

СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА ЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З КОРОТКОЗАМКНУТИМ РОТОРОМ

Перепелиця О.С., Тітов Є.О., студенти, Коваленко М.А., к.т.н., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Тепловий захист. Теплове реле перевантаження - реле, яке використовується для тимчасового захисту від перевантаження. Теплові реле виконуються на принципі використання відмінності в коефіцієнті лінійного розширення різних металів під впливом нагрівання. На рисунку показано теплове реле перевантаження. Нагрівач (нагрітий дією I^2R) використовується для нагрівання біметалічної пластини, що спричиняє зміщення контакту реле. Біметалічна пластина складається з двох різних матеріалів, скріплених між собою, кожен з яких має різні властивості теплового розширення. У міру нагрівання матеріалів одна сторона буде подовжуватися більше, ніж інша, спричиняючи згинання.

Звичайні робочі струми або умови перевантаження за короткої тривалості не призведуть до того, що біметалічний елемент не буде достатньо деформований, щоб змінити положення контактів реле. Надмірний струм призведе до посилення нагрівання біметалічної пластини, що призведе до відкриття та / або закриття релейних контактів, спрацьовування двигуна.

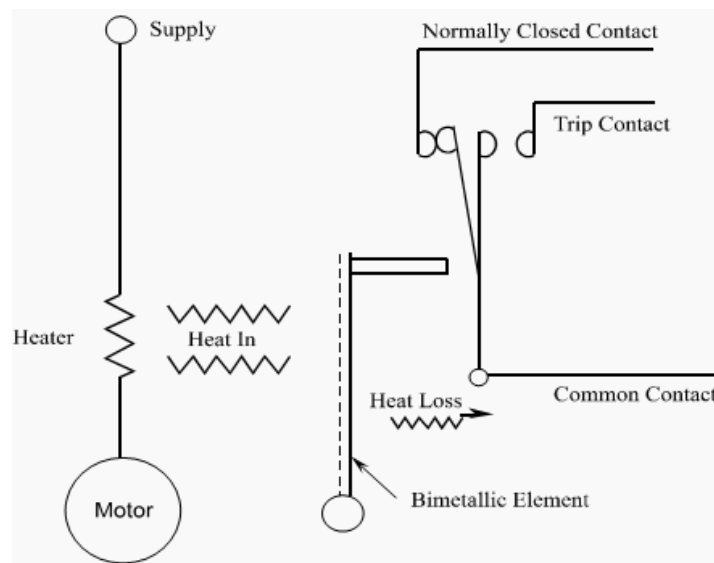


Рисунок 1

Реле термічного перевантаження має певний час реакції, оскільки нагрівач та біметалічний елемент потребують часу для нагрівання. Слід подбати про те, щоб відповідати поточним характеристикам нагріву двигуна, інакше мотор може бути пошкоджений під час запуску заблокованого ротора.

Цей тип реле можна використовувати для прямого захисту від надмірного струму двигуна, викликаного електричними несправностями та перевантаженнями двигуна. Крім того, його часто використовують у поєднанні із захищеним від надмірного струму захистом.

Реле термічного перевантаження за допомогою вбудованих нагрівачів та біметалічних смуг подають тривогу у випадку постійного перевантаження. Це надає можливість оператору виправити проблему до того, як вона досягне величини рівня поїздки.

Як ми вже заявляли, відключення термічного перевантаження можуть виникати під час повторних стартів на двигуні або під час перевантаження двигуна. Теплові перевантаження з перевантаженням ущільнюються, щоб запобігти закриттю контактора двигуна. Це блокування вимагатиме ручного скидання, перш ніж мотор можна буде запустити. Оператору або супроводжувачу доведеться фізично підтвердити, що мотор мав достатньо часу для охолодження і що причину перевантаження було усунуто. Якщо оператор впевнений, що в двигуні немає постійної несправності, реле можна скинути.

Однак зауважте, що якщо сталася миттєва відключення струму, не слід робити спроб закрити контактор двигуна. Миттєве відключення відбудеться лише за наявності несправності в двигуні або кабелі живлення, і це необхідно виправити перед будь-якою спробою скидання реле.

Захист по струму. Постійна робота електродвигуна при струмах, що незначно перевищують його номінальне значення, може призвести до теплового пошкодження двигуна.

