



Основні відомості щодо автоматичних вимикачів пристроїв

Безпечна експлуатація системи в разі перевантаження
й короткого замикання

Експлуатаційна готовність системи на найвищому рівні

Попит на високоякісне й ефективне виробниче обладнання, який постійно збільшується, сприяє створенню все більш складних систем. Водночас підвищуються вимоги до їхньої безпеки й експлуатаційної готовності, оскільки вихід з ладу однієї машини або важливої частини системи спричинить значні витрати. Експлуатаційну безпеку багато в чому визначає наявність ретельно розробленої концепції безпеки для окремих електричних кіл, кінцевих пристроїв і системи загалом. Ця концепція також передбачає вибір джерела живлення достатньої потужності й належних захисних пристроїв.



Селективне розподілення живлення

Усюди, де це можливо, для селективного захисту обладнання варто використовувати автоматичні вимикачі. Це означає, що знеструмлюватися будуть лише ті електричні контури, які дійсно піддаються перевантаженню. Прочитавши брошуру, ви дізнаєтеся, як працюють захисні пристрої, а також як вибрати правильну версію захисного пристрою.



Зміст

1. Для чого автоматичні вимикачі пристроїв?
 - 1.1 Переваги автоматичних вимикачів пристроїв.
 - 1.2 Відмінності між мініатюрними автоматичними вимикачами й автоматичними вимикачами пристроїв.
 - 1.3 Що таке несправність?
 - 1.4 Експлуатаційна готовність системи
2. Відмінності між технологіями
 - 2.1 Теплові автоматичні вимикачі пристроїв
 - 2.2 Термомагнітні автоматичні вимикачі
 - 2.3 Електронні автоматичні вимикачі
 - 2.4 Який тип автоматичного вимикача рекомендований і за яких умов його варто застосовувати?
3. Додаткові функції
 - 3.1 Функції дистанційного керування й сигналізації
 - 3.2 Номінальні струми – фіксовані або з можливістю налаштування
 - 3.3 Адаптовані резервні запобіжники
 - 3.4 З обмеженням струму або без нього
 - 3.5 Гальванічна розв'язка
4. Фактори впливу під час експлуатації в складі електроустановки
5. Зв'язок
 - 5.1 Прозорість системи
 - 5.2 IO-Link
6. Особливості практичного застосування
7. Стандарти й атестації
 - 7.1 Європейські стандарти
 - 7.2 Американські стандарти
 - 7.3 Атестації для суднобудування
 - 7.4 Декларація відповідності нормам ЕС (маркування CE)
 - 7.5 NEC Class 2
8. Безпечна експлуатація системи завдяки виробам Phoenix Contact
9. Словник

1 Для чого автоматичні вимикачі пристроїв?

Протягом останніх років зростають вимоги щодо експлуатаційних властивостей сучасного обладнання й систем. Напруга живлення й захист за допомогою автоматичних вимикачів – дуже важливі елементи забезпечення експлуатаційної готовності системи, оскільки вихід з ладу одного компонента може вплинути на роботу всієї системи. Правильна комбінація джерела живлення й автоматичних вимикачів здатна надійно захистити машини й системи.

1.1 Переваги автоматичних вимикачів пристроїв

Електрична система складається з багатьох компонентів, які мають узгоджено працювати разом. У системах електрообладнання такого типу велика кількість споживачів живиться від одного джерела. Це створює залежності,

важливі й критичні для забезпечення експлуатаційної готовності всієї системи. Водночас треба уникати незапланованих простоїв обладнання. Відповідно, вкрай важливо організувати систему так, щоб у разі будь-якої несправності

всі не пов'язані споживачі й контури залишалися поза впливом такої несправності. Також, у разі несправності потрібно забезпечити наявність напруги живлення. Така схема – єдиний шлях до забезпечення безперебійної роботи системи.

Електроживлення основних функцій

Імпульсні джерела живлення генерують постійну напругу й зазвичай стійкі до виникнення короткого замикання. Низка моделей імпульсних блоків живлення забезпечують більше, ніж просто постійну напругу: вони мають функції статичного або динамічного резерву потужності Power Boost (сімейство Quint Power), які дають змогу короткочасно збільшити вихідний струм, а також функцію селективного вимикання SFB, яка створює імпульс для спрацювання магнітних мініатюрних автоматичних вимикачів. Додатково є функції моніторингу, зокрема функції превентивного контролю DC OK, які допомагають максимально підвищити експлуатаційну готовність системи. Крім того, є багато уставок і параметрів конфігурування, які можна налаштувати через інтерфейс NFC або безпосередньо під час замовлення. Однак якщо відбудеться перевантаження блока живлення й падіння напруги, під'єднані пристрої стануть непрацездатними.



Якщо відбувається перевантаження або коротке замикання, найкращим вирішенням буде якнайшвидше вимкнути пошкоджений елемент, залежно від величини струму. Саме тут у пригоді стають автоматичні вимикачі пристроїв.

Ці елементи потрібні, щоб забезпечити оптимальний захист пристрою з огляду на галузь застосування й вимоги щодо експлуатаційної готовності. З цієї причини протягом певного часу було розроблено різні типи автоматичних вимикачів пристроїв, у роботі яких використовуються різні технології. До переліку цих типів належать електронні, термомагнітні й теплові автоматичні вимикачі.

Вони відрізняються між собою способами спрацювання, характеристикою вимикання й часом спрацювання. Криві робочих характеристик використовуються для зрозумілого ілюстрування режиму спрацювання різних автоматичних вимикачів пристроїв. Крім того, вибір також залежить від вимог конкретного користувача щодо властивостей захисту й рівня експлуатаційної готовності системи.

1.2 Відмінності між мініатюрними автоматичними вимикачами й автоматичними вимикачами пристроїв

Мініатюрні автоматичні вимикачі (МСВ)

Мініатюрні автоматичні вимикачі було винайдено й розроблено насамперед для забезпечення захисту кабелів у будівлях. На них поширюється дія стандарту IEC/EN 60898 (Апаратура малогабаритна електрична – Автоматичні вимикачі для захисту від підвищених струмів побутового й аналогічного призначення).

Струм, що споживається навантаженнями, поки що невідомий. Відповідно, проводку спроектовано так, щоб вона була здатна постійно витримувати номінальний струм захисного пристрою. Водночас бажано

Стандарт для контролерів IEC/EN 61131–2

Цей стандарт описує вимоги до обладнання й процес випробування програмованих логічних контролерів. Для забезпечення належної експлуатаційної готовності системи в стандарті передбачено два важливих положення:

- Контролер у складі системи, електроживлення якої здійснюється без використання акумуляторів, повинен витримувати падіння напруги тривалістю до 10 мс без будь-якого впливу на працездатність. Якщо існує загроза більш тривалого падіння напруги, відповідно цієї вимоги, маємо період часу, у межах якого має відбутися вимкнення.
- Гарантований діапазон робочої напруги має перебувати в межах 19,2–30 В постійного струму. Контролер може витримувати пульсації за межами цього діапазону, але водночас не гарантовано його коректну роботу. Попри це контролери зазвичай здатні функціонувати належним чином в умовах зменшеної напруги. Цей стандарт можна застосовувати лише як основу, однак це робить зазначений діапазон напруги значущим на фундаментальному рівні.

мати певну інерцію системи, оскільки кабель має бути захищеним, але спрацювання не повинно відбуватися надто швидко. Тривалий час низькі значення струму не використовувалися, оскільки непотрібні для системи електрообладнання будівлі. Додатково мініатюрні автоматичні вимикачі характеризуються високою комутаційною здатністю в умовах короткого замикання, що треба для нормальної роботи мережі постачання електроенергії. Електрична дуга, яка утворюється під час вимикання, має дуже високу енергію й повинна бути розірваною. Це єдиний шлях безпечного вимикання.

Автоматичні вимикачі пристроїв

Автоматичні вимикачі пристроїв описано в стандарті IEC/EN 60934. Вони використовуються не тільки для захисту кабелів, але й насамперед для захисту пристроїв. З цієї причини їхні номінальні струми починаються менше ніж з 1 А, а низки вимикачів мають малі кроки номінального струму. Це дає змогу максимально точно адаптувати захист до відповідного пристрою.

Також точному пристосуванню захисту сприяють різноманітні характеристики, спеціально розроблені й запроваджені для систем з напругою постійного струму. Оскільки автоматичні вимикачі пристроїв не залежать безпосередньо

від роботи мережі постачання електроенергії, непотрібні пластини для гашення дуги, якими обладнано мініатюрні автоматичні вимикачі. З цієї причини автоматичні вимикачі пристроїв мають компактнішу конструкцію й дають змогу заощадити монтажний простір у шафі керування.

Проблеми, пов'язані із захистом на основі мініатюрних автоматичних вимикачів (МСВ)

Спочатку мініатюрні автоматичні вимикачі було призначено для іншого застосування, ніж автоматичні вимикачі пристроїв. З цієї причини для їх спрацьовування потрібні дуже високі струми.

Процес вимикання за допомогою МСВ поділяється на дві частини: теплове й магнітне вимикання.

Теплове вимикання відбувається протягом періоду тривалістю від часток секунди до декількох хвилин, тоді як магнітне вимикання здійснюється в ситуації короткого замикання і в ідеалі займає від 3 до 5 мілісекунд. Залежно від того, яка характеристика

спрацьовування використовується, для здійснення швидкого розірвання короткого замикання знадобиться протікання струму зі значенням до 15 разів більше номінального. Якщо такого струму немає, замикання може вплинути на всю систему. Потрібний струм може бути обмежено виходом імпульсного блока живлення або зависоким повним опором лінії під'єднання. Якщо потрібної для спрацьовування величини струму не буде досягнуто, це спричинить падіння напруги у всій системі. Наслідком стане непрацездатність усіх паралельно ввімкнених споживачів. Мініатюрні автоматичні вимикачі розраховано на використання в мережах змінного струму (без обмеження потужності): їх було розроблено для застосування в системах електрообладнання будівель, тому саме на це розраховано величини струмів і характеристики спрацьовування. Відповідно, у них немає нижніх значень номінального струму, тому для досягнення належного номінального струму потрібно вибирати повільну характеристику спрацьовування. Узагалі,

характеристики спрацьовування спочатку було розраховано на використання тільки з напругою змінного струму. Якщо такі типи вимикачів використовуються з постійною напругою, то для діапазону спрацьовування в разі короткого замикання треба враховувати поправку на коефіцієнт корегування, який становить близько 1,4. Відповідно, вимикач спрацьовує навіть пізніше й часто доти, доки не буде досягнуто 15-кратного перевищення номінального струму. Так, у разі швидкодіяного розмикання з характеристикою С6 під час суттєвих негараздів струм має становити до 90 А. Якщо такий струм спрацьовування не буде досягнуто в ланцюгу після імпульсного блока живлення, падіння напруги відбудеться в усій системі. Те саме стосується й занадто довгих кабелів. Може виникнути ситуація, коли обмеження струму запобігатиме негайному спрацьовуванню вимикача, що, зі свого боку, призведе до падіння напруги в системі.

переривають роботу системи. Часто неприємним наслідком цього є простої виробництва й витрати на ремонт.

Впливи такого типу можна мінімізувати шляхом індивідуального захисту окремих пристроїв або логічного упорядкування пристроїв у групі. Оскільки різні навантаження також мають різні номінальні струми (рис. 1), можна реалізувати індивідуальний захист для кожного окремого контуру.

В ідеалі вибраний номінальний струм захисту має бути наближеним до номінального струму навантаження. Таким чином, кінцеві пристрої буде оптимально захищено від пошкоджень або руйнування. Ті частини системи, які не перебувають у несправному колі, безперервно працюватимуть далі, забезпечуючи подальше виконання технологічного процесу й підтримуючи експлуатаційну готовність на високому рівні.

1.3 Що таке несправність?

Струми перевантаження й короткого замикання зазвичай виникають несподівано. Вони спричиняють несправності й



Рис. 1: Типові номінальні струми споживачів електроенергії

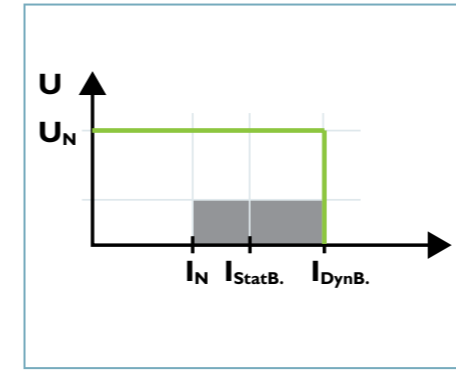


Рис. 2: Робоча характеристика блока живлення U/I

Падіння напруги

Машини й системи працюють, використовуючи здебільшого різні напруги живлення.

Зазвичай величина напруги перебуває у межах діапазону від 12 до 48 В постійного струму. В основних електроустановках уже багато років як використовується напруга керування 24 В постійного струму. Імпульсні блоки живлення – стандартне обладнання для контролю напруги в більшості галузей.

Така напруга незмінно забезпечує високий ККД. Крім того, обмежується величина вихідного струму. У разі великих відстаней напругу можна підтримувати на належному рівні за допомогою перетворювачів постійного струму (DC/DC).

Подібно до захисних пристроїв та автоматичних вимикачів, джерела живлення можуть мати різні робочі характеристики, що дає змогу відповідати різним вимогам щодо експлуатаційної готовності системи. У багатьох блоках живлення використовується, наприклад, вольт-амперна робоча характеристика U/I (рис. 2). Напруга залишається незмінною,

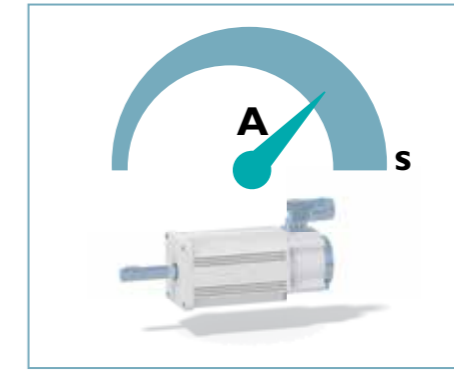


Рис. 3: Вимикання струмів перевантаження в секундному діапазоні

а величина струму змінюється. Якщо струм виходить за межі номінального діапазону або якщо перевантаження призводить до падіння напруги, підключене обладнання перестав функціонувати.

