

## ПРИСТРОЇ КОНТРОЛЮ, ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ПРИ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ

Попрядухін В. С.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Робота присвячена аналізу пристроїв діагностування та захисту асинхронних двигунів від аварійних режимів, які викликані несиметрією напруг мережі живлення.*

**Постановка проблеми.** Щорічно в сільському господарстві виходить з ладу 15 ... 20% асинхронних двигунів [1], за іншими даними -20 ... 25% [2], а в окремих випадках до 30% від наявного парку [2]. Фактичний ресурс асинхронних двигунів в АПК в 2 ... 3 рази менше необхідного: в тваринництві становить 3,5 року, рослинництві - 4 роки, а на підсобних підприємствах - 5 років [1].

Не дивлячись на те, що асинхронні двигуни, як правило, забезпечені пускозахисною апаратурою, фактичний час їх безвідмовної роботи невелике і становить 3 ... 5 років [4].

Відмови електроприводів через низьку якість асинхронних двигунів не перевищують 2 ... 5%. Основна причина виведення їх з ладу - аварійні режими. [1, 2].

Методом експертних оцінок для зони півдня України Даниловим В. М. встановлено, що більше 50% асинхронних двигунів виходить з ладу через технологічні перевантажень, заклинювання і руйнування підшипникового вузла, а до 45% - через виникнення неприпустимої несиметрії напруг фаз мережі і обриву фази [2].

З вище сказаного випливає, що виникнення несиметрії фазних напруг і обрив фазного проводу мережі є однією з основних причин виходу з ладу асинхронних двигунів [2].

Для підвищення експлуатаційної надійності асинхронних двигунів, які експлуатуються в сільськогосподарському виробництві при несиметрії фазних напруг мережі, необхідно удосконалювати засоби діагностування. Це дозволить експлуатаційного персоналу розташовувати точними даними про режим роботи електроустаткування, стані робочих частин, безпомилково визначати час його відключення від джерела живлення, зменшити знос ізоляції, число відмов і аварійних виходів з ладу асинхронних двигунів [2, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У пристроях діагностування та захисту чутливим органом (датчиком) здійснюється контроль одного або декількох параметрів, що характеризують технічний стан контрольованого електрообладнання [3, 4].

Діагностування режимів роботи асинхронних двигунів здійснюється по:

- струму (максимальної, прямої, зворотної та нульової послідовності, кутку зсуву фаз споживаних струмів і тепловому дії струму);
- напрузі (мінімальної, нульової і зворотної послідовностей);
- температурі (обмоток статора, сталі статора і корпусу) [5].

**Мета статті.** Проаналізувати існуючі пристрої захисту, визначити їх переваги і недоліки, з метою розробки пристроїв контролю, діагностування, сигналізації і захисту асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором при несиметрії напруги мережі.

**Основні матеріали дослідження.** Найбільш розповсюджені пристрої контролю та захисту, які використовуються в сільськогосподарському виробництві, які випускалися підприємствами України та країн СНД, це реагують на зміну величини струму в ланцюзі харчування асинхронного двигуна. До них відноситься струмовий захист, яка здійснюється за допомогою струмових реле, дія яких заснована на електромагнітному і індукційному принципі і теплових реле, що реагують на величину тепла, що виділяється в результаті протікання струму по спеціальним елементам [2].

Широке поширення для захисту асинхронних двигунів від струмових перевантажень отримали автоматичні вимикачі, такі як АВ-2000, АП-50, АВ3000, а також МР, МА (Німеччина) [5] з електромагнітними розчіплювачами і плавкі запобіжники [5].

Пристрої струмового захисту, виконані на базі плавких запобіжників і теплових реле, мають ряд суттєвих недоліків: перегорання плавкої вставки запобіжника в одній з фаз двигуна, значний розкид захисних характеристик теплових реле.