Ізоляція може погіршитися, що призведе до скорочення терміну служби двигуна через можливі внутрішні несправності двигуна. Зазвичай електродвигун має рейтинг коефіцієнта обслуговування, вказаний на його таблиці. Це число являє собою безперервно допустиму межу навантаження, яку можна підтримувати без пошкодження двигуна. Наприклад, типовий електродвигун розрахований на постійне перевантаження близько 15% без пошкодження і має коефіцієнт обслуговування = 115%.

Безперервна робота при цій величині або вище призведе до теплового пошкодження. Для захисту від пошкоджень двигуна ми забезпечуємо, щоб ця умова не була досягнута, тому ми повинні відключити двигун до досягнення межі перевантаження (фактор обслуговування).

Реле, яке найчастіше використовується для цієї мети, є реле індукційного диска. У цьому реле (рис. 2) струм у двох котушках виробляє протилежні магнітні потоки, які створюють крутний момент на диску. Зі збільшенням струму двигуна збільшується крутний момент на диску.

Коли крутний момент долає крутний момент пружини, диск починає обертатися. Коли рухомий контакт зустрінеється з нерухомим контактом на диску, відключення діятиме.

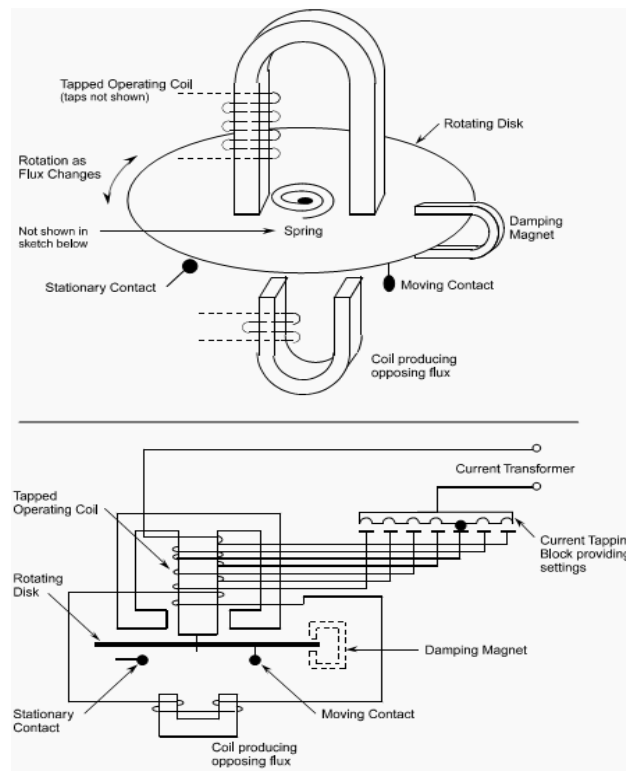


Рисунок 2

Щоб змінити затримку часу реле, можна змінити налаштування часу та характеристики часу. Основна перевага індукційного диска, над реле струму, полягає в тому, що швидкість обертання пропорційна струму двигуна.

Отже, великі перенапруги стануть спрацьовувати вимикачем живлення майже миттєво, тоді як струми трохи вище номінального навантаження спричинить роботу через кілька секунд (або хвилин).

Захист по напрузі. Захист від зниження рівня напруги або його зникнення також часто називають нульовим захистом. Виконувана за допомогою декількох (або одного) електромагнітних апаратів, захист подібного роду відключає електродвигун при зниженні рівня напруги мережі нижче мінімально допустимого (можливо встановити необхідний рівень мінімально допустимого напруги самостійно) значення або при переборах напруги живлення, а також захищає електродвигун від самовільного включення після забезпечення допустимої напруги в мережі або усунення перерви живлення.

Для режиму роботи електродвигунів асинхронного типу на двох фазах також існує захист. Спрацьовує, вона відключає двигун, тим самим захищаючи його від «перекидання» (зупинка під струмом через зниження моменту, що розвивається двигуном, в разі обриву ліній електроживлення в одній з фаз головного ланцюга) і від перегріву.

Електромагнітні та теплові реле застосовуються в якості апаратів захисту двигунів асинхронного типу. При використанні електромагнітного реле захист може не мати витримки часу.

