

Винахід відноситься до електротехніки, конкретніше - до пристроїв і схем репейного захисту.

Відомі різноманітні пристрої і схеми захисту трифазних електродвигунів від аварійних режимів роботи, в яких використовуються різні прояви аварійного режиму: зростання температури обмоток статора електродвигуна, збільшення споживаного електродвигуном сили струму, зміна фазового зсуву між струмами різних фаз і т.ін. Процеси, що супроводжують різноманітні аварійні режими роботи трифазного електродвигуна, викладені в технічній літературі (Мишин В.П., Собор І.В. Моделирование аварийных режимов работы трехфазных электродвигателей в сельском хозяйстве. - Кишинев: Штиинца, 1991).

Аналіз дії найпоширеніших пристроїв і схем захисту трифазного електродвигуна від аварійних режимів роботи викладено, наприклад, у роботі: Грундулис А.И. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве. Изд.2 - е, перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1988.

Відомі пристрої і схеми захисту трифазного електродвигуна від аварійних режимів роботи, в яких сигнал про споживаний електродвигуном із мережі електричний струм перетворюється у вихідну випрямлену напругу, пропорційну споживаному струму і схема перетворення вихідного сигналу (функціональний перетворювач), яка дозволяє відрізнити допустимі і недопустимі (аварійні) режими роботи електродвигуна і здійснює зупинку при наявності аварійного режиму роботи.

Прототипом винаходу є винахід з аналогічною назвою, захищений а.с. СРСР №1647743, опубл. 1991.

Захист трифазного електродвигуна у відомому технічному рішенні здійснюється за принципом контролю споживаного електродвигуном струму: в три проводи живлення електродвигуна послідовно ввімкнуті первинні обмотки трансформаторів струму, вторинні обмотки яких приєднані до трьох резисторів, з'єднаних за схемою зірка. Сигнал про завантаженість електродвигуна резисторами перетворюється у пропорційну трифазну напругу, яка поступає на трифазну мостову схему випрямлення і перетворюється у випрямлену напругу, пропорційну струмам завантаженості електродвигуна. Випрямлена напруга поступає на вхід функціонального перетворювача сигналу про завантаженість, який складається з двох паралельних кіл: резонансного, настроєного на удвоєну частоту мережі живлення, і подільника напруги з послідовно з'єднаних нелінійного і лінійного резисторів: середні точки паралельних кіл з'єднані через діод і резистор з напрямом провідності від резонансного кола до подільника напруги: тепловий аналог електродвигуна - полярний конденсатор - приєднано паралельно лінійному резистору подільника напруги, пороговий елемент приєднано між тепловим аналогом електродвигуна і виконавчим органом - котушкою електромагнітного реле постійного струму, контакт реле використано у колі керування електродвигуном.

Пристрій захисту здійснює зупинку трифазного електродвигуна при наявності аварійного режиму роботи з витримкою часу, оберненопропорційною силі струму, споживаного

електродвигуном.

До недоліків вищезгаданого пристрою захисту слід віднести деяку складність схеми, а саме - наявність трьох трансформаторів струму (за кількістю фаз живлення електродвигуна), трьох резисторів, з'єднаних за схемою зірка, складність налаштування схеми при захисті електродвигуна іншої номінальної потужності. До недоліків роботи схеми слід віднести також незадовільну роботу в аварійному режимі обриву однієї фази живлення електродвигуна, а саме - наявність витримки часу. Як викладено в технічній літературі, причиною обриву фази живлення може бути замикання фази на корпус електродвигуна і перегорання плавкої вставки запобіжника. В такому аварійному режимі роботи на металевому корпусі електродвигуна з'являється небезпечний електричний потенціал і електродвигун необхідно зупинити з мінімальною витримкою часу. Завданням нового винаходу є спрощення схеми і поліпшення експлуатаційних характеристик пристрою захисту.

Це завдання досягається тим, що для контролю струмів трьох фаз електродвигуна використано два трансформатори струму, перші виводи (початки) вторинних обмоток приєднано до двох входів трифазного мостового випрямляча, другі виводи (кінці) з'єднано між собою і приєднано до третього входу мостового випрямляча, до виводів випрямленого струму мостового випрямляча приєднано регульований резистор, паралельно якому приєднано функціональний перетворювач, пороговий елемент виконано за тригерною схемою з двох транзисторів і двох резисторів, індуктивним елементом резонансного кола є котушка електромагнітного реле змінного струму, саме реле змінного струму є другим (додатковим) виконавчим органом - контакт цього реле використано у колі керування електродвигуном.

