

НОВА СХЕМА ЗАХИСТУ ДВИГУНА КОМПРЕСОРА НА ЕЛЕКТРОПОЇЗДАХ СЕРІЇ ЕР2

Запропоновано нову схему захисту двигуна ДК 409 (ДК 406) компресора (ЕК 7Б) на електропоїздах серії ЕР2. Така схема забезпечує чіткий і надійний захист електричної машини, поєднує в собі функції захисту як при перевантаженні тривалими струмами, так й у випадку К.З.

Предложена новая схема защиты двигателя ДК 409 (ДК 406) компрессора (ЭК 7Б) на электропоездах серии ЭР2. Такая схема обеспечивает четкую и надежную защиту электрической машины, объединяет в себе функции защиты как при перегрузках длительными токами, так и в случае К.З.

The new scheme of protection of the engine ДК 409 (ДК 406) of the compressor (ЭК 7Б) on electric trains of series ЭР2 is offered. Such a scheme provides accurate and reliable protection of the electric machine, unites in itself the protection functions both under overloads with long-term currents and in case of short-circuit.

Описано запропоновану систему захисту електродвигунів компресорів на електропоїздах серії ЕР2 на сучасній елементній базі, яка більш надійно захищає ізоляцію якорної обмотки двигуна від перегрівання при перевантаженнях по струму порівняно з типовою схемою захисту на базі теплових електромагнітних реле. Типова схема захисту електродвигунів компресорів на електропоїзді ЕР2 [1, 2] наведена на рис. 1.

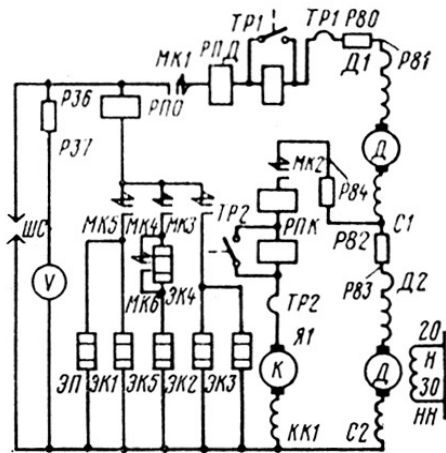


Рис. 1. Типова схема захисту електродвигунів компресорів на електропоїзді ЕР2

Від середньої точки С1 дільника напруги через демпферний резистор Р82-Р84, контактор МК2, реле перевантаження РПК, теплове реле ТР2 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 контак-

тній мережі. Реле перевантаження не забезпечує захист від тривалих струмів перевантаження, менших від струмів уставки. Тому система захисту доповнена тепловими самовідновлювальними реле ТР1 і ТР2, контакти яких при цьому розмикаються і вводять в коло другу секцію котушки РПД. Загальна кількість діючих витків котушки реле перевантаження в цьому випадку 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 ТР2 (типу ТРК-8,5), з одного боку, і можливість перегріву ізоляції обмоток якоря при певних умовах, з другого боку. Реле ТРК-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 с, при струмі 30 А – через 2,5 с. За певних умов 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 перегрітись більше встановленої температури перегріву (140 °С по якорю), що призводить до суттєвого зменшення терміну служби вказаних двигунів.

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.

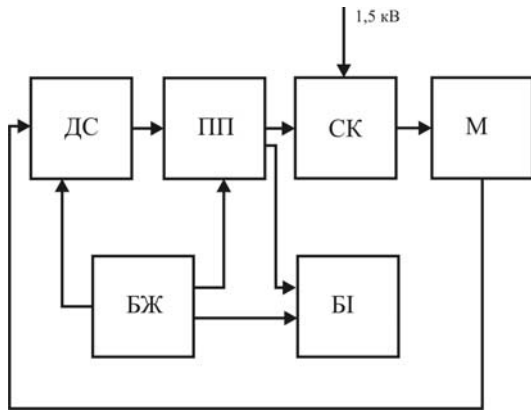


Рис. 2. Структурна схема пристрою захисту двигуна компресора

До складу структурної схеми (рис. 2) входять: датчик струму (ДС), пристрій порівняння (ПП), силовий ключ (СК) і електродвигун компресора (М). Датчик струму перетворює струм силового кола в напругу, що надалі використається для порівняння з табличними значеннями апроксимації. Пристрій порівняння призначений для визначення граничних режимів роботи захисту в цілому:

1. перевантаження по максимальному струмі – максимальний захист;
2. перевантаження тривалим струмом – тепловий захист.

