

УДК 629.4.052

Л. В. ДУБИНЕЦЬ – д.т.н., професор, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Р. В. КРАСНОВ – к. т. н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Д. В. УСТИМЕНКО – к. т. н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

ЗАХИСТ ДВИГУНА КОМПРЕСОРА ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕР2

Статтю представив д. фіз.-мат. н., проф. В. І. Гаврилук

Вступ

На електропоїздах ЕР2 застосовується типова схема захисту електродвигунів компресорів [1, 2], яка наведена на рис. 1.

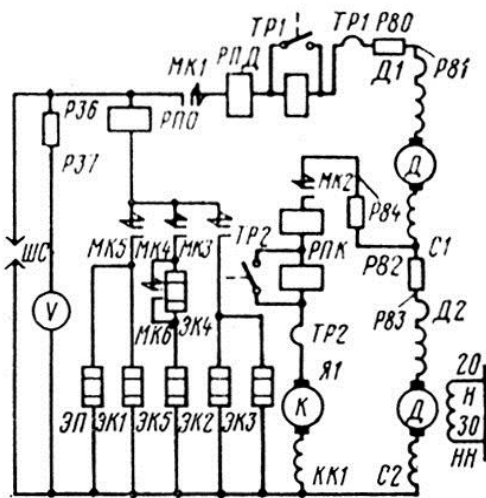


Рис. 1. Типова схема захисту електродвигунів компресорів на електропоїзді ЕР2

Принцип дії схеми захисту електродвигунів компресорів постійного струму з послідовним збудженням полягає у наступному. Від середньої точки С1 дільника напруги через демпферний резистор R82-R84, контактор МК2, реле перевантаження РПК, теплове реле TR2 отримує живлення двигун компресора.

Допоміжні машини захищені від перевантаження і коротких замикань за допомогою реле перевантаження і контакторів

МК1, МК2. Струм уставки реле перевантаження більше найбільшого пускового, який може виникнути в процесі пуску при найбільшій напрузі в контактній мережі. Реле перевантаження не забезпечує захист від тривалих струмів перевантаження, менших від струмів уставки. Тому система захисту доповнена тепловими самовідновлювальними реле TR1 і TR2, контакти яких при цьому розмикаються і вводять в коло другу секцію котушки РПД. Загальна кількість діючих витків котушки реле перевантаження в цьому випадкові збільшується і його струм уставки знижується. Кола котушок реле РПД і РПК залишаються розімкненими до тих пір, поки машиніст не ввімкне відповідну кнопку «Возврат реле».

Недоліком типової схеми захисту є нечітке і ненадійне спрацювання теплових реле TR2 (типу TRK-8,5) з одного боку і можливість перегріву ізоляції обмоток якоря при певних умовах з другого боку. Реле TRK-8,5 дає команду на розмикання кола живлення двигуна компресора, якщо через нього протікає струм 12...15 А. При струмі 12 А теплове реле спрацьовує через 60 секунд, при струмі 30 А – через 2,5 секунди. При певних умовах пуску компресора (наявність суттєвого нагріву ізоляції під час попередніх пусків, досить низька температура навколишнього середовища, тощо) ізоляція класу В, яка застосовується у двигунах типу ДК-409 (ДК-406) може перегреться більше встановленої температури

перегріву (140 °С по якорю), що призводить до суттєвого зменшення терміну служби вказаних двигунів.

Отже, метою роботи є розробка нової схеми захисту електродвигунів компресорів, що застосовуються в електропоїздах типу EP2.

Структурна схема пристрою захисту двигунів постійного струму компресорів електропоїздів

Сучасна елементна база дозволяє розробити захист, який забезпечує відключення електродвигуна при його перевантаженні за будь-який малий проміжок часу. Це сприяє тому, що ізоляція перегріватись не буде. Структурна схема запропонованого пристрою захисту показана на рис. 2.

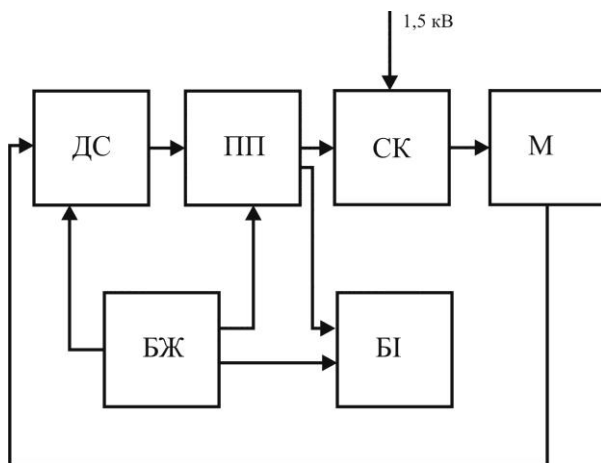


Рис. 2. Структурна схема пристрою захисту двигуна компресора

До складу структурної схеми (рис. 2) входить: датчик струму (ДС), пристрій порівняння (ПП), силовий ключ (СК) і електродвигун компресора (М). Датчик струму перетворює струм силового кола в напругу, що надалі використовується для порівняння з табличними значеннями апроксимації. Пристрій порівняння призначений для визначення граничних режимів роботи захисту в цілому: перевантаження за максимальним струмом – максимальний захист; перевантаження тривалим струмом – тепловий захист.

Електроживлення виробляється за допомогою блоку живлення (БЖ). Блок індикації (БІ) призначений для сигналізації режимів роботи блоку живлення та пристрої порівняння. Датчик струму повинен забезпечити гальванічну розв'язку силових кіл і кіл керування. Силовий ключ забезпечує відпрацьовування керуючого сигналу, який поступає від вузла порівняння, тобто у випадку спрацьовування по граничному режимі (максимальний або тепловий захист). Силовий ключ відключає мотор-компресор від живлячої напруги.

До складу функціональної схеми (рис. 3) входить: двигун постійного струму (М), що є приводним для поршневого компресора. Двигун М системи «мотор-компресор» підключено на напругу 1,5 кВ, що знімається з дільника через контакти МК2.1. Контактор МК2 являє собою електромагнітний апарат котушка якого живиться від бортової мережі напругою +50 В.

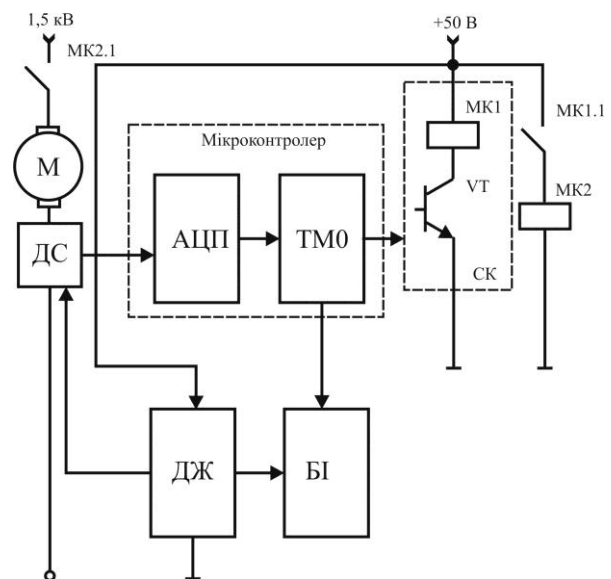


Рис. 3. Функціональна схема пристрою захисту системи «мотор-компресор»

Датчик струму включається послідовно із двигуном компресора в силове коло. Датчик струму побудований на ефекті Холла. Сигнал, що знімаємо з датчика струму, надходить на вхід пристрою порівняння.

Джерело живлення, одержує живлення від бортової мережі +50 В и забезпечує подачу напруги живлення на датчик струму +15 В и - 15 В, а також живить блок індикації.

