

ІННОВАЦІЙНІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАХИСНІ ПРИСТРОЇ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ В СФЕРІ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ТА ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

*Капитанов 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 новітніх багатофункціональних пристроїв комплексної дії в сфері електробезпеки та протипожежного захисту. Такі пристрої призначені для використання в електромережах низької напруги і можуть одночасно 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 (AFDD+ технологія).

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

Abstract. The basic features of functioning and application of the latest multifunctional devices of complex action in the field of electrical safety and fire protection are analyzed. These devices are intended for use in low-voltage power grids and can perform several protective functions simultaneously: short-circuit protection, earth-fault protection, overload protection, and protection against possible electrical arcing (AFDD + technology).

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

Вступ. Одним з найбільш перспективних напрямів подальшого удосконалення систем захисту в електромережах низької напруги є розробка та застосування новітніх багатофункціональних захисних пристроїв комплексної дії в сфері електробезпеки та протипожежного захисту [1-5]. Основною особливістю таких універсальних захисних пристроїв є те, що вони можуть одночасно виконувати захист від струмів короткого замикання, захист від струмів замикання на землю, захист від перевантажень та захист від можливих електричних дугових замикань (AFDD+ технологія).

Аналіз стану питання. Види електричного замикання та перевантаження, які мають місце в електромережах низької напруги (рис. 1), це:



Рис.1. Основні види електричного замикання та перевантаження, які можуть мати місце в електромережах низької напруги

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, класифікуються за наступними видами:

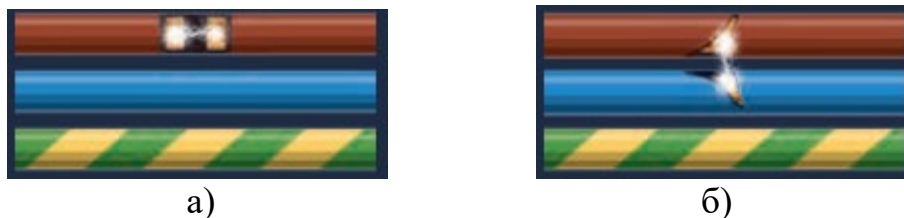


Рис. 2. Дугові електричні замикання в електромережах низької напруги

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

**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).

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

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 стум 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.

Процес еволюційного розвитку систем захисту з електробезпеки та протипожежного захисту в діючих електромережах низької напруги, який направлений саме на запобігання перевантажень та виникнення електричних і дугових замикань, умовно можна поділити на наступні послідовні у своєму розвитку етапи:

1 етап – це розробка та застосування малогабаритних автоматичних вимикачів (МАВ), що забезпечують захист від коротких замикань та струмового перевантаження.

2 етап – це побудова та використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ), які виявляють в електромережі асиметричні та незбалансовані струми замикання і забезпечують у порівнянні із МАВ більш високий рівень захисту від ураження електричним струмом та більш високий рівень протипожежного захисту.

3 етап – застосування вимикачів залишкових струмів із захистом від надструмів (ВЗСЗН), які представляють собою компактні пристрої, що поєднують захист від коротких замикань, струмового перевантаження і струму витоку та ідеально підходять до захисту від замикань, а також для додаткового захисту в окремих кінцевих мережах.

Свого часу всі ці етапи еволюційного розвитку пройшла і компанія ЕАТОН, – один з безумовних лідерів у цій сфері, яка за час свого існування створила найсучасніші пристрої для захисту від усіх типів струмів короткого замикання і з успіхом продовжує їх удосконалювати та впроваджувати сучасні інноваційні технології в сфері безпеки.

Безумовно, що на сучасному 4 етапі розвитку еволюції захисту наступним кроком повинно стати не просто удосконалення вже існуючих захисних пристроїв, а, в першу чергу, розробка новітніх універсальних та багатофункціональних захисних пристроїв комплексної дії в сфері електробезпеки та протипожежного захисту, а також впровадження на новому якісному рівні усіх переваг сучасних цифрових рішень в цій сфері, що, в свою чергу, дозволить забезпечити функціонування діючих систем захисту на принципово новому рівні.

