

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ І СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ТРИФАЗНОГО ДВИГУНА

Попова І. О., Курашкін С. Ф.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь)

Розроблений алгоритм роботи і структурна схема пристрою захисту асинхронного електродвигуна, в якому передбачено застосування сучасної елементної бази електронних компонентів. Основою пристрою є мікроконтролер, який працює згідно розробленого алгоритму, і первинний перетворювач температури фаз електродвигуна.

Постановка проблеми. Не зважаючи на те, що асинхронний електродвигун (АД) з короткозамкненим ротором має термін роботи 15-20 років без капітального ремонту за умови його експлуатації згідно до номінальних параметрів, у реальному житті експлуатаційні режими значно відрізняються від номінальних. В першу чергу на погіршення надійності АД впливає низька якість напруги мережі живлення, технологічні перевантаження, умови навколишнього середовища (підвищена вологість, температура), зниження опору ізоляції, порушення охолодження. Наслідком є аварійні режими роботи АД, в результаті чого щорічно з ладу виходить до 30% електродвигунів, працюючих в АПК [1]. Відмова АД і його робота в аварійному режимі може привести до значних матеріальних збитків – зменшення продуктивності виробництва, псування продукції, збільшення електроспоживання електроенергії тощо.

Застосування надійних і ефективних пристроїв захисту від аварійних режимів роботи дозволить скоротити експлуатаційні витрати, зменшити аварійність і збільшити термін використання АД [2]. Розробка апаратної та програмної частини таких пристроїв є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Вибору або розробці захисного пристрою передують аналіз причин, які в данному конкретному випадку застосування АД впливають на зменшення його надійності. Також необхідно уявляти фізичні процеси, які відбуваються в АД під час аварійної ситуації. Аварії АД можна поділити на два основних типи: механічні і електричні. В свою чергу електричні аварії, діляться на такі:

- пов'язані з аваріями в мережі (несиметрія або відхилення напруги, обрив лінійного проводу тощо);
- струмові аварії, що пов'язані з обривом провідників обмотки статора АД, міжвитковими і міжфазними замиканнями обмоток; струмові технологічні перевантаження і короткі замикання;
- аварії внаслідок зниження опору ізоляції (старіння, зволоження або руйнування).

Найбільш вразливою частиною АД є обмотка статора і зокрема – її ізоляція. Частіше за все обмотки АД виходять з ладу через несиметрію напруги мережі та перевантаження з боку робочої машини. В обох випадках сила струму обмотки статора значно підвищується, збільшуються втрати активної потужності, збільшується температура обмотки.

Незважаючи на велику кількість існуючих пристроїв захисту АД, які випускаються промисловістю, є необхідність їх удосконалювати і розробляти нові із застосуванням новітньої елементної бази.

Зараз існує велика кількість програмованих пристроїв захисту, в основу яких покладені математичні моделі фізичних процесів, що відбуваються в АД. Такі пристрої аналізують стан електродвигуна, виконують необхідні розрахунки і приймають рішення про можливість роботи або відключення АД від електромережі [3].

Особливістю програмованих пристроїв захисту є те, що вони працюють за певною програмою, складеною для певного пристрою захисту, яка аналізує вплив факторів на роботу АД. Основою програми є алгоритм вирішення задачі, тобто строго визначену послідовність операцій, які приводять до шуканого результату.

Мета статті – розробити алгоритм дії, а також структурну схему пристрою захисту АД від обриву фази, відхилення, несиметрії фазної та лінійної напруги, перевищення температури обмотки статора вище граничного значення для класу ізоляції АД.

Основні матеріали дослідження. Пристрій захисту будуємо на мікроконтролері (МС) і мікроконтролерному датчику температури (DS). У разі виникнення аварійного режиму передбачається світлова сигналізація. Передбачається відключення АД від мережі при обриві фази, відхиленні фазної напруги більш ніж на ± 30 В і перевищенні температури обмотки статора більше 115 °С (клас ізоляції F).

За цими умовами складається алгоритм роботи пристрою захисту, який наведено на рис. 1. Згідно алгоритму після подачі живлення на пристрій виконується ініціалізація регістрів мікроконтролера і включається його керуючий вихід.

Під час пуску двигуна або групи двигунів можливі провали або стрибки напруги живлення, обумовлені пусковими струмами. Через це захист по напрузі починає працювати через хвилину після включення двигуна. Затримка реалізована шляхом послідовного включення таймера МС.