Якщо відбудеться несправність в роботі програмованого логічного контролера (ПЛК), єдиний спосіб знайти й усунути помилку – надзвичайно копіткий пошук.

Перевантаження

Струми перевантаження виникають, коли кінцеві пристрої несподівано потребують струму, який перевищує проектний розрахований струм. Такі ситуації виникають, наприклад, унаслідок блокування привода. Навіть тимчасові пускові струми машин можуть вважатися струмами перевантаження. Хоча їх виникнення передбачено й величину можна розрахувати, проте вони можуть змінюватися залежно від навантаження машини під час запуску. Ці умови потрібно враховувати під час вибору належних захисних пристроїв або автоматичних вимикачів для кіл такого типу. Безпечне вимикання

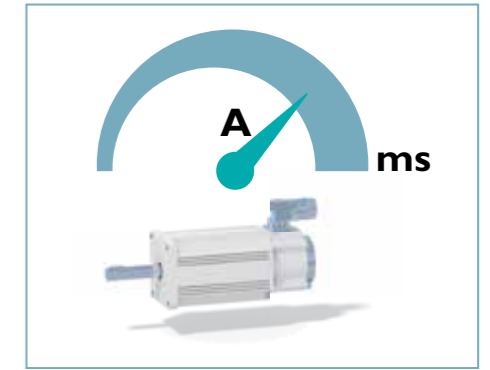


Рис. 4: Вимикання струмів короткого замикання в мілісекундному діапазоні

в разі перевантаження має відбуватися протягом кількох секунд (рис. 3).

Коротке замикання

Пошкодження ізоляції між провідниками, якими підведено робочу напругу, наприклад пошкодження лінії живлення навантаження, може призвести до виникнення коротких замикань. У минулому типовими захисними пристроями для вимикання в разі виникнення струмів короткого замикання були плавкі запобіжники або мініатюрні автоматичні вимикачі з різними механізмами спрацьовування. Нині до широкого вжитку ввійшли електронні захисні пристрої. Щоб запобігти впливу замикання на інших споживачів системи (рис. 4), струм короткого замикання має бути вимкнено протягом кількох мілісекунд. Це зумовлено тим, що коротке замикання загалом призводить до падіння напруги, яке також може впливати на інші контури та споживачів, не пов'язаних із замиканням.

1.4 Експлуатаційна готовність системи

Експлуатаційна готовність системи відображає співвідношення фактичного й запланованого робочого часу для машини або системи, виражене у відсотках. Простоювання або несправність системи мають безпосередній негативний вплив на показник експлуатаційної готовності. Виробничі процеси оптимізуються все більше, тому що враховується кожна секунда, яку можна зберегти. Усі операції виробничого процесу повторюються циклічно. В ідеалі це означає, що з часом буде запроваджено всю можливу оптимізацію.

Дуже важливо мати змогу постійно контролювати стан системи й стежити за всіма відповідними показниками. Якщо несправність можливо виявити до відмови, можна вчасно застосувати відповідні заходи – планове технічне обслуговування заощадить ваші час і гроші.

Наявність у системі належного захисту також відіграє важливу роль у забезпеченні максимального рівня експлуатаційної готовності. Якщо є несправність, спричинена перевантаженням або коротким замиканням, її треба швидко виявити, а вимикання, якщо це можливо, варто здійснювати протягом мілісекунд. Пристрої, під'єднані паралельно, також можуть бути вимкненими. З цієї причини важливо якомога точніше структурувати захист, щоб уникнути впливу паралельно підключених споживачів друг на друга. Цю властивість також називають паралельною селективністю.

Селективність

Селективність поділяється на абсолютну й умовну селективність. Найбезпечнішою формою є абсолютна селективність. Це єдиний спосіб забезпечити, щоб діапазони спрацювання двох захисних пристроїв не перекривалися в загальній послідовності й щоб у разі несправності пристрою негайно спрацював необхідний захисний пристрій.

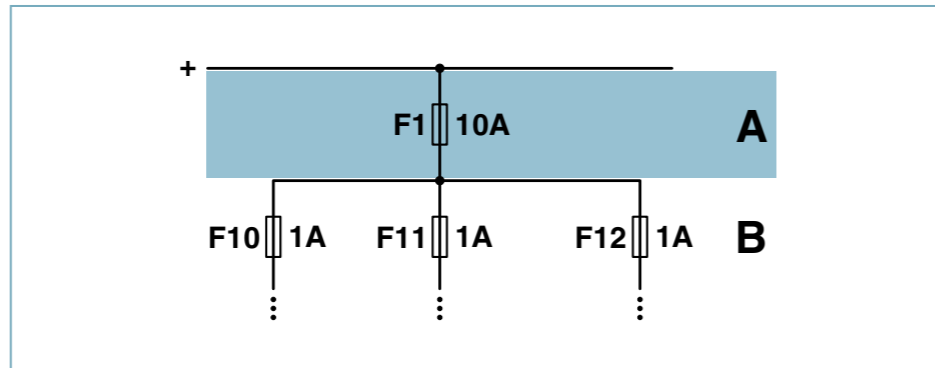


Рис. 5: «А» – головний запобіжник; «В» – захисні пристрої окремих контурів

У разі умовної селективності відбувається перекривання робочих характеристик. Це може призвести до спрацювання захисного обладнання та головного запобіжника або навіть до спрацювання тільки головного запобіжника (рис. 5).

Паралельна селективність

Паралельна селективність описує, як паралельні контури впливають один на одного. Якщо виникла несправність, треба вимкнути контур. Решта частин системи, з іншого боку, повинні працювати далі в штатному режимі, якщо таку змогу надає технологічний процес. Оскільки падіння напруги впливає на всі паралельні контури, вимикання варто здійснювати вибірково, відповідним чином. Якщо несправність впливає на контури паралельно підключених споживачів, то селективності немає.

Послідовна селективність

Селективність також може бути послідовною. Однак ця вимога визначається насамперед розташуванням захисних пристроїв або структурою системи електрообладнання будівлі. У цьому разі вище встановлений запобіжник повинен мати достатньо високе значення номіналу, щоб спрацював тільки нижче встановлений захисний пристрій в контурі. Як наслідок – покращене обмеження поширення наслідків несправності й ефективніший захист лінії.

Значення номіналу вище встановленого захисного пристрою повинно щонайменше в 1,6 рази перевищувати номінал захисного пристрою нижчого рівня. Зазвичай вище встановлений захисний пристрій розраховується на номінал, більший за наступний на два кроки, оскільки стандартні значення номіналів захисного пристрою будуть відповідати цьому коефіцієнту 1,6. Також важливо, щоб характеристики спрацювання забезпечували взаємну селективність.

2 Відмінності між технологіями

Вимоги, які визначають оптимальний захист пристроїв, можуть дуже відрізнятися залежно від умов експлуатації та способу використання обладнання. Відповідно, під час створення автоматичних вимикачів пристроїв застосовується широкий спектр технологій: електронна, тепла й термоманітна.

Відмінності між ними полягають у механізмі спрацювання й характеристиках вимикання. Робочі характеристики наочно ілюструють режими вимикання для автоматичних вимикачів пристроїв різних типів.

2.1 Теплові автоматичні вимикачі пристроїв

Теплові автоматичні вимикачі пристроїв забезпечують оптимальний захист від перевантаження індуктивних і резистивних споживачів у системах розподілу електроенергії, контурах шаф керування й у виробничтві систем. Вони характеризуються стійкістю до високих пускових струмів, що виникають під час запуску двигунів або вмикання трансформатора. Вони також використовуються для захисту кіл в акумуляторних і бортових системах. Однак, порівняно з іншими технологіями захисту, теплові вимикачі не забезпечують швидкодійного захисту від коротких замикань.

Опис дії

Роз'єднувальний елемент теплових автоматичних вимикачів пристроїв біметалевий. Він також може бути комбінацією біметалевої частини й електричного нагрівального елемента. Біметал складається зі сталі та з цинку й реагує на нагрівання. Коли внаслідок високого струму в нагрівальному елементі досягається попередньо визначений рівень тепла, тепловий біметалічний елемент активує механізм вимикання.

Такий тепловий роз'єднувальний елемент робить теплові захисні пристрої чутливішими до підвищених температур навколишнього середовища.

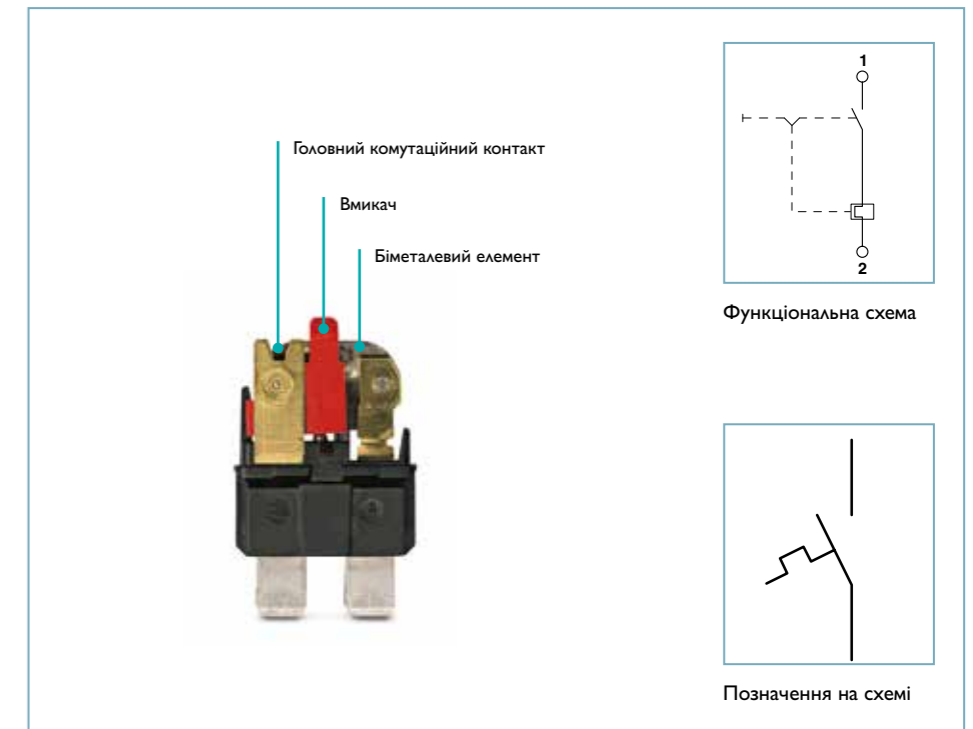


Рис. 6: Конструкція та функціональний опис теплових автоматичних вимикачів

Теплові автоматичні вимикачі пристроїв – це просте й економічне вирішення для електроустановок, у яких швидке й точне вимикання не потрібне (рис. 6 і 7).

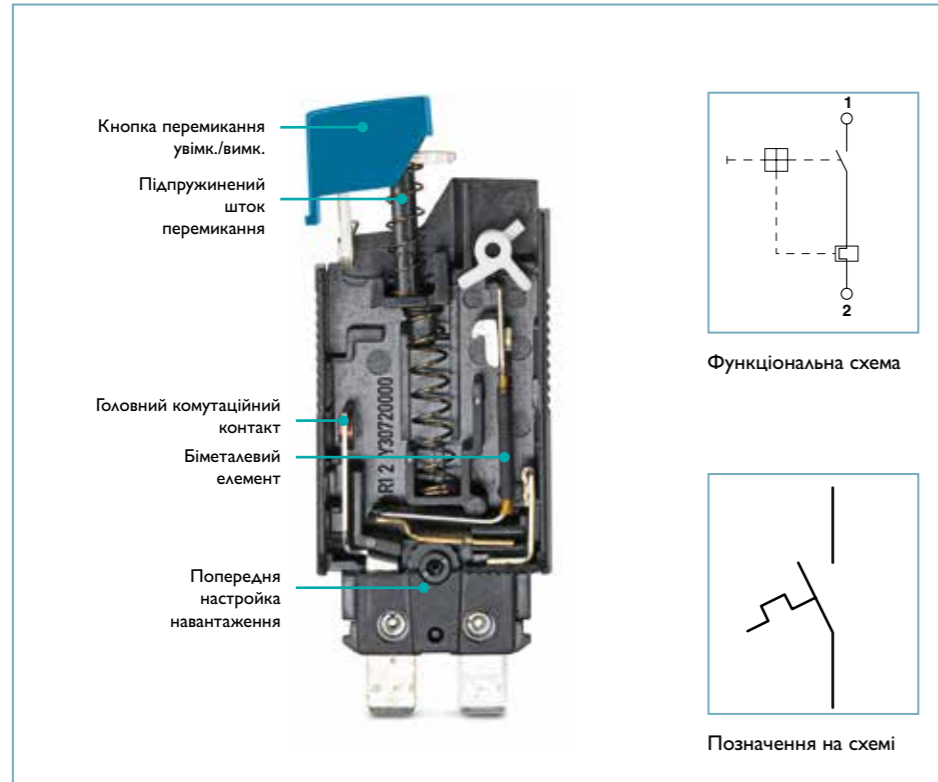


Рис. 7: Конструкція й функціональний опис теплових автоматичних вимикачів

Характеристики спрацьовування

Час спрацьовування теплових автоматичних вимикачів пристроїв залежить від наявного струму перевантаження й температури навколишнього середовища. Робоча характеристика показує, що зі зростанням струму перевантаження час спрацьовування буде досягнуто швидше. Відповідно, за невеликих струмів перевантаження відключення споживача

від електроживлення відбудеться повільніше (рис. 8).

Для автоматичних вимикачів з різними номінальними струмами, але з однаковими характеристиками спрацьовування це спрацьовування також може бути представлено у вигляді набору робочих характеристик (рис. 9). Звісно, теплові автоматичні вимикачі пристроїв реагують на вплив тепла. На час спрацьовування має певний

2.2 Термомагнітні автоматичні вимикачі

Термомагнітні автоматичні вимикачі пристрою використовуються здебільшого в інформаційних і комунікаційних системах, а також у системах керування технологічними процесами. Завдяки різноманітним версіям з різними характеристиками спрацьовування такі автоматичні вимикачі ідеально пристосовано для захисту програмованих логічних контролерів, клапанів, електродвигунів і перетворювачів частоти. Можливість увімкнення й миттєва дистанційна сигналізація про поточний стан забезпечують високий

ступінь експлуатаційної готовності. Різні робочі характеристики, притаманні цій технології захисту, дають змогу навіть виконувати запуск із критичними навантаженнями, водночас забезпечуючи надійний захист під час роботи в штатних умовах.

Опис дії

Термомагнітні автоматичні вимикачі оснащено двома механізмами вимикання. Залежна від температури частина механізму складається з біметалевого елемента

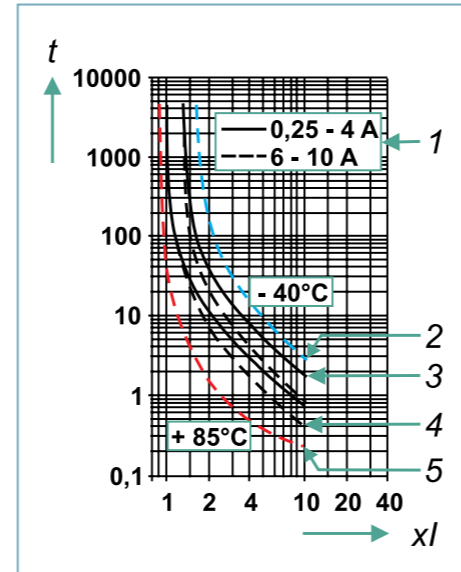


Рис. 8: Типові характеристики спрацьовування теплових автоматичних вимикачів:
 t Час перемикання (у секундах)
 xI Множник номінального струму / коефіцієнт спрацьовування
 1 Діапазони струмів набору характеристик
 2 Характеристика спрацьовування в нижньому температурному діапазоні (синя)
 3 Характеристики спрацьовування групи 1
 4 Характеристики спрацьовування групи 2
 5 Характеристика спрацьовування в верхньому температурному діапазоні (червона)

вплив і температура навколишнього середовища.

Автоматичний вимикач спрацьовує раніше за підвищеної температури навколишнього середовища й повільніше – за низької температури. Така поведінка відображається додатковими робочими характеристиками з відповідною інформацією.

й нагрівальної обмотки (рис. 10). Струми, які перевищують номінальний струм пристрою захисту, підвищують температуру нагрівальної обмотки. Біметалевий елемент вигинається й активує механізм вимикання. Коли буде досягнуто граничне значення, захисний пристрій забезпечить вимкнення.

Пристрої реагують на струми перевантаження з деякою затримкою. Теплова частина автоматичного вимикача, створеного за цією технологією, також робить його більш

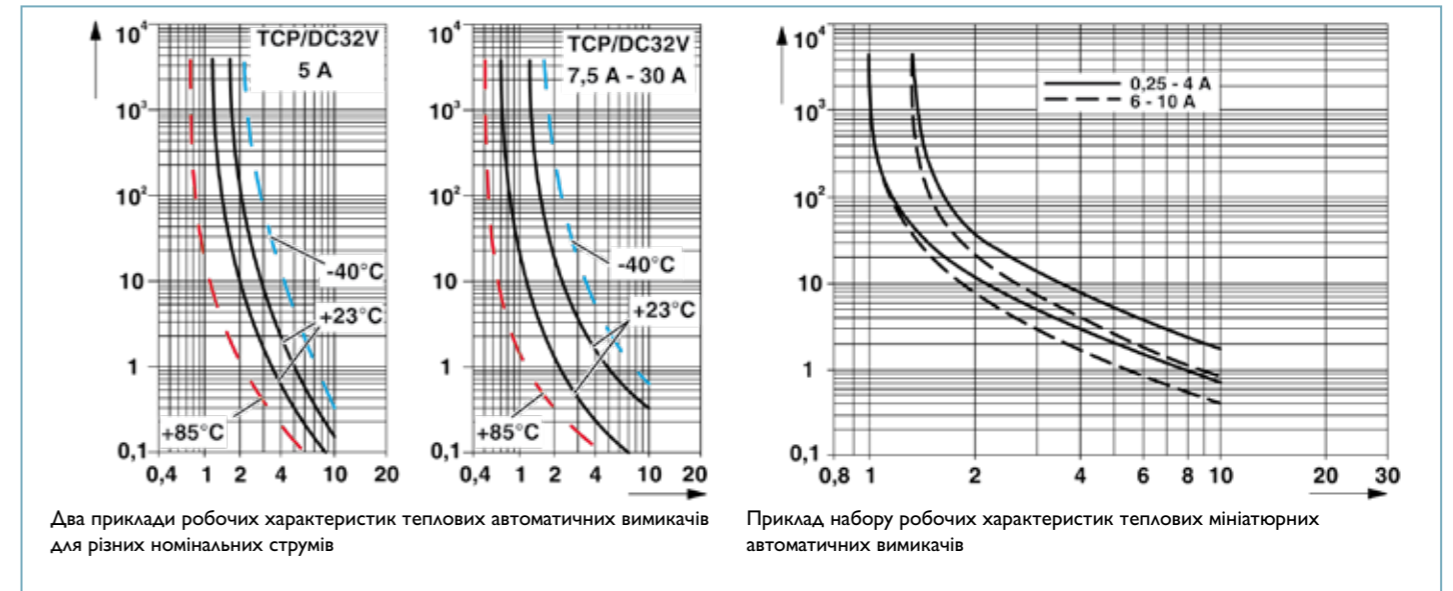


Рис. 9: Короткий огляд основних робочих характеристик теплових автоматичних вимикачів

чутливим до підвищення температури навколишнього середовища.

Магнітний механізм вимкнення складається з електромагнітної котушки та втяжного або шарнірного якоря. Струми, що перевищують номінальний струм пристрою захисту, створюють

у котушці магнітне поле. Зі зростанням струму зростає й магнітне поле, яке притягує якір.

Після досягнення попередньо заданого граничного значення якір активує механізм захисного пристрою, який забезпечує розмикання кола.

Реакція пристроїв цього типу на струми короткого замикання й надлишкові струми перевантаження відбувається протягом трьох-п'яти мілісекунд.

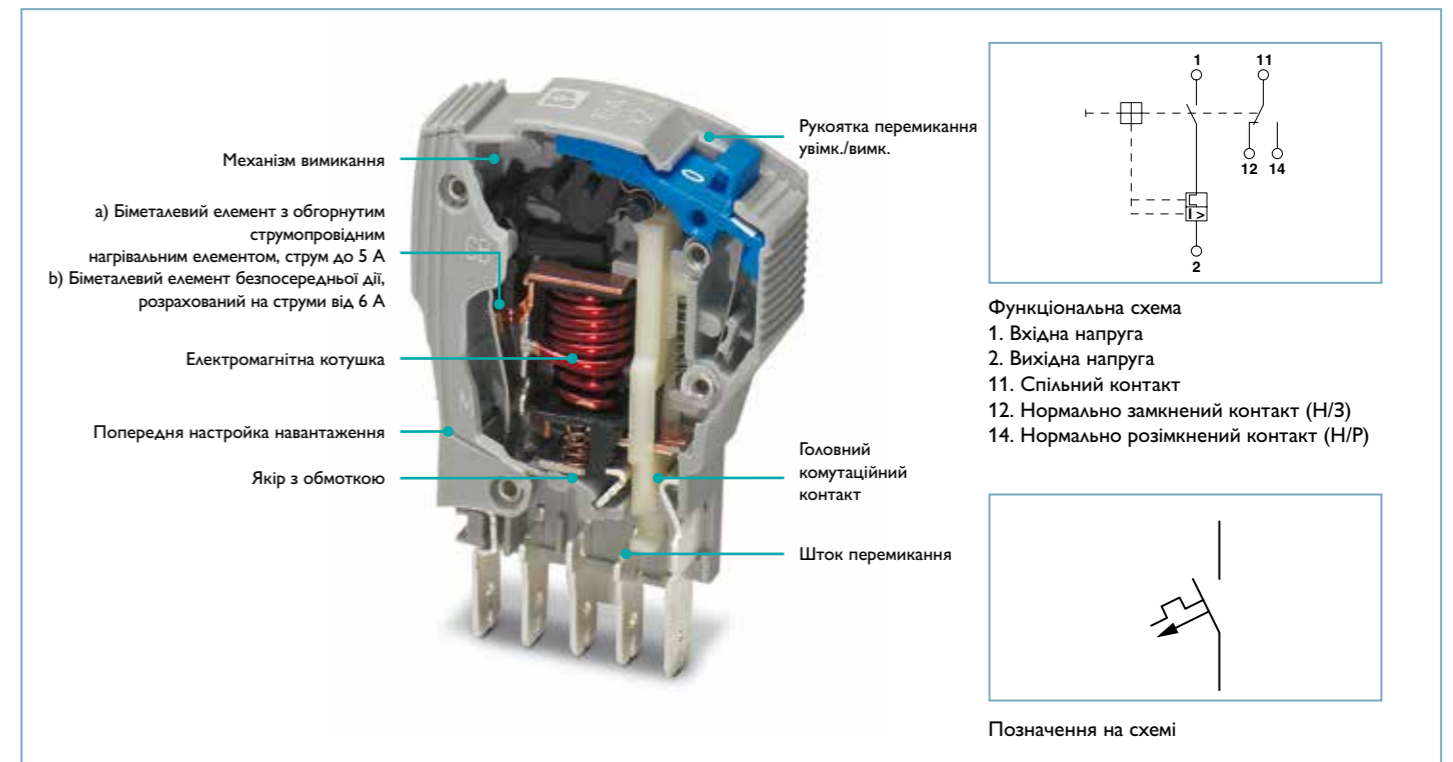


Рис. 10: Конструкція й функціональний опис термомагнітних автоматичних вимикачів

Характеристики спрацьовування

Термомагнітні автоматичні вимикачі пристроїв пропонуються з різними робочими характеристиками. Це дає змогу задовольняти широкий спектр вимог, які виникають у різних випадках застосування.

З робочої характеристики (рис. 11) видно, що термічне вимкнення [a] відбувається значно пізніше, ніж магнітне вимкнення [b]. Це можна пояснити тим, що залежний від температури механізм теплового вимкнення потребує певного часу для нагрівання.

Однак навіть такі струми, що трохи перевищують номінальне значення, розпізнаються як струми перевантаження й призводять до вимкнення. Магнітне вимкнення за дуже короткий проміжок часу реагує на швидке збільшення струмів, що перевищують номінальний струм. Це особливо зручно для виявлення й вимикання струмів короткого замикання. Змінні струми викликають спрацьовування швидше, ніж постійні струми з однаковою номінальною величиною.

Це відображено синім кольором на характеристики. Така поведінка загалом притаманна всім робочим характеристикам. Проте на практиці цей режим застосовується лише під час використання автоматичних вимикачів з характеристикою M1. Автоматичні вимикачі з характеристикою SFB або F1 під час роботи з постійним струмом спрацьовують настільки швидко, що під час роботи зі змінним струмом вони мали б надмірну чутливість.

Характеристика SFB

Автоматичні вимикачі з характеристикою спрацьовування SFB (рис. 12) забезпечують максимальний захист від струму перевантаження навіть у великих системах з довгими кабелями. Аббревіатура SFB означає Selective Fuse

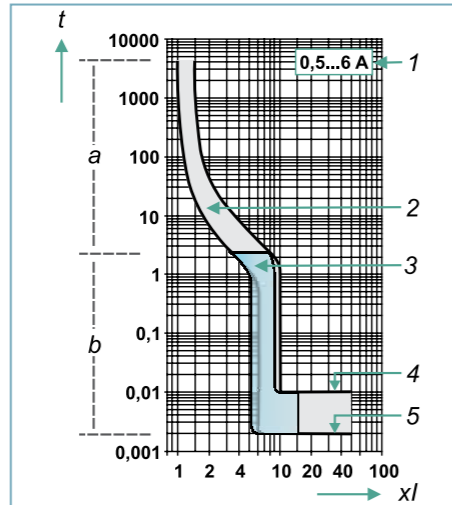


Рис. 11: Типові характеристики спрацьовування термомагнітних автоматичних вимикачів
 a Робочий діапазон теплового вимкнення
 b Робочий діапазон магнітного вимкнення
 t Час перемикання (у секундах)
 xI Множник номінального струму / коефіцієнт спрацьовування

- 1 Діапазон струмів, до якого застосовується робоча характеристика
- 2 Діапазон спрацьовування для постійного струму (сірий)
- 3 Діапазон спрацьовування для змінного струму (синій)
- 4 Макс. значення спрацьовування
- 5 Мін. значення спрацьовування

Breaking, тобто селективне вимикання автоматів. Захисні пристрої з такою характеристикою під час експлуатації запобігають занадто ранньому вимкненню в разі виникнення короткочасних сплесків струму або пускових струмів. Водночас вони запобігають тривалому збереженню небажаних струмів перевантаження, які можуть призвести до небезпечного утворення тепла й перегрівання обладнання.

Характеристика M1

Автоматичні вимикачі з характеристикою M1 (рис. 13) спрацьовують пізніше, ніж вимикачі з характеристиками SFB або F1. Вимикачі з характеристикою M1 дещо довше витримують пускові струми, але повільніше реагують на виникнення несправностей. Порівняно з характеристиками постійного струму,

Технологія SFB

Блоки живлення сімейства QUINT від Phoenix Contact, оснащено технологією селективного вимикання Selective Fuse Breaking Technology, яку також називають SFB. Такі джерела живлення здатні протягом декількох мілісекунд забезпечувати струм, який у шість разів перевищує номінальний. Це дає змогу забезпечити потрібний резерв струму для безпечного спрацьовування захисних пристроїв.



характеристику для змінного струму на осі множника номінального струму дещо зсунуто вперед. Навіть у разі меншого множника номінального струму змінні струми призводять до спрацьовування автоматичного вимикача.