Мета роботи: визначення основних особливостей функціонування та застосування в електромережах низької напруги новітніх універсальних та багатофункціональних захисних пристроїв комплексної дії в сфері електробезпеки та протипожежного захисту та надання відповідних практичних рекомендацій щодо їх використання.

Методики, матеріали і результати досліджень. Сучасні захисні пристрої з електробезпеки та протипожежного захисту, що призначені для використання в електромережах низької напруги, умовно можна класифікувати за наступними 4 типами.

Тип 1. Малогабаритний автоматичний вимикач (МAB)



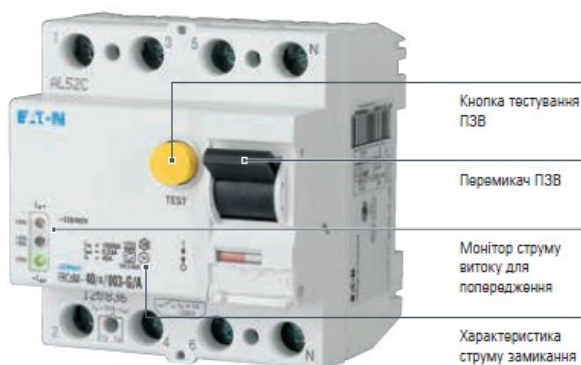
Eaton пропонує широкий вибір МAB із такими характеристиками:

- 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

МAB спрацьовує у разі закорочення кола навантаження за допомогою кола з дуже низьким імпедансом є відомою причиною замикання.

Автоматичні вимикачі запобігають виникненню проблеми завдяки виявленню високого струму замикання та швидкого його переривання. МAB поєднують захист від струмового перевантаження, який залежить від величини струму, з незалежним дуже швидким захистом від короткого замикання.

Тип 2. Пристрій захисного відключення (ПЗВ)



Eaton пропонує широкий асортимент ПЗВ з такими характеристиками:

- Номінальний струм: від 16 А до 125 А.
- Конфігурація: 1+N та 3+N.
- Номінальний струм спрацювання: від 10 мА до 500 мА.
- Чутливість: АС, А, F, В, V_{fq}, В+.
- Тип спрацювання: миттєве, короточасна затримка спрацювання, селективне.

Струм витoku на землю несе серйозні загрози для людей і може викликати фібриляцію шлуночків серця.

ПЗВ виявляють асиметричні та незбалансовані струми замикання та відключають мережу.

ПЗВ захищають від ураження електричним струмом та забезпечують основний протипожежний захист. Використання цифрових технологій при

виробництві ПЗВ, дозволяє значно підвищити рівень безпеки та розширити їх функціональні можливості.

Тип 3. Диференційний автоматичний вимикач з вбудованим захистом від струмового перевантаження (ВЗСЗН)

ВЗСЗН – це вимикач залишкових струмів із захистом від надструмів, що забезпечує захист від високих струмів короткого замикання та уражень, викликаних низькими струмами витоків, тобто один захисний пристрій забезпечується комплексну дію одразу двох функцій безпеки.



EATON пропонує широкий вибір ВЗСЗН, що доступні як пристрої із залежним від напруги спрацюванням, та з незалежним від напруги спрацюванням, з такими характеристиками:

- Номінальний струм: від 2 А до 40 А.
- Конфігурація: 1+N, 2, 3, 3+N.
- Номінальна відключаюча здатність: від 4,5 кА до 10 кА.
- Номінальний струм спрацювання: від 10 мА до 300 мА.
- Характеристика спрацювання: В, С.
- Чутливість: АС, А.
- Тип спрацювання: миттєве, з короткочасною затримкою

Таким чином даний захисний пристрій в порівнянні з попередніми гарантує більш високий рівень безпеки та стає більш універсальним і має більш функціональні можливості.

Тип 4. Захисний пристрій виявлення дугового замикання (AFDD+).



Захисний пристрій AFDD+ - це 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.

