

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАХИСНИХ ПРИСТРОЇВ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ У СФЕРІ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

*Каишанов С. Ф., к.т.н., доц. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського);
Олійник А. П., керівник техн. відділу (ДП «Ітон Електрик»)*

Анотація. Проаналізовано основні особливості функціонування та застосування сучасних захисних пристроїв комплексної дії в сфері протипожежного захисту. Такі пристрої призначені для використання в електромережах низької напруги і одночасно можуть виконувати одразу декілька захисних функцій: захист від струмів короткого замикання, захист від струмів замикання на землю, захист від перевантажень, та захист від можливих електричних дугових замикань.

Ключові слова: захисний пристрій, електрична дуга, коротке замикання, перевантаження, пожежна безпека.

Abstract. The basic features of functioning and application of modern protection devices of complex action in the field of fire protection are analyzed. These devices are intended for use in low-voltage networks and may perform several protective functions at the same time: short circuit protection, earth fault protection, overload protection and protection against possible electrical arcing.

Keywords: protective device, electric arc, short circuit, overload, fire safety.

Вступ. Як відомо, ризик виникнення пожежі може мати місце лише у разі одночасної наявності наступних трьох складових – це займистого матеріалу, джерела займання і окислювача (кисню). У разі відсутності хоча б однієї з цих складових, виникнення пожежі стає вже неможливим. Саме тому, основним завданням протипожежного захисту в електромережах низької напруги стає запобігання виникненню джерел запалювання, які викликані дією електричної енергії в результаті можливих пошкоджень, перевантажень та замикань в електромережах [1].

Аналіз стану питання. Основні причини, які можуть призвести до виникнення пожежі в електромережах низької напруги, це:

- струмове перевантаження, тобто надмірне нагрівання проводів електромережі внаслідок неналежного захисту від струмового перевантаження або пошкодження контактів (наприклад, ослаблення затискачів);
- поява струму короткого замикання або струму замикання на землю;
- дія електричної дуги, що виникає в результаті механічних пошкоджень проводів (послідовне дугове замикання) або пошкодження ізоляції (паралельне дугове замикання), наприклад, у разі поверхневого пробою, або старіння ізоляції під впливом навколишнього середовища.

Визначимо основні види електричного замикання та струмового перевантаження, які можуть мати місце в електромережах низької напруги (див. рис. 1).

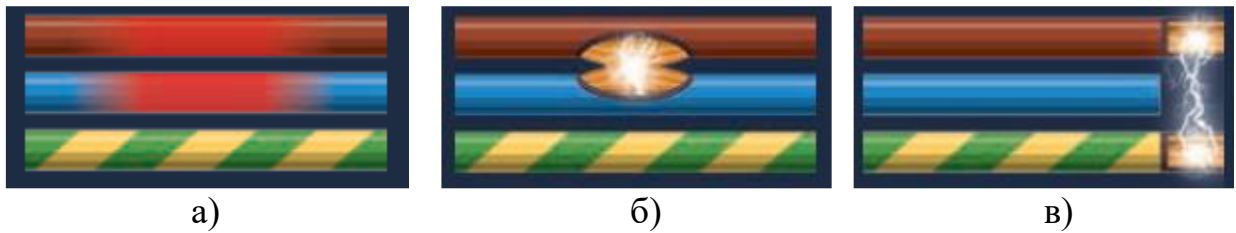


Рис.1

1. **Струмове перевантаження** – це поступове збільшення струму, яке не пошкоджує проводку, але з часом призводить до теплового перевантаження. Струм може збільшуватися протягом певного періоду або майже миттєво підстрибнути до критичних значень (див. рис 1 а)..

Типові причини виникнення: пошкодження ізоляції; пробой між фазами; пробой між фазами та нейтральним провідником

2. **Струм короткого замикання** – це замикання з дуже низьким імпедансом і значними струмами, які можуть бути в 20 і більше разів вище за номінальний струм (див. рис 1 б).

Типові причини виникнення: короткі замикання між фазними або фазним та нейтральним провідниками. Ці замикання зумовлені або порушенням ізоляції, або механічними пошкодженнями проводки, або наявністю води.

3. **Струм замикання на землю** – це замикання з високим або дуже низьким імпедансом між фазою та землею (див. рис 1 в). Ці замикання можуть призвести як до дуже низьких значень струму замикання (витоку) на землю, які значно менше номінального струму, так і до дуже високих значень струму замикання на землю у разі короткого замикання, які можуть значно перевищувати номінальний струм.

Типові причини виникнення: зміни в ізоляції та опорах ізоляції внаслідок: старіння, підвищеної вологості, забруднення тощо.

В свою чергу, дугові електричні замикання в електромережах низької напруги (див. рис. 2), як правило виникають в результаті можливих пошкоджень як струмовідних частин електрообладнання, так і ізоляції, і класифікуються за наступними видами:

1. **Послідовні дугові замикання** – це найбільш поширені дугові замикання, які виникають через пошкодження, що мають місце вздовж фазних або нейтральних провідників при їх пошкодженні (рис. 2 а). Як правило, це їх обрив.

Слід зазначити, що самі струми дугового замикання послідовного типу, що виникають в електромережах низької напруги в результаті можливих пошкоджень фазних та нейтральних провідників, в більшості випадків дорівнюють або трохи нижче значень номінального струму, а це значно ускладнює можливість їх ідентифікації та виявлення.