Блок індикації в розглянутій схемі виступає як елемент, що сигналізує про стабільне живлення схеми у цілому, та сигналізують режими роботи «перегрів» й «перевантаження», крім того напруга + 50В подається на силовий ключ СК. Силовий ключ СК складається з біполярного транзистора n-p-n типу й котушки малопотужного електромагнітного реле. Контакти цього реле живлять котушку електромагнітного контактора МК2.

Датчик струму виробляє сигнал у вигляді напруги прямопропорційній струму в колі якоря двигуна компресора. Цей сигнал подається на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який входить до складу сучасного мікроконтролера PIC12F629 фірми Microchip [3]. Після обробки аналогового сигналу мікроконтролер робить порівняння цього отриманого коду цього сигналу з табличними значеннями, які занесені у його постійний запам'ятовуючий пристрій. У випадку якщо струм у колі якоря перевищує 35А компаратор мікоронтролера «визначає» цю ситуацію й віддає команду силовому ключу розірвати коло живлення МК2, тобто двигун компресора буде знеструмлений. Якщо ж струм протікає менше 35А, але більше 12А в роботу вступає алгоритм відпрацьовування теплового реле, що реалізується за допомогою таймеру (ТМО).

Принципова схема захисту мотор-компресорів

Принципова схема пропонованого пристрою захисту наведена на рис. 4. Уніфікований блок захисту призначений для захисту допоміжних машин електропоїзда ЕР2 в режимах перевантаження тривалим струмом та струмом К.З. Уніфікований блок захисту заміняє собою два захисних реле якірного кола мотор-компресора: реле пе-

ревантаження компресора РПК типу Р-103 (з механізмом повернення Р-102) і теплового реле ТР2 типу ТРВ- 8,5.

Відмітимо, що реле РПК та ТР2, які здійснюють захист кола якоря двигуна компресора відповідно від струмів к.з. та струмів перевантаження за конструкцією є електромеханічні пристрої.

Реле РПК складається із двох частин: високовольтної (реле типу Р-103), яка контролює струм перевантаження, та низьковольтної (реле типу Р-102), яка виконує функції механізму повернення. Обидві частини працюють у сполученні одна з одною по виконанню своїх функцій. Реле Р-103 являє собою конструкцію клапанного типу, на магнітопроводі якого встановлена силова котушка, ввімкнена послідовно із електричним колом, яке захищається. Ізоляційна планка, яка закріплена на якорі і розрахована на повну напругу силового кола (1,5 кВ), діє на низьковольтну частину. При проходженні по силовій котушці струмів перевантаження якір реле притягується до осердя, планка вдаряє по упору та повертає валик механізму повернення. Валик, повертаючись, визволяє від зачіпки якір низьковольтного реле, на якому закріплені блок-контакти. Відбувається їх замикання або розмикання. При виключенні струму у силовому колі якір реле Р-103 відпадає та займає вихідне положення. Для відновлення реле достатньо короткочасно подати напругу на його котушку. При цьому якір притягується та запирає зачіпку. У верхній частині панелі біля кожного реле знаходиться прапорець-сигналізатор, який при спрацюванні реле виходить із зачеплення та опускається. Регулювання уставки реле здійснюється зміною натягу пружини з допомогою регулювальних гайки та гвинта.

Теплове реле ТР2 (типу ТР-8,5) має звичайну для теплових реле (на базі біметалічної пластини) конструкцію.