В другому варіанті пристрою захисту у резонансне коло послідовно з конденсатором приєднано послідовно з'єднані індуктивність і діодний міст з чотирьох діодів, до діагоналі діодного моста приєднано другий (додатковий) виконавчий орган - котушку електромагнітного реле постійного струму, контакт цього реле використано у колі керування електродвигуном.

Суть винаходу пояснюється електричною схемою пристрою захисту, зображеною на фіг.1.

Трифазний електродвигун 1 одержує живлення від трифазної електричної мережі А, В, С через головні контакти електромагнітного пускача 2. Послідовно у дві фази провідів живлення електродвигуна ввімкнено первинні обмотки трансформаторів струму 3 і 4, а два початки і загальну точку кінців вторинних обмоток приєднано до відповідних входів трифазної мостової схеми випрямлення з діодами 5, 6, 7, 8, 9 і 10. До виводів випрямленого струму мостової схеми приєднано регульований резистор 11, паралельно резистору 11 приєднано функціональний перетворювач сигналу про завантаженість електродвигуна 1, функціональний перетворювач має два паралельні кола: 1) резонансне з послідовно з'єднаних неполярного конденсатора 12 і котушки електромагнітного реле змінного струму 13 і 2) нелінійного резистора 14 і полярного конденсатора 15. Середні точки цих кіл з'єднано

через резистор 16 і діод 17 з напрямом провідності від резонансного кола до полярного конденсатора 15. До позитивного вивода полярного конденсатора 15 приєднано пороговий елемент, виконаний за тригерною схемою з двох транзисторів 18, 19 і двох резисторів 20, 21. До виходу порогового елемента приєднано один кінець котушки 22 електромагнітного реле постійного струму (перший виконавчий орган), другий кінець котушки 22 приєднано до негативного вивода полярного конденсатора 15.

Схема керування трифазним електродвигуном включає кнопку керування "Стоп" 23, кнопку керування "Пуск" 24, замикаючий допоміжний контакт 25 електромагнітного пускача, розмикаючий контакт 26 другого (додаткового) виконавчого органа, розмикаючий контакт 27 електромагнітного реле постійного струму (першого виконавчого органа) і котушку 28 електромагнітного пускача. У другому варіанті пристрою захисту, зображеному на фіг.2, резонансне коло функціонального перетворювача складається з послідовно з'єднаних конденсатора 12 (на фіг.2 він не зображений), індуктивності 29 і діодного моста з діодами 30, 31, 32 і 33, до діагоналі діодного моста приєднано другий (додатковий) виконавчий орган - котушку 34 електромагнітного реле постійного струму.

Дія схеми. При роботі електродвигуна 1 в режимі повнофазного (трифазного) живлення електричний струм з електричної мережі протікає через первинні обмотки трансформаторів струму 3 і 4 і індуктує вторинні струми у вторинних обмотках трансформаторів струму. Вторинні струми протікають через діоди 5 - 10 мостової схеми трифазного випрямляча і регульований резистор 11, перетворившись у вихідний сигнал про завантаженість електродвигуна - випрямлену напругу, пропорційну струмам завантаженості електродвигуна 1. Випрямлена напруга (сигнал про завантаженість електродвигуна) містить постійну складову U_{d0} , пропорційну силі струму навантаження електродвигуна і змінну складову з гармонік вищих порядків - шостої (300Гц) і інших, більш високих порядків, кратних числу 6. В такому режимі роботи трифазного електродвигуна діє друге коло функціонального перетворювача сигналу про завантаженість електродвигуна: через нелінійний резистор 14 полярний конденсатор 15 поступово почне заряджатись і зможе зарядитись до рівня напруги U_{d0} . Нелінійний резистор 14 і полярний конденсатор 15 підібрані так, що час заряду конденсатора 15 співпадає з часом нагрівання обмоток статора електродвигуна. При тривалій роботі електродвигуна в номінальному режимі конденсатор 15 зарядиться до напруги, що складає 0,92 - 0,98 напруги відпирання порогового елемента і котушка 22 виконавчого органу живлення не отримає, електродвигун не зупиниться.

При тривалому перевантаженні електродвигуна 1, коли споживаний струм збільшиться на 8 - 10% пропорційно збільшиться випрямлена напруга (сигнал про завантаженість електродвигуна), тому через певний проміжок часу полярний конденсатор 15 зарядиться до більш високої напруги і коли рівень напруги на конденсаторі 15 досягне рівня відпирання порогового елемента, транзистори 18, 19

пропустять імпульс постійного струму через котушку 22 першого виконавчого органу, реле спрацює контакт 27 розімкнеться і тим самим подасть сигнал на зупинку електродвигуна 1.

