

УДК 681.52

Спичак Д.В.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ

Анотація. В роботі розглянуто вимоги та обладнання для захисту електроприводу від аварійних режимів на прикладі асинхронного двигуна.

Ключові слова: асинхронний двигун, електропривод, напруга, живлення.

Annotation. The paper considers the requirements and equipment for protection of the electric drive from emergency modes on the example of an induction motor.

Keywords: asynchronous motor, electric drive, voltage, power supply.

Вступ. Під час експлуатації асинхронного двигуна виникає чималий ряд факторів, які можуть призвести до аварійних ситуацій. Це доволі низька якість напруги живлення та порушення правил технічної експлуатації, також технологічні перевантаження, шкідливі умови навколишнього середовища (підвищена вологість, температура, агресивна атмосфера). В наслідок впливу таких чинників, а нерідко, і кількох одночасно, створюється загроза виникнення аварійних режимів роботи асинхронного двигуна.

За статистикою, в результаті аварій кожен рік виходять з ладу до 15% парку електродвигунів. Наприклад, більше половини свердловинних електронасосних агрегатів, виходять з ладу частіше ніж один раз на рік. Вихід з ладу асинхронного двигуна призводить до важких аварій та значного матеріальної шкоди, пов'язаної з простоєм технологічного процесу та ремонтом зламаного електродвигуна. До того ж, робота в аварійних режимах призводить до суттєвого підвищення електроспоживання з мережі живлення, збільшення споживаної реактивної потужності. Висока аварійність на виробництві призводить до значного зростання витрат підприємств в цілому

Зважаючи на широку розповсюдженість та масовість використання асинхронного двигуна, пріоритетними умовами експлуатації асинхронного двигуна є запобігання критичних режимів роботи та виконання комплексу заходів їх уникнення з метою недопущення аварійних ситуацій. Обирати заходи і засоби запобігання аварійних режимів слід з урахуванням специфіки процесів, які відбуваються в асинхронного двигуна та є каталізаторами переходу до критичних ситуацій. Не в останню чергу, висувуються такі вимоги, як відносна дешевизна, простота та надійність.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є ознайомлення з наявними засобами захисту електроприводу від аварійних режимів, засобами запобігання можливих аварійних ситуацій в експлуатації асинхронного двигуна.

Найчастішими першопричинами руйнування асинхронного двигуна є: технологічні перенавантаження, обрив фази, коротке замикання обмоток, заклинювання підшипникових вузлів ротора чи виконавчого механізму, погіршення охолодження, зниження опору ізоляції нижче допустимого рівня, асиметрія напруги живлення.

Загалом аварії можна поділити на два основні типи це механічні та електричні. В цій роботі більш детально зупинимось на електричних.

Електричні аварії бувають трьох типів:

- струмові, що пов'язані з обривом провідників в обмотках статора, ротора або кабелю, замиканням обмоток, руйнуванням з'єднань і порушенням контактів, виконаних шляхом спаювання чи зварювання; пробієм ізоляції;

- аварії, що пов'язані зі зниженням опору ізоляції внаслідок її старіння, зношування чи потрапляння вологи.
- мережеві (що виникають через напругу), що пов'язані з аваріями в електромережі;

Аналіз впливу якості напруги живлення (див. рис.1), що є достатньо поширеним чинником, показує, що зменшення напруги живлення призводить до зростання струму в обмотках статора, що в свою чергу, веде до значного перегріву ізоляції обмоток, а від так – до прискореного темпу зношення та скорочення терміну експлуатації. Підвищення ж напруги живлення призводить до зростання магнітного потоку статора, струму намагнічування, інтенсивному перегріву осердя, підвищенню споживаної з мережі реактивної потужності, а відповідно, зниженню коефіцієнта потужності.