**Примітка: Даний вид дугового замикання може бути виявлений лише за допомогою AFDD технології.*

2. **Паралельні дугові замикання** – це дугові замикання, що виникають

найчастіше в результаті замикання між фазним та нейтральним провідниками (рис. 2 б). Загальний струм в електромережі при цьому збільшується і визначається існуючими імпедансами навантаження та пошкодження. Також можливо виникнення дугових замикань між фазними провідниками або фазним провідником та провідником захисного заземлення (РЕ) (див. рис. 2 в).

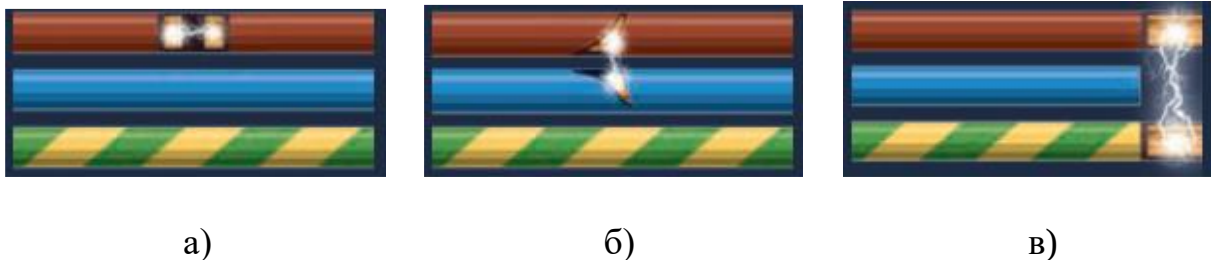


Рис. 2

Необхідно звернути увагу і на той факт, що навіть у разі часткового пошкодження ізоляції також можлива поява дугового замикання, яке з часом призводить до подальшого поступового пошкодження ізоляції вже під дією самої дуги, при цьому струм дугового замикання з часом поступово зростає і наближається до значень номінального струму.

Основними причинами виникнення дугових електричних замикань, як правило, є механічні розриви або затискання проводів, що саме і призводить до виникнення дуги, яка поступово або одразу пошкоджує їх ізоляцію.

Безумовно, що всі перелічені вище види пошкоджень та електричних замикань в електромережах низької напруги можуть привести до виникнення пожежі і несуть серйозну загрозу для життя людей.

Приклади найбільш поширених причин виникнення дугових замикань приведені на рис 3, в першу чергу, це:

- Пошкодження ізоляції проводки шурупами, цвяхами тощо (рис. 3 а).
- Ослаблення перехідних контактів та з'єднань (рис. 3 б).
- Пошкодження кабелів або порушення цілісності проводки (рис. 3. в, г).
- Згинання штепсельних вилок та проводів (рис 3 в).
- Недбале поводження з проводами або застосування до них надмірної сили тощо (рис. 3 г).

Також до можливих причин виникнення дугових замикань можна віднести значний термін служби пристроїв, наявність УФ-випромінювання або агресивного зовнішнього середовища тощо.

Для забезпечення необхідного рівня протипожежного захисту в діючих електромережах низької напруги, в першу чергу, передбачається обов'язкове застосування таких захисних пристроїв, як малогабаритні автоматичні вимикачі (МAB), які призначені для захисту від коротких замикань та струмового перевантаження (див. рис. 4).

