

УДК 621.313.333.004.58

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПІД ДІЄЮ СТРУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Квітка С.О., к.т.н.,

Нестерчук Д.М., к.т.н.,

Квітка О.С., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-31-59

**Анотація** – робота присвячена дослідженню впливу струмового навантаження на теплові процеси в асинхронних електродвигунах та розробці пристрою захисту їх від аварійних режимів роботи.

**Ключові слова** – асинхронний електродвигун, струмове навантаження, тепловий знос ізоляції, пристрій захисту.

*Постановка проблеми.* Експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором залишається невисокою. В аварійних режимах роботи струми, які протікають в обмотках статора та ротора електродвигуна, перевищують номінальні значення. В результаті чого перегріваються обмотки й зношується їх ізоляція, стан якої визначається не тільки значенням струму, але і його тривалістю. Всі основні аварійні режими роботи призводять до виходу електродвигунів з ладу, так як призводять до недопустимого нагрівання обмоток. Одна з головних причин відмов електродвигунів – це незадовільний їх захист від аварійних режимів роботи [1-3]. Тому, одним із способів підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів є розробка і застосування універсальних технічних засобів захисту електродвигунів в процесі їх експлуатації.

*Формулювання мети статті.* Дослідження теплових процесів в асинхронних електродвигунах під дією струмового навантаження та розробка пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи в процесі їх експлуатації з метою підвищення їх експлуатаційної надійності.

*Основна частина.* В процесі тривалої експлуатації асинхронних електродвигунів вони піддаються різноманітним експлуатаційним впливам [1].

Однією з експлуатаційних дій є сила струму електродвигуна, яка в процесі його роботи може змінюватись в залежності від завантаження робочої машини, яке внаслідок відсутності пристроїв регулювання має випадковий характер.

Здійснено дослідження теплових процесів під дією струмового навантаження, для чого проаналізуємо вплив струмового навантаження на електродвигун АИР100L4У3 при кратностях напруг  $k_U = 0,9$  і  $k_U = 0,8$ .

Результати аналізу у вигляді залежностей  $I = f(k_3)$  та  $\varepsilon = f(k_3)$  наведено на рис. 1 та рис. 2.

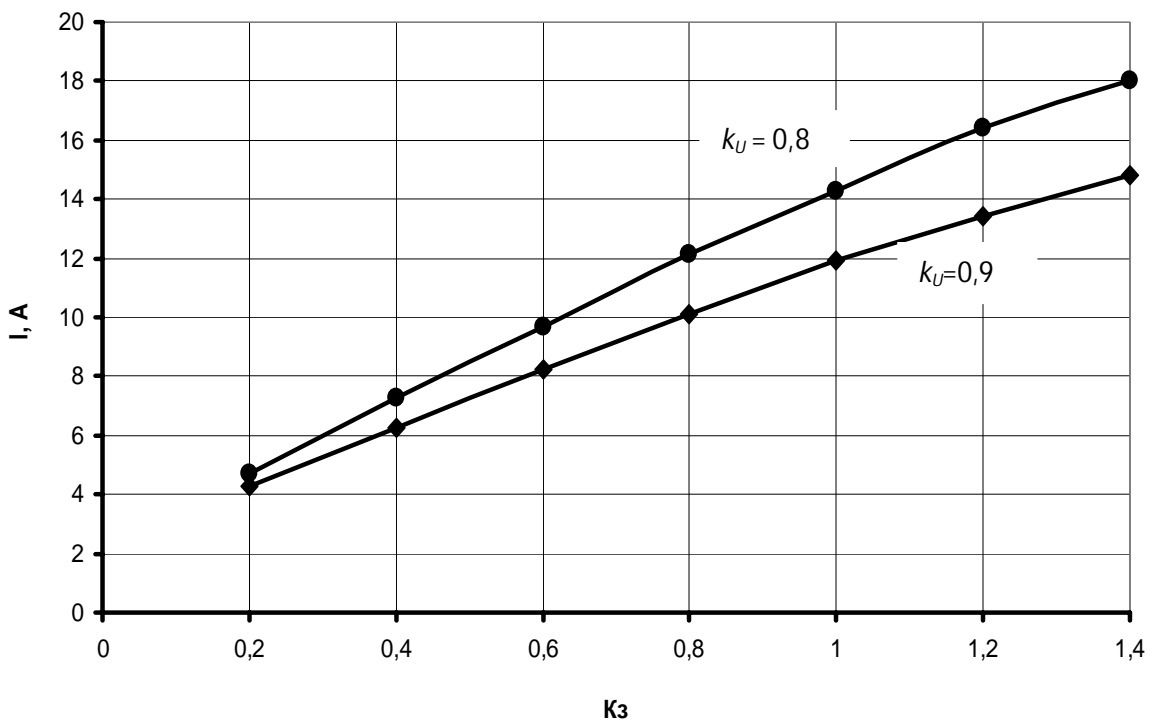


Рис. 1. Залежності сили струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта завантаження при кратностях напруг  $k_U = 0,8$  і  $k_U = 0,9$ .

Таким чином, асинхронні електродвигуни досить чутливі до відхилення напруги на затискачах. У завантажених на повну потужність електродвигунів при зниженні напруги різко збільшується швидкість теплового зносу ізоляції.

Внаслідок аналізу умов експлуатації електродвигунів та роботи захисних пристроїв були сформульовані вимоги до пристрою захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи, в якому необхідно передбачити контроль наступних діагностичних параметрів:

- споживаного електродвигуном струму по фазах;
- фазної напруги в мережі;
- температури ізоляції обмотки статора електродвигуна.

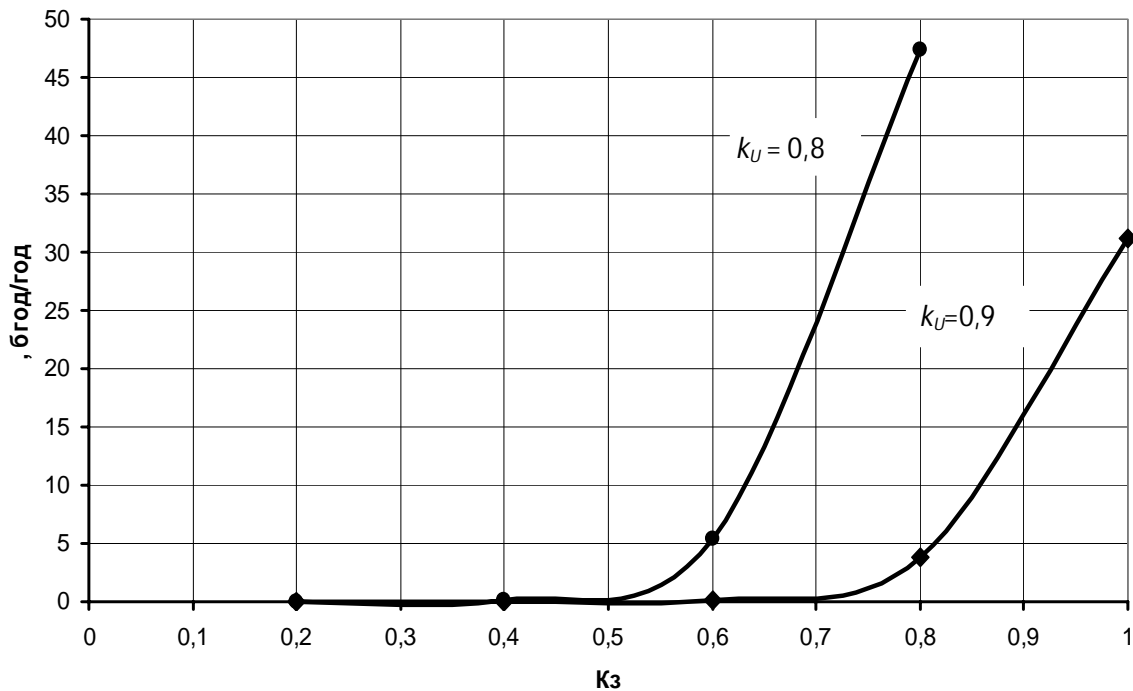


Рис. 2. Залежності зміни швидкості теплового зносу ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта завантаження при кратностях напруг  $k_U = 0,8$  і  $k_U = 0,9$ .

Крім того пристрій повинен:

- мати достатню швидкодію відключення захищеного електродвигуна;
- мати можливість постійного моніторингу напруги мережі, споживаного електродвигуном струму, температури ізоляції обмотки статора та відображення результатів на цифровому індикаторі;
- мати мале енергоспоживання;
- мати високу заводозахисненість;
- мати можливість автоматичного відключення і включення електродвигуна, який захищається;
- бути реалізований на сучасній елементній базі;
- стабільно і надійно працювати в умовах сільських електричних мереж та при зміні температури навколишнього середовища в широких межах.

Даним вимогам відповідає пропонуваній пристрій захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи (рис. 3) [5]. Пристрій призначений для захисту та відключення електродвигунів від мережі змінного струму у випадках зниження або зростання напруги в мережі нижче або вище заданих значень, при небезпечному зростанні споживаного електродвигуном струму та небезпечному перевищенні температури ізоляції обмотки статора електродвигуна. Пристрій реалізований на сучасній елементній базі, а його основою є мікроконтролер.

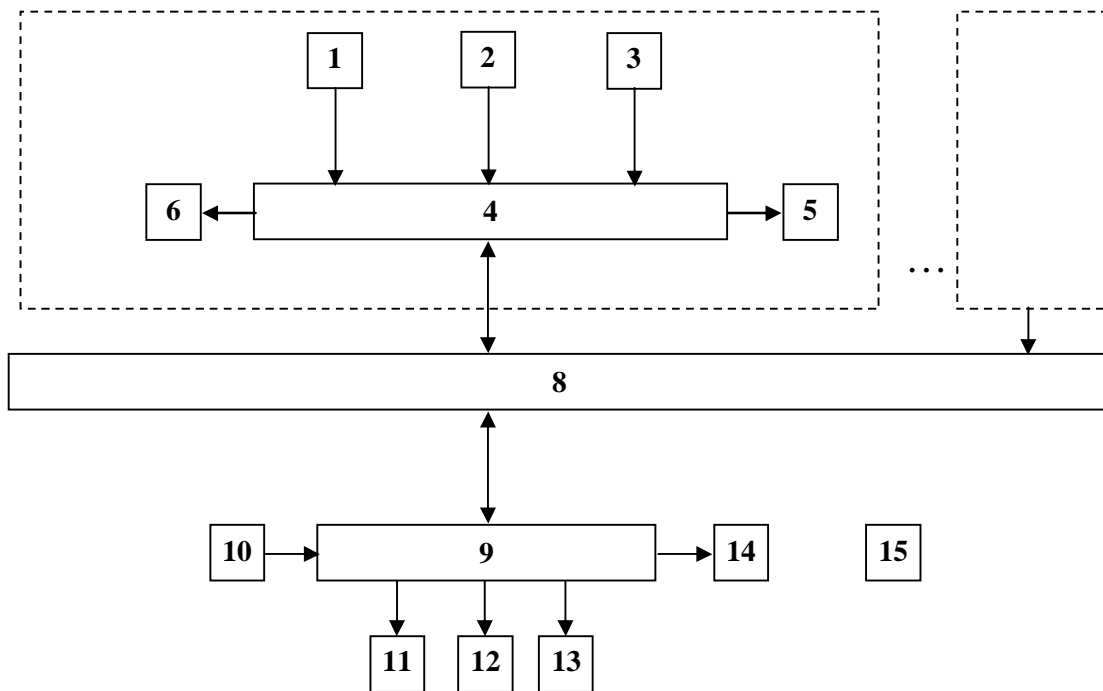


Рис. 3. Пристрій захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи.

Пристрій захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи побудований на мікроконтролері 9 типу ATmega16, який є ведучим (master) пристроєм, та декількох мікроконтролерах 4 типу ATmega8, які є веденими (slave) пристроями. Зв'язок між мікроконтролерами здійснюється за допомогою двонаправленої двопровідної шини I<sup>2</sup>C 8.

Пристрій складається з наступних блоків: блоків контролю електродвигунів 7, кожен з яких складається з веденого мікроконтролера 4, блоку контролю температури ізоляції обмотки статора електродвигуна 1, блоку контролю споживаного струму 2 і фазної напруги 3, блоку світлової сигналізації 5 і блоку реле 6.

Крім того, до складу пристрою входять ведучий мікроконтролер 9, клавіатура 10, блок цифрової індикації 11 та світлової сигналізації 12, пристрій пам'яті 13, комунікаційний порт 14 і блок живлення 15.

Обмін даними між ведучим master-пристроєм та веденими slave-пристроями здійснюється за допомогою шини I<sup>2</sup>C. Всі операції по шині I<sup>2</sup>C здійснюються за допомогою тільки 2 проводів (2 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.

Блоки контролю електродвигунів 7 призначені для контролю температури ізоляції обмотки статора, струму, який споживається

електродвигуном, напруги живлення та управління електродвигуном.

Призначенням блоків контролю температури 1 і струму 2 є вимірювання і перетворення таких діагностичних параметрів, як температура ізоляції обмотки статора і струм, який споживається обмоткою статора електродвигуна, в інформативний електричний сигнал, який для подальшої обробки поступає на відповідні порти мікроконтролера 4.

Блок контролю напруги 3 призначений для вимірювання фазних значень напруги живлення і перетворення її в інформативний сигнал, який для подальшої обробки також поступає на відповідні порти мікроконтролера 4. Відомий мікроконтролер здійснює порівняння вхідних параметрів діагностування з величинами уставок. Залежно від величини вхідних параметрів (після їх порівняння із значенням уставок) мікроконтролер 4 видає сигнал на блок сигналізації 5 або сигнал на відключення електродвигуна за допомогою блоку реле 6.

Ведучий master-мікроконтролер 9 задає основний потік даних на шині, формує необхідні часові інтервали, здійснює керування веденими slave-мікроконтролерами 4 та обробку даних, що надходять від них.

В залежності від стану master-мікроконтролер видає сигнал на блок цифрової індикації 11 та блок світлової сигналізації 12. В пристрої пам'яті 13 накопичується інформація.

Для вводу даних і керування пристроєм в схемі передбачена клавіатура 10. Для спостереження оператором за поточним значенням величини діагностичних параметрів в пристрої передбачений блок цифрової індикації 11.

Визначення вхідних параметрів діагностування, порівняння їх з уставками, приймання та видача сигналів керування виконується за програмою.

Програмою передбачений ввід даних щодо конструктивних, режимних та експлуатаційних чинників. Для цього в пристрої передбачений роз'єм для підключення програматора (призначений для запису програми в мікроконтролер) та комунікаційний порт 14 (призначений для обміну даними між пристроєм та персональним комп'ютером). Електричне живлення блоків пристрою здійснюється від блоку живлення 15.

*Висновки.* Пропонований пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів дозволяє контролювати температуру ізоляції обмотки статора, струм споживаний електродвигуном, фазну напругу (наявність і рівень) і, при небезпечному їх відхиленні від заданих значень, автоматично відключати електродвигун, що дозволяє захистити його від основних аварійних режимів роботи і зменшити вихід електродвигунів з ладу до 5...7%.

## Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / *В.В.Овчаров.* – К.: УСХА, 1990. – 168с.
2. *Грундулис А.О.* Защита электродвигателей в сельском хозяйстве / *А.О. Грундулис.* – М.: Колос, 1982. – 104 с.
3. *Мусин А.М.* Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты / *А.М. Мусин.* – М.: Колос, 1979. – 112 с.
4. Пат. 48876 Україна, МПК Н02Н 7/09 (2006.01). Пристрій для захисту трифазного асинхронного електродвигуна від аварійних режимів роботи / *С.О. Квітка, Д.М. Нестерчук, О.С. Квітка* (Україна). – № u200909849; заявл. 28.09.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7. – 4 с.
5. Пат. 67971 Україна, МПК Н02Н 7/09 (2006.01). Пристрій автоматичного захисту групи електродвигунів від аварійних режимів роботи / *С.О. Квітка, О.Ю. Вовк, О.С. Квітка* (Україна). – № u201110072; заявл. 15.08.2011; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. – 4 с.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ  
АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ  
ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА  
ЗАЩИТЫ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

Квитка С.А., Нестерчук Д.Н., Квитка А.С.

*Аннотация*

**Работа посвящена исследованию влияния токовой нагрузки на тепловые процессы в асинхронных электродвигателях и разработке устройства защиты их от аварийных режимов работы.**

**STUDY OF THERMAL PROCESSES IN ASYNCHRONOUS  
ELECTROMOTORS UNDER THE CURRENT LOAD AND THE  
DEVELOPMENT OF SURGE EMERGENCY OPERATION**

S.Kvitka, D.Nesterchuk, A.Kvitka

*Summary*

**The work is devoted to the influence of the current load on the thermal processes in the induction motor and developing of devices to protect them from emergency operation.**