



УДК 631.37:621.313

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-41

ПАРАМЕТРИ КОНТРОЛЮ НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Попова І. О., к. т. н., <http://orcid.org/0000-0001-5429-8269>

Попрядухін В. С., к. т. н. <http://orcid.org/0000-0002-5061-9739>

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: etem@tsatu.edu.ua (0619)42-31-59

Анотація – в роботі проаналізовано умови роботи, причини аварійних режимів, види аварій асинхронних двигунів в АПК. Наведена класифікація параметрів, за якими контролюються аварійні режими роботи АД. Найбільш інформативні параметри: сила струму, величина напруги і температура окремих частин конструкції АД. Для більшості АД, що працюють в АПК, рекомендовано використовувати комбіновані діагностуючі і захисні пристрої, що контролюють декілька параметрів одночасно. Такий підхід дозволить захистити від кількох аварійних режимів.

Ключові слова: параметри, захисний пристрій аварійний режим, асинхронний двигун.

Постановка проблеми. Оскільки асинхронний двигун з короткозамкненим ротором має просту конструкцію, високу надійність і невисоку вартість, тому є найбільш розповсюдженим у промисловості і агропромисловому комплексі. Більш 85 % від всіх електричних машин – це трифазні асинхронні електродвигуни. Асинхронні двигуни (АД) звичайно розраховані на строк служби 15-20 років без капітального ремонту, за умови їх правильної експлуатації. Однак при реальній експлуатації режим їх роботи може значно відрізнятися від нормального, що відповідає номінальним параметрам, вказаним у паспортних даних електродвигуна [1].

АД у сільськогосподарському виробництві працюють у важких специфічних умовах, до яких відносяться діапазон температур навколишнього середовища, висока вологість, агресивність середовища, в тому числі випаровування аміаку. До специфічних умов експлуатації слід віднести низьку якість електричної енергії, зокрема, відхилення напруги на затискачах електроспоживачів у три-чотири рази перевищує допустимі ДСТУ значення [2].

На стабільність і, особливо, на симетричність напруги трифазної мережі впливають відносно довгі лінії електропередачі і змішане підключення трифазних і однофазних споживачів. Несиметрію напруги сільських електричних мереж в основному викликають



включення однофазних виробничих, побутових і освітлювальних споживачів, потужність яких іноді співвідносна з трифазним навантаженням. За даними досліджень нерівномірність розподілення навантаження за фазами характерна для любого розподільчого трансформатора сільських електричних мереж, причому, до 40 % розподільчих трансформаторів мають недопустиму несиметрію навантажень за фазами [1]. Навіть за умовою рівномірного приєднання навантажень у мережах 0,38 кВ однофазних приймачів, можлива несиметрія навантажень, оскільки кожний з електроспоживачів може бути включений або виключений в залежності від випадкових обставин і незалежно від інших приймачів електроенергії [2]. Вочевидь, що застосування надійного і ефективного захисного пристрою від аварійного режиму роботи значно скоротить кількість і частоту аварійних ситуацій і подовжить строк службі асинхронного двигуна, скоротить витрати електроенергії і експлуатаційні витрати. Для того, щоб вибрати ефективний захист треба знати параметри, які треба контролювати в асинхронному двигуні.

Аналіз останніх досліджень. Аварії АД підрозділяються на два основних типи: механічні і електричні. Причиною більшості механічних аварій є радіальні вібрації, викликані несиметрією напруги мережі (так званий перекис фаз), механічні перевантаження на валу електродвигуна, брак комплектуючих елементів або допущений під час зборки.

Електричні аварії АД, в свою чергу, діляться на три типи:

- аварії, що пов'язані з напругою живлячої електричної мережі;
- так звані струмові аварії, що пов'язані з обривом провідників в обмотках статора, ротора, між виткові і між фазні замикання обмоток, порушення контактів і руйнування з'єднань, виконаних пайкою або зваркою; аварії, що приводять до пробією ізоляції в результаті нагріву, викликаного протіканням струмів перевантаження або короткого замикання;
- аварії, що пов'язані зі зниженням опору ізоляції в наслідок її старіння, руйнування або зволоження.

