

АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В статті розглядаються аварійні режими роботи асинхронних двигунів, умови, що призводять до переходу АД в аварійний режим, а також - засоби запобігання таким ситуаціям.

Ключові слова: асинхронні двигуни, аварійні режими роботи, машина трифазного струму.

Abstract

In this article emergency work operations of asynchronous engines are explored, reasons of switching asynchronous engines to the emergency work operations are overviewed. Ways of prevention such a situations are analysed.

Keywords: asynchronous engine, induction motor, emergency work operation, three-phase engine.

Асинхронні машини належать до електричних машин змінного струму та, головним чином, застосовуються для перетворення електричної енергії на механічну, тобто як двигуни, хоча можуть працювати також у режимі генератора, перетворювача частоти, електромагнітного гальма й у інших режимах[1].

В електроприводі промислових установок найбільшого розповсюдження набули трифазні асинхронні двигуни (ТАД). Причини винятково широкого розповсюдження ТАД (а разом з ними і трифазної системи змінного струму) – простота будови та відносно мала собівартість виробництва. У таких машинах відсутні електричні та механічні частини, які легко пошкоджуються або швидко зношуються.

ТАД – це машини масового виготовлення і застосування. Вони можуть бути створені на номінальні потужності від частки вата до десятків тисяч кіловат. ТАД загальнопромислового призначення об'єднані в серії А2 і АО2 (потужність 0,6..100 кВт), 4А (0,06..400 кВт). Існує також низка спеціалізованих серій, наприклад, вибухозахищені, кранометалургійні, тягові ТАД. Відомі також ТАД серії АІР (0,04..315 кВт), які мають показники, більш наближені до міжнародних стандартів, ніж у ТАД серії 4А. В наш час ТАД продовжують своє вдосконалення у межах серії 5А та інших спеціалізованих виконань. Одно- і двофазні асинхронні мікродвигуни виконуються переважно потужністю до 600 Вт та трохи вище. Такі двигуни малої потужності використовують в установках автоматичного керування, приладобудування, в електрифікованому інструменті, електропобутовій техніці та ін. [2]

Вивченням асинхронних двигунів в різні часи займалися такі науковці, як Н. Тесла, Г. Ферраріс, М. Доливо-Добровольський, Г. Леонтьєв, С. Вишневський, С. Томпсон, А. Срівастава, Є. Кац, Г. Рікс, Дж. Клустер, Л. Дей, Е. Кеннелі, Е. Найт, Ф. Альгер, Х. Біті та багато інших.

АТ розраховані практично на 20 років служби без капітального ремонту, за умови їхньої правильної експлуатації. Правильна експлуатація – це робота відповідно до номінальних параметрів, вказаних в паспортних даних електродвигуна. Але часто реальні умови експлуатації бувають далекими від ідеальних. Є ряд чинників, котрі мають найбільш згубний вплив на АД. Це, в першу чергу, погана якість напруги живлення та порушення правил технічної експлуатації: технологічні перевантаження, умови навколишнього середовища (підвищена вологість, температура), зниження опору ізоляції, порушення охолодження. Наслідком таких відхилень є аварійні режими роботи АД. В результаті аварій щорічно виходять з ладу до 10% електродвигунів. Наприклад, 60% свердловинних електронасосних агрегатів, ламаються частіше ніж один раз на рік [3]. Поломка АД призводить до важких аварій і великого матеріального збитку, пов'язаного з простоем технологічних процесів, усуненням наслідків аварій та ремонтом зламаного електродвигуна. До того ж, робота в аварійних режимах призводить до підвищення електроспоживання з мережі, збільшення споживаної реактивної потужності. Висока аварійність призводить до значного підвищення витрат (збитків) підприємства.

Внаслідок широкої розповсюдженості та масовості використання АД, пріоритетом на даний момент є запобігання критичних режимів роботи та створення комплексу заходів їхнього уникнення з метою попередження аварійних ситуацій, підвищення термінів служби АД, економного споживання електроенергії, скорочення витрат на капітальний ремонт. Такі заходи слід обирати з урахуванням специфіки процесів, котрі відбуваються в АД і є каталізаторами переходу в аварійні режими роботи. До них висуваються такі головні вимоги: відносна дешевизна, простота, надійність.

Всі аварійні режими роботи електродвигуна зазвичай супроводжуються перевищенням температури в обмотці статора. При нагріванні в електричній ізоляції відбуваються незворотні фізико-хімічні процеси, що призводять до її старіння, тобто поступової втрати механічної міцності і ізолюючих властивостей. Температура нагріву обмоток залежить від теплотехнічних характеристик електродвигуна та параметрів довкілля. Перегрів понад норму на кожні 8–10°C скорочує термін служби ізоляції обмоток електродвигуна в два рази. Якщо перевищення температури над допустимим значенням невелике, то старіння ізоляції відбувається повільно. Потрібен час, перш ніж статор і ротор нагріються до граничної температури, тому немає необхідності в тому, щоб захист реагував на кожне перевищення струму. Вона повинна відключати машину тільки в тих випадках, коли виникає небезпека швидкого зносу ізоляції. В окремих випадках допустимий навіть нагрів понад нормованого значення, якщо такі перевантаження не викликають помітного зниження загального терміну служби машини [4].

Аналіз аварійних ситуацій показує, що найчастішими причинами руйнування АД є: коротке замикання обмотки, обрив фази, заклинювання підшипникових вузлів ротора чи виконавчого механізму, технологічні перенавантаження, погіршення охолодження, зниження опору ізоляції нижче допустимого рівня, асиметрія напруги живлення.