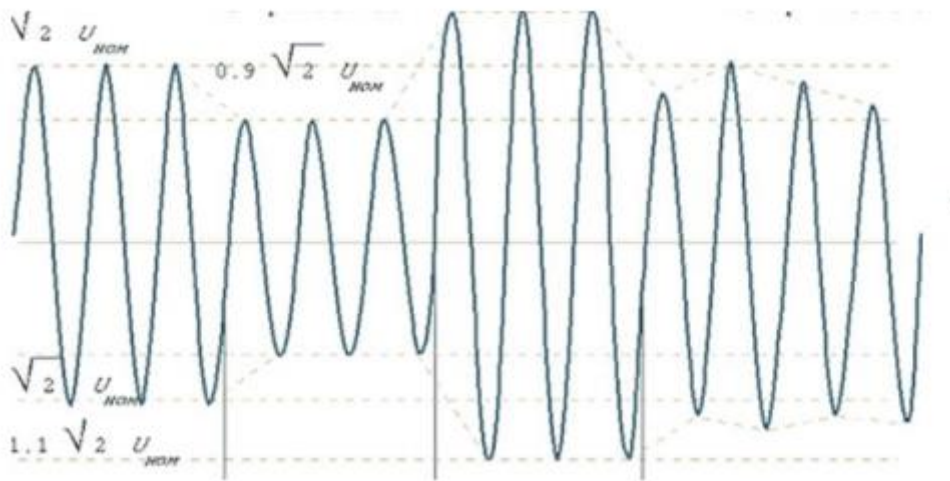


Рис.1. Відхилення напруги в мережі

Повсякчасний контроль наявності та якості мережевої напруги, включно гармонічний аналіз, контроль за його змінами під час роботи асинхронного двигуна, у т.ч., за змінами параметрів фазної напруги, в залежності від режимів роботи двигуна, дозволяє уникати переходу до аварійного режиму. Для ефективного захисту асинхронного двигуна надзвичайно важливо дуже точно контролювати фазні струми в обмотках статора, оскільки вони тісно пов'язані з напругою на фазних обмотках статора, а тому, будь-які, навіть незначні відхилення мережевої напруги призводять до значної зміни фазних струмів. Так, наприклад, тривала робота асинхронного двигуна із струмовим перевантаженням лише на 5 % від номінального скорочує термін експлуатації двигуна в декілька разів.

Пристрої захисту асинхронного двигуна від аварійних режимів можна розділити на декілька видів:

- а) теплові захисні пристрої: струмові електротеплові реле, теплові розчіплювачі автоматичних вимикачів;
- б) комбіновані пристрої захисту;
- в) термочутливі захисні пристрої: вбудовані температурні захисні термостати;
- г) прилади захисту від аварій в електромережі: реле напруги і контролю фаз, монітори мережі;
- д) пристрої максимального і мінімального струмового захисту, електронні струмові реле;
- е) струмозалежні захисні пристрої: плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі.

Сучасні стандарти більшості країн світу, включно і України, висувають все більш і більш високі вимоги до безпечної експлуатації асинхронних електродвигунів. Високі показники надійності і довготривалості роботи асинхронного двигуна можливі лише за умови експлуатації при визначених номінальних або близьких до них режимів, що забезпечуються, в тому числі за рахунок встановлення належного захисту.

Розглянемо захисні пристрої які використовуються для миттєвого, протягом декількох долей секунди, визначення характеру і ступеню пошкодження електродвигуна та миттєвої локалізації аварійної ділянки шляхом відключення його від мережі живлення. Але, не слід забувати, що кожен з них має цілий ряд істотних недоліків, що впливають на якість роботи: одні відрізняються визначеною невиправданою вибірковістю, в деяких інших відсутнє відстроювання від процесу пуску, треті не завжди реагують на струми короткого замикання або перевантаження мережі і т. д. Для того, щоб правильно вибрати пристрій захисту асинхронного двигуна від аварійних режимів, слід знати та врахувати, яким чином і від яких аварій захищає той чи інший конкретний пристрій, його принципівості дії і особливості конструкції.

Теплові захисні пристрої. Тепловий захист є захистом побічної дії(непрямим), здійснюється він шляхом перегрівання струмомобмотки статора нагрівального елемента захисного пристрою і дії його на біметалеву пластину, яка діє на контакт в колі керування контактора або електромагнітний пускач. Захист інерційний, має гальванічну розв'язку. Здійснюється в тому числі за допомогою струмових електротеплових реле і теплових розчіплювачів автоматичних вимикачів.

Струмозалежні захисні пристрої. Найбільшу відомимість серед струмозалежних захисних пристроїв набули запобіжники, які призначаються для захисту електричних мереж від перевантажень і коротких замикань. Конструкційно вони складаються з корпусу(основи) з електроізоляційного матеріалу і плавкої вставки, яка вибирається з такого розрахунку, аби вона плавилася перш, ніж температура двигуна досягне небезпечних меж в результаті протікання струмів перевантаження або короткого замикання. Включаються запобіжники послідовно в коло, що захищається.