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

До складу функціональної схеми (рис. 3) входять: 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. Контактір МК2 являє собою електромагнітний апарат, котушка якого живиться від бортової мережі напругою +50 В.

Датчик струму включається послідовно із двигуном компресора в силове коло. Датчик струму побудований на ефекті Хола. Сигнал, що знімаємо з датчика струму, надходить на вхід пристрою порівняння. Джерело живлення, одержує живлення від бортової мережі +50 В та забезпечує подачу напруги живлення на датчик

струму +15 В и -15 В, а також живить блок індикації.

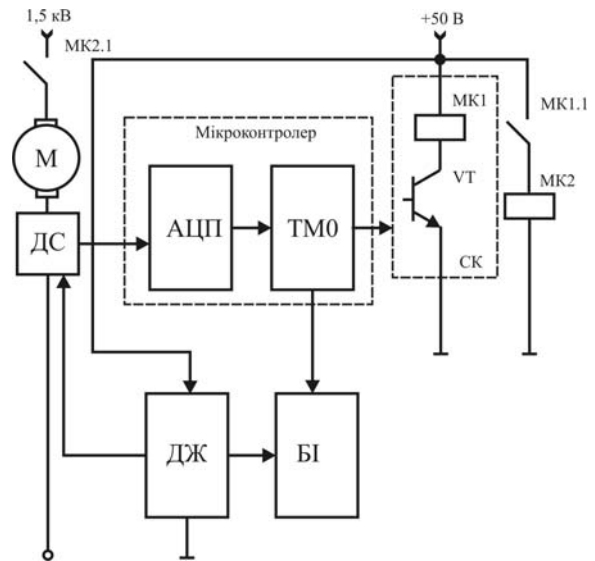


Рис. 3. Функціональна схема пристрою захисту системи «мотор-компресор»

Блок індикації в розглянутій схемі виступає як елемент, що сигналізує про стабільне живлення схеми у цілому, та сигнализують режими роботи «перегрів» й «перевантаження», крім того напруга +50 В 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, прямо пропорційній 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 35 А, компаратор мікроконтролера «визначає» цю ситуацію й видає команду силовому ключу розірвати коло живлення МК2, тобто двигун компресора буде знеструмлений. Якщо ж струм, що протікає, менше 35 А, але більше 12 А, в роботу вступає алгоритм відпрацювання теплового реле, що реалізується за допомогою таймера (ТМО).

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.3.