Аварії бувають механічні та електричні. До механічних належать: деформація/поломка валу ротора, ослаблення кріплення осердя статора до станини, ослаблення пресування осердя ротора, руйнування сепаратора, кільця чи кульки в підшипниках, накопичення пилу і бруду в рухомих елементах тощо.

Причиною механічних аварій в основному є радіальні вібрації через асиметрію напруги живлення (перекіс фаз), механічні перевантаження на валу двигуна, брак комплектуючих елементів чи допущені похибки при збірці. До 10% всіх аварій АД є механічними, 8% з яких припадають на долю аварій, пов'язаних з асиметрією фаз, і лише 2% пов'язані з механічними перевантаженнями. Оцінити ймовірність виникнення механічних аварій важко, тому що більшість з них має приховані причини та виявляються лише після відповідних випробувань чи розбору двигуна, однак постійний контроль мережевого навантаження і навантаження на валу дозволяє звести цю ймовірність до мінімуму.

Несиметричні і неповнофазні режими роботи асинхронних двигунів виникають у наступних випадках:

- 1) при спотворенні симетрії напруг мережі;
- 2) при асиметрії опорів в колах статора і ротора;
- 3) при асиметричній схемі з'єднання обмоток електродвигуна;
- 4) при нерівномірному розподілі навантаження по фазах за рахунок однофазних споживачів
- 5) при обриві однієї з фаз живлення [4].

Електричні аварії бувають 3 типів:

- мережеві (аварії через напругу), що пов'язані з аваріями в електромережі;
- струмові, що пов'язані з обривом провідників в обмотках статора, ротора чи кабеля, міжвитковим і міжфазним замиканням обмоток, порушенням контактів і руйнуванням з'єднань, виконаних шляхом зпаювання чи зварювання; аварій, що призводять до пробію ізоляції в результаті нагріву, що викликається протіканням струмів перенавантаження чи короткого замикання;
- аварії, що пов'язані зі зниженням опору ізоляції внаслідок її старіння, зношування чи потрапляння в неї вологи.

Прилади захисту АД від аварійних режимів можна поділити на кілька видів:

- а) теплові захисні пристрої: теплові реле, розгалужувачі;
- б) струмочутливі захисні пристрої: плавкі запобіжники, автомати;
- в) термочутливі захисні пристрої: термістори, термостати;
- г) захист від аварій в електромережі: реле напруги і контролю фаз, монітори мережі;
- д) прилади МСЗ (максимального струмового захисту), електронні струмові реле;

е) комбіновані пристрої захисту [5].

Висновки

Захист АД від перегріву традиційно реалізується на основі теплового струмового захисту. В більшості двигунів, що експлуатуються, використовується тепловий струмовий захист, котрий недостатньо точно враховує фактичні температурні режими роботи електродвигунів, а також його температурні сталі часу.

В непрямому тепловому захисті АД біметалеві пластини включають в коло живлення статорних обмоток АД, а при перевищенні максимально припустимого струму статора, біметалеві пластини, нагріваючись, відключають живлення статора від джерела електроенергії.

Недоліком цього методу є те, що захист реагує не на температуру нагріву обмоток статора, а на кількість виділеного тепла без врахування часу роботи в зоні перевантажень і реальних умов охолодження АД. Це не дозволяє в повній мірі використати перевантажувальну здатність АД і знижує продуктивність обладнання, що працює в повторно-короткочасному режимі через хибні відключення.

Складність конструкції теплових реле, недостатньо висока надійність систем захисту на їхній основі привели до створення теплового захисту, що реагує безпосередньо на температуру об'єкта, котрий захищає. Датчики температури при цьому встановлюються на обмотці двигуна.

В якості датчиків температури широко поширені позистори – напівпровідникові резистори, що змінюють свій опір в залежності від температури та термістори – напівпровідникові резистори з великим від'ємним температурним коефіцієнтом опору, при збільшенні температури опір якого зменшується, що використовується для схеми відключення двигуна.

Вибір приладів захисту слід виконувати на основі ряду показників, серед яких: особливості режимів роботи АД, умови, в яких працює АД, небезпечні експлуатаційні фактори, можливі загрози та ситуації, які можуть виникнути в реальних обставинах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Асинхронна машина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.
2. Мілих В.І. Дослідження асинхронних двигунів: Лабораторний практикум з курсу «Електричні машини» для студентів електротехнічних спеціальностей / Мілих В.І., Іваненко В.М. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007.– 93 с.
3. Грундулис А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1998. – 288 с.
4. Гетманенко В. М. Устройство для защиты асинхронного электродвигателя: статья / Гетманенко В. М., Иваница М. А. – Научный журнал КубГАУ, №73(09), 2011
5. Кондратюк О.Ю. Анализ аварийных режимов работы асинхронных двигателей к вопросу выбора их эффективной защиты: статья / Кондратюк О.Ю., Егоров А.Б. – Харьков: Украинская инженерно-педагогическая академия, 2006. – 8 с.
6. Singh V. Induction Motor Protection System / Singh V., Gupta A., Garg A., Khandelwal A., Gupta A. – Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) Vol-3, Issue-3, 2017, P. 714-716.
7. Gedzurs A. Temperature protection methods of induction motor / Gedzurs A. – Research for rural development 2015, volume 1 – Latvia University of Agriculture, 2015. – P. 258-263.

Васюра Анатолій Степанович, професор кафедри АІВТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Стадній Олександра Юрійвна, студентка групи 2СІ-14б, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: alix.stadny@gmail.com

Vasiura Anatolii Stepanovych, Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Stadnii Oleksandra Yuriyivna, student of the Faculty of Automation, Electronics and Computer Control Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: alix.stadny@gmail.com