Характеристика F1

Автоматичні вимикачі з характеристикою F1 (рис. 14) спрацьовують швидко. Для них характерна миттєва реакція на ситуації з перевантаженням. Однак під час експлуатації це може призводити до частих непотрібних вимикань. Це означає, що вони забезпечують оптимальний захист для чутливих навантажень з дуже низькими пусковими струмами, тому здатні забезпечувати захист на великих відстанях. Кінцеві пристрої, що можуть зазнавати пошкоджень навіть у разі короткочасного перевантаження й незначного підвищення робочого струму, також може бути захищено автоматичними вимикачами цього типу.

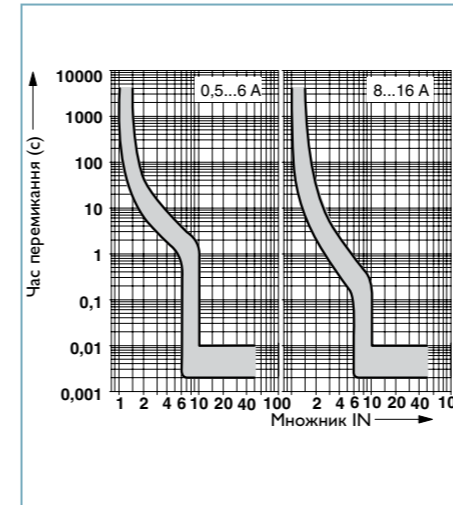


Рис. 12: Робоча характеристика SFB

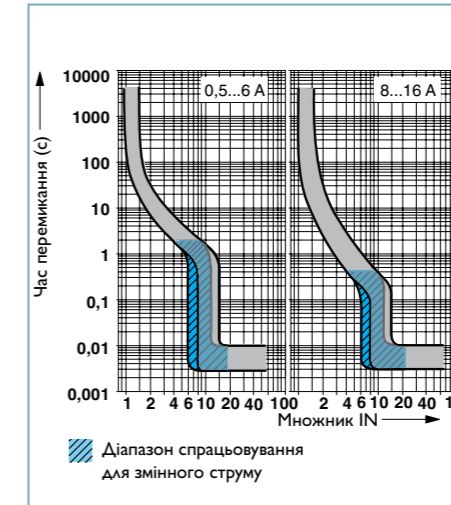


Рис. 13: Робоча характеристика M1

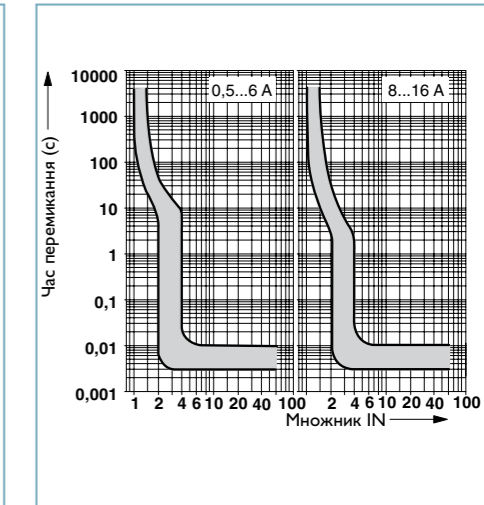


Рис. 14: Робоча характеристика F1

2.3 Електронні автоматичні вимикачі

Електронні автоматичні вимикачі пристроїв зазвичай використовуються разом з імпульсними блоками живлення 24 В постійного струму. Вони часто використовуються в машинобудуванні й суднобудуванні, системотехніці й засобах автоматизації. Поєднання функції аналізу струму й швидке спрацьовування в разі виникнення несправності запобігає небезпеці перевантаження імпульсного блока живлення. Вихідна напруга імпульсного блока живлення залишається незмінною, і решта контурів працюють далі.

Електронні автоматичні вимикачі пристроїв оптимальні для захисту, наприклад, реле, програмованих контролерів, двигунів, датчиків, виконавчих пристроїв і клапанів. Поєднання електронного автоматичного вимикача із імпульсним джерелом живлення дає змогу підвищити рівень експлуатаційної готовності машин і систем.

Опис дії

Серце електронного автоматичного вимикача – напівпровідникові електронні елементи (рис. 15), в поєднанні

з інтелектуальним програмним забезпеченням. Це програмне забезпечення здатне розрізнити робочі струми й струми пошкодження, а також забезпечує надшвидке передавання команда в електронну систему. Це пояснюється тим, що потрібно якомога швидше виявляти несправності й забезпечувати спрацьовування вимикача, не перериваючи пускові або нормальні робочі струми.

Процес виявлення несправності має такі етапи:

- **Вимірювання:** для моніторингу поточної ситуації безперервно здійснюється вимірювання всіх змінних електричних параметрів.
- **Аналіз:** здійснюється аналіз вимірних значень для визначення того, чи не виникла в системі несправність.
- **Класифікація:** здійснюється оцінювання й класифікування поточних струмів.
- **Захист і комутація:** залежно від класифікації проаналізованого струму, відбувається запуск або вимкнення навантаження. Інші елементи системи залишаються працездатними й поза впливом несправності.
- **Сигналізація:** сигнали щодо поточного експлуатаційного стану всіх контурів безперервно передаються в контролер системи вищого рівня. Якщо відбувається будь-яка подія, її виявлення й передавання відповідного сигналу відбудуться негайно.

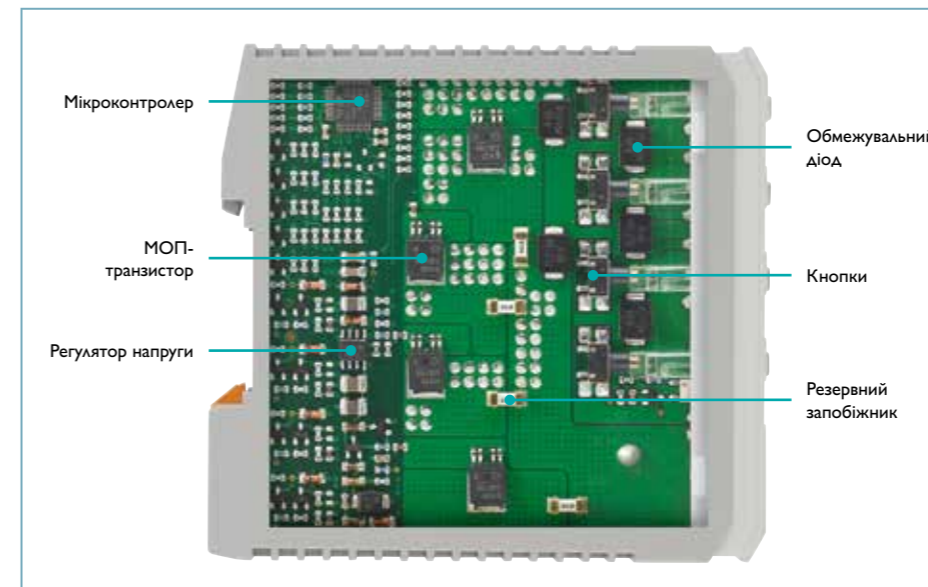


Рис. 15: Конструкція багатоканального електронного автоматичного вимикача

Така схема роботи мінімізує період падіння напруги. Незважаючи на те, яка подія відбулася, напруга в системі залишається стабільною. У разі виникнення струму перевантаження або короткого замикання пристрої буде негайно вимкнено.

У деяких випадках електронні автоматичні вимикачі пристроїв мають функцію активного обмеження струму. Залежно від сімейства пристроїв, ця функція дає змогу обмежувати струми короткого замикання й перевантаження до значення від 1,25 до 2 величин номінального струму.

Завдяки цьому забезпечується захист джерела живлення від занадто високих струмів і виключається можливість падіння вихідної напруги імпульсного джерела живлення.

Характеристики спрацьовування й динамічні характеристики

Завдяки інтелектуальному аналізу струмів сучасні електронні автоматичні вимикачі здатні розрізняти велику кількість різних сценаріїв роботи й несправностей, наслідком чого є динамічна робоча характеристика. Це означає, що будь-яке вимкнення, пов'язане з несправністю, не залежить виключно від струму й часу. Також здійснюється моніторинг навантаження й джерела живлення, що дає змогу оптимізувати процес запуску.

Відповідно, робота електронного захисту ілюструється динамічною робочою характеристикою. Подібно до звичайних автоматичних вимикачів, це завдання також розв'язується шляхом визначення діапазону струмів перевантаження й короткого замикання.

Деякі електронні вимикачі мають різні робочі характеристики. Насамперед мета цих відмінностей полягає в тому, щоб запропонувати користувачеві зручні варіанти. Однак немає потреби диференціювати їх за різними характеристиками. На відміну від теплових або термомагнітних автоматичних вимикачів, електроніка в сучасних електронних вимикачах реагує динамічно.

На рис. 16 показано різні діапазони:

1. Режим короткого замикання (зелена лінія): Якщо виявлено коротке замикання, несправне коло буде негайно вимкнено. Щоб запобігти будь-якому негативному впливу

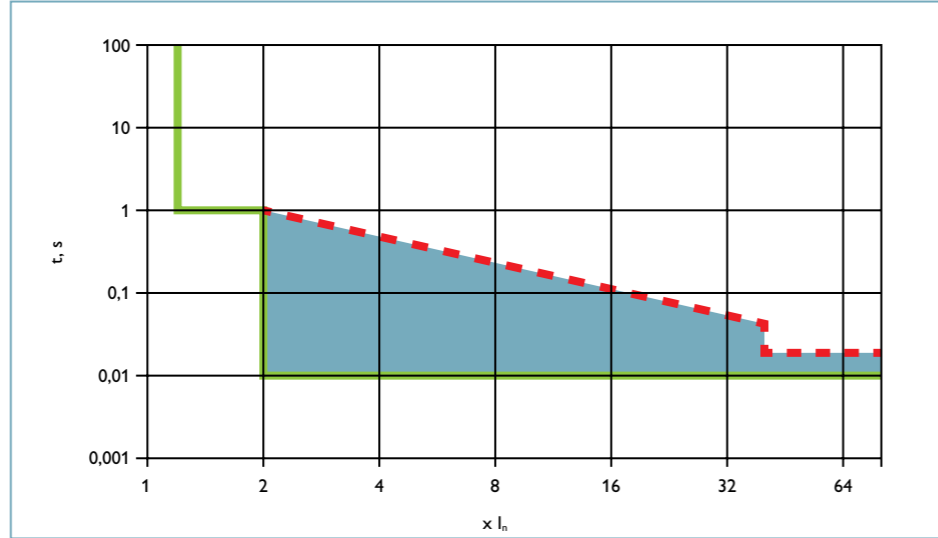


Рис. 16: Характеристика спрацьовування й діапазон виявлення динамічного перевантаження

на обладнання, це має відбуватися без затримки. Зокрема, під час забезпечення захисту ПЛК вимкнення має відбуватися протягом 10 мс (див. також стандарт для контролерів, стор. 5).

2. Діапазон виявлення динамічного перевантаження (синя ділянка): Залежно від величини й напрямку протікання струму функція інтелектуального виявлення також забезпечить вимкнення в разі перевантаження. Цей процес дає змогу витримувати перевантаження за струмом різні періоди, залежно від його прогресування й стабільності напруги живлення.

Вимкнення перевантаження відбувається до виникнення небезпечного стану. Тут можливість динамічного моніторингу, пов'язана з електронними автоматичними вимикачами, є критично важливою перевагою. Якщо буде виявлено будь-яку несправність, вимкнення несправного кола відбудеться негайно, зважаючи на збереження живлення в інших контурах системи. Таким чином можна виявити навантаження, а їх запуск буде здійснено, навіть якщо він супроводжуватиметься значними пусковими струмами.

Коли справа торкається плавких запобіжників і термомагнітних автоматичних вимикачів, у них використовуються різноманітні робочі характеристики, які забезпечують негайну дію або дію із середньою чи довгою затримкою. Сучасні електронні

захисні пристрої з інтелектуальною функцією виявлення коротких замикань і динамічного перевантаження здатні замінити широкий спектр пристроїв з характеристиками, згаданими вище.

2.4 Який тип автоматичного вимикача є рекомендованим і за яких умов його варто застосовувати?

Вибір автоматичних вимикачів пристроїв здійснюється залежно від номінальної напруги, номінального струму і, якщо потрібно, пускового струму кінцевого пристрою. Крім того, режим вимикання автоматичного вимикача пристроїв повинен відповідати очікуваним несправностям. Ситуації з несправностями поділяються на короткі замикання й перевантаження.

Тепловий автоматичний вимикач забезпечує захист тільки від перевантаження, оскільки його не оснащено захисним механізмом, який давав би змогу швидко й надійно захистити електроустановку від коротких замикань.

Це означає, що в разі короткого замикання спрацьовування вимикача потребуватиме більше часу.

Термомагнітні автоматичні вимикачі також оптимальні для надійного захисту споживача від короткого замикання.

Вони забезпечують захист від перевантаження з середньою затримкою спрацьовування, комбінований зі швидкодійним і надійним захистом від короткого замикання.

Для більшості робочих характеристик термомагнітних вимикачів не є проблемою навіть дуже високі пускові струми.

Електронні вимикачі мають значно більшу точність. Автоматичні вимикачі з електронною робочою характеристикою використовуються для створення швидкодійного захисту від перевантаження й короткого замикання.

Вони використовуються перед особливо чутливими пристроями й

захищають їх не тільки від надто довгих, але й від зависоких навантажень.

Таким чином, електронні вимикачі не просто оптимально пристосовані для захисту систем і машин, але також часто забезпечують можливість комплексної діагностики. Функції дистанційного обслуговування може бути реалізовано в значно більшому обсязі.

Більш того, завдяки розширеній функціональності дистанційної сигналізації й керування цей тип вимикачів у деяких випадках можна використовувати в електроустановках з ускладненим доступом.

Рекомендований вибір з урахуванням характеристики вимкнення й випадків несправності		
	Час спрацьовування в разі перевантаження	Час спрацьовування в разі короткого замикання
Теплові автоматичні вимикачі		
Термомагнітні автоматичні вимикачі		
Електронні автоматичні вимикачі		

Режим вимкнення ■ Непридатний ■ Адекватний ■ Оптимальний

3 Додаткові функції

Вибір автоматичного вимикача пристроїв, який був би оптимальним для конкретного застосування, засновано не тільки на технології й пов'язаному з нею режимом вимикання. Додатково до наявності або відсутності обмеження струму або можливості регулювання номінального струму також відіграє роль тип допоміжного контакту або наявність сигналізації й керівних сигналів.