З описаної роботи схеми зрозуміло, що витримка часу дії пристрою захисту обернено-пропорційна перевантаженості електродвигуна і проміжок часу дії залежить від режиму попереднього навантаження електродвигуна (його теплового стану) і сили струму навантаження електродвигуна в аварійному режимі роботи.

При неповнофазному режимі живлення електродвигуна 1 (обрив одної фази живлення) робота пристрою захисту буде дещо іншою. Неповнофазний режим живлення електродвигуна може виникнути до моменту його запуску або під час роботи. Якщо обрив фази живлення відбувся до моменту запуску, то в такому випадку електродвигун 1 не запуститься (ротор не набере обертів), по обмотках статора протікатиме практично пусковий струм, який перевищує номінальний у 5 ... 6 разів. Великий струм протікатиме по первинній обмотці одного чи обох трансформаторів струму 3, 4 в залежності від того, яка фаза електричної мережі обірвалася, одночасно зміниться фазовий зсув між струмами у порівнянні з повнофазним режимом роботи, а це викличе зміну форми кривої випрямленої напруги на регульованому резисторі 11: випрямлена напруга матиме постійну складову U_{d0} і змінну складову з гармонік вищих порядків, найбільшою гармонікою змінної складової буде 2 гармоніка (100Гц) і інші гармоніки, кратні числу 2. Постійна складова випрямленої напруги U_{d0} має таку ж дію, як і в повнофазному режимі роботи - через нелінійний резистор 14 заряджатиметься полярний конденсатор 15. Змінну складову випрямленої напруги частотою 100Гц сприйме резонансне коло функціонального перетворювача сигналу про завантаженість електродвигуна - в цьому колі виникне резонанс напруг і діючі значення змінної напруги частотою 100Гц зростуть (збільшаться) як на неполярному конденсаторі 12, так і на котушці 13 електромагнітного реле змінного струму (додатковому виконавчому органі). Рівень цієї напруги повинен бути достатнім, щоб котушка 13 втягнула осердя і контакт 26 розімкнувся, електродвигун 1 зупиниться практично миттєво після відпускання кнопки 24 "Пуск".

Якщо обрив одної фази живлення електродвигуна відбувся під час його роботи, то в подальшому можливі такі 2 варіанти роботи електродвигуна:

1) Електродвигун приводив в дію машину чи агрегат і був недовантажений за механічною потужністю. Після обриву фази живлення електродвигун продовжить роботу (не зупиниться), але споживаний по 2 - х фазах струм збільшиться і перевищить номінальне значення, одночасно зміниться і фазовий зсув між струмами фаз, які залишилися в роботі. Вихідний сигнал про завантаженість електродвигуна - напруга на резисторі 11 - матиме подібну форму до попередньо розглянутого режиму, але рівень постійної складової напруги і вищих гармонік будуть нижчі, пропорційні струмам завантаженості. Під дією постійної складової через нелінійний резистор 14 заряджатиметься полярний конденсатор 15, а під дією 2 - і