Якщо асинхронний електродвигун працює з повним навантаженням, а напруга при цьому знижена, то він починає швидко нагріватися. Якщо в нього вбудований температурний сенсор, включиться тепловий захист.

Якщо ж температурного сенсора немає, треба забезпечити захист електродвигуна від падіння напруги. У такому випадку використовуються реле. Коли зменшується напруга, вони спрацьовують і подають сигнал на відключення електродвигуна. Початковий стан захисту може відновлюватися вручну або автоматично; при цьому відбувається затримка в часі для кожного електромотора при їх групі. В іншому випадку при одночасному груповому запуску після відновлення напруга в мережі може знову знизитися, і станеться нове відключення.

Правила улаштування та експлуатації електроустановок вимагають захисту від зникнення фази струму тільки в випадках економічно недоцільних наслідків. Економічно вигідніше не виготовляти і встановлювати таку захисну систему, а усунути причини, що призводять до режиму роботи тільки на двох фазах.

Новітніми пристроями для захисту електродвигунів можна назвати автоматичні вимикачі, здатні до повітряного гасіння дуги. У деяких конструкціях поєднуються можливості рубильника, контактора, максимального реле і термореле. У подібних моделях потужна накручена пружина розмикає контакти. Її звільнення залежить від того, який виконавчий елемент - електромагнітний або теплової.

Таким чином, захист асинхронного двигуна, способи та схеми якій викладено вище, повинна реалізовуватися користувачем в обов'язковому порядку. Захист мінімальної напруги встановлюється на електродвигунах, які необхідно відключати при зниженні напруги для забезпечення самозапуску про т відповідальних и х електродвигунів або самозапуск яких при вос-становленні напруги неприпустимий за умовами техніки безпеки або особливостям технологічного процесу.

На електростанціях до відповідальних відносяться такі електродвигуни, відключення яких викликає зниження на-грузкі або зупинку станції. До них відносяться електродвигателі поживних, конденсатних і циркуляційних насосів, електродвигуни димососів, дуттєвих вентиляторів і живильників пилу.

Невідповідальними вважаються електродвигуни, відключення яких не відображається на навантаженні станції, наприклад електродвигуни млинів на станціях з проміжними бункерами, багерних насосів і т. п.

Якщо потужність всіх відповідальних електродвигунів пре-вишаєт допустиму потужність за умовою самозапуска, то при зниженні напруги необхідно відключати і деякі відповідальні електродвигуни. Після закінчення часу, достатнього для розгортання відключаються електродвигунів, відключені відповідальні електродвигуни можна включати назад за допомогою АПВ.

Схеми захисту мінімальної напруги повинні забезпечувати відключення електродвигунів як при повному ісчезно-венні напруги, так і при тривалому короткому замиканні в мережі, що викликає гальмування двигунів.

Відключення електродвигунів при зникненні напруги забезпечується установкою одного реле мінімального на-пряження, включеного на лінійну напругу (рис. 3).

Захист з одним реле напруги надійно реагі-руєт на трифазні к. З. Однак при двофазних к. З. захист з одним реле діє тільки при к. з. між фазами, на кото - рие включено реле. Так, якщо реле включено на напругу U_{ab} (рис. 18-14), то в разі замикання між фазами В і С напруге-ніє U_{ab} знижується незначно. Воно становить 1,5 $U_{ф}$, т. Е. Зменщується всього на 15% номінального значення.

Оскільки за умовою повернення мінімальної напруги уставка на ньому не може бути вище 70-80% номінальної напруги мережі, то захист в даному випадку действо-вать не буде. Таке ж положення має місце в разі к. з. між фазами А і С.