Автоматичні вимикачі призначені для увімкнення і вимкнення асинхронних електродвигунів та інших струмоприймачів, а також для захисту їх від струмів перевантаження і короткого замикання [3]. Автоматичні вимикачі поєднують в собі функцію рубильника, запобіжника і теплового реле, забезпечують одночасне відключення всіх трьох фаз в разі виникнення аварійних ситуацій. У робочому режимі увімкнення і вимкнення виконується вручну; в аварійному режимі він вимикається автоматично електромагнітним або тепловим розчіплювачем.

Важливою складовою частиною автоматичного вимикача є розчіплювач, який контролює заданий параметр мережі, що захищається, і впливає на механізм розчеплення, що вимикає апарат. Найбільшого поширення набули розчіплювачі наступних типів: - електромагнітні для захисту від струмів короткого замикання; - теплові для захисту від перевантажень; - комбіновані. Електромагнітний розчіплювач складається з котушки з рухомим осердям і поворотної пружини. При протіканні по котушці струму короткого замикання осердя миттєво втягується і впливає на вимикаючу рейку механізму вільного розчеплення. Тепловий розчіплювач є біметалевою пластиною, сполученою послідовно з контактом. При нагріванні її струмом перевантаження вона згинається і впливає на вимикаючу рейку механізму вільного розчеплення із зворотно-залежною витримкою часу. Вибір автоматичних вимикачів виконується за номінальним струмом, струмо-часовою характеристикою спрацьовування, граничною вимикальною здатністю, умовами монтажу і експлуатації. Правильний вибір характеристики автоматичного вимикача є запорукою його

своєчасного спрацьовування. Теплові розчіплювачі, використовувані в автоматичних вимикачах, чутливі до нагріву від сторонніх джерел. У практиці часто трапляється, що розчіплювач проміжного полюса при номінальному режимі відключається лише із-за нагріву сусідніх полюсів. Це призводить до обмеження області його роботи і до коригування номінального струму з урахуванням графіка

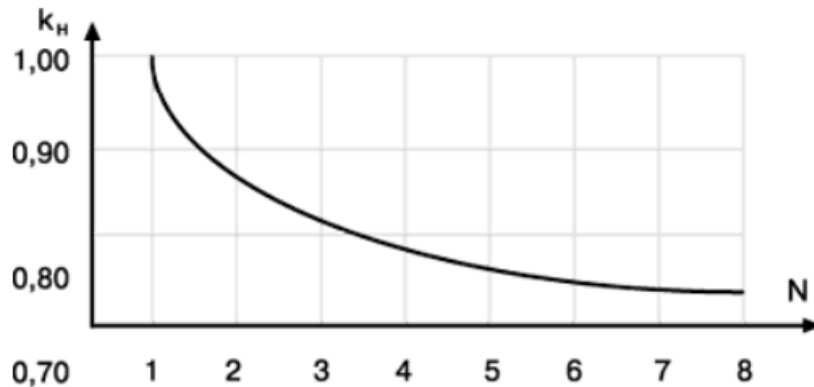


Рисунок 2 – Графік залежності навантажувальної здатності автоматичного вимикача від кількості сусідніх полюсів: $k_n = I/I_n$ – коефіцієнт навантаження; N – кількість полюсів автоматичного вимикача

Термочутливі захисні пристрої.

Ці пристрої реалізують температурний захист, який є захистом прямої дії, що безпосередньо реагує на зміну температури найбільш нагрітих частин електродвигуна за допомогою вбудованих температурних датчиків (наприклад, позисторів (рис. 1.5)). Через пристрої температурного захисту (приміром УВТЗ) здійснюється вплив на коло керування контактора або електромагнітного пускача. Вони в основному діляться на два класи: РТС – напівпровідникові резистори з позитивним температурним коефіцієнтом опору і NTC – напівпровідникові резистори з негативним температурним коефіцієнтом опору.