Для захисту асинхронних двигунів від струмових перевантажень, викликаних як технологічними перевантаженнями (перекиданням і заклинювання ротора), так і несиметрією напруги мережі (обривом фазного проводу) використовуються реле РТ-40, УМЗ-5, ЕТ-522.

Для контролю струмів прямої послідовності в мережах застосовуються реле РТФ-1, зворотній послідовності - РТФ-6М, РТФ-7/1.

Основним недоліком при використанні реле струму як пристрої захисту [3] є відключення двигуна при його запуску. Щоб захисний пристрій не відключати асинхронний двигун при нормальному пуску, а також короткочасних піках навантаження, воно має діяти не миттєво, а з витримкою часу. Тому одночасно з реле струму використовують, як правило, реле часу.

Існують пристрої з самоналаштувальним струмовим захистом асинхронного двигуна від пошкоджень режимів, в якій на час пуску тепловий захист "загрубляється" шляхом підключення шунтуючих резисторів паралельно нагрівальних елементів теплових реле, а струмовий - блокується. Після розбігу асинхронного двигуна нагрівальні елементи дешунтуються, і характеристика стає обмежено залежною.

До струмових захистів слід віднести пристрої захисту, які контролюють кут зсуву фаз між лінійними струмами асинхронного двигуна. Фазочутливий пристрій захисту (ФУЗ) може бути використано для захисту асинхронних двигунів від неповно фазного режиму роботи. Принцип дії фазочутливого захисту заснований на зміні кута зрушення фаз між лінійними струмами навантаження електродвигуна. У повнофазному режимі роботи цей кут дорівнює  $120^{\circ}$ , а при обриві однієї з фаз стає рівним нулю або  $180^{\circ}$ .

Перевагою фазочутливого захисту в порівнянні з фільтровим захистом по напрузі нульовий або зворотної послідовностей є те, що вона реагує на обрив фази як до, так і після місця її підключення.

Діагностування режиму роботи асинхронного двигуна по температурі використовується досить часто. Прикладом таких захистів є пристрої вбудованого температурного захисту типу УВТЗ, АТВ-229. Як датчик температури використовуються напівпровідникові елементи - позистора (СТ14-1), які вбудовуються в лобові частини статорних обмоток асинхронних двигунів. Якщо температура обмотки працюючого двигуна не перевищує допустиму для даного класу ізоляції, то вихідні контакти УВТЗ замкнуті, і по котушці магнітного пускача тече струм. При підвищенні температури обмотки вище допустимої опір температурних датчиків збільшується, пристрій УВТЗ розмикає своїм контактом живлення котушки магнітного пускача, відключаючи двигун від мережі.

Недоліком даних пристроїв є те, що терморезистори повинні бути встановлені в певному місці лобових частин обмоток двигунів, оскільки в пристроях захисту не передбачено регулювання уставки спрацьовування. Аналогічні температурні захисту випускаються за кордоном.

В Угорщині розроблені термісторні реле типу DŠTv-250s і термістори типу РТ-145 для захисту асинхронних двигунів сільськогосподарського призначення.

У пристроях діагностики і захисту по напрузі, що містять фільтри напруг прямої, нульовий або зворотної послідовностей, контрольованими параметрами є напруга прямої, нульовий і зворотної послідовностей. Пристрої діагностики і захисту по напрузі застосовуються для захисту від несиметрії напруги і неповно фазних режимів.

Неповнофазний режим виникає в результаті обриву проводу мережі живлення, перегорання плавкої вставки запобіжника, при порушенні контакту в комутаційної апаратури. При цьому режимі і навантаженні асинхронного двигуна на 70-80% від номінального значення струм статора буде на 40-60% перевищувати номінальний.

Промисловість випускає спеціальні пристрої - реле обриву фаз типів Е-511, ЕЛ-8, ЕЛ-10, призначені для захисту електроустановок, в тому числі електродвигунів, від обриву фаз. Реле Е-511 містить фільтри напруги зворотної послідовності типу РС з виконавчим реле на виході.

