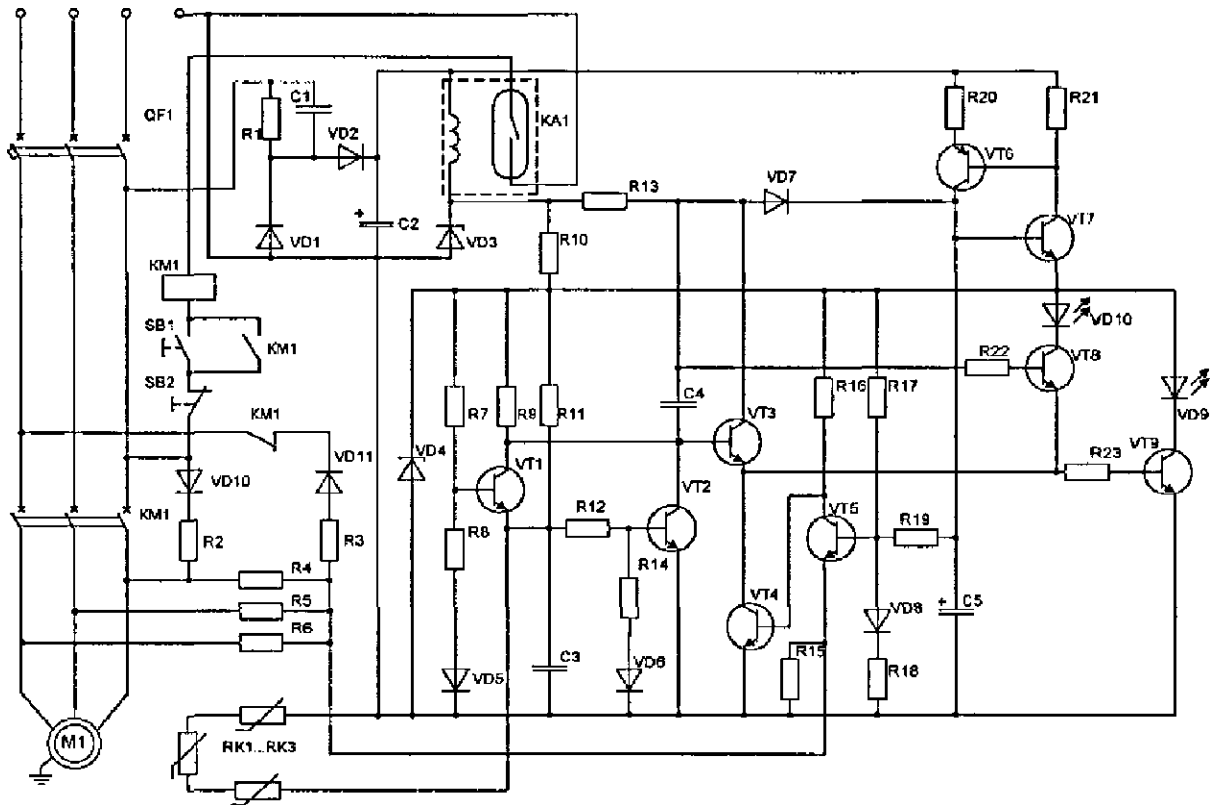


Рис. 3.2. Схема пристрою захисту УВТ3-5МИ.

Пристрій працює наступним чином. При відключеному електродвигуні від мережі на загальну точку резисторів К4 - К.6 подається негативна напівхвиля напруги з фази А через розмикаючий контакт магнітного пускача КМ1 і діод VD11. У цю точку також подається позитивна напівхвиля напруги з фази С через VD 10, резистори R2, R4. Якщо ізоляції нормальне - більше 0,5 Мом, то в загальній точці форма напруги представлена на рис. 3.3. Позитивна напівхвиля не впливає на роботу пристрою, а негативна дуже мала і не призведе до спрацювання пристрою. Якщо опір ізоляції знизиться нижче до допустимих, то частина струму з фази С піде через обмотки статора на заземлюючий провід. Це призведе до того, що негативного напруги ста немає більше ніж позитивного і форма напруги набуде вигляду представлений на малюнку 3.4. Тоді негативні напівхвилі почнуть відкривати транзистор УТ5, що призведе, в кінцевому рахунку, до спрацювання пристрою і загорання світлової сигналізації. Тепер електродвигун неможливо запустити, не усунувши аварію. Після усунення аварійного режиму потрібно провести відключення і включення автоматичного вимикача QF1.

Виготовлений серійно пристрій виготовляються в полістиролових корпусах і мають зовнішній вигляд представлений на малюнку 3.5. Пристрій УВТЗ-5МИ впроваджено в ряді господарств і зарекомендував себе з позитивної сторони (додаток).