Далі послідовно виконується вимір рівня напруги фаз А, В, С. Після кожного виміру фаза перевіряється на обрив. Якщо виміряна напруга дорівнює нулю, має місце обрив фази, пристрій вимикає АД. Потім слідує перевірка виходу величини фазної напруги за встановлену межу діапазону (± 30 В). У разі виходу напруги

за межі 190-250 В спрацьовує лічильник помилок, необхідний для підвищення завадостійкості пристрою. Для кожного порівняння напруги має місце свій лічильник, з приводу цього якщо наступне вимі-

рювання напруги прийде до норми, тоді даний лічильник обнуляється. Якщо цього не відбувається, АД вимикається.

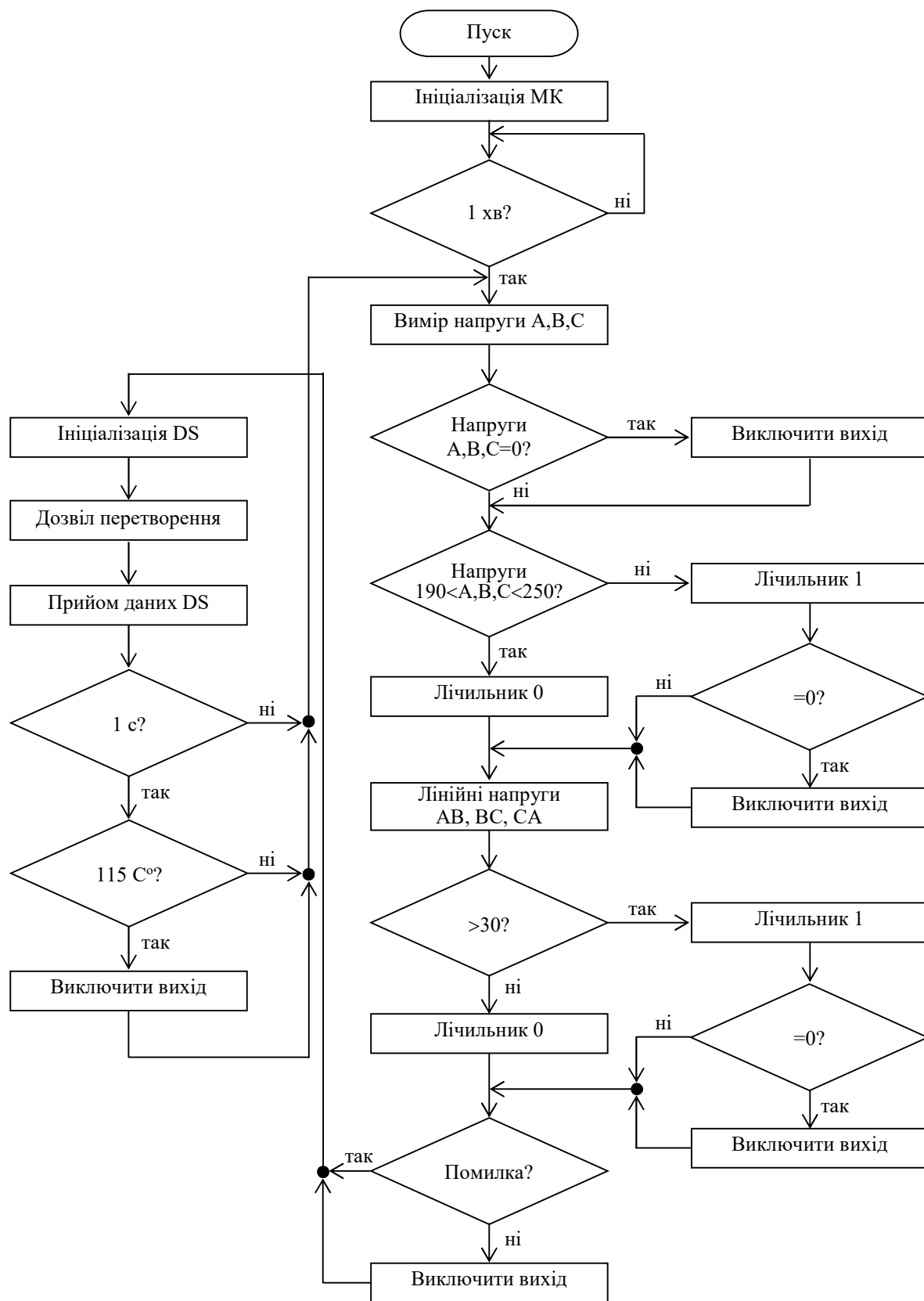


Рисунок 1 – Алгоритм роботи пристрою захисту трифазного асинхронного електродвигуна

Аналогічно порівнюються лінійні напруги АВ, ВС, СА з номінальним значенням на перевищення встановленої межі діапазону. Якщо несиметрія між лінійними напругами перевищує задане граничне значення (± 30 В), включається лічильник помилок. Вимикання виходу відбувається аналогічно описаному вище.