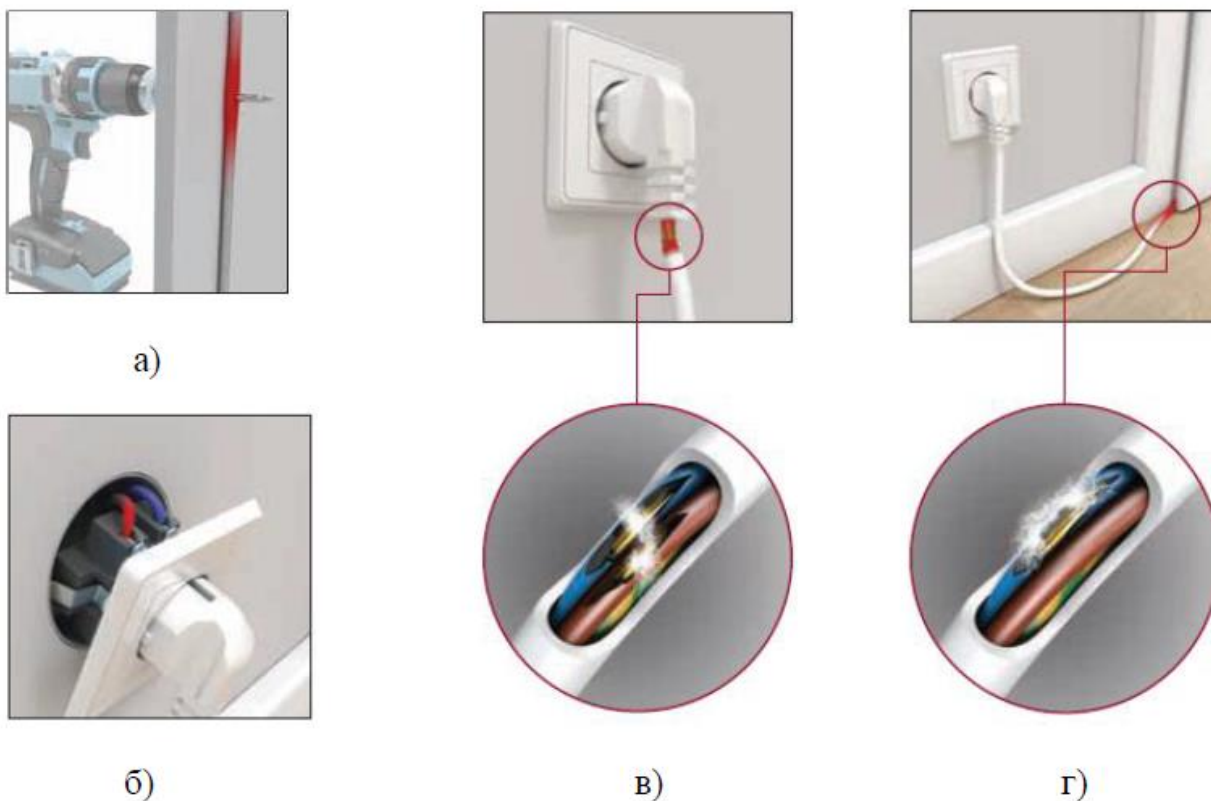


Рис. 3

Також можливе додаткове застосування ПЗВ (див. рис.5), які ще називають диференційними автоматами струмового захисту, що, в свою чергу, забезпечують основний захист від струмів замикання (витоку) на землю.



Eaton пропонує широкий вибір МАВ із такими характеристиками:

- Номінальний струм: від 0,16 А до 125 А
- Конфігурація: 1, 1+N, 2, 3, 3+N, 4
- Номінальна відключаюча здатність: від 4,5 кА до 25 кА
- Характеристика спрацювання: В, С, D, К, S, Z

Рис. 4

Саме за допомогою ПЗВ здійснюється виявлення та контроль асиметричних та незбалансованих струмів замикання, а у разі перевищення ними відповідних рівнів автоматичне вимикання живлення та локалізація існуючого замикання.

Як правило, застосування ПЗВ, який представляє собою керований диференційним струмом автоматичний вимикач, є обов'язковим для забезпечення основного протипожежного захисту.

Слід зазначити, що сучасні цифрові ПЗВ вперше були представлені електротехнічною групою EATON, яка є безумовним лідером у цій сфері. Розроблені EATON ПЗВ забезпечують не тільки додаткову безпеку, а і більш широкі функціональні можливості, що дозволяє забезпечити і більш високий та надійний рівень протипожежного захисту. Зовнішній вигляд таких цифрових ПЗВ та органів керування, а також їх основні технічні характеристики приведені на рис. 5 а і окремо на рис. 5 б відображено основні особливості роботи вбудованого світлодіодного LCD-монітору.