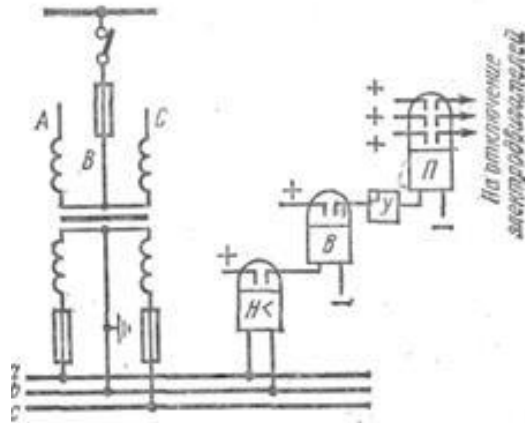
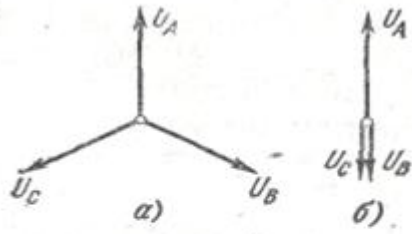


Рисунок 3

Для забезпечення роботи захисту при всіх випадках двухфазного к. з. іноді застосовується трифазна схема, показана на рис. 18-15. Цю схему застосовують у мережах, де можливе тривале відключення к. з., Супроводжуваних зниженням напруги нижче 70%. У мережах, оснащених швидкодіючої захистом або мають на лініях реактори, необхід-ність в захисті, що реагує на зниження напруги при к. З. відпадає. Тому, як правило, застосовується більш проста одно-фазна схема (рис. 3).

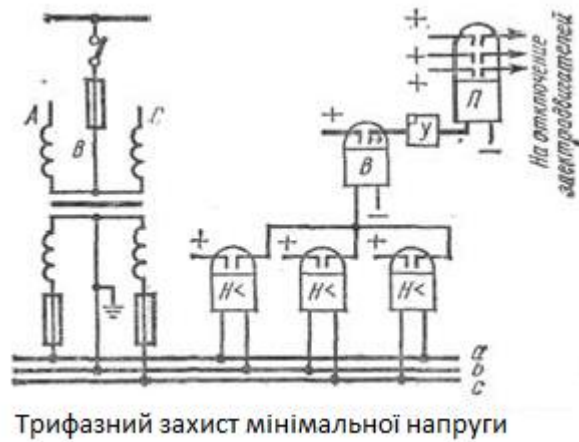
Істотним недоліком захисту мінімальної напруги є можливість її неправильної роботи в разі обриву ланцюгів напруги, найчастіше виникає при перегорання запобіжників в цих ланцюгах. Тому захист за схемою рис. 3 і 5 застосовна лише для невідповідальних електродвигунів.

Щоб уникнути помилкового відключення електродвигунів при обриві ланцюга напруги в відповідальних установ-ках застосовуються схеми з двома комплектами реле напруги, включеними на різні трансформатори напруги або різні лінійні напруги одного і того ж трансформатора напруги (рис. 7).



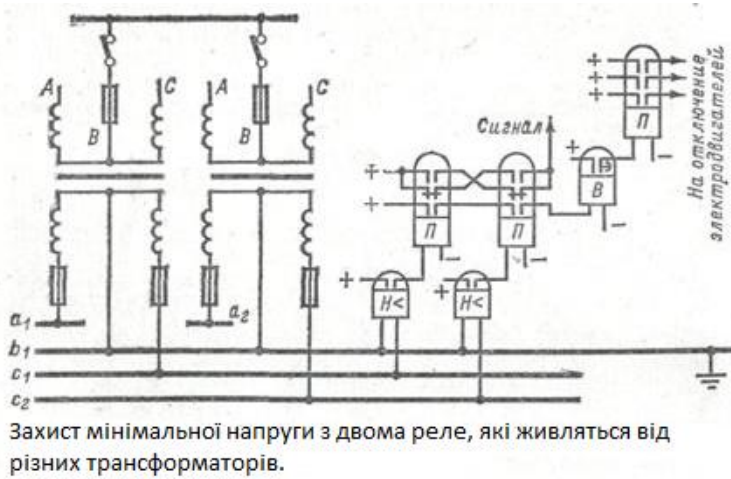
Векторні діаграми
а-нормального
режиму
б-при двофазних к.з.
між фазами В та С.

Рисунок 4



Трифазний захист мінімальної напруги

Рисунок 5



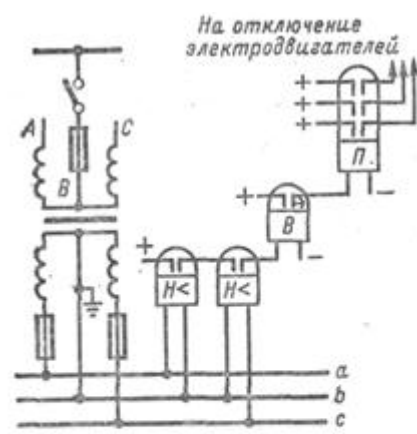
Захист мінімальної напруги з двома реле, які живляться від різних трансформаторів.