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 (рис. 3, на якому відображено зміни в осцилограмі робочого струму навантаження у разі виникнення в електромережі дугового замикання послідовного типу).

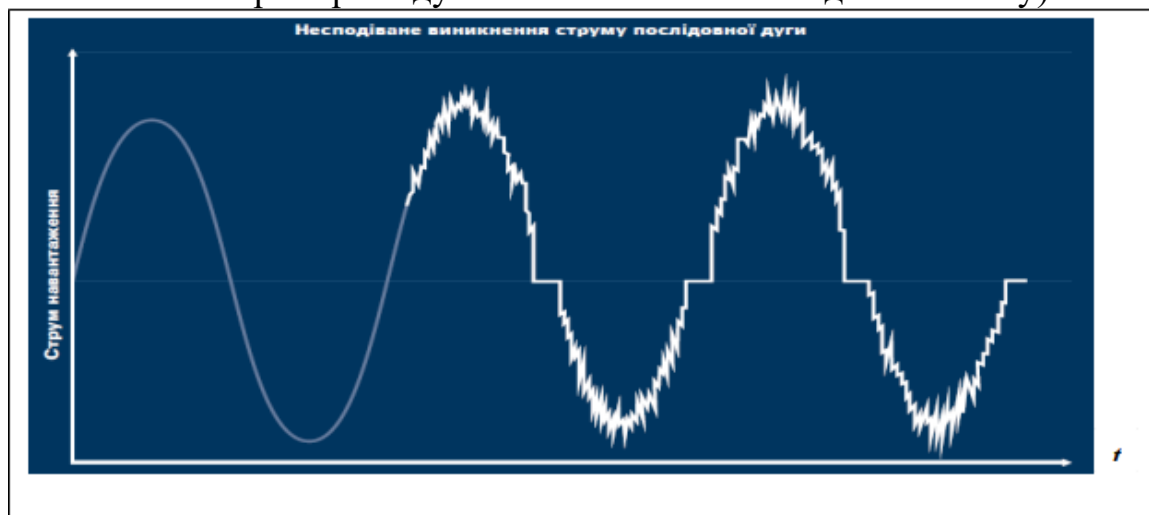


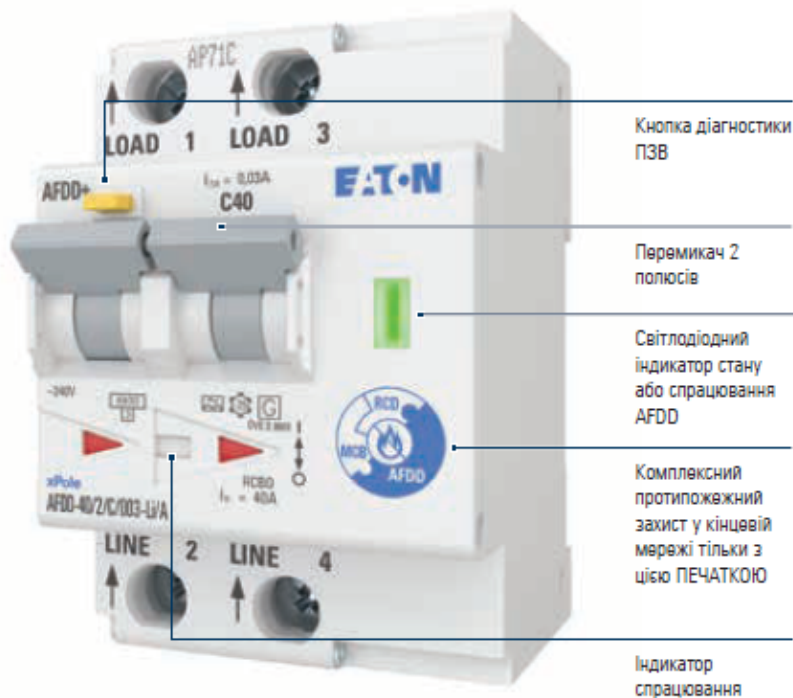
Рис. 3. Зміни в осцилограмі робочого струму навантаження у разі виникнