

УДК 621.313.333.004.58

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Квітка С.О., к.т.н.,

Вовк О.Ю., к.т.н.,

Нестерчук Д.М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-32-63

**Анотація** – робота присвячена дослідженню впливу неповнофазного режиму й струмового навантаження на теплові процеси в асинхронному електродвигуні та розробці пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи.

**Ключові слова** – асинхронний електродвигун, не повно фазний режим, струмове навантаження, пристрій захисту.

*Постановка проблеми.* Агропромисловий комплекс, а саме, виробництво і переробку сільськогосподарської продукції, відрізняється від промислового виробництва в частині електропостачання тим, що мережі живлення мають велику протяжність; до одних і тих же електричних мереж підключено виробниче і побутове навантаження, останнє має явно виражений несиметричний характер; рівень технічного обслуговування електроустаткування в агропромисловому комплексі значно нижчий, ніж в промисловому виробництві.

Строк служби сучасних асинхронних електродвигунів не менше 20 тис. годин. Це означає, що в сільськогосподарському виробництві, де електродвигуни, в цілому, мають напрацювання 1000...3000 годин у рік, їх строк служби повинен продовжуватись 7...20 років.

Однак на практиці електродвигуни працюють значно менше. Основною причиною передчасного виходу електродвигунів з ладу є відсутність надійного захисту від аварійних режимів роботи.

Якщо електродвигуни експлуатувати при незадовільному захисті, або зовсім без нього, то їх аварійність щорічно складає 20...25 % і більше [1, 2].

*Аналіз останніх досліджень.* Розглянемо аварійні режими електродвигунів і причини, що їх спричинюють [2].

Перший і самий розповсюджений аварійний режим сільськогосподарських електродвигунів – обрив фази (40...50 %). При обриві

фази електродвигун майже завжди виходить з ладу, тому що на двох фазах він не розганяється – залишається в загальмованому режимі. Отже, струм в статорній обмотці перевищує номінальний приблизно у 5 раз, і обмотка виходить з ладу.

Другий небезпечний аварійний режим – заклинювання робочої машини (20...25 %). Електродвигун в таких випадках практично завжди виходить з ладу, тому що струм в статорній обмотці перевищує номінальний у 5...7 раз.

Третій аварійний режим сільськогосподарських електродвигунів – тривалі перевантаження (10...15 %) які частіше за все зустрічаються при приводі подрібнювачів і дробарок при безперервній подачі продукту.

Четвертий аварійний режим – пробій ізоляції при її зволоженні і порушенні охолодження електродвигунів (15...20 %).

Відомо, що всі основні аварійні режими призводять до перегріву статорної обмотки електродвигуна, і якщо пристрій захисту своєчасно не спрацює, то це в підсумку призводить до виходу з ладу статорної обмотки електродвигуна [2, 3].

В наш час в сільськогосподарському виробництві для захисту електродвигунів від аварійних режимів роботи використовують теплові реле електромагнітних пускачів, автоматичні вимикачі, захист за напругою нульової послідовності, захист за мінімальною напругою, реле максимального струму, захист за струмом нульової послідовності та інше [2, 3].

Проте, недоліки, які властиві вказаним пристроям захисту, обмежують їх використання [2, 3].

*Формулювання цілей статті.* Дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів та розробка технічних засобів контролю та захисту електродвигунів від аварійних режимів роботи в процесі їх експлуатації є необхідним та актуальним питанням, яке спрямоване на підвищення експлуатаційної надійності трифазних асинхронних електродвигунів.

*Основна частина.* Здійснено дослідження як змінюється напруга на затискачах електродвигуна при не повно фазному режимі. Для чого проаналізуємо вплив не повно фазного режиму на електродвигун серії АИР80А4У3, враховуючи вихідні дані: номінальне ковзання  $s_H = 0,07$ , кратності напруг прямої і зворотної послідовностей  $k_{u1} = 0,5$  і  $k_{u2} = 0,5$ , кратність моменту зрушення робочої машини  $m_0 = M_{TP}/M_{CH} = 0,3$ .

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

Оскільки кратності напруги симетричних складових прямої і зворотної послідовностей дорівнюють одна одній, то в порівнянні з

несиметричним повно фазним режимом цей режим є більш важким: результуючий пусковий момент дорівнює нулю, ковзання за одних і тих же умов більше.

Таким чином, на підставі проведеного дослідження можна зробити наступний висновок: робота в не повно фазному режимі навіть мало навантажених електродвигунів супроводжується інтенсивним процесом теплового зносу ізоляції.

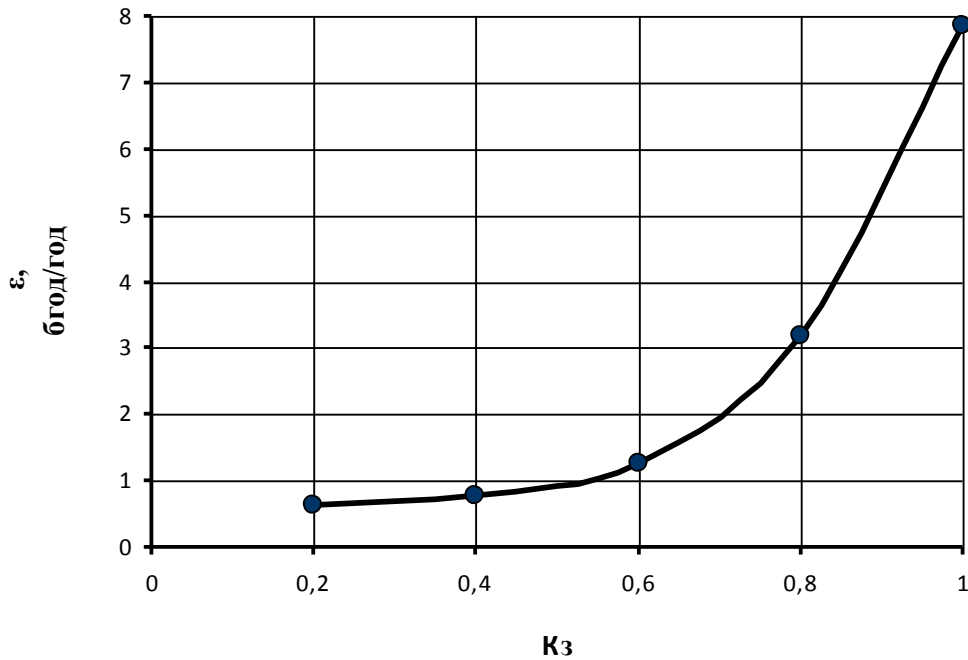


Рис.1. Залежність зміни швидкості теплового зносу ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта навантаження

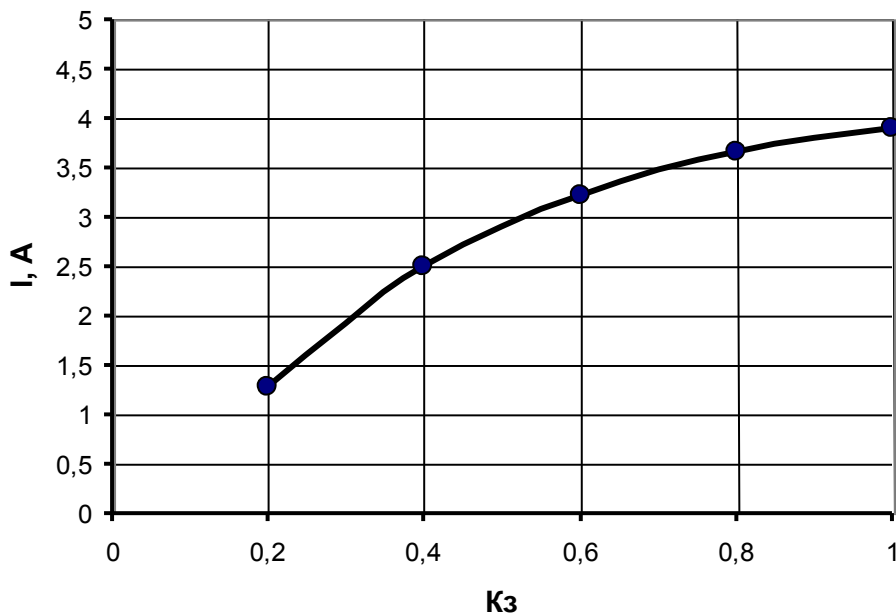


Рис.2. Залежність сили струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта навантаження

Інша експлуатаційна дія, сила струму електродвигуна, 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  $I = f(k_3)$  наведено на рис.3.

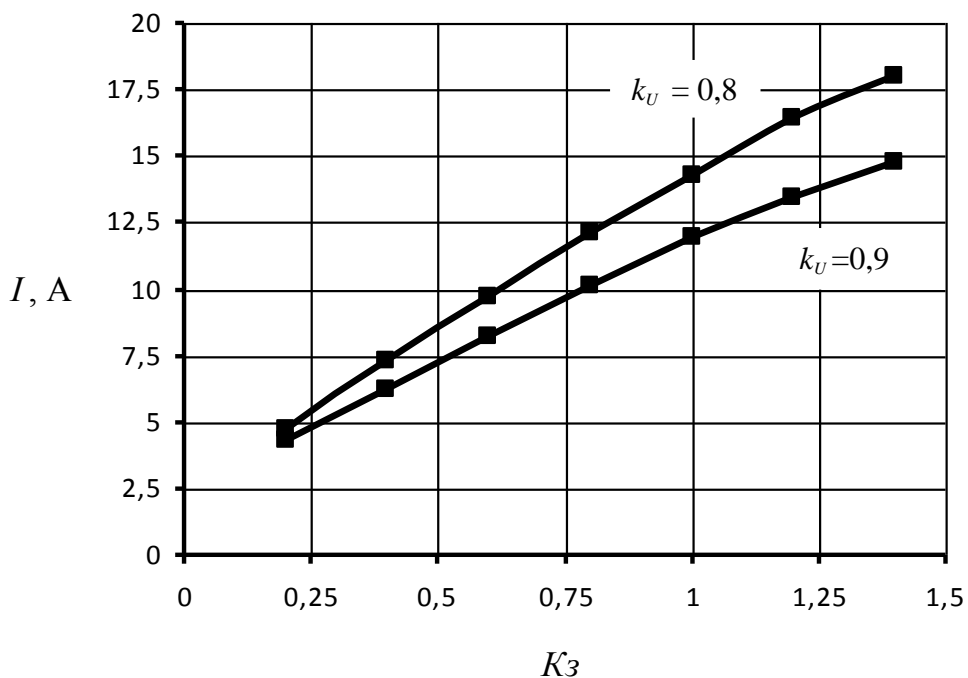


Рис.3. Залежності сили струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта завантаження при кратностях напруг  $k_U = 0,8$  і  $k_U = 0,9$

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.

Для захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи було розроблено пристрій (рис.4), реалізований на мікроконтролері (МК) типу ATmega 16.

До складу пристрою входять наступні блоки: вимірювання струму (БВС), вимірювання температури (БВТ), виконавчий елемент (ВЕ), цифрової індикації (ЦІ), клавіатура (КЛ), комутаційний порт (КП) і блок живлення (БЖ).