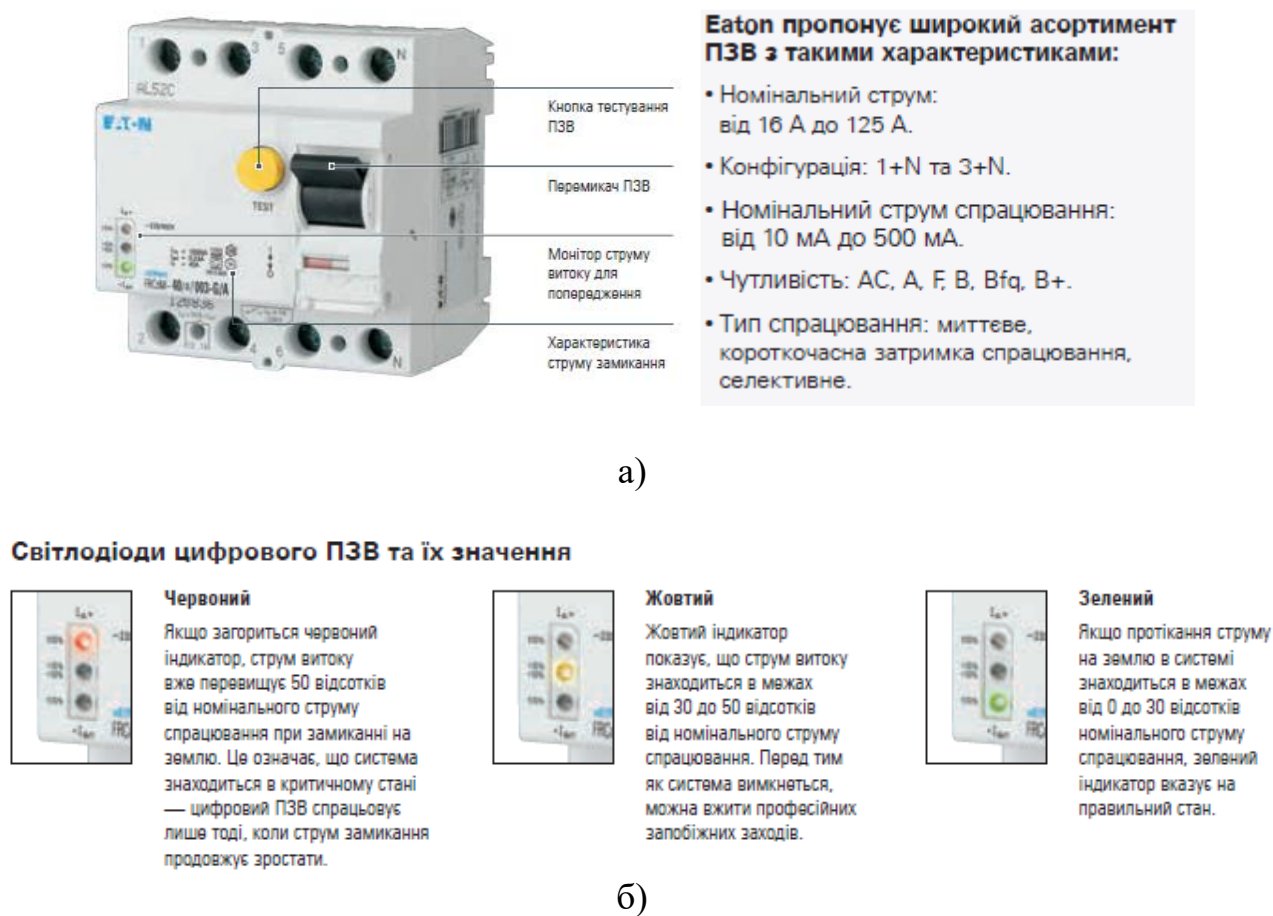


Рис. 5

Застосування такого LCD-монітору, забезпечують повне та якісне інформування щодо стану самого захисного пристрою, так і щодо величини струму електричного замикання (витоку), а це значно полегшує контроль стану робочої ізоляції і тим самим забезпечує можливість вчасного проведення регламентних та ремонтних робіт, що, в свою чергу, виключає можливість виникнення неконтрольованих аварійних ситуацій.

Таким чином, використання цифрових технологій, дозволяє значно підвищити рівень безпеки при застосуванні ПЗВ та розширити функціональні можливості останніх.

На даний час електротехнічною групою EATON, яка є безумовним лідером в сфері безпеки, вже розроблені нове покоління цифрових захисних пристроїв

комплексної дії, застосування яких значно підвищують рівень протипожежного захисту в електромережах низької напруги.

Мета роботи: визначення основних особливостей функціонування та застосування сучасних захисних пристроїв комплексної дії в сфері протипожежного захисту для електромереж низької напруги.

Методики, матеріали і результати досліджень. Розроблений електротехнічною групою EATON новітній диференційний автоматичний вимикач з вбудованим захистом від струмового перевантаження або ВЗСЗН (вимикач залишкових струмів із захистом від надструмів) має більш розширені функціональні можливості в порівнянні з ПЗВ. Даний захисний пристрій (див. рис. 6) одночасно забезпечує захист як від високих струмів короткого замикання, так і від уражень, викликаних низькими струмами витоку, тобто один захисний пристрій забезпечується комплексну дію одразу двох функцій безпеки.

Таким чином даний захисний пристрій в порівнянні з класичним ПЗВ гарантує ще більш високий рівень безпеки та стає більш універсальним і має більші функціональні можливості, що дозволяє значно підвищити рівень протипожежного захисту у разі їх застосування в електромережах низької напруги.



Рис. 6

Необхідно зазначити, що найвищий рівень протипожежного захисту може бути досягнутий лише у разі застосування в електромережах низької напруги новітніх цифрових захисних пристроїв комплексної дії, виконаних EATON за технологією AFDD+ (див. рис. 7).

Захисний пристрій AFDD+ виконаний у повній відповідності до вимог стандарту IEC 62606-2016 і представляє собою принципово новий багатофункціональний інноваційний захисний пристрій комплексної дії, що поєднує захист від короткого замикання та струму замикання на землю, з новітньою технологією виявлення дугового замикання AFDD.

Ця технологія застосовує інноваційний алгоритм в інтегрованих електронних колах для забезпечення чутливого та надійного виявлення струмів замикання, які свідчать про наявність небезпечних дугових замикань.



Рис. 7

Захисний пристрій AFDD+ – це одна з останніх розробок від EATON, в якій використовується цифрова технологія внутрішньої обробки та інтелектуальної оцінки струмових сигналів, яка запобігає помилковому спрацюванню даного пристрою завдяки цифровому контролю наявності в дроті певних частот, що мають місце при дугових замиканнях (див. рис. 8, на якому відображено зміни в осцилограмі робочого струму навантаження у разі виникнення в електромережі дугового замикання послідовного типу).

У разі виникнення дугового замикання струм навантаження має унікальні характеристики, які ідентифікуються системою цифрового контролю. В першу чергу, це стосується наявності високочастотного шуму у складі спектру струму замикання, а також переривання струму замикання (див. рис. 8) у межах близьких до проходження через нуль напруги живлення.

Схематичне зображення блок-схеми функціонування пристрою виявлення дугового замикання представлена на рис. 9 [1]. Згідно з приведеною блок-схемою робочий струм (I) в електричному колі фазного дроту вимірюється двома датчиками і поділяється на низькочастотну та високочастотну складові струму, що аналізуються за допомогою вбудованого мікроконтролера, який і забезпечує управління комутуючим пристроєм і його спрацювання у разі наявності дугового замикання в електромережі.