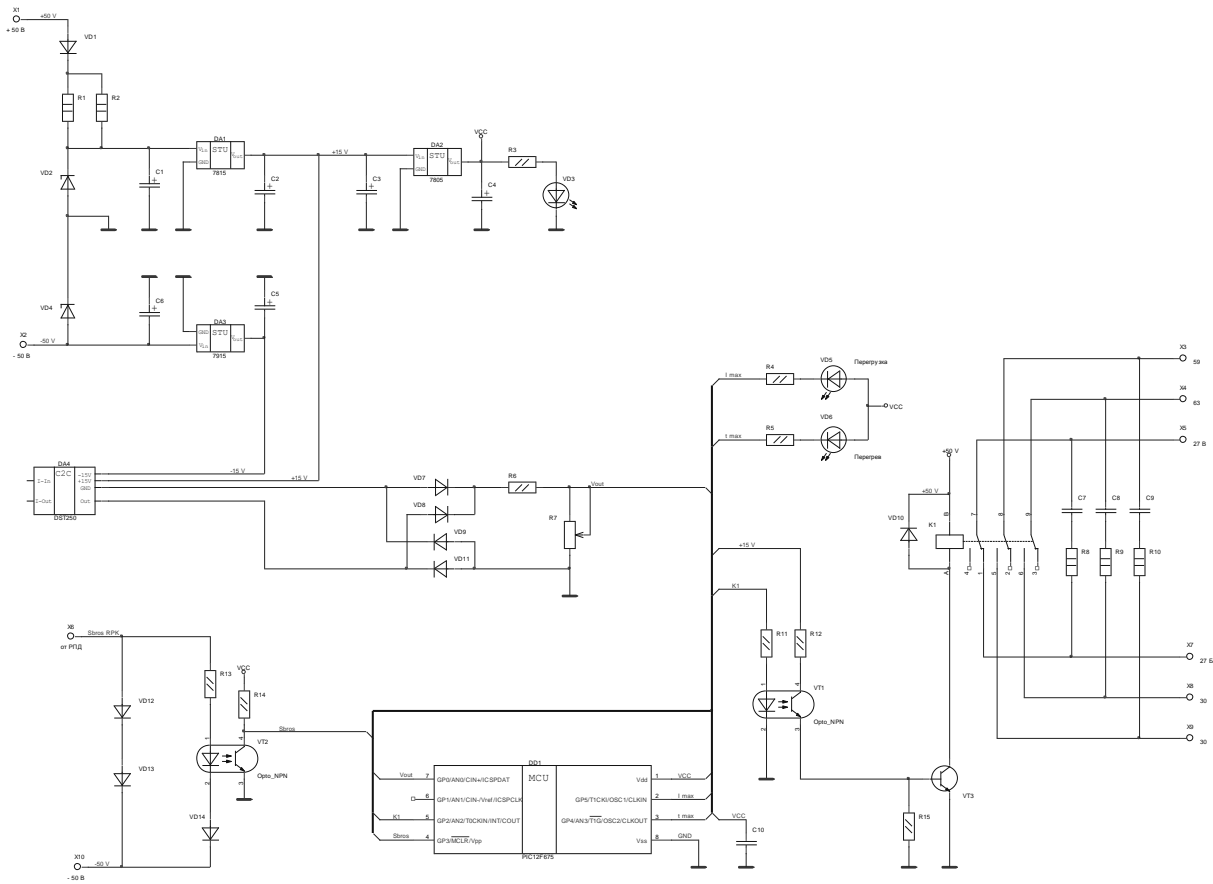


Рис. 4. Принципова схема уніфікованого блоку захисту двигуна компресора

Недоліки вказаних пристроїв очевидні: багато складових частин, які переміщуються; значні габарити, вага, а саме головне, з точки зору захисту електричних кіл від перевантажень та перегріву ізоляції, – відносно великий час спрацювання. Тому пропонується уніфікований блок захисту на сучасній напівпровідниковій елементній базі, який виконує вищевказані функції реле РПК та ТР2, але не має вказаних недоліків, а головне значно збільшує швидкість захисту.

Основними елементами запропонованого блоку захисту є: DA4 - датчик струму типу ДСТ-250, що представляє перетворювач «струм-струм»; мікроконтролер DD1 призначений для обробки інформації, що надходить з датчика струму, і прийняття рішення по відключенню контактора МК2, через контакти якого отримує живлення двигун компресора М.