3.1 Функції дистанційного керування й сигналізації

Вхід скидання або керування

Вхід скидання можна використати для дистанційного повторного вмикання автоматичного вимикача пристроїв після його спрацювання. Вхід керування можна використовувати не тільки для повторного вмикання автоматичного вимикача пристроїв після спрацювання, але й для його вмикання й вимикання під час нормальної роботи. Робота в цьому режимі аналогічна роботі реле.

Вихідний сигнал стану

Вихідний сигнал стану використовується для виводу даних про рівень напруги в кінцевій точці, які можна надіслати, наприклад, на дискретний вхід ПЛК. Зазвичай, сигнал HIGH виводиться, коли все гаразд, тобто система працює в штатному режимі, а сигнал LOW формується, коли автоматичний вимикач пристроїв спрацював через виникнення несправності. Перевага цього визначення рівня сигналу – те, що він також передбачає виявлення обривання дроту в сигнальному з'єднанні з ПЛК.

Щоб використовувати менше входів PLC, рівні сигналу можуть бути протилежними описаним вище. Це можна зробити шляхом групування окремих вихідних сигналів стану декількох одноканальних автоматичних вимикачів пристроїв в один груповий сигнал. У цьому разі потрібні вимикачі з інвертованим виходом стану. У виробках

такого типу сигнал LOW виводиться, коли все гаразд, тобто система працює в штатному режимі.

Сигнал HIGH виводиться, коли один або більше автоматичних вимикачів пристроїв спрацювали через несправність. Однак це означає, що з такими пристроями виявлення обривання дроту в сигнальному з'єднанні надалі неможливе.

Н/Р або Н/З сигнальний контакт

Ці типи сигнальних контактів передбачають використання 2-позиційних безпотенційних контактів стану, які можуть бути під'єднані окремо або з'єднані між собою.

Контакт Н/Р є нормально-розімкненим контактом. Це означає, що він замкнений, коли система працює штатно. Якщо автоматичний вимикач пристроїв спрацює через несправність, цей контакт розмикається. Послідовне під'єднання всіх цих контактів дає змогу легко збудувати просту групову сигналізацію для групи вимикачів пристроїв. У цьому разі один кінець послідовного з'єднання має бути під'єднано до джерела +24 В, а інший – до цифрового входу ПЛК.

Контакт Н/З є нормально-замкненим контактом. Це означає, що він розімкнений, коли система працює штатно. Якщо вимикач пристроїв спрацює через несправність, цей контакт замикається (рис. 17).

Індивідуальна або групова сигналізація

Багатоканальні автоматичні вимикачі пристроїв зазвичай оснащено функцією групової сигналізації у вигляді безпотенційного Н/Р контакту.

Одноканальні автоматичні вимикачі пристроїв здебільшого також оснащено одним Н/Р контактом для одноканальної сигналізації. Однак у разі групи окремих пристроїв їх також може бути з'єднано послідовно для групової сигналізації. У деяких випадках, на відміну від одноканальної сигналізації, це дає змогу заощадити кілька дискретних входів ПЛК.

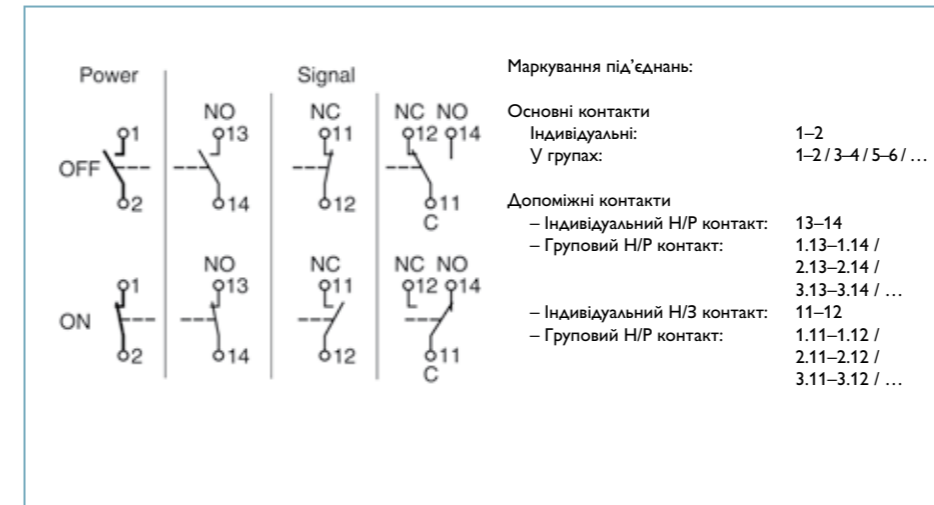


Рис. 17: Налаштування допоміжних контактів залежно від стану комутації основного контакту

Живлення	основний контакт
Сигнал	допоміжні контакти
NO	нормально-розімкнений контакт (Н/Р)
NC	нормально-замкнений контакт (Н/З)
C	спільний нижній перекидний контакт

3.2 Номінальні струми — фіксовані або з можливістю налаштування

Належний номінальний струм для автоматичного вимикача пристроїв може бути або визначено під час придбання, або під час встановлення у шафу електроустановки. Це означає, що рішення передбачає вибір або виробу з фіксованим номінальним струмом, або вимикача з діапазоном регулювання номінального струму. Останній варіант дає змогу окремо

регулювати номінальний струм, придатний для цієї електроустановки, наприклад, за допомогою потенціометра, покрового перемикача або однієї кнопки. Однією з основних переваг цієї можливості регулювання є те, що ви можете вільно налаштувати / змінювати налаштування в системі до закінчення монтажу пристроїв. У пристроях з фіксованою величиною

струму ця можливість є лише тоді, коли прийнято рішення використовувати версії вимикачів зі вставними елементами. Тоді номінальний струм залишається невизначеним, доки не буде зроблено вибір вставки для автоматичного вимикача пристроїв.

3.3 Адаптовані резервні запобіжники

В електронних автоматичних вимикачах вбудовано резервний запобіжник, який використовується як елемент, що забезпечує безвідмовність. Це робиться на той рідкісний випадок, коли технічна несправність виникає в основному комутаційному елементі (польовий МОП-транзистор), щоб захистити його від теплового

пошкодження. Додатковий захисний елемент потрібен відповідно до американських стандартів UL. Електронний автоматичний вимикач є електричним пристроєм. Це означає, що він також має бути захищеним. Такий захист можна забезпечити за допомогою зовнішнього запобіжника, але це не обов'язково, оскільки запобіжний

пристрій вже вбудовано в електронний автоматичний вимикач.

Типорозмір резервного запобіжника повинен відповідати умовам експлуатації електроустановки, тому замовникам доступні також пристрої з малими максимальними значеннями номінального струму, щоб краще захистити датчики або інші чутливі навантаження.

3.4 З обмеженням струму або без нього

Залежно від практичного застосування, потрібно прийняти такі рішення: технологія обмеження струму має таку перевагу, що вона не дозволяє струму, який протікає в колі навантаження, збільшуватися понад визначену межу. Така межа зазвичай становить від 1,25 до 2,0 величини номінального струму й запобігає надмірному перевантаженню джерела живлення. Для джерела живлення навіть важке коротке замикання спричиняє тільки невелике перевантаження. Крім того, немає потреби в прокладанні кабелів

надмірного типорозміру. Однак іноді технологія обмеження струму дає змогу використовувати під час запуску тільки малі струми. Але великі пускові струми – це саме те, що потрібно для безперебійного запуску певних навантажень, наприклад, для того, щоб створити пусковий момент двигуна. Автоматичні вимикачі пристроїв без засобів обмеження струму дають змогу під час запуску забезпечити протікання повного струму в напрямку навантаження. Завдяки цьому можна швидше запускати навіть важкі

3.5 Гальванічна розв'язка

У багатьох галузях, зокрема в переробній промисловості, потрібна фактична гальванічна розв'язка. Це виключає будь-яке фізичне під'єднання до джерела живлення в таких випадках, як шунтування для технічного обслуговування. У разі несправності контури протікання струму мають повну гальванічну розв'язку.

Ця вимога не є проблемою для теплових і термомагнітних автоматичних вимикачів пристроїв.

А от принцип роботи електронного автоматичного вимикача, коли як комутаційний елемент використовується польовий МОН-транзистор (MOSFET), не дає змоги цього зробити. Під час спрацювання він має дуже високий імпеданс, який майже цілковито зменшує протікання струму, але без справжнього розмикання контакту.

Поєднання реле й польового МОН-транзистора (MOSFET) може забезпечити надійне й стійке вирішення

навантаження, наприклад двигуни з високим пусковим моментом або ємнісні навантаження. Для цього використовуються інтелектуальні методи аналізу струму, які дають змогу відрізнити справжнє важке коротке замикання від значного пускового струму. Це гарантує безпечне вимикання системи ще до того, як виникнуть критичні умови роботи.

для здійснення гальванічної розв'язки. Під час вимкнення й перезапуску струм навантаження направляється через МОН-транзистор.

Це дає змогу захистити контакти елемента (реле) гальванічної розв'язки від згорання або розплавлення. Однак у ввімкненому робочому стані струм навантаження спрямовується через реле практично без втрат.

4 Фактори впливу під час експлуатації в складі електроустановки

Деякі електроустановки часто потребують дуже довгих кабельних ліній, що може значно погіршити роботу системи. У разі несправності потрібний струм спрацювання захисту може бути обмежено зависоким опором лінії, а це призводить до занадто пізнього вимикання. Іноді це може призвести до падіння напруги й простоювання системи. Максимальна довжина кабелю, який можна використовувати між джерелом живлення й кінцевим пристроєм, залежить від низки факторів:

- Тип джерела живлення (робоча характеристика)
- Максимальний струм джерела живлення (Power Boost, SFB Technology тощо)
- Внутрішній опір або падіння напруги для передбаченого захисного пристрою
- Опір кабелю (матеріал, переріз, довжина)
- Теоретичний контактний опір у кінцевих точках
- Вплив температури

Факторами, на які можна безпосередньо впливати, є тип, поперечний переріз і довжина кабелю. Вибрана кабельна траса повинна бути якомога коротшою, оскільки опір кабелю принципово протидіє будь-якому струму короткого замикання. У разі використання мініатюрних автоматичних вимикачів потрібний кратний номінальному струму для забезпечення безпечного й швидкого вимкнення залежить від використовуваної характеристики й має до 15 разів перевищувати номінальний струм. За такої великої потреби в струмі в разі несправності опір кабелю дуже швидко починає діяти як обмежувальний фактор, унеможливаючи виявлення струму короткого замикання як такого. Унаслідок цього вимикання відбувається надто пізно й спричиняє падіння напруги для всіх навантажень, під'єднаних до одного джерела напруги (рис. 18).

З цієї причини надзвичайно важливо знайти правильну робочу характеристику. Така характеристика, звісно, має давати змогу не тільки запуску навантаження,

Максимальні струми короткого замикання (24 В постійного струму)						
Відстань між джерелом живлення/навантаженням	Поперечний переріз провідника					
	0.34 мм ²	0.5 мм ²	0.75 мм ²	1.0 мм ²	1.5 мм ²	2.5 мм ²
2 м	119 А	175 А	263 А	351 А	526 А	877 А
4 м	60 А	88 А	132 А	175 А	263 А	439 А
6 м	40 А	58 А	88 А	117 А	175 А	292 А
10 м	24 А	35 А	53 А	70 А	105 А	175 А
20 м	12 А	18 А	26 А	35 А	53 А	88 А
30 м	8 А	12 А	18 А	23 А	35 А	58 А
40 м	6 А	9 А	13 А	18 А	26 А	44 А
50 м	5 А	7 А	11 А	14 А	21 А	35 А

Рис. 18: У таблиці наведено значення максимального струму, який може протікати через заданий мідний провідник. Це свідчить про те, наскільки послаблюється струм через опір кабелю. З цієї причини за деяких обставин коротке замикання неможливо вимкнути негайно.

але й негайного його вимкнення в разі несправності.

У такому разі часто стає в пригоді робоча характеристика SFB, розташована між характеристиками В і С. Однак блок живлення повинен мати в резерві потрібний струм спрацювання.

Це також забезпечує безпечну експлуатацію.

Якщо неможливо прокласти кабель меншої довжини або з більшим поперечним перерізом, як захисний пристрій зазвичай можна використовувати додатковий електронний вимикач.

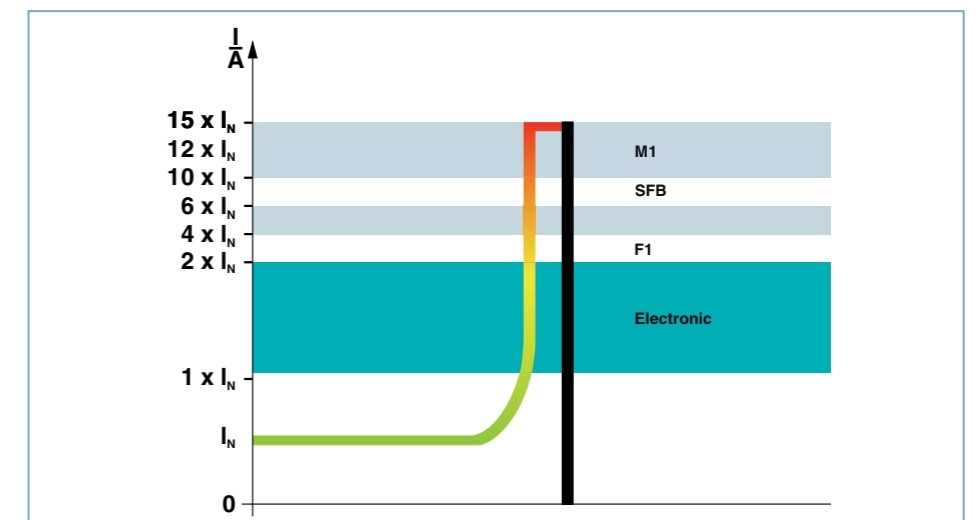


Рис. 19: Струм спрацювання для електронних автоматичних вимикачів значно нижчий, ніж для термомагнітних автоматичних вимикачів.