Через аварії на підстанціях, короткі замикання розподільчих мереж, перехідні процеси в мережах, викликані комутаційними діями, виникають значні відхилення у якості електричної енергії: напруги і частоти, коефіцієнтів зворотної і нульової гармонічної складової напруги. Тим більше навантаження кожної фази електричної мережі змінюється в часі поза зв'язку зі зміною навантаження інших фаз, несиметричні режими роботи мають місце



навіть за умови рівномірного приєднання однофазних електроприймачів по фазах мережі [1, 2].

Напруга на зажимах АД і фазні струми, що течуть в його обмотках, тісно пов'язані і будь-які, навіть незначні, зміни напруги мережі, викликають значні зміни фазних струмів

Доволі часто у сільськогосподарському виробництві спостерігаються випадки, коли електропривод сільськогосподарських машин працює від джерел сумірної потужності і при нарузі, значно меншому, а іноді і більшому з номінальне: у тваринницьких приміщеннях господарств середнє значення напруги живлячої мережі змінюється від 170 В до 260 В [3,4].

Перелічені вище експлуатаційні особливості сільськогосподарчих машин створюють значні труднощі при роботі асинхронних двигунів і, особливо, при виборі пристроїв діагностування їхнього режиму роботи і захисту від аварійних режимів. Питаннями дослідження експлуатаційної надійності електродвигунів і аналізом їх аварійних режимів займалися М.С. Левін, Н.А. Корчемний, В.В. Овчаров, І.І. Мартиненко, С.М. Рожавский, І.А. Сиромятников, В.Ф. Тубіс та інші вчені.

Формулювання цілей статті. Проаналізувати причини пошкоджень асинхронних двигунів в АПК і систематизувати параметри, за якими діагностуються аварійні режими АД з короткозамкненим ротором у сільському господарстві.

Основні матеріали дослідження. Сучасна промисловість України виробляє АД серій 4А, 4АМ, АИР, 5А, в тому числі і спеціального сільськогосподарчого виконання. Але щорічно виходить з ладу до чверті асинхронних двигунів, що працюють у сільському господарстві. Фактичний строк службі АД в АПК доволі низький [1]. Основною причиною виходу їх з ладу є аварійні режими. У більшості випадків вихід з ладу АД відбувається через пошкодження обмотки статора з причин: несиметрію напруги мережі, обриву фаз двигуна і ліній мережі, заклинювання або перевантаження ротору, руйнування підшипникового вузлу тощо.

З вищесказаного слід, що несиметрія фазних напруги і обрив фазного проводу є однією з основних причин виходу з ладу АД. Несиметрія напруги проявляється у різкому погіршенні техніко-економічних характеристик електродвигунів (збільшенню сил струмів в обмотках статора, підвищенню втрат активної енергії, підвищеному нагріву його складових частин, зниженню експлуатаційної надійності і скороченню строку служби АД.

Для підвищення експлуатаційної надійності асинхронних двигунів, що експлуатуються у сільгоспвиробництві при несиметрії

фазних напруг, необхідно вдосконалювати засоби діагностики. Це дозволить експлуатаційному персоналу мати точні дані про режим роботи електрообладнання, стан робочих частин, безпомилково визначити час його відключення від джерела живлення, зменшити знос ізоляції, число відмов і аварійних виходів з ладу АД.

В пристроях діагностування і захисту чутливим органом здійснюється контроль одного або декількох параметрів, що характеризують технічний стан обладнання.

Для аналізу існуючих засобів діагностування і захисту, доцільно розбити їх на групи за параметром, що контролює чутливий орган (рис.1) [1].