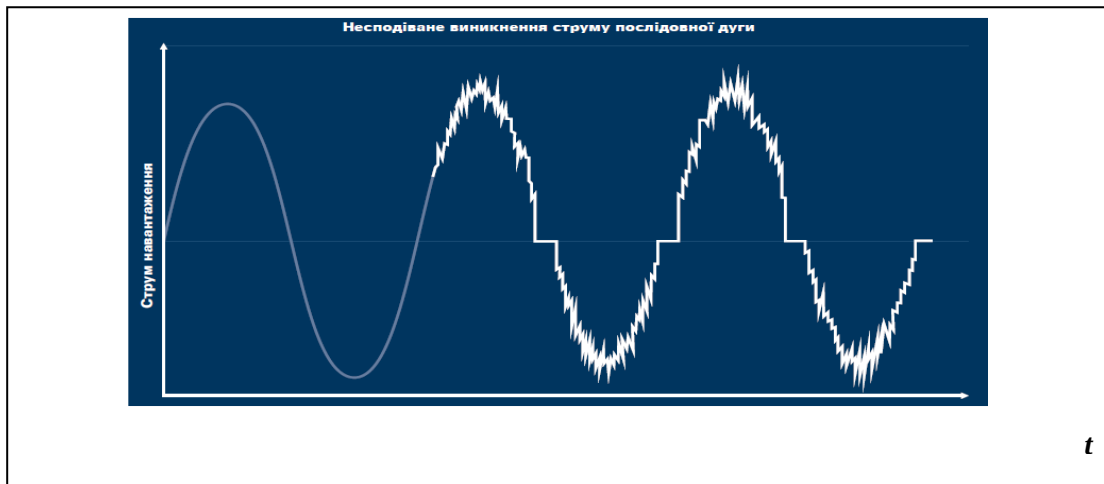


Рис. 8

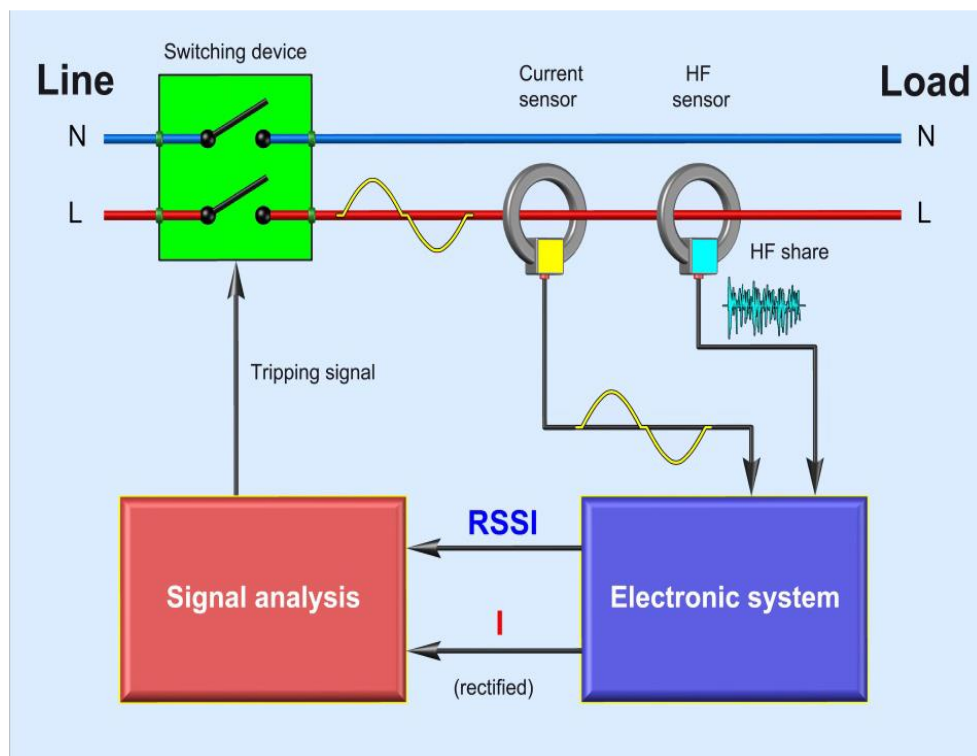


Рис. 9. Схематичне зображення блок-схеми функціонування пристрою виявлення дугового замикання

RSSI - індикація рівня прийнятого сигналу (величина високочастотної складової)

I - величина низькочастотної складової

Саме ці два сигнали, високочастотний та низькочастотний, i є основою для виявлення електричної дуги за допомогою мікроконтролеру, який аналізує ці сигнали та визначає, чим вони є: характерними сигналами послідовної або паралельної електричної дуги, або високочастотним шумом обладнання. У

першому випадку спрацюває вимкнення пошкодженого електричного кола живлення, у другому воно не вимикається. Функції виявлення змін у параметрах струму навантаження здійснюється захисним пристроєм AFDD+ за допомогою розроблених новітніх інноваційних цифрових технологій, що, безумовно, значно підвищує надійність спрацювання даного пристрою при аварійних ситуаціях. Інноваційні цифрові технології, які застосовані у захисному пристрої AFDD+, забезпечують повне та якісне інформування щодо стану самого захисного пристрою, так і щодо виду електричного або дугового замикання та наявності струмового перевантаження (див. рис. 10), що значно полегшує пошук несправностей та економить час при проведенні ремонтних та аварійних робіт.

- 1 Світлодіодний індикатор відображає стан та тип дугового замикання (послідовне або паралельне), яке призвело до спрацювання пристрою, що може бути важливим для визначення причини замикання.