Це пояснюється тим, що електронний автоматичний вимикач реагує на струми, наближені до величини номінального струму.

Якщо струм, що протікає, визначено як несправність, вимикання відбувається швидко. Опір кабелю, який надмірно обмежував струм спрацьовування, припиняє бути фактором впливу (рис. 19).

У разі електронного захисту від надмірних струмів вимірюються й аналізуються струми й напруги, виявлені струми несправностей відповідно розмикаються. Це призводить до того, що потрібний струм несправності перебуває в діапазоні від 1,2 до 2,0 значень номінального струму, а не повинен мати 15-кратне перевищення номіналу, як у разі з механічними автоматичними вимикачами. Це забезпечує точніший захист. Однак у разі довгих кабелів падіння напруги значно більше, оскільки велика довжина мало сприяє надходженню струму до навантаження, коли залишиться тільки невелика залишкова напруга. З цієї причини під час налаштування варто зважати також і на це падіння напруги.

Розрахунок кабелю

Для здійснення безпечного вимикання захисним пристроєм у разі короткого замикання або перевантаження потрібно розрахувати максимальну корисну довжину кабелю, яка буде безпечною (рис. 20 і 21).

Для обчислення потрібні такі дані:

R_{max}	максимальний загальний опір
U	номінальна напруга
U_{CB}	падіння напруги для автоматичного вимикача пристроїв
I_{CB}	розрахунковий струм автоматичного вимикача пристрою
x_l	коефіцієнт спрацьовування згідно з характеристикою струму / множителем номінального струму
R_{Lmax}	максимальний опір кабелю
R_{CB1A}	внутрішній опір автоматичного вимикача пристрою на 1A
L_{max}	максимальна довжина кабелю
A	площа перерізу провідника
ρ	питомий опір провідника R_{ρ} (Cu 0,01786)

Значення для прикладу розрахунку

U	= 24 V	пост. струму
U_{CB}	= 0.14 V	пост. струму
x_l	= 15	> з робочої

характеристики M1	= 2	> з робочої
-------------------	-----	-------------

характеристики E	I_{CB}	= 1 A
	R_{CB1A}	= 1.1 > з таблиці типових значень внутрішнього опору, розділ 4.3
	ρ	= 0.01786 > мідь
	A	= 1.5 mm ² > розрахунковий

$$R_{max} = \frac{U}{I_{CB} \cdot x_l} = \frac{24 \text{ V}}{1 \text{ A} \cdot 15} = 1,6 \Omega$$

$$R_{Lmax} = R_{max} - R_{CB1A} = 1,6 \Omega - 1,1 \Omega = 0,5 \Omega$$

$$L_{max} = \frac{R_{Lmax} \cdot A}{\rho} = \frac{0,5 \Omega \cdot 1,5 \text{ mm}^2}{0,01786 \cdot \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}} = 42 \text{ m}$$

Рис. 20: Розрахунок здійснюється в три етапи:

1. Повний опір контуру
2. Максимальний опір кабелю
3. Максимальна довжина кабелю

$$R_{Lmax} = \frac{U - U_{CB}}{I_{CB} \cdot x_l} = \frac{24 \text{ V} - 0,14 \text{ V}}{1 \text{ A} \cdot 2} = 11,93 \Omega$$

$$L_{max} = \frac{R_{Lmax} \cdot A}{\rho} = \frac{11,93 \Omega \cdot 1,5 \text{ mm}^2}{0,01786 \cdot \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}} = 1001 \text{ m}$$

Рис. 21: Розрахунок кабелю для електронних автоматичних вимикачів. Розраховане значення можливе тільки теоретично. На практиці варто враховувати падіння напруги в з'єднувальній лінії.

5 Зв'язок

Потрібний рівень автоматизації в багатьох галузях промисловості зростає з року в рік. Це сприяє все більшому попиту на засоби зв'язку й мережевого під'єднання компонентів, зокрема у сфері захисту від надмірного струму.

Автоматичні вимикачі пристроїв, під'єднані до інтерфейсів зв'язку, мають величезну додаткову цінність для промисловості. Доступ до пристроїв здійснюється дистанційно, що дає змогу будь-коли й будь-де відстежувати й регулювати процеси в системі.

5.1 Прозорість системи

Під'єднання до інтерфейсу зв'язку дає змогу активувати або знеструмувати окремі канали, залежно від потреб технологічного процесу, а також зручно регулювати номінальний струм. За допомогою широкого спектру функцій моніторингу прозоре представлення процесу можна забезпечити аж до самого навантаження, завдяки чому можна виявляти несправності заздалегідь і навіть запобігати їх виникненню.

Можливість доступу до системи з будь-якої точки світу, шляхом під'єднання до потрібного інтерфейсу, дає змогу підняти сервіс і технічну підтримку на цілковито новий рівень. Можна контролювати кожне значення – від вхідної напруги й заданого номінального струму до величини струму, який фактично протікає в каналі. Крім того, можна дистанційно захистити окремі канали або весь автоматичний

вимикач від зовнішніх несанкціонованих втручань. Це може бути зроблено шляхом блокування налаштування номінального струму або блокування всієї роботи пристрою. IO-Link є одним з можливих варіантів організації такого інтерфейсу.

5.2 IO-Link

Першу версію комунікаційної системи IO-Link було розроблено тільки для під'єднання переважно інтелектуальних датчиків і приводів. Систему взяли зі стандарту IEC 61131-9 за описом «Одноканальний цифровий комунікаційний інтерфейс для малих датчиків і виконавчих пристроїв (SDCI)».

Тим часом цей комунікаційний протокол також інтегрується в пристрої, наприклад, джерела живлення або автоматичні вимикачі.

Для налаштування зв'язку за протоколом IO-Link потрібен один головний пристрій IO-Link (майстер)

та один пристрій з функцією IO-Link. Зв'язок між цими двома пристроями організовано за схемою «точка-точка».

Один майстер IO-Link може мати кілька портів IO-Link. До кожного порту можна під'єднати один пристрій IO-Link (рис. 22).

За замовчуванням для циклічного обміну даними технологічного процесу між майстром та пристроєм в IO-Link використовуються 2 байти.

Тривалість циклу за вибраної швидкості 230 кбод становить 400 мкс. Також можливі типи кадрів більшого розміру, які дають змогу здійснювати

циклічний обмін даними технологічного процесу розміром до 32 байт. Однак це завжди відбувається за рахунок тривалості циклу.

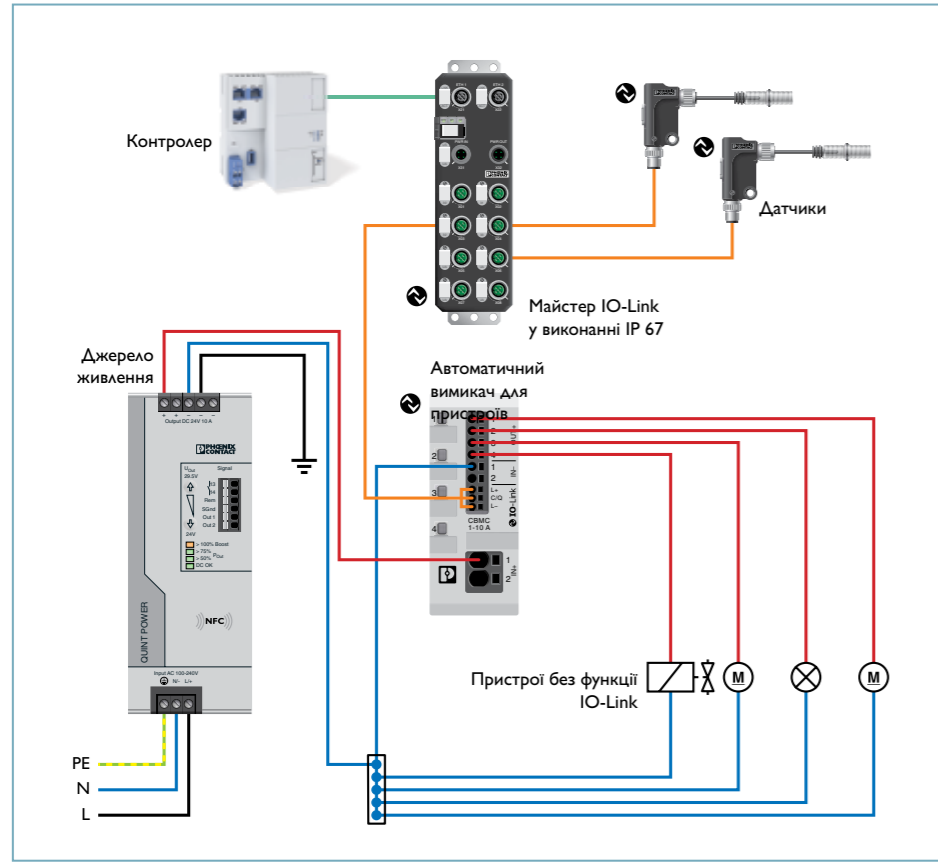


Рис. 22: Приклад застосування IO-Link

Опис пристрою вводу/виводу

Опис пристрою вводу/виводу, або IODD, використовується під час монтажу й налаштування параметрів пристрою. Файл такого типу передбачено для кожного пристрою IO-Link, його надає кожен виробник пристрою. У цьому файлі ви знайдете артикул або серійний номер, спеціальну інформацію про пристрій, а також інформацію про виробника. Більш того, IODD містить усі функції пристрою, які можна регулювати або зчитувати.

Зберігання даних

Крім основних функцій, комунікаційна система IO-Link також пропонує низку корисних функцій, серед яких – функція зберігання даних. Вона дає змогу зберігати в майстра конфігурацію пристрою IO-Link відповідно до порту, який використовується. У разі заміни пристрою, наприклад через його несправність, таку збережену інформацію потім можна передати на новий під'єднаний пристрій. Це робить заміну пристрою зручнішою й мінімізує тривалість простоювання.

6 Виклики практичного застосування

Потреби нормальної роботи системи жодним чином не ускладнюють вибір автоматичних вимикачів. Важче належно врахувати пусковий режим різних навантажень. Це пояснюється тим, що пусковий режим іноді помітно змінюється,

що часто призводить до протікання збільшеного струму (рис. 23 і 24). Така ситуація не повинна призводити до вимкнення, тому це потрібно враховувати під час вибору і автоматичного вимикача пристроїв, і належного джерела живлення,

так само, як і під час визначення потенційної несправності. Для цього джерело живлення повинно мати достатній резерв потужності.

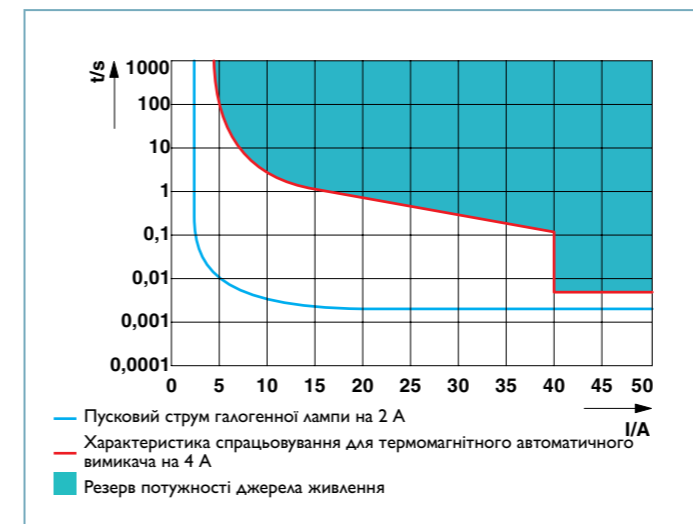


Рис. 23: Термомагнітний автоматичний вимикач на 4 А насправді діє доволі повільно, щоб запустити галогенну лампу, але джерело живлення теж повинне мати достатній резерв потужності

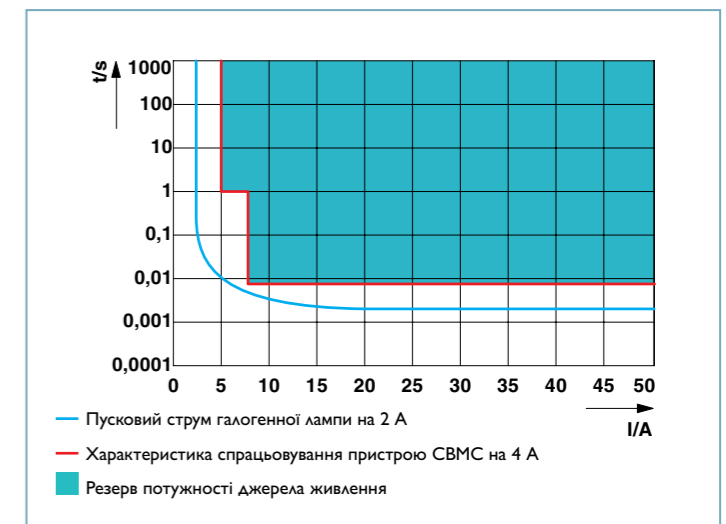
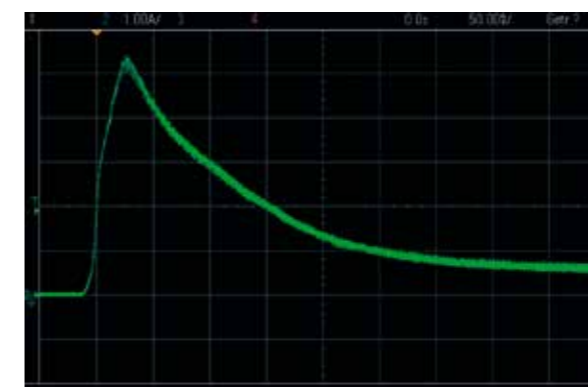