Захисти від аварій в електромережі. Призначені для постійного контролю параметрів мережевої напруги і керування трифазними електроустановками, в т.ч. АД, шляхом відключення їх від електричної мережі в разі настання аварійних режимів: - недопустимих перепадів напруги (скачки і провали напруги); - обривів, злипання, перекосів, порушення послідовності фаз і подальшого автоматичного повторного включення електродвигуна після повернення параметрів мережі в норму, якщо інше не передбачене технологічним процесом. Як показує статистика, значна частина аварій електродвигунів безпосередньо або побічно пов'язані саме з аваріями мережевої напруги. Для захисту АД найбільш доцільне застосування моніторів напруги, контролюючих декілька видів мережевих аварій. Більшість з наявних на ринку реле напруги не володіють вказаною універсальністю. Одні з них контролюють лише обрив фаз, інші – перевищення або зниження напруги, треті, – перекося фаз і т. д. Це приводить до необхідності використання декількох аналогічних реле одночасно, що невиправдано ускладнює і здорожує схему, знижує надійність. За схемою технікою даний клас захисних пристроїв умовно можна розділити на дві групи: аналогові і цифрові. Про переваги цифрової техніки перед аналоговою сказано досить багато. Слід лише відзначити, що характеристики аналогових реле напруги дуже залежать від параметрів самої вимірюваної напруги і температури довкілля. Їх відрізняє низька надійність, великі габарити і підвищене енергоспоживання, робота по пікових значеннях напруги, оскільки

засобами аналогової техніки практично неможливо обчислити значення напруги, що діє. Мікропроцесорні монітори напруги здатні в одному малогабаритному пристрої поєднати більшість функцій, працюють по діючому значенню напруги, розрізняють види аварій, мають безліч регульованих параметрів, що настраюються. Спеціально для захисту АД у кращих зразків захисних пристроїв є незалежна регульована (або «зашита») уставка за мінімальною напругою для відстроювання від пускових посадок. Поєднувати цю уставку з часом реакції (спрацьовування) реле недопустимо, оскільки точно з такою ж затримкою пристрій реагуватиме і на важкі аварії, такі, як обрив фаз або сильний перекеіс фаз. Ці монітори мають регулювання АПВ в широких межах (для керування устаткуванням з тривалими перехідними процесами), а також можливість контролю контактів магнітного пускача. Остання функція найбільш актуальна для потужних двигунів або для двигунів, що працюють в стартстопному режимі (наприклад, для електродвигунів компресорів). Електронні(мікропроцесорні) захисні пристрої зберігають працездатність в межах 50–150% від номінальної напруги і витримують короткочасні скачки напруги, що перевищує номінал у 2 рази, прості в експлуатації і налагодженні.

Висновки. Враховуючи широке розповсюдження та масове використання асинхронного двигуна, пріоритетною вимогою до фахівців має бути забезпечення умов для оптимальної безаварійної експлуатації та підвищення термінів служби асинхронного двигуна, економного споживання електроенергії, скорочення витрат на капітальний ремонт. Слід констатувати, що реальні умови експлуатації асинхронного, зазвичай, більшою чи меншою мірою далекі від нормативних. Тому кваліфікований та обґрунтований вибір необхідних заходів та захисних засобів з урахуванням специфіки процесів в двигуні та результатів аналізу теплової моделі двигуна, особливостей режимів роботи та умов експлуатації, небезпечних факторів, можливих загроз, які можуть стати каталізаторами переходу до аварійних режимів роботи, є найважливішим чинником в забезпеченні тривалої та безпечної експлуатації асинхронного двигуна.

Список використаних джерел.

1. Соркінд М. Асинхронные электродвигатели. Аварийные режимы работы. – М.:Новости электротехники, № 2(32), № 3(33), №4(34), 2005.
2. Стадній О. Ю. Анормальні режими роботи двигунів / Матеріали XLVII НТК ВНТУ, м.Вінниця, 23. 03. 18 р.
3. Грундулис А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1998. – 288 с.
4. Кондратюк О.Ю. Анализ аварийных режимов работы асинхронных двигателей к вопросу выбора их эффективной защиты: стаття / Кондратюк О.Ю., Егоров А.Б. – Харьков: Укр. инж.-пед. академия, 2006. – 8 с.
5. Кацман М.М. Электрические машины. – М: Высш. шк., 2000. – 324 с.
6. Брускин А.Э. и др. Электрические машины и микромашины. – М: Высш. шк., 2001. – 426 с.
7. Гетманенко В. М. Устройство для защиты асинхронного электродвигателя: стаття / Гетманенко В. М., Иваница М. А. – Научный журнал КубГАУ, №73(09), 2011.

Науковий керівник ст. викл. Володимир ДУБОВИК