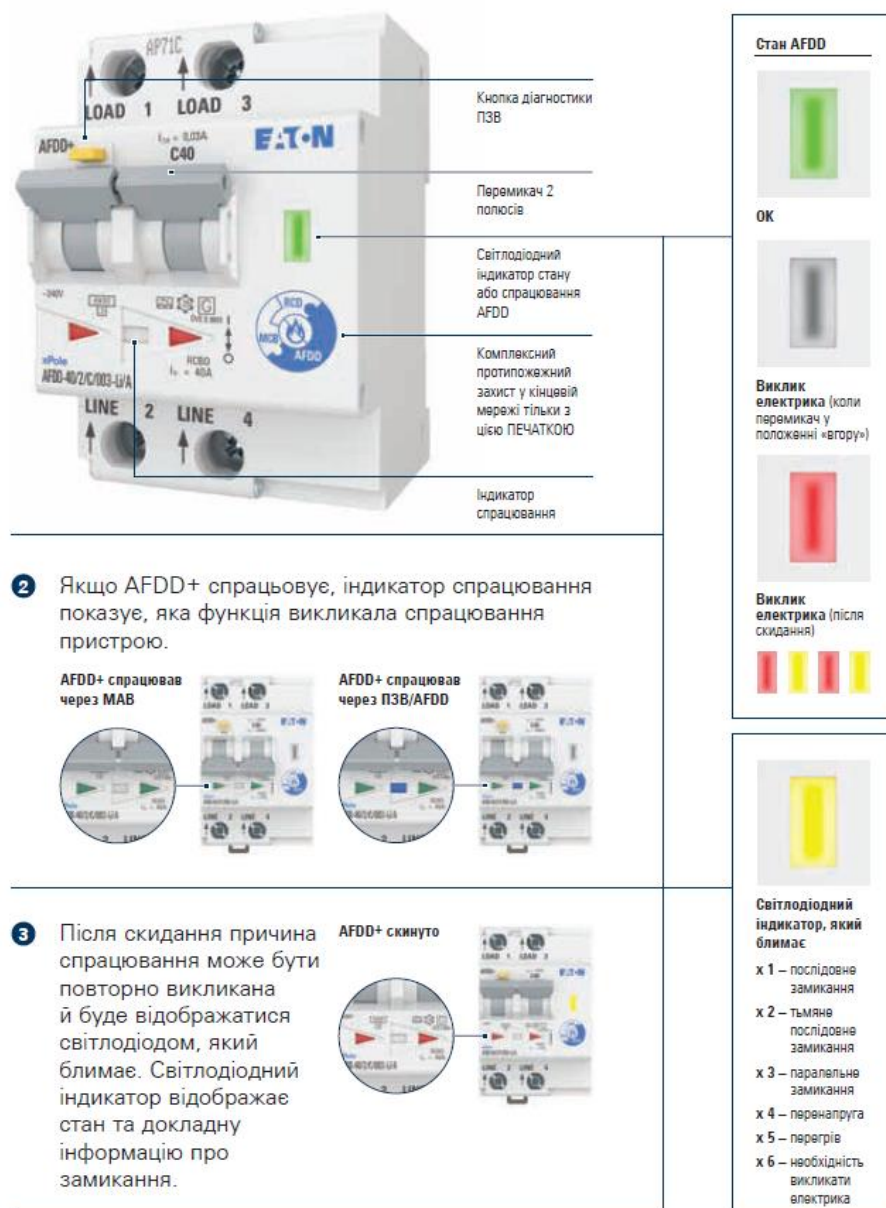


Рис. 10

На рис. 11 приведені технічні характеристики та параметри спрацювання AFDD+ (характеристики B та C).

Пристрій електричного протипожежного захисту, захист від дугового замикання AFDD+, 2 полюси
Виявляє та гасить дугове замикання в кінцевих мережах

- Повністю поєднаний із автоматичним вимикачем залишкового струму (ПЗВ) та малогабаритним автоматичним вимикачем (МAB).
- Безпечно виявляє дуги в кабелі довжиною до 70 метрів.
- Довільне приєднання N зліва або справа.
- Номінальні струми від 10 до 40 А.
- Індикація спрацювання: МAB, ПЗВ або AFDD.
- Світлодіодна індикація дугового замикання.
- Постійний самоконтроль.
- Моніторинг перенапруги та перегріву.
- 3-позиційний затискач DIN-рейки забезпечує видалення з наявної системи шин.
- Комплексний асортимент аксесуарів, придатних для подальшої установки.
- Номінальний залишковий струм 10 мА та 30 мА.
- Характеристики спрацювання B, C.
- Номінальна відключаюча здатність до 10 кА.

Додаткові пристрої:

Допоміжний контакт для подальшої установки ZP-INK 288052.

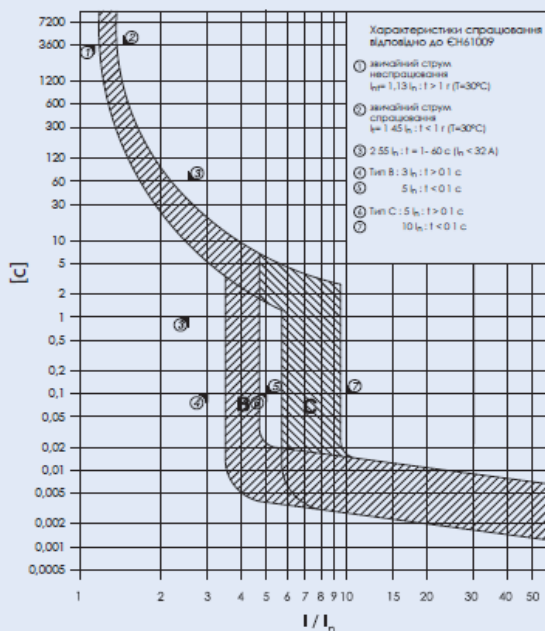
Допоміжний контакт ZP-NHK 248437.