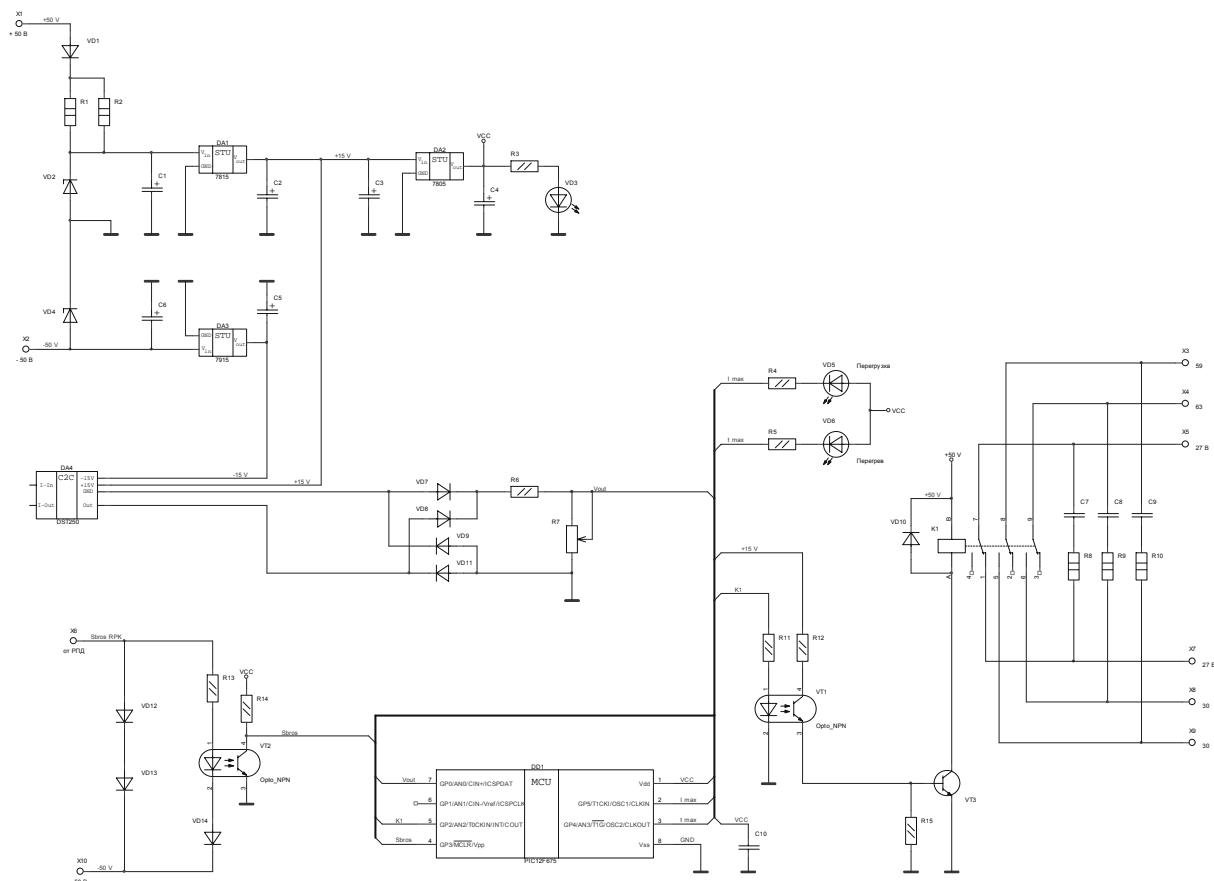


Рис. 4. Принципова схема уніфікованого блоку захисту двигуна компресора

Уніфікований блок захисту заміняє собою два захисних реле якірного кола мотор-компресора: реле перевантаження 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 електромеханічними пристроями.

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 встановлено силову котушку, ввімкнену послідовно із електричним колом, яке захищається. Ізоляційна планка, яка закріплена на якорі й розрахована на повну напругу силового кола (1,5 кВ), діє на низьковольтну частину. При проходженні по силовій котушці струмів перевантаження якор реле притягується до осердя, планка вдарає по упору та повертає валик механізму повернення. Валик, повертаючись, визволяє від зачіпки якор

низьковольтного реле, на якому закріплені блок-контакти. Відбувається їх замикання або розмикання. При виключенні струму у силовому колі якор реле Р-103 відпадає та займає вихідне положення. Для відновлення реле достатньо короткочасно подати напругу на його котушку. При цьому якор 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.

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 швидкодію 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 дільник 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:

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

У першому випадку при відключенні контактора МК2 засвітиться червоний світлодіод VD5 «К.3.». У другому випадку (перевантаження) засвітиться червоний світлодіод VD6 «Перегрів».

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

Після спрацювання захисту та натиснення кнопки «РПК повернення», блок повертається у вихідний стан через 60 с після спрацювання. 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 +15 В здійснюється елементами С1, DA1, С2; на рівні –15 В: С6, DA3,С5; на рівні +5В: С3, DA2, С4.

Елементи R11, R12, VT1, R15, VT3, К1, VD10 призначені для ввімкнення контактора МК2.

Працездатність уніфікованого блоку захисту перевірено в умовах реальної експлуатації на електропоїзді ЕР2, приписаного до локомотивного депо ТЧ8 Придніпровської залізниці.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

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

Надійшла до редколегії 12.01.2010.

Прийнята до друку 18.01.2010.