Рисунок 1– Класифікація параметрів діагностування аварійних режимів АД

Діагностування режимів роботи асинхронних двигунів здійснюється за:

- силою струму, зокрема: максимального, прямої, зворотної і нульової послідовностей, куту зсуву фаз між струмами, що споживаються, і тепловій дії струму;
- напругою, зокрема: мінімальною, прямої, нульової і зворотної послідовностей;
- температурою обмоток статора, сталі статора і корпусу [2].

Найбільш розповсюджені пристрої захисту, що реагують на зміну величини сили струму в обмотках асинхронного двигуна. До них відносяться, так звані, струмі захисти, в яких працюють струмові реле, що працюють на електромагнітному, індукційному принципах та



теплові реле, що реагують на величину тепла, яке виділяється в результаті протікання струму по спеціальних елементах. Розрізняються два види струмового перевантаження: симетричний і несиметричний. Симетричний струмове перевантаження, як правило, пов'язане з механічними перевантаженнями на валу двигуна. Його можна контролювати тепловими реле (типу ТРЛ, РТТ) і тепловими розчеплювачами автоматичних вимикачів. Механічне перевантаження на валу АД викликає тепловий перегрів обмоток. Більшість струмових аварій АД пов'язана з пошкодженнями всередині двигуна: обрив однієї фази в обмотці статора; міжвиткові замикання, між фазні замикання. Від струмових перевантажень найбільш поширений захист отримали автоматичні вимикачі АВ-2000, АП-50, АВ3000, а також МР, МА (Німеччина) з електромагнітним розчеплювачем або запобіжники, які мають значний розкид захисних характеристик. Від механічних перевантажень РТ-40, УМЗ-5, ЭТ-522 або теплові реле. Для контролю струмів прямої послідовності в мережах використовують реле РТФ-1, зворотної послідовності – РТФ-6М, РТФ-7/1. Основним недоліком струмових реле є відключення АД під час пуску, її треба блокувати на термін пуску. До струмового захисту можна віднести пристрої захисту, що контролюють кут між лінійними струмами АД. Фазочутливі пристрої захисту типу ФУЗ використовуються для контролю і захисту АД від неповнофазних режимів роботи.

В пристроях захисту за напругою, як правило, мають місце фільтри напруги прямої, зворотної і нульової послідовності, а параметрами контролю є напруга прямої, зворотної і нульової послідовностей. Такі пристрої діагностики застосовують для захисту від несиметрії напруги і неповнофазних режимів асинхронних двигунів. Промисловість випускає спеціальні реле обриву фаз типів Е-511, ЕЛ-8, ЕЛ-10, призначених для захисту АД від обриву фаз, в яких є фільтр напруги зворотної послідовності типу РС. Реле напруги РНФ-2 має фільтр напруги прямої послідовності, який використовують як реле контролю мінімальної напруги. Для контролю напруги зміщення нейтралі використовують реле з фільтрами нульової послідовності. Перевагами фільтрових захистів напруги - це висока чутливість до перекосу фазних напруг. А недоліком є те, що вони контролюють напругу до місця підключення датчика аварійних режимів, але не реагують на обрив фазного проводу після нього.

В температурному захисті двигунів в якості датчика температури використовують напівпровідникові елементи (позистори СТ14-1), які вбудовуються в лобові частини статорних обмоток, магнітопровід або



корпус двигуна. Температурний захист забезпечують захист від тривалих перевантажень двигуна. Прикладом таких захистів є пристрої типу УВТЗ, АТВ-229. В Угорщині випускаються реле типу DŠTv-250s з термісторами типу РТ-145.

Взагалі, пристрої захисту можна підрозділити на три групи: спеціальні пристрої, що контролюють один параметр і захищають від одного аварійного режиму, наприклад, обриву фази; універсальні, які захищають при декількох аварійних ситуаціях (теплові реле, УВТЗ) і комбіновані, які контролюють декілька параметрів одночасно і захищають від багатьох аварійних режимів. Для підвищення ефективності роботи деяких захистів, доцільно комбінувати їх, наприклад: струмово-фільтрова, струмово-теплова або температурно-струмова [2]. Наприклад, для підвищення ефективності роботи струмового захисту, доцільно доповнювати його контролем температури обмоток, осердя, корпусу: ФУЗ-М, ФУЗ-У, ФУЗ-Т [3].