При вимиканні виходу в мікроконтролері встановлюється прапор помилки, який вимикається тільки після перезапуску МС кнопкою "Reset". При відсутності помилки підтверджується включення виходу і МС переходить до підпрограми виміру перевищення температури обмотки електродвигуна.

Вимірювання перевищення температури починається з ініціалізації термодатчика DS і видачі команди дозволу перетворення. Оскільки перші данні можуть бути недостовірні, потрібен деякий час для їх стабілізації, тому введена затримка часу початку порівняння. За такий короткий час обмотки двигуна не встигнуть істотно нагрітися, тому затримка не знизить якість захисту електродвигуна.

Після відпрацювання часу затримки встановлюється прапор "1 секунда" і кожне наступне вимірювання перевіряється на задане граничне перевищення температури ізоляції обмотки. Якщо температура більш граничного перевищення температури ізоляції обмотки, вихід виключається. Програма переходить до нового циклу вимірювання.

На основі розглянутого алгоритму розроблена структурна схема пристрою захисту, яка наведена на рис. 2. Схема складається з наступних блоків:

- 1.1, 1.2, 1.3 – блок випрямлення напруги фаз А, В, С;
- 2.1, 2.2, 2.3 – блоки дільників напруги фаз А, В, С;
- 3.1, 3.2, 3.3 – згладжувальні фільтри;
- 4 – первинний перетворювач температури фаз;
- 5 – датчик температури;
- 6 – блок підстроювання;
- 7 – мікроконтролер;
- 8 – блок світлової індикації напруги і температури;
- 9 – гальванічна розв'язка;
- 10 – виконавчий орган;
- 11 – блок живлення пристрою.

Виміряна напруга фаз А, В, С електродвигуна спочатку випрямляється блоками випрямлення 1.1, 1.2, 1.3, потім знижується за допомогою дільників напруги (блоки 2.1, 2.2, 2.3) і згладжується фільтром (блоки 3.1, 3.2, 3.3).

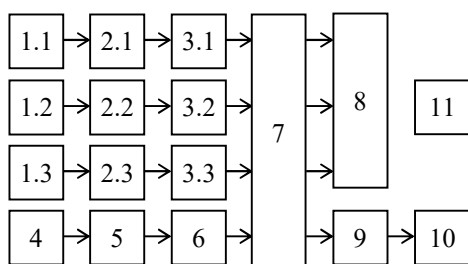


Рисунок 2 – Структурна схема пристрою захисту

Далі напруги поступають на мікроконтролер, де згідно алгоритму відбуваються їх порівняння. Блок світлової сигналізації 8 спрацьовує в разі аварійної ситуації. Виконавчий орган 10 включається через гальванічну розв'язку 9, виконану на оптосимісторі. Його контакти включають і відключають АД від трифазної мережі живлення. В схемі передбачена кнопка "Reset" для перезапуску МС і включення АД після усунення аварійної ситуації.

Для контролю температури фаз АД передбачений датчик температури 5 з первинними перетворювачами температури 4, які вбудовані в фази обмотки статора.

Висновок. Розроблений пристрій захисту дозволить підвищити експлуатаційну надійність асинхронного електродвигуна за рахунок безперервного діагностування експлуатаційних режимів роботи. Це дозволить зменшити експлуатаційні витрати і підвищити термін служби.

Список використаних джерел

1. Закладной А. Н., Закладной О. А. Методы оценки срока службы асинхронных электродвигателей. Энергетика та електрифікація. Київ, 2004. № 4. С. 63–67.
2. Попова І. О., Грищенко О. К. Аналіз впливу асиметрії напруги на процес теплового зносу ізоляції асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь : ТДАТА, 1998. Вип. 1. Т.8. С.14-18.
3. Курашкін С. Ф., Попова І. О. Пристрій захисту групи асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. Вип.19. Т.2. С. 229-236.

Аннотація

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Попова И. А., Курашкин С. Ф.

Разработан алгоритм работы и структурная схема устройства защиты асинхронного электродвигателя. Применена современная элементная база. Основой устройства является микроконтроллер и первичный преобразователь превышения температуры изоляции фазных обмоток электродвигателя.

Abstract

MOTOR PROTECTION DEVICE ALGORITHM AND BLOCK DIAGRAM DEVELOPMENT

I. Popova, S. Kurashkin

An algorithm and block diagram of an asynchronous motor protection device have been developed. Modern element base was applied. The device based on microcontroller and insulation temperature of the electric motor windings primary converter.