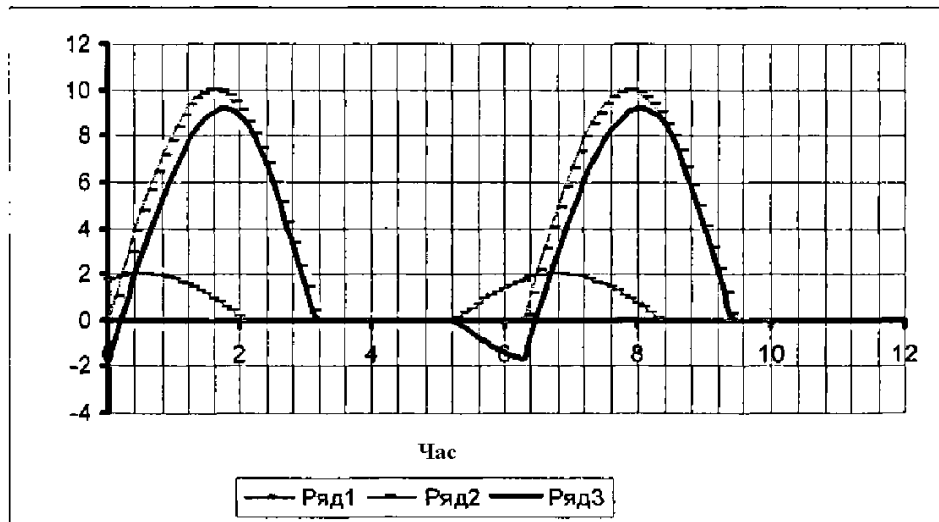


Рисунок 3.3 Форма напруги в загальній точці резисторів R4 – R6 при нормальному опорі ізоляції: Ряд 1 - напруга фази А, Ряд 2 - напруга фази С, Ряд 3 - напруга в спільній точці.

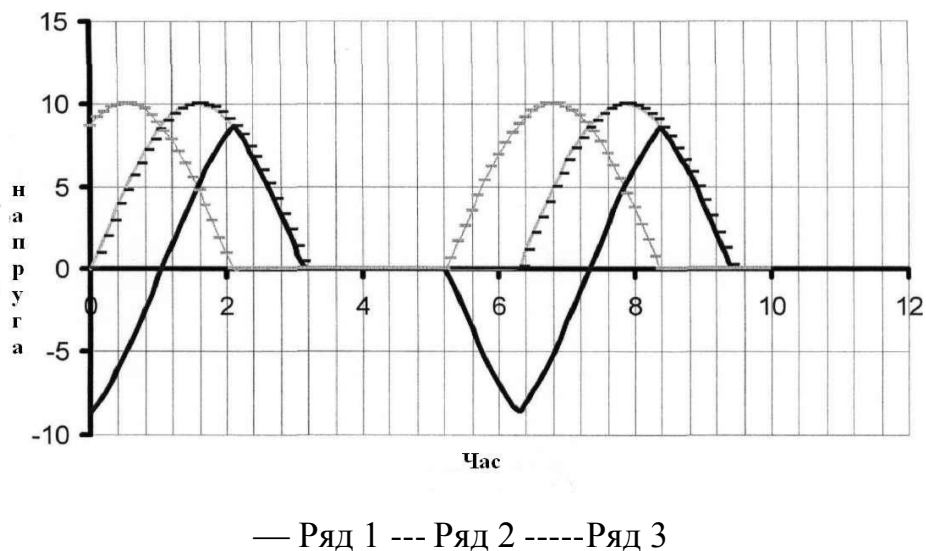


Рисунок 3.4 Форма напруги в загальній точці резисторів R4 - R6 при нормальному опорі ізоляції.