Незалежний розчіплювач ZP-ASA/.. 248438, 248439.

Блокування вимикача IS/SPE-1TE 101911.

Збірні шини: ZV-SS; ZV-L1/N; ZV-L2/L3; ZV-ADP; ZV-AE.

Характеристика спрацювання AFDD+, характеристики B та C



Технічні характеристики

Електричні характеристики

Конструкція згідно з	IEC/EN 62606, IEC/EN 61009.
Поточні знаки відповідності, надруковані на пристрої.	
Миттєве спрацювання, незалежне від напруги, стійке до імпульсних струмів.	250 А (8/20 мкс)
Номінальна напруга U_n	240 В змінного струму; 50 Гц.
Діапазон робочої напруги	170–264 В.
Номінальний струм спрацювання $I_{\Delta n}$	10, 30 мА.
Номінальний струм без спрацювання $I_{\Delta no}$	0,5 $I_{\Delta n}$
Чутливість змінного струму та пульсуючого постійного струму	
Клас селективності	3
Номінальна відключаюча здатність	
AFDD 10–25 А	10 кА
AFDD 32–40 А	6 кА
Номінальний струм	10 – 40 А
Номінальна пікова напруга витримки U_{imp} 4 кВ (1,2/50 мкс)	
Номінальна здатність вимкнення замикання $I_{\Delta n}$	
EN 61009	3 кА
IEC 61009	10–16 А: 3 кА
20–40 А:	500 А

Час спрацювання в разі дугового замикання після струму навантаження (відповідно до IEC/EN62606):

Струм навантаження (A) Час спрацювання (с)

≤ 2,5	<1
5	<0,5
10	<0,25
16	<0,15
32	<0,12
40	<0,12

Характеристики B, C

Максимальний резервний запобіжник (коротке замикання)

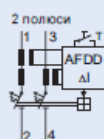
100 A gL (>10 кА)

Ресурс електричний вир.	≥ 4 000 операції перемикачання
механічний вир.	≥ 20 000 операції перемикачання

Механічні характеристики

Розмір корпусу	45 мм
Висота пристрою	80 мм
Ширина пристрою	54 мм (3MU)
Монтаж 3-позиційного затискача DIN-рейки, забезпечує демонтаж з наявної системи збірних шин	
Верхні та нижні клеми хомутні/гайтові клеми	
Захист клеми для безпечного дотику, DGUV VS3, EN 50274	
Переріз приєднання кабелю	1–25 мм²
Товщина збірних шин	0,8–2 мм
Ступінь захисту перемикача	IP20
Ступінь захисту, вбудований	IP40
Температура спрацювання від	–25 °C до +40 °C
Температура зберігання та транспортування від	–35 °C до +60 °C
Стійкість до кліматичних умов відповідно до IEC/EN 61009	

Схема з'єднання



Габарити (мм)

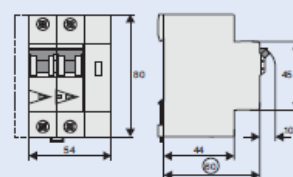


Рис. 11

Параметри пропускної енергії AFDD+ (характеристики В та С) представлені на рис. 12.