Рисунок 6

Контакти реле обох комплектів з'єднуються послідовно. Тому при порушенні ланцюга, що живить один комплект реле, захист не може подати імпульс на відключення двигунів.

У разі ж зникнення напруги живлення захист приходить в дію. У схемі, наведеній на (рис. 7), дія захисту можливо тільки при повному зникненні пер-вічного напруги або трифазному короткому замиканні в мережі.

Схема з харчуванням реле від різних трансформаторів напруги (рис. 6) надійніша, оскільки одночасне пошкодження ланцюгів двох різних трансформаторів напруги практично виключено. При включенні реле на різні фази одного трансформатора напруги є можливість одночасного зниження напруги на обох реле при обриві середньої фази ланцюгів напруги, до якої приєднані обидва реле (рис. 7).



Захист мінімальної напруги з двома реле, які живляться від різних міжфазних напруг одного трансформатора напруги.

Рисунок 7

Для зменшення ймовірності такого обриву в середній фазі вторинної обмотки запобіжник не встановлюється. Крім того, небезпека неправильної дії захисту за схемою на рис. 7 при обриві одного проводу з високою або низькою боку трансформатора напруги усувається вибором напруги спрацьовування реле захисту менше 50% номінальної напруги.

Для економії апаратури захист мінімальної напруги часто виконується у вигляді групового захисту, тобто діючої відразу на групу електродвигунів.

При необхідності відключати від однієї захисту мінімальної напруги кілька електродвигунів з різними витримками часу в схемі передбачається відповідна кількість реле часу.

Наприклад, з першої витримкою часу 0,5-0,7 з відключається група електродвигунів для забезпечення самозапуску секції, з другої витримкою часу

порядку 6-10 з захист діє на вимикачі електродвигунів, відключення яких необхідно за умовами технології виробництва, техніки безпеки або для запуску АВР двигунів.

Напруга спрацьовування захисту мінімальної напруги вибирається таким, щоб забезпечувався самозапуск відповідальних електродвигунів. Ця напруга визначається шляхом розрахунків або на підставі спеціальних випробувань.

Як вказувалося, самозапуск електродвигунів, як пра-віло, забезпечується при нарузі на шинах близько 55% $U_{ном}$. Тому напруга спрацьовування захисту повинно мати величину порядку 60-70% $U_{ном}$.

Витримка часу захисту мінімальної напруги визначається її призначенням:

а) Витримка часу захисту, призначеної для об'легчення самозапуска відповідальних електродвигунів, з метою прискорення і підвищення ефективності самозапуска приймається мінімальної і відбудовується тільки від часу дії миттєвих захистів електродвигунів:

$$t = 0,5 \text{ с.}$$

б) Витримка часу захисту, призначеної для відключення двигунів за умовами технології виробництва і техніки безпеки, приймається досить великий, з тим, щоб відключення двигунів відбувалося тільки при тривалій посадці напруги або його зникненню:

$$t = 6 \div 10 \text{ с.}$$

Захист по часу включення. Захист від зтягнутого пуску та блокування ротора представляє собою допоміжний елемент теплового захисту та здійснює резервування захисту від симетричних навантажень.

Установка по часу захисту від зтягнутого пуску $t_{п}$ повинна бути налаштована від максимального часу пуску (самопуску) електродвигуна враховуючи збільшення часу пуску на 10% через можливе зниження напруги.

Уставку по струму захисту від зтягнутого пуску та блокування ротора вибирають менше пускового струму електродвигуна, але більше максимально допустимого струму перевантаження двигуна.

Наприклад, для двигуна з кратністю пускового струму $7 \cdot I_{номдв}$ і максимальним струмом перевантаження $1.5 \cdot I_{номдв}$, значення уставки може бути вибрано рівним $5 \cdot I_{номдв}$.

Контроль стану ізоляції. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю діелектричними втратами і електричним опором.

В електроустановках до 1000 В особливо з ізолюваною нейтраллю, контроль стану ізоляції обмежується виміром її опору і випробуванням ізоляції деяких елементів підвищеною напругою.