Перевагою цих реле є те, що вони реагують на обрив фази як на стороні 0,4 кВ, так і на стороні високої напруги.

Їх недолік - наявність в датчику конденсаторів, які можуть створювати з обмотками статора LC-резонансні коливальні контури. В результаті цього один і той же пристрій при різних габаритних розмірах асинхронних двигунів має різні пороги спрацьовування.

Промисловість випускає реле РНФ-2 - реле напруги прямої послідовності, які використовуються як реле захисту мінімальної напруги. Однак захист асинхронних двигунів по мінімальній напрузі застосовують додатково до теплого реле для захисту двигуна від неповно фазного режиму. Для цього котушки двох проміжних реле включають на різні між фазні напруги, а їх замикають контакти включають послідовно з замикаючим блок - контактом магнітного пускача, котушка якого включена на третю між фазову напругу [5].

Київський завод "Реле захисту і автоматики" випускає реле контролю трифазної напруги ЕЛ-10 [5]. При подачі на це реле напруги допустимої величини, на виходах порогового блоку з'являються послідовності імпульсів з частотою і тимчасовим зрушенням, відповідним частоті і тимчасового зсуву трифазного напруги. При неприпустимому зміні величини трифазного напруги або зміну порядку чергування фаз на виході логічної схеми зникає послідовність імпульсів. Після закінчення витримки часу схема тимчасової уставки видає сигнал на відключення вихідного реле. Недоліком реле є те, що воно контролює напругу до місця його установки і не реагує на обрив фази, що відбуваються за ним [5].

В. Н. Даниловим запропоновано пристрій для захисту асинхронного двигуна від роботи при обриві і несиметрії фаз мережі живлення, яке містить датчик аварійних режимів у вигляді штучної зірки з трьох однакових опорів, підключених до затискачів двигуна. Перевагою пристрою є можливість використовувати для захисту асинхронних двигунів при з'єднанні обмоток за схемою "трикутник", а недоліком те, що воно контролює напругу до місця підключення датчика аварійних режимів, але не реагує на обрив фазного проводу після нього [3].

Загальним недоліком всіх захисних пристроїв, що працюють на принципі контролю напруги нульової послідовності, є те, що вони контролюють обрив фази тільки на стороні 0,4 кВ і не реагують на обрив з боку 10 кВ [3, 5]. Це пояснюється тим, що при обриві фази на стороні вищої напруги відбувається спотворення трикутника напруг на стороні низької напруги трансформаторів. В результаті цього потенціали на заземленою нейтралі трансформатора і на нульовій точці штучної зірки будуть рівні, напруга на котушці реле відсутня, тому пристрій захисту не спрацює.

Перевагою фільтрових захистів на основі з'єднаних в "зірку" резисторів - висока чутливість до перекосу напруг фаз.

Таким чином, за принципом побудови пристроїв діагностування та захисту можна поділити на три групи.

До першої групи належать так звані спеціальні пристрої, що діагностують і захищають асинхронний двигун від одного аварійного режиму, наприклад, реле обриву фаз.

До другої групи входять універсальні пристрої (теплові реле, пристрої типів УВТЗ і ін.), які захищають двигун при різних аварійних ситуаціях. Вони контролюють один з параметрів асинхронного двигуна (силу струму, температуру обмотки і ін.). Критичний до кількох аварійним режимам.

До третьої групи відносяться комбіновані пристрої, що дозволяють діагностувати і захищати двигун при всіх аварійних режимах. Це можна досягти, якщо контролювати кілька параметрів асинхронного двигуна.

Для підвищення ефективності роботи струмового захисту, доцільно, доповнювати її елементами, які коригують її роботу з урахуванням температури обмоток, корпусу або стали асинхронного двигуна (пристрою типу ФУЗ-М, ФУЗ-У, ФУЗ-Т).