Розглянемо принцип дії представленого блоку захисту. Контрольований струм, що протікає по якорю електродвигуна М, протікає по первинному колу датчика струму DA2. З виходу датчика струму струм надходить на ділянку R6-R7, а потім на вхід аналого-цифрового перетворювача, вбудованого в мікроконтролер DD1.

Мікроконтролер контролює значення струму якоря двигуна компресора й відключає його від живлячої напруги в наступних випадках:

- при перевантаженнях по струму (більше 35 А) – аналог реле перевантаження Р103;
- при тривалому протіканні струмів більше номінального – аналог теплового реле ТРВ-8,5.

У першому випадку при відключенні контактора МК2 засвітиться червоний світлодіод VD5 «К.З.». У другому випадку (пе-

ревантаження) засвітиться червоний світлодіод VD6 «Перегрів».

Блок захисту після спрацьовування по перевантаженню повертається в первісне положення (МК2 включений) шляхом натискання кнопки «РПК повернення», яка є штатною і знаходиться на боковій поверхні підвагоної шафи керування. Для забезпечення гальванічного розв'язання кола кнопки «РПК повернення» та кіл мікроконтролера використовується транзисторна оптопара VT2.

Після спрацьовування захисту та натискання кнопки «РПК повернення», блок повертається у вихідний стан через 60 секунд після спрацьовування. Даний часовий інтервал відповідає часу повернення теплового реле РТВ-8,5.

Напруга живлення блоку захисту подається на клеми Х1-Х2. Діод VD1 призначений для виключення переполюсовки напруги живлення. Про наявність живлячої напруги на блоці вказує світлодіод VD3. Стабілізація напруги живлення на рівні +15В здійснюється елементами С1DA1С2, на рівні – 15 В: С6DA3С5, на рівні + 5В: С3DA2С4.

Елементи R11R12VT1R15VT3K1VD10 призначені для ввімкнення контактора МК2.

Висновок

На основі експлуатаційного досвіду було встановлено, що недоліками типової схеми захисту є нечітке і ненадійне спрацьовування теплових реле захисту ТР2 (типу ТРК-8,5) і, в наслідок цього, швидке старіння ізоляції обмоток якоря.

Для усунення вказаних недоліків запропоновано нову схему захисту електродвигунів типу ДК 409 (ДК 406) компресора

(ЕК 7Б) на електропоїздах серії EP2, побудовану на сучасній елементній базі. Така схема забезпечує чіткий і надійний захист електричної машини, поєднує в собі функції захисту при перевантаженні тривалими струмами і випадку К.З.

Працездатність і надійність функціонування уніфікованого блоку захисту перевірено в умовах реальної експлуатації на електропоїзді EP2 приписаного до локомотивного депо ТЧ8 Придніпровської залізниці.

Бібліографічний список

1. Цукало, П. В., Электропоезда постоянного тока [Текст] / П. В. Цукало, Н. Г. Ерошкин, А. И. Ковалев, А. А. Вашурин – Москва: Транспорт, 1979. – 415 с.
2. Цукало, П. В., Электропоезда ЭР2 и ЭР2Р [Текст] / П. В. Цукало, Н. Г. Ерошкин – Москва: Транспорт, 1986. – 359 с.
3. Однокристалльные 8-разрядные FLASH CMOS микроконтроллеры компании Microchip Technology Incorporated: PIC 16F873, PIC 16F874, PIC 16F876, PIC 16F877. [Текст] – Москва: ООО «Микро-Чип», 2002. – 183 с.

Ключеві слова: схема захисту, електродвигун компресору, теплове реле, мікроконтролер

Ключевые слова: схема защиты, электродвигатель компрессора, тепловое реле, микроконтроллер

Keywords: scheme of protection, motor-compressor, thermal relays, microcontroller

Надійшла до редколегії 14.03.2012