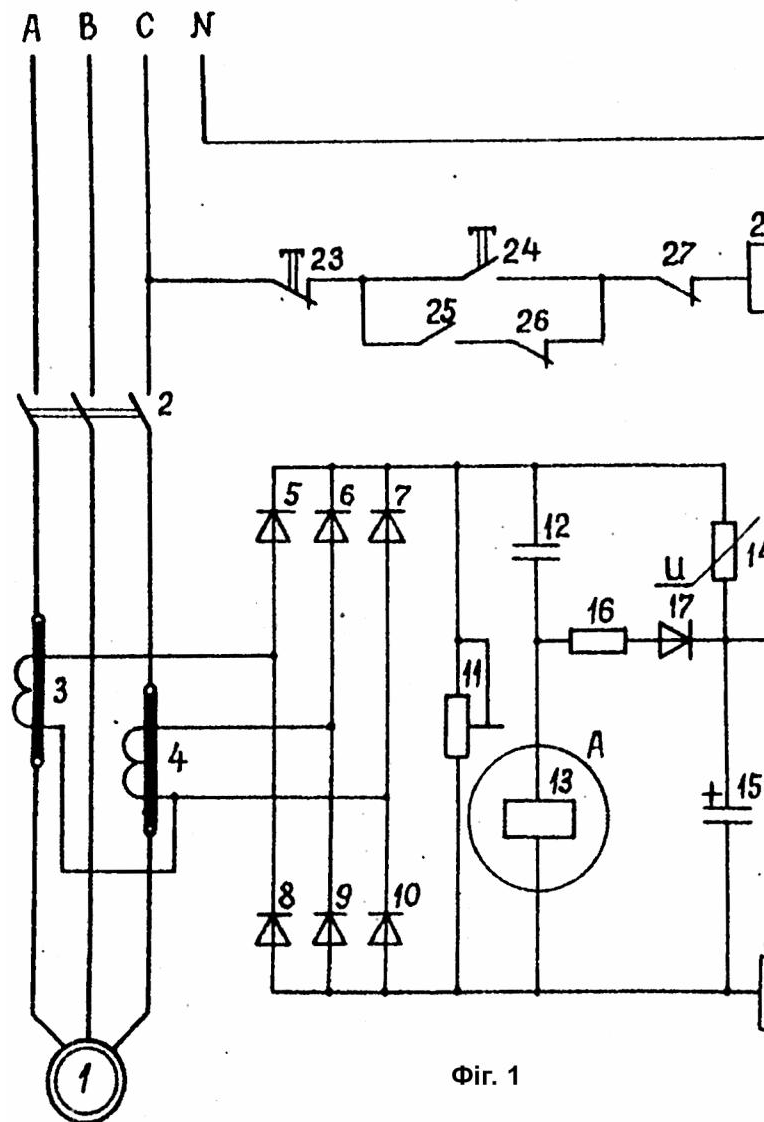
гармоніки змінної складової у резонансному колі виникне резонанс напруг: діючі значення змінних напруг на конденсаторі 12 і котушці 13 збільшаться, але реле 13 не спрацює. Позитивні рівні змінної напруги на котушці 13, які за значенням перевищать рівень напруги на конденсаторі 15 призведуть до додаткових імпульсів заряду конденсатора 15 через резистор 16 і діод 17, конденсатор зарядиться до напруги відпирання порогового елемента і захист електродвигуна з витримкою часу здійснить катушка 22 і контакт 27 (перший виконавчий орган).

2). Електродвигун приводив у дію машину чи агрегат і мав завантаження по механічній потужності, близьке до номінального. Після обриву одної фази живлення електродвигуна його ротор зупиниться, струм по 2 - х фазах збільшиться до пускового і спрацює другий виконавчий орган як і у випадку, коли обрив фази відбувся до моменту запуску електродвигуна в роботу.

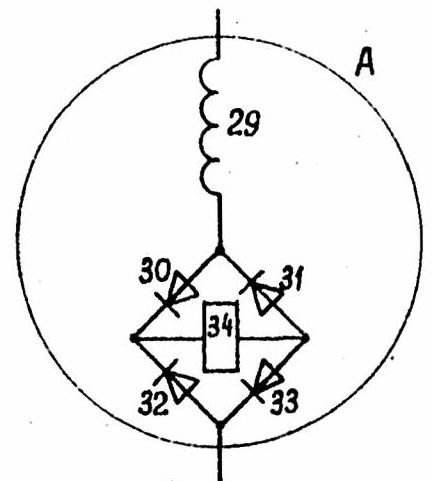
В другому варіанті виконання пристрою захисту робота буде подібною: при появі змінної складової 2 - ої гармоніки (100Гц) у резонансному колі виникне резонанс напруг і змінний струм по елементах резонансного кола набуде найбільшого значення. Діодний міст випрямить змінний струм і через катушку 34 протікатиме випрямлений струм, під дією якого катушка 34 втягне осердя і розірве (розімкне) контакт 26, чутливість пристрою захисту від обриву фази можна суттєво збільшити.

Наявність регульованого резистора 11 в схемі пристрою захисту дозволяє легко перестроїти пристрій для захисту електродвигуна іншої потужності: для двигуна більшої потужності опір резистора 11 потрібно зменшити, а для двигуна меншої потужності - навпаки - збільшити таким чином, щоб рівень вихідного сигналу про завантаженість електродвигуна залишився незмінним. Регульований резистор 11 дозволить здійснити сезонне регулювання чутливості пристрою захисту: у холодну пору року опір резистора 11 можна дещо збільшити (на 8 - 10%), а в теплу пору року - навпаки - зменшити. Це значно покращить експлуатаційні властивості пристрою захисту. Разом з тим за кількістю використаних елементів новий пристрій захисту простіший як у виготовленні, так і при експлуатації, його налаштування зрозуміє персонал середньої кваліфікації.

Серійне виготовлення і використання таких пристроїв захисту відчутно зменшить експлуатаційні відмови в роботі трифазних електродвигунів, а це дозволить зменшити матеріальні і трудові ресурси, які витрачаються на капітальні ремонти електродвигунів, які передчасно вийшли з ладу із-за незадовільної дії або повної відсутності пристроїв захисту.



Фиг. 1



Фиг. 2