Періодичний вимір опору ізоляції проводиться на відключеній установці за допомогою омметрів і мегомметрів. Опір ізоляції залежить від прикладеної напруги, чим менше напруга, тим більше вимірюваний опір, тому точність вимірювання омметра, напруга якого кілька вольт, невелика. Більш точні вимірювання опору ізоляції забезпечують мегомметри - прилади, в яких джерелом вимірювального струму служать індуктори - маленькі магнітоелектричні генератори, які приводяться в дію обертанням рукоятки від руки і виробляють струм напругою до 2500 В.

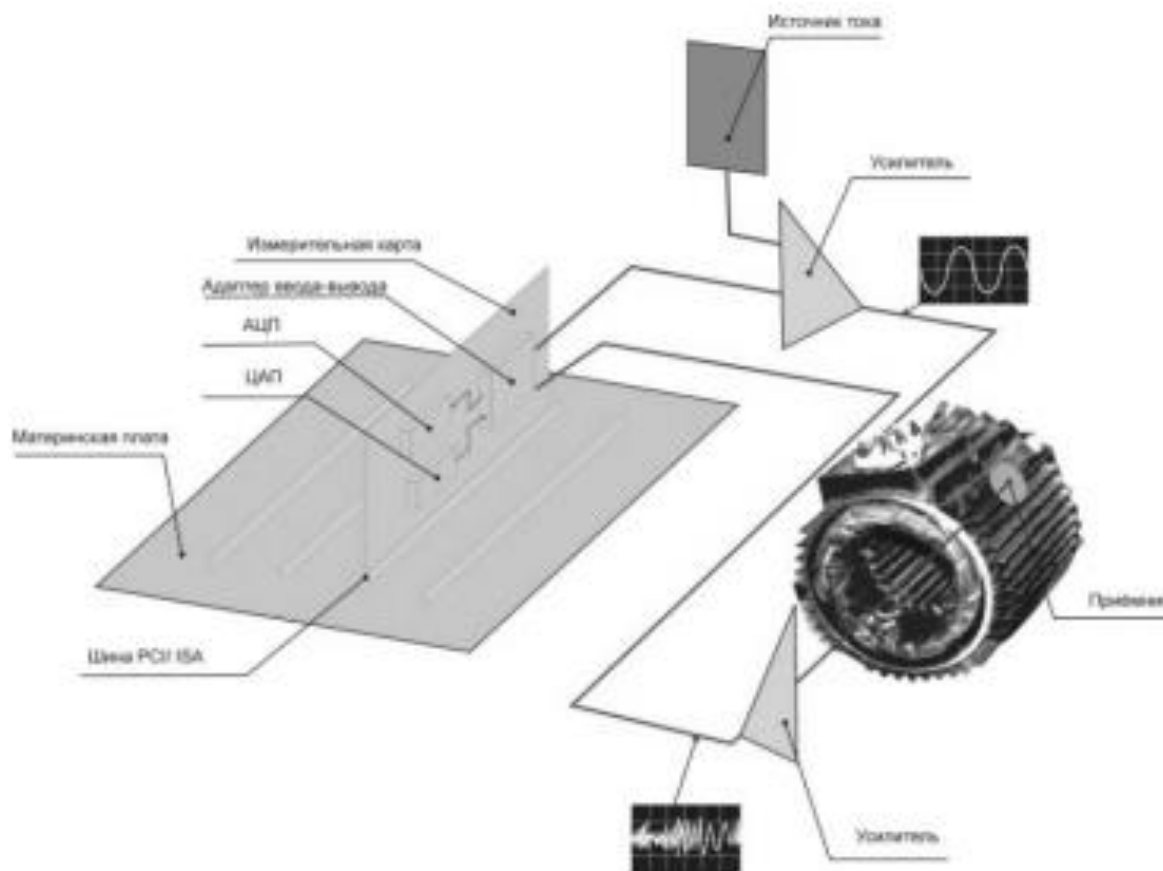


Рисунок 8

Висновки. Були розглянуті методи захисту електричних двигунів різного типу. Зазвичай методи не використовуються окремо, доповнюючи один одного для досягнення максимальної захищеності та стабільної роботи двигунів.