Ефективність пристроїв захисту залежить від комбінації контрольованих параметрів, передбачених у захисті. Наприклад, комбінація з теплового і фільтрового захисту в поєднанні з струмовим використовується в станціях керування погрузними насосами. Більш вдала комбінація температурного і фільтрового захисту. Для більшості АД в сільському господарстві краще використовувати комбіновані захисні пристрої, з причин різноманіття специфічних умов, за якими вони працюють. Перевагою комплексних захистів АД є можливість вибору таких параметрів контролю, що реагують на типові для даної робочої машини аварійні ситуації. Особливо це стосується тих АД, що працюють у поточних технологічних лініях.

Висновок. Параметрами, за якими контролюються аварійні режими роботи АД є сила струму, величина напруги і температура окремих частин конструкції АД. Для більшості АД, що працюють в АПК, слід використовувати комбіновані діагностуючі і захисні пристрої, що контролюють декілька параметрів одночасно і захищають від багатьох аварійних режимів.

Список використаних джерел

1. Кондратюк О. Ю. Егоров А. Б. Анализ аварийных режимов работы асинхронных двигателей к вопросу выбора их эффективной защиты. *Системи обробки інформації*. 2006. Вип. 4(53). С.79-86.
2. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис... кандидата техн. наук. Мелітополь: 2003. 20 с.
3. Закладний О. М., Прокопенко В. В., Закладний О. О. Захист як складник системи функціонального діагностування асинхронних електродвигунів. *Промелектро*. 2010. №4. С. 36–40.



ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Попова И. А., Попрядухин В. С.

Аннотация – в работе проанализированы условия работы, причины, аварийных режимов, виды аварий асинхронных двигателей в АПК. Приведена классификация параметров, по которым контролируются аварийные режимы работы АД. Выделены наиболее информативные параметры: сила тока, величина напряжения и температура отдельных частей конструкции асинхронного двигателя. Для большинства АД, работающих в АПК, рекомендуется использовать комбинированные диагностирующие и защитные устройства, контролирующие несколько параметров одновременно. Такой подход защитит от нескольких аварийных режимов.

Ключевые слова: параметры, защитное устройство, аварийный режим, асинхронный двигатель.

PARAMETERS OF CONTROL OF UNBALANCED WORK OF ASYNCHRONOUS MOTOR VEHICLES

I. Popova, V. Popryadukhin

Summary

Since the induction motor squirrel cage has a simple design, high reliability and low cost, so it is most common in industry and agriculture. More than 85% of all electric machines are three-phase asynchronous motors. Asynchronous motors are designed for the service life of 15-20 years without major repairs. In real operation mode of operation may differ significantly from normal. The specific conditions of the work of asynchronous motors in agriculture are analyzed: a large range of ambient temperatures, high humidity, aggressiveness of the environment, including the evaporation of ammonia, low quality of electric energy, in particular, voltage deviation, frequency, voltage unbalance, higher harmonics or components. Electric currents are divided into three types: accidents connected with the voltage of the feeding electric network; current accidents and accidents, which are related to the decrease of resistance of insulation and the reasons causing them. One of the common causes of failure of asynchronous motors is a phase voltage unbalance and a breakdown of phase wires. One of the common causes of failure of asynchronous motors is a phase voltage unbalance and a breakdown of phase wires. The classification of parameters for diagnosing emergency modes is given, according to which diagnosing of operating modes of asynchronous motors is carried out by: current strength, in particular: maximum, direct, reverse and zero sequences, angle of phase shift between consumed currents and thermal effects of current; voltage, in particular: minimum, direct, zero and reverse sequences; the temperature of the stator windings, the stator steel and the housing. Examples of protective devices with different control parameters are given.

Key words: parameters, emergency device emergency mode, asynchronous motor.