Рис. 24: Завдяки функції інтелектуального виявлення коротких замикань і пускових струмів електронні автоматичні вимикачі здатні точніше здійснювати вимкнення за аналогічних умов. Це означає, що порівняно з термомагнітними автоматичними вимикачами аналогічного номіналу потрібен набагато менший резерв потужності (рис. 23)

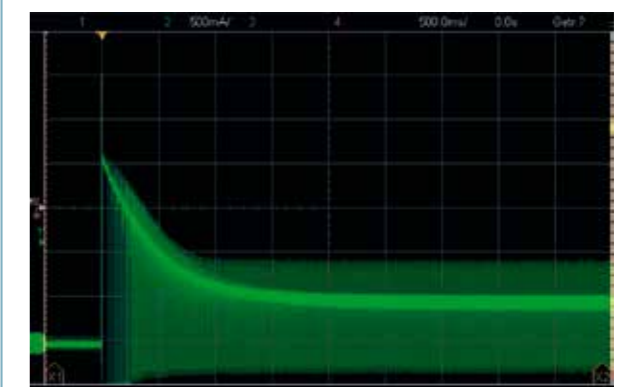
Режим запуску електродвигуна постійного струму

Номінальний струм 500 мА
 Пусковий струм / тривалість 2 x I_n = 1 А / близько 500 мс
 8 x I_n = 4 А / близько 50 мс



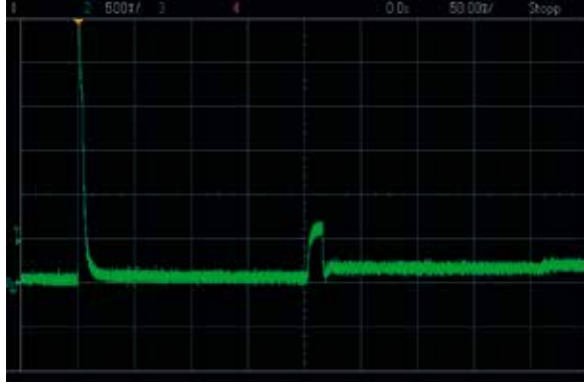
Режим запуску вентилятора

Номінальний струм 500 мА
 Пусковий струм / тривалість 2 x I_n = 1 А / близько 500 мс
 3 x I_n = 1.5 А / близько 100 мс



Режим запуску компактного контролера

Номинальний струм 100 mA
 Пусковий струм / тривалість $2 \times I_n = 200 \text{ mA}$ / близько 180 мс
 $10 \times I_n = 2 \text{ A}$ / близько 5 мс



Режим запуску галогенної лампи

Номинальний струм 2 A
 Пусковий струм / тривалість $2 \times I_n = 4 \text{ A}$ / близько 25 мс
 $6 \times I_n = 12 \text{ A}$ / близько 5 мс



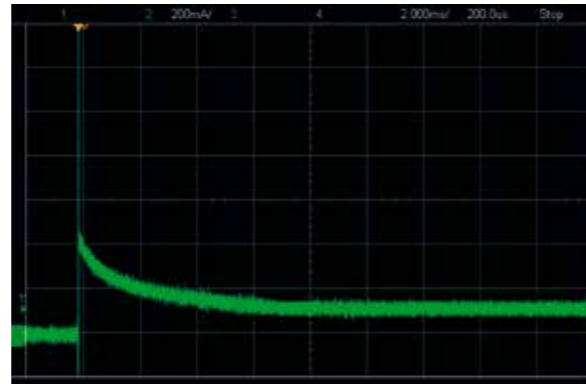
Режим запуску контактора навантаження

Номинальний струм близько 17 мс
 Пусковий струм / тривалість $2 \times I_n = 400 \text{ mA}$ / близько 17 мс
 $30 \times I_n = 6 \text{ A}$ / близько 10 мс



Режим запуску вимірювального перетворювача температури

Номинальний струм 100 mA
 Пусковий струм / тривалість $2 \times I_n = 200 \text{ mA}$ / близько 2 мс
 $3 \times I_n = 300 \text{ mA}$ / близько 1 мс



7 Стандарти й атестації

Під час використання автоматичних вимикачів важливі різні стандарти. Загалом застосовні стандарти залежать від різних ринків і галузей, де використовуються відповідні вироби. Стандарти IEC/EN діють передусім на європейському ринку. Американський ринок потребує відповідності стандартам UL. Для суднобудування, наприклад, також потрібні відповідні атестації. Застосування атестацій залежить від вимог замовника.

7.1 Європейські стандарти

Стандарт IEC/EN 60898 охоплює мініатюрні автоматичні вимикачі для систем електрообладнання будівель і подібних цілей. Звичайні мініатюрні автоматичні вимикачі мають високу здатність вимкнення від 5 до 6 кА.

Однак така здатність вимкнення для комутаційних пристроїв не потрібна. У цьому разі використовуються автоматичні вимикачі, які відповідають стандарту IEC/EN 60934.

Оскільки потреби в особливо високій комутаційній здатності немає, конструкція значно зменшується, що забезпечує низку переваг.

7.2 Американські стандарти

Для багатьох європейських виробників у галузі машинобудування й системотехніки дуже важливо використовувати пристрої, які вже було випробувано за нормами UL і певним чином внесено до відповідної номенклатури. В ідеальному разі пристрої, передбачені для використання, має бути внесено до номенклатури UL або переліку як компоненти категорії UL Recognized.

Це спрощує будь-який потенційний експорт, оскільки таке обладнання без проблем можна використовувати в Європі й США. Якщо пристрої лише внесено до переліку як компоненти категорії UL Recognized, їх можна встановити в шафі керування або аналогічній системі, які потім внести до номенклатури UL як цілісну систему. З іншого боку, якщо пристрій внесено

до номенклатури UL, його можна використовувати як окремий компонент/пристрій. Унесення до номенклатури UL здебільшого приймається в Канаді, тому атестація CSA для конкретної країни не обов'язкова.

7.3 Атестації для суднобудування

Для цієї галузі найважливішими є три наступні атестації для суднобудування:

- DNV-GL (Det Norske Veritas und Germanischer Lloyd)
- LR (Lloyd's Register of Shipping)
- ABS (American Bureau of Shipping)

Умови навколишнього середовища й впливи на судно під час плавання значно жорсткіші, ніж для звичайних машин

і систем. З цієї причини здійснення потрібних випробувань коштує дуже дорого. Насамперед на дуже високому рівні перевіряється стійкість до ударів, вібрації та електромагнітних завад. Це означає, що будь-які автоматичні вимикачі пристроїв, схвалені для використання в суднобудуванні, можна використовувати

в більшості середовищ без жодних сумнівів.

7.4 Декларація відповідності нормам ЄС (маркування CE)

Декларація відповідності нормам ЄС для виробника є способом підтвердження того, що продукт, який він пропонує на ринку, відповідає вимогам усіх чинних європейських директив. Електронні автоматичні вимикачі підпадають під дію Директиви про електромагнітну сумісність (EMC). На цій директиві базується складання декларації. У такому разі для перевірки всіх критеріїв застосовуються стандарти випробувань на електромагнітну сумісність. Якщо продукт можна класифікувати як безпечний і відповідний вимогам, він отримує маркування CE.

Електронні автоматичні вимикачі належать до переліку обладнання, описаного в Директиві 2014/30/EU (Директива про електромагнітну

сумісність). Статті 2 і 3 розділу 1 цієї Директиви визначають сферу застосування й терміни.

Витяг з Директиви 2014/30/EU: «Термін «апарат» означає будь-який готовий прилад або їх комбінацію, доступний на ринку як єдиний функціональний пристрій, призначений для кінцевого споживача і здатний генерувати електромагнітні завади, або робота якого може бути порушена впливом таких завад».

Деякі важливі вимоги з цієї Директиви:

Обладнання має бути спроектовано й виготовлено на сучасному рівні техніки, щоб відповідати таким критеріям:

- Електричні завади, які воно спричиняє, не досягають рівнів,

які заважали б роботі бездротових і телекомунікаційних пристроїв або іншого обладнання.

- Воно достатньо стійке до електромагнітних завад, які очікуються під час штатної експлуатації, завдяки чому може працювати належним чином без необґрунтованих порушень.

Для декларації відповідності нормам ЄС той факт, що пристрої відповідають основним вимогам Директиви 2014/30/EU та вимогам конкретних стандартів з електромагнітної сумісності, має бути задокументовано за допомогою процедури оцінювання відповідності.

7.5 NEC Class 2

NEC (National Electric Code) – американський стандарт, який описує безпечний монтаж електричних кабелів і пристроїв. Описано також «контури малої потужності», які часто називають «контурами NEC Class 2». Контури, які проводять потужність менше 100 ВА, не вважаються небезпечними для життя й кінцівок або такими, що можуть спричинити пожежу. Для випробувань на відповідність вимогам NEC Class 2 використовуються частини стандарту UL 1310.

Це, вочевидь, застосовується лише на американській території; однак атестація NEC Class 2 також широко застосовується в інших країнах світу. Це надає перевагу машинобудівникам

і виробникам систем, які експортують свою продукцію до США.

Для електрообладнання, яке має дротове під'єднання до виробів з атестацією NEC Class 2, схвалення UL необов'язкове (рис. 25).

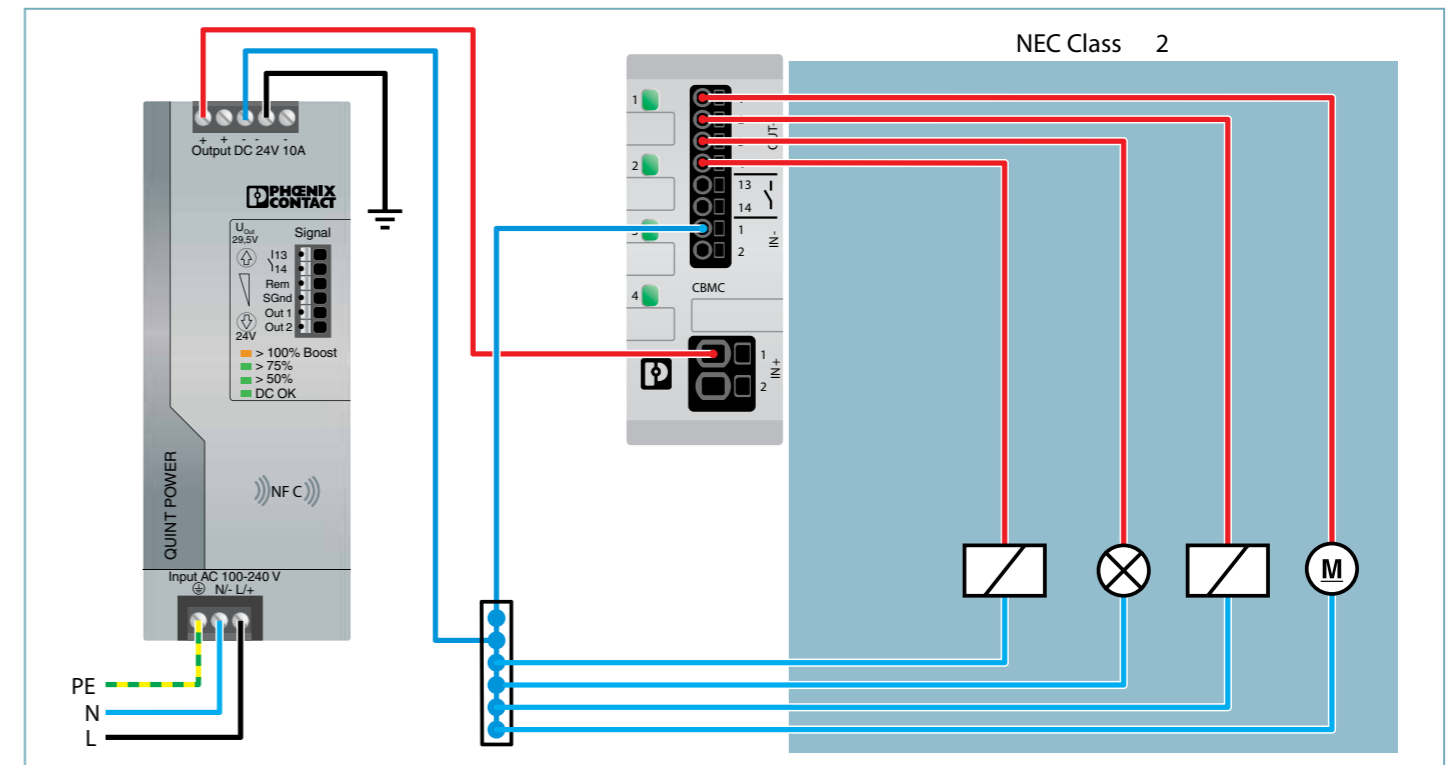


Рис. 25: Приклад практичного застосування для автоматичних вимикачів з виходами NEC Class 2

8 Безпечна експлуатація системи з виробами Phoenix Contact

Для досягнення високого рівня експлуатаційної готовності системи важливіше враховувати ширший спектр факторів, ніж окремі компоненти. Під час планування потрібно брати до уваги властивості всієї системи. Від вхідної напруги системи до напруги навантаження – усі компоненти мають бути узгодженими один з одним. Це єдиний спосіб забезпечити її експлуатаційну готовність. Компанія Phoenix Contact пропонує відповідні продукти, які допоможуть вам у досягненні цієї мети.