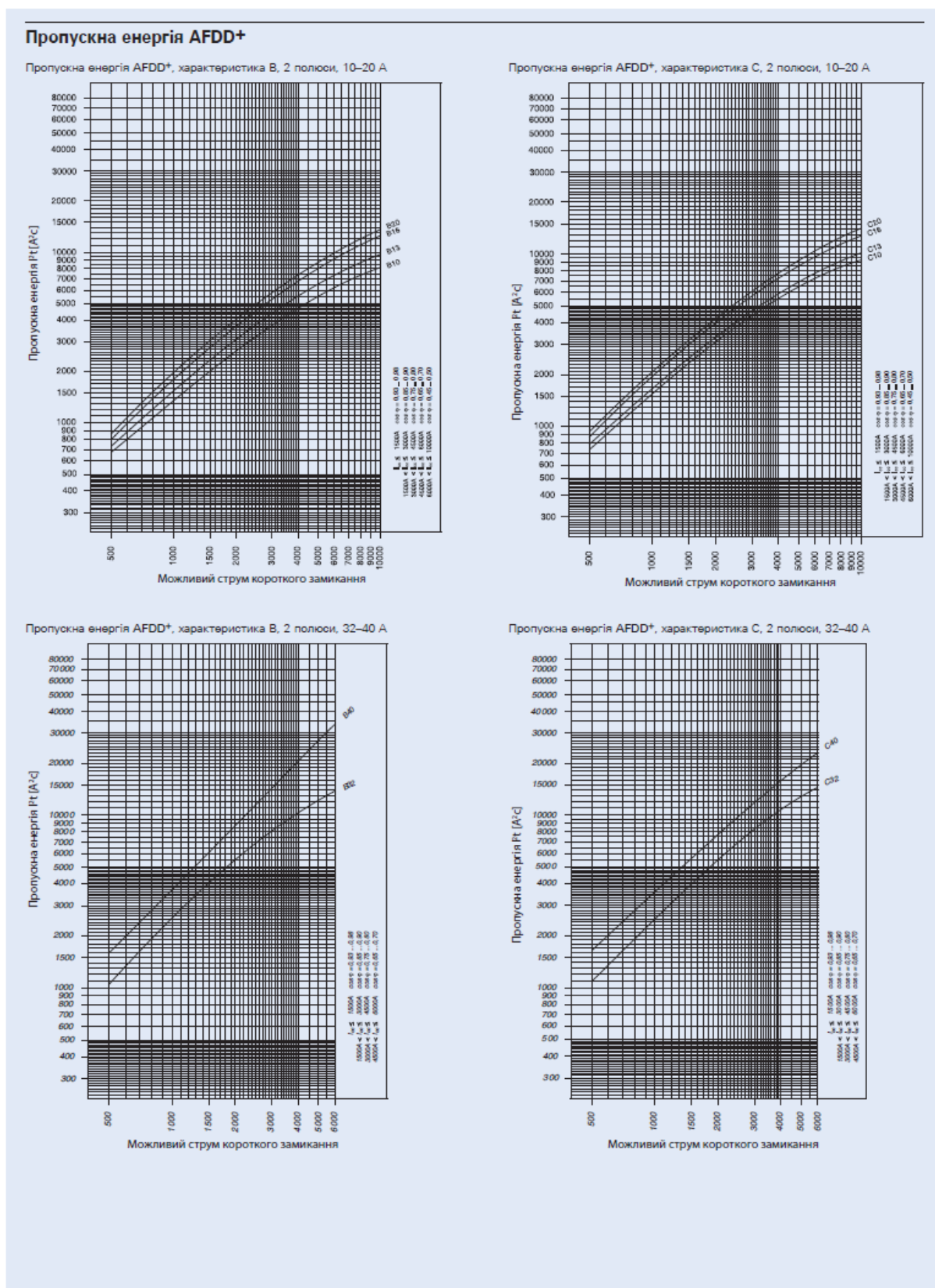


Рис. 12

Також необхідно підкреслити, що захисний пристрій AFDD+ був

спроектований таким чином, щоб максимально виключити негативний вплив на його роботу зовнішніх дестабілізуючих факторів, в тому числі і тих, що виникають у разі передачі даних електричними дротами, оскільки, як відомо, у цьому разі виникають інтенсивні імпульсні завади, що, безумовно, будуть маскувати ті шуми, які генеруються електричним дуговим замиканням.

Як вже було сказано раніше, захисний пристрій AFDD+, це пристрій комплексної дії, який виконано у повній відповідності до вимог стандарту ІЕС 62606-2016, що гарантує максимальний рівень захисту від усіх існуючих типів дугових замикань (див. рис. 13).



Рис. 13

Розглянуті вище типи захисних пристроїв (МДВ, ПЗВ, ВЗСЗН та AFDD) мають різні функціональні можливості щодо забезпечення відповідних функцій захисту, а саме:

1. Захист від короткого замикання та струмового перевантаження за

допомогою малогабаритного автоматичного вимикача (МAB).

2. Захист від струму замикання на землю — для запобігання ураженню електричним струмом — із пристроєм захисного відключення (ПЗВ).

3. Обидві ці функції захисту можуть бути реалізовані одночасно за допомогою вимикача залишкового струму з вбудованим захистом від надструмів (ВЗСЗН).

4. Найвищий рівень протипожежного захисту в електромережах низької напруги може бути досягнуто завдяки використанню такого принципово нового універсального захисного пристрою, як багатофункціональний захисний пристрій комплексної дії, призначений для виявлення дугового замикання (AFDD технологія). У даному захисному пристрою, така функція захисту, як виявлення дугового замикання за технологією AFDD, може бути реалізована одночасно та сумісно із функціями захисту ВЗСЗН.

Таким чином, можна констатувати, що серед розглянутих типів захисних пристроїв найбільші функціональні можливості у сфері протипожежного захисту мають такі захисні пристрої, як ВЗСЗН (вимикач залишкових струмів із захистом від надструмів) та інноваційний AFDD+ від EATON. Останній, завдяки використанню технології AFDD, може, у порівнянні із ВЗСЗН, виконувати ще і таку додаткову функцію, як захист від дугових замикань за стандартом IEC 62606-2016. ВЗСЗН та AFDD+ - це нове покоління цифрових захисних пристроїв комплексної дії, які у порівнянні із МAB та ПЗВ, гарантовано забезпечують більш високі рівні протипожежного захисту (див. рис 14).



Рис. 14

Висновки. Підсумовуючі результати проведеного аналізу, можна констатувати, що інноваційні захисні пристрої комплексної дії ВЗСЗН та AFDD+ із впровадженням новітніх технологій та переваг цифрових рішень

гарантовано забезпечують максимально високі рівні протипожежного захисту в електромережах низької напруги, а також надають можливість максимально оперативно отримувати необхідну інформацію щодо виду електричного або дугового замикання та наявності струмового перевантаження в електромережі.

Література

1. Альфред Моркс «Пожежі на установках низької напруги, викликані електричними пошкодженнями».
Веб-сайт: www.diamcons.com, адреса електронної пошти: am@diamcons.com
2. IEC 62606-2016 «Arc fault detection devices for household and similar use. General requirements».