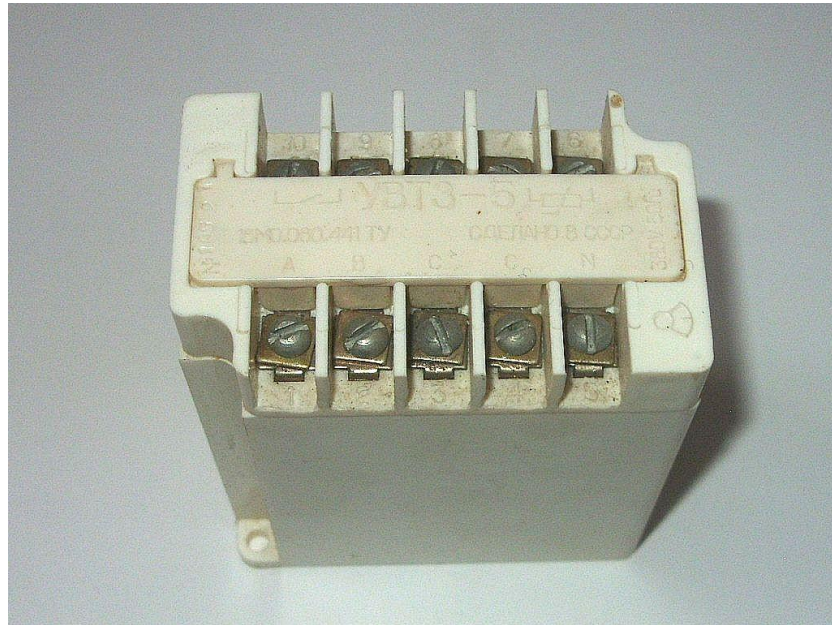


Рис. 3.5. Зовнішній вид пристрою УВТЗ-5М.

Висновки по розділу 3

Використовуючи розрахункові формули, складена таблиця рекомендованих заходів по підвищенню ефективності експлуатації електроприводів робочих машин, звідки випливає, що в кормоцехах, які обслуговують тварин більше 1000 голів необхідно встановлювати пристрої захисту електродвигуна типу УВТЗ, доповнене пристроєм захисту від зниженого опору ізоляції. Це дозволить зберегти періодичність ТО електропривода в рекомендовані терміни по ППРЗсх.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі результатів моделювання визначення вартості оптимальному діапазоні періодичності ТО електроприводів робочих машин в залежності від поголів'я обслуговує тварин, що дозволяє збільшити ефективність експлуатації електрообладнання.

Використовуючи розрахункові формули, складена таблиця рекомендованих заходів по підвищенню ефективності експлуатації електроприводів робочих машин, звідки випливає, що в кормоцехах, які обслуговують тварин більше 1000 голів необхідно встановлювати пристрої захисту електродвигуна типу УВТЗ, доповнене пристроєм захисту від зниженого опору ізоляції. Це дозволить зберегти періодичність ТО електропривода в рекомендовані терміни по ППРЗсх.

Розроблено та впроваджено в окремих господарствах пристрій захисту електродвигуна УВТЗ-5МИ, що контролює опір ізоляції обмотки статора електродвигуна, використання цього пристрою дозволить збільшити коефіцієнт готовності електроприводу на 10-15%.

Заміна пристрою захисту РТЛ на УВТЗ-5МИ в електроприводу подрібнювача кормів дозволяє отримати дозволить суттєво підвищити економічні показники використання електроприводу Найбільш ефективним являється зміна періодичності проведення ТО електроприводів. Так заміна періодичності ТО електроприводу гранулятора ОГМ-0,8 дозволить отримати суттєвий прибуток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анилович В. Д. Анализ и повышение надежности оборудования кормоприготовительного цеха. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. № 3. 1983. С.19.
2. Олійник В. С. Практикум з електропривода. Київ : Урожай, 1999. 192 с.
3. Богатырев Н. И. Практикум по электроприводу. Краснодар, 2009. 288 с.
4. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. Москва : Колос, 1984. 311 с.
5. А.с.1277292 МКИЗ Н02Н 7/09. Устройство для защиты трехфазного электродвигателя при обрыве и несимметрии фаз питающей сети / Данилов В. Н., Тубис Я. Б., Оськин С.В., Воробьев В. А., Бондарчук П. П. - N3855120/24 -07; Заявлено 15.02.85; Опубл.15.12.86.БИ N46.
6. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов. Москва : Е Солос С, 2004. 344 с.
7. Мякишев Н. Ф. Электропривод и электрооборудование автоматизированных сельскохозяйственных установок.. Москва : «Агропромиздат», 1986. 176 с.
8. Василенко П. М. Механизация и автоматизация процессов приготовления и дозирования кормов. Москва : Агропромиздат, 1985. 224 с.
9. Водяников В. Т. Экономическая оценка энергетики АПК. Учебное пособие Москва : ИКФ «ЗКМОС», 2002. 304 с.
10. Машинне доїння корів і первинна обробка молока / за ред. А. І. Фененка. Київ : Урожай, 1990. 216 с.
11. Механізація виробництва продукції тваринництва / за ред. І. І. Ревенка. Київ : Урожай, 1994. 264 с.

12. Механізація трудомістських робіт у малих фермах / за ред. В. А. Ясенецький та ін. Київ : Урожай, 1990. 160 с.
13. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. Москва : Колос, 1984. 288 с. С. 157-173.
14. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва / Київ : Урожай, 1994. 288 с.
15. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств / за ред. І. І. Ревенка. Київ : Урожай, 1999. 192 с.
16. Ревенко І. І. Машини і обладнання для тваринництва / Київ : Кондор, 2009. 731 с.
17. Ревенко І. І. Механізація тваринництва : підручник. Київ : Вища освіта, 2004. 319 с.
18. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. Москва : Колос, 1984. 311 с.