Захист від імпульсних перенапруг

- Наше технічне вирішення для захисту від імпульсних перенапруг забезпечує ідеальний захист для промислових джерел живлення
- Інформація про поточний стан захисного обладнання передається в кімнату керування за допомогою реленого контакту дистанційної сигналізації
- Наші роз'ємні пристрої захисту від імпульсних перенапруг можна легко протестувати й замінити захисний елемент в разі перевантаження



Джерело живлення

- Джерела живлення з різною функціональністю, різних класів потужності, призначені для різних областей застосування й галузей промисловості
- Розроблена компанією Phoenix Contact технологія SFB і функція превентивного моніторингу збільшують рівень експлуатаційної готовності електроустановок
- Простота розширення системи забезпечується завдяки функції статичного резерву потужності Static Boost; запуск важких навантажень можна здійснювати за допомогою функції динамічного резерву потужності Dynamic Boost

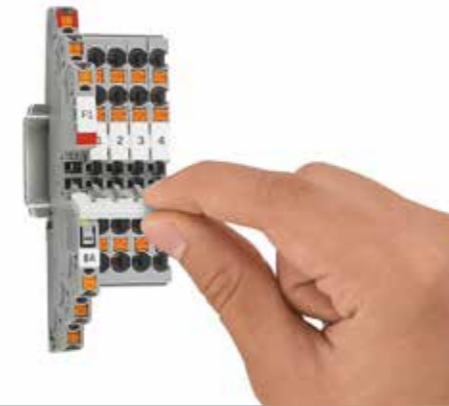


Автоматичні вимикачі пристроїв

- Ідеальний захист пристроїв відповідно до будь-яких вимог завдяки достатньому асортименту захисного обладнання
- Ретельний контроль стану системи завдяки функціям інтелектуального аналізу й сигналізації про відхилення від норми
- Простота введення системи в експлуатацію забезпечується запровадженням технологій під'єднання, які не потребують використання будь-яких інструментів, а також її інтуїтивно зрозумілим функціонуванням

PTCV – компактні електронні автоматичні вимикачі пристроїв для універсального застосування завширшки 6 мм

- Простота налаштування електроустановки завдяки можливості встановлення перемичок системи клем CLIPLINE complete
- Більше вільного місця в шафі керування: найвужчий захисний пристрій має ширину корпусу лише 6 мм
- Гнучкість у використанні й зменшення матеріальних запасів завдяки можливості налаштування значення струму на кожному пристрої для широкого спектру застосувань



СВ Е – одноканальні електронні автоматичні вимикачі пристроїв з можливістю індивідуального налаштування

- Застосування змінних захисних елементів робить можливим індивідуальне налаштування
- Широкий вибір змінних захисних елементів з фіксованими значеннями номінального струму й захистом від несанкціонованих змін
- Активне обмеження струму для покращення умов експлуатації джерела живлення, розташованого в схемі попереду захисного пристрою



СВМС – компактні багатоканальні електронні автоматичні вимикачі пристроїв

- Простота заміни без перепроектування завдяки компактній конструкції та можливості індивідуального налаштування
- Налаштування параметрів окремих кіл без будь-яких інструментів за допомогою однієї кнопки зі світлодіодним індикатором
- Можливе попереднє налаштування – для захисту пристроїв відповідно до конкретних вимог, які стосуються вашої системи



СВМ — багатоканальні електронні автоматичні вимикачі пристроїв

- Простота налаштування завдяки асистенту визначення номінального струму
- Активне обмеження струму для покращення умов експлуатації джерела живлення, розташованого в схемі попереду захисного пристрою
- Можливість покрокового регулювання кожного каналу: від 0,5 А до 10 А



9 СЛОВНИК

Активне обмеження струму

Обмеження струму, що протікає в будь-якому експлуатаційному стані, визначеним виробником максимальним значенням. Це стосується і струмів несправності, і пускових струмів.

Температура навколишнього середовища

Температура повітря, яке оточує обладнання.

Допоміжний контакт

Контакт у допоміжному контурі, який використовується для дистанційної сигналізації.

Резервний запобіжник

Інтегрований додатковий запобіжний елемент, який забезпечує захист автоматичного вимикача пристроїв у тому малоімовірному випадку, коли його електронні компоненти вийшли з ладу.

Перекидний контакт

Сигнальний контакт із трьома під'єднаннями, який забезпечує функціональність нормально розімкненого контакту (Н/Р) і нормально замкненого контакту (Н/З).

Повітряний проміжок

Визначає найкоротшу відстань між двома струмопровідними частинами.

Умовний струм короткого замикання

Умовний струм короткого замикання I_{sc} описує максимальний струм, який здатен перервати автоматичний вимикач або захисний пристрій, коли збереження працездатності вимикача для подальшого використання не обов'язкове. Умовний струм короткого замикання повинен бути більшим, ніж максимально можливий струм короткого замикання в контурі. Це варто розуміти як передбачуваний струм короткого замикання, який міг би протікати найкоротшим шляхом у контурі без жодного захисного пристрою.

Спосіб під'єднання

Технічні умови на засоби під'єднання провідника, наприклад за допомогою клеми з гвинтовим затискачем або технологією push-in.

Довжина шляху витоку струму

Найкоротша відстань між двома струмопровідними частинами по поверхні ізоляційного матеріалу.

Обмеження струму

Див. Активне обмеження струму

Автоматичні вимикачі пристроїв

Автоматичні вимикачі, які забезпечують захист від можливих пошкоджень, спричинених перевантаженням або короткими замиканнями. Вони мають спеціальну конструкцію для захисту пристроїв і виконавчих елементів у складі машин і систем.

Електрична ізоляція

Додаткове фізичне переривання струму основного навантаження через фактичний зазор за допомогою контактів, що розмикаються самостійно.

Електронне блокування

Механізм блокування, який запобігає випадковій зміні величин номінального струму на кожному каналі після їх налаштування.

Запобіжники

Запобіжники забезпечують розмикання кола й вимкнення струму в разі перевищення дозволеного струму протягом тривалого часу.

Головний контакт

Контакт у основному контурі, який у замкненому стані проводить струм.

Мініатюрні автоматичні вимикачі

Ці пристрої використовуються для захисту кабелів від пошкоджень, спричинених перевантаженням або короткими замиканнями.

MOSFET (МОН-транзистор)

Польовий транзистор, який працює на ефекті метал-оксид-напівпровідник, у складі електронного автоматичного вимикача.

MTBF

(Середнє напрацювання на відмову) Очікуваний період експлуатації між двома послідовними відмовами.

Кількість каналів

Використовуються одноканальні й багатоканальні автоматичні вимикачі пристроїв. У багатоканальних автоматичних вимикачах окремі канали незалежні один від одного й захищають різні контури.

Кількість полюсів

Кількість полюсів визначає, скільки контурів струму може бути одночасно захищено й вимкнено в разі виникнення несправності. Окремі контури струму сполучені між собою й мають бути вимкнені одночасно в разі несправності.

Нормально замкнений контакт (Н/З)

Рухомий допоміжний контакт. Розімкнутий, якщо головний контакт замкнуто.

Нормально розімкнений контакт (Н/Р)

Рухомий допоміжний контакт. Замкнутий, якщо головний контакт замкнуто.

Робочі характеристики

Характеристичні криві, які описують поведінку автоматичного вимикача пристроїв за значень струму й напруги, нижчих за визначений рівень.

Вимкнення в умовах перевищення струму

Звичайні автоматичні вимикачі забезпечують вимкнення надмірного струму в разі несправності в межах діапазону спрацьовування їхньої характеристики «час-струм».

Струм перевантаження

Струм перевантаження – це струм, що перевищує номінальний струм і подальше протікання якого недопустиме.

Розсіювання потужності в умовах штатної експлуатації

Розсіювання потужності без навантаження описує струм замкнутого контуру автоматичного вимикача, який потрібен для додаткового споживання енергії. Максимальне розсіювання потужності в умовах штатної експлуатації стосується вихідної потужності, яка виникає в усіх контурах (головне коло, коло керування, коло сигналізації) під час роботи за найвищого номінального струму й найвищої номінальної напруги, плюс розсіювання потужності для додаткового споживання енергії.

Номінальний струм

Під номінальним струмом I_N у контексті автоматичних вимикачів варто розуміти струм, який може протікати безперервно в умовах, визначених виробником і за яких вимикач не повинен спрацьовувати. Такі умови передбачають, наприклад, номінальну напругу, температуру навколишнього середовища й положення установки.

Номінальна комутаційна здатність в умовах короткого замикання

Номінальна комутаційна здатність в умовах короткого замикання I_{cn} – це максимальний струм, який автоматичний вимикач повинен вмикати, проводити й вимикати за певних умов. У цьому разі застосовується правило, що автоматичний вимикач повинен забезпечувати успішне вимкнення при спробі включення два рази поспіль під час до короткого замикання.

Номінальні значення

Величини параметрів, на які розраховано компоненти обладнання, наприклад, номінальний струм, напруга, частота.

Номінальна напруга

Під номінальною напругою U_N у контексті вимикачів варто розуміти значення напруги, на яке розраховані експлуатаційні характеристики.

Характеристика SFB в термомагнітних автоматичних вимикачах

(SFB означає Selective Fuse Breaking) Автоматичні вимикачі пристроїв, які працюють на основі цієї характеристики, у разі короткого замикання спрацьовують раніше. Характеристика спрацьовування SFB перебуває посередині між характеристиками M1 і F1.

SFB technology в джерелах електричного живлення

Джерела електричного живлення, що працюють із застосуванням цієї технології, забезпечують великий резерв струму в разі короткого замикання. Навіть у разі дуже довгих ліній на захисне обладнання подається потрібний для вимкнення струм. Ті частини обладнання, на які несправність не поширилася та які також під'єднано до цього джерела живлення, продовжують працювати в штатному режимі.

Струм короткого замикання

Струм короткого замикання виникає в неправильному з'єднанні з низьким опором між двома точками, які в нормальному режимі мають різні потенціали.

Виявлення короткого замикання

Електронні автоматичні вимикачі від Phoenix Contact оснащено інтелектуальною функцією виявлення коротких замикань. Це дає змогу здійснювати запуск навантажень зі значними пусковими струмами, навіть якщо вони входять до діапазону спрацьовування в разі коротких замикань, водночас виявляючи навіть незначні струми короткого замикання й перериваючи їх протягом кількох мілісекунд.

Діапазон спрацьовування в разі короткого замикання

Термомагнітні й електронні автоматичні вимикачі мають діапазон спрацьовування в разі короткого замикання, який, залежно від типу, становить від 5 до 15 величин номінального струму. Вимкнення в такому разі відбувається протягом кількох мілісекунд.

Цикли комутації

Послідовність спрацьовування елементів під час переходу з одного положення в інше й назад.

Тимчасова міцність діелектрика

Максимальне значення тимчасової напруги, яке може бути витримано й у разі якого не викликає пошкодження ізоляції за заданих умов.

Механізм без переміщення важеля

Спрацьовування автоматичного вимикача пристроїв, яке не передбачає жодних змін у положенні робочого важеля при комутації.

Характеристики спрацьовування

Характеристики спрацьовування описують режим спрацьовування автоматичного вимикача пристроїв. На графічному зображенні показано час перемикання й силу струму, за яких відбувається спрацьовування автоматичного вимикача.

Діапазон спрацьовування

Режим спрацьовування не можна визначити за допомогою однієї точної робочої характеристики. Внутрішні компоненти мають певні допуски. З цієї причини визначається діапазон спрацьовування, у межах якого можливе перемикання автоматичного вимикача. Електронні автоматичні вимикачі також мають певні допуски, але вони виходять з ладу набагато рідше, тому забезпечують надійніший захист.

Тип активування

Описує спосіб, за допомогою якого автоматичний вимикач пристрою активується або скидається. Існують варіанти з автоматичним скиданням або ручним активуванням. Їх оснащено робочим важелем для регулярних або нерегулярних перемикань.

Завчасне попередження на рівні 80%

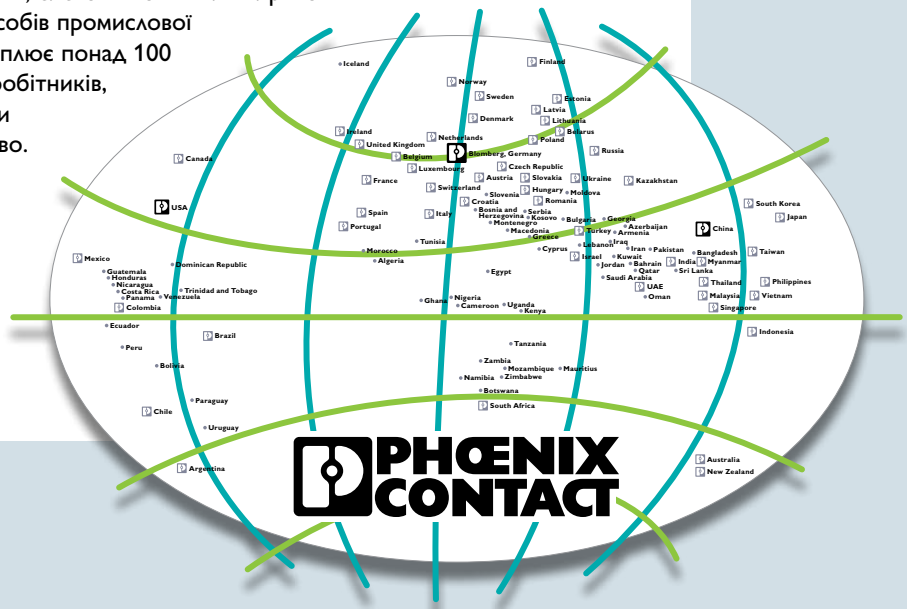
Завчасне попередження сигналізує, що в кожному каналі досягнуто рівня 80% від визначеного номінального струму.

Компанія PHOENIX CONTACT веде діалог із замовниками й партнерами в усьому світі

Німецька компанія Phoenix Contact – лідер світового ринку. Назва нашої промислової групи – це синонім перспективних компонентів, систем і технічних вирішень у галузі електрообладнання, електроніки й засобів промислової автоматизації. Глобальна мережа компанії охоплює понад 100 країн, а колектив налічує близько 16 500 співробітників, які працюють безпосередньо поряд з нашими замовниками, що, на нашу думку, дуже важливо.

Широкий асортимент наших інноваційних виробів спрощує для замовників пошук перспективних технічних вирішень для різноманітних варіантів застосування й галузей промисловості. Особливої уваги ми надаємо засобам автоматизування для енергетики, інфраструктурних систем, обробної та машинобудівної промисловості.

Повну інформацію про весь асортимент нашої продукції можна отримати на веб-сайті нашої компанії:
phoenixcontact.ua



ТОВ «ФЕНІКС КОНТАКТ» (Україна)
вул. Краснова, 27
Київ, 03115 Україна
Тел: 044 594 55 22
e-mail: ua-office@phoenixcontact.com
www.phoenixcontact.ua