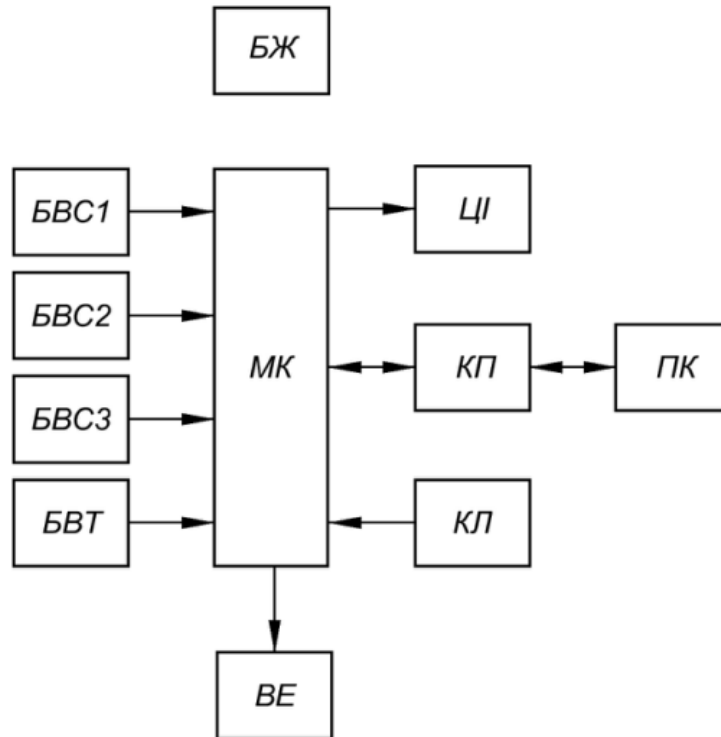


Рис.4. Структурна схема пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи

Призначенням блоків вимірювання струму (БВС1)...(БВС3) і температури (БВТ) є вимірювання і перетворення таких діагностичних параметрів, як струм, що споживається статорною обмоткою електродвигуна, і температури ізоляції статорної обмотки, в інформативний електричний сигнал, який для подальшої обробки надходить на відповідні порти мікроконтролера.

Мікроконтролер здійснює обробку і порівняння вхідних діагностичних параметрів з величинами уставок.

В залежності від значення вхідних параметрів (після їх порівняння із значеннями уставок) мікроконтролер видає управляючий сигнал оператору про стан електродвигуна або сигнал на відключення відповідного електродвигуна за допомогою виконавчого елемента (ВЕ).

В пристрої передбачений роз'єм для підключення ISP-програмактора (призначений для запису програми в мікроконтролер) та комутаційний порт (КП), призначенням якого є обмін даними між пристроєм і персональним комп'ютером (ПК).

Визначення вхідних параметрів діагностування, порівняння їх з уставками, прийом та видача сигналів управління виконується за програмою. Програмою передбачений ввід даних щодо конструктивних, режимних та експлуатаційних чинників. Для вводу даних і

управління пристроєм в схемі передбачена клавіатура (КЛ), а для спостереження за поточним значенням діагностичних параметрів – цифрова індикація (ЦІ). Електричне живлення електронних блоків пристрою здійснюється від блоку живлення (БЖ).

*Висновки.* Розроблений пристрій захисту електродвигунів дозволяє зменшити вихід двигунів з ладу до 5...7 %; видавати сигнал при перевищенні номінального струму електродвигуна або відключати електродвигун при небезпечних збільшеннях струму (небезпечних перевищеннях температури ізоляції статорної обмотки електродвигуна); повністю використовувати перевантажувальну здатність електродвигуна в межах допустимих перевищень температури.

#### 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.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

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

#### *Аннотация*

**Работа посвящена исследованию влияния неполнофазного режима и токовой нагрузки на тепловые процессы в асинхронном электродвигателе и разработке устройства защиты трехфазных асинхронных электродвигателей от аварийных режимов работы.**

### **DIAGNOSING OF TERMAL PROCESSES OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS AND DESIGN OF THE DEVICE FOR PROTECTION FROM FAILURE MODES**

S. Kvitka, O. Vovk, D. Nesterchuk

#### *Summary*

**The article is devoted to the study of influence of phase failure and current load and design of the device for protection of asynchronous electric motors from failure modes.**