Перевагою даних пристроїв є те, що дозволяє працювати електродвигунів з перевантаженням при низькій температурі навколишнього середовища і відключає асинхронний двигун при порушенні його охолодження, встановлювати такі пристрої доцільно на асинхронних двигунах з різко змінним навантаженням.

Ефективність пристрою захисту залежить від комбінації контрольованих параметрів, передбачених у цьому пристрої. Комбінація з теплової і фільтрової захисту має найменшу частку запобігати аваріям, однак, простота технічного рішення дозволяє використовувати даний пристрій спільно з максимальним струмовим захистом; наприклад, в станціях управління і захисту електродвигунів занурювальних насосів. Комбінація з струмового і фільтрової захисту незначно перевершують струмовий захист, тому таке ускладнення схеми практично не має сенсу. Це стосується комбінації теплової і струмового захисту. На комбінований пристрій і окремо струмовий захист доводиться однакова частка запобігати аваріям.

Найбільше запобігання аваріям сприяє комбінація температурного захисту і фільтрової. Такий пристрій виконує ті ж функції, що і температурний захист. Однак його перевага полягає в тому, що воно краще виконує частину функцій температурного захисту. Наприклад, на несиметрію напруг і обрив фаз мережі комбінований пристрій відключає асинхронний двигун без витримки часу [5].

До пристроїв даної структури, що випускаються промисловістю, можна віднести УВТЗ-5, яке має вузли температурного захисту, захисту від несиметрії напруг і обриву фаз мережі [5].

Перевагою комплексного пристрою діагностування та захисту є можливість вибору таких параметрів, що контролюються, які дозволяють розробити дешеве і надійне пристрій, виконати його у вигляді окремих модулів (блоків) і в конкретних випадках застосовувати ті з них, які реагують на типові для даної машини аварійні ситуації [3, 5].

Для більшості асинхронних двигунів, що працюють в сільськогосподарському виробництві, доцільно використовувати комбіновані пристрої для централізованого захисту групи двигунів, особливо працюючих в поточних технологічних лініях [1, 2].

## Висновки.

1. Аналіз захисних пристроїв і технічних засобів діагностування показав їх недосконалість і обмеженість застосування в умовах сільськогосподарського виробництва.

2. Підвищення надійності асинхронних двигунів в сільськогосподарському виробництві вимагає розробки нових багатофункціональних технічних засобів діагностування.

## Список використаних джерел

1. Некрасов А. И. Совершенствование системы технического сервиса и повышение эффективности работы сельских электроустановок: автореф. дис. док. техн. наук / А. И. Некрасов. – Краснодар, 2007 – 42 с.

2. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И. А. Сыромятников. - Под ред. Л. Г. Мамиконянца. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240 с.

3. Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В. В. Овчаров. - К.: Изд-во УСХА, 1990. - 168 с.

4. Попова І. О. Математична модель режимів роботи асинхронного двигуна при несиметрії напруги / І. О. Попова, В. В. Овчаров // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2002. - Вип. 5. – С. 11–18.

5. Савченко П. І. Електропривод у питаннях і відповідях: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / П. І. Савченко, М. Л. Лисиченко, О. К. Тищенко, В. В. Гузенко. – Х: ХНТУСГ, Факт, 2012. – 500 с.

## Аннотация

### УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИКИ И ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Попрядухин В. С.

*Работа посвящена анализу устройств диагностики и защиты асинхронных двигателей от аварийных режимов, вызванных несимметрией напряжений сети.*

## Abstract

### DEVICES FOR MONITORING, DIAGNOSTING AND PROTECTING ASYNCHRONOUS ENGINES UNDER ASYMMETRY OF NETWORK TENSIONS

V. Popryadukhin

*The work is devoted to the analysis of devices for diagnosing and protecting asynchronous motors from emergency conditions, which are caused by the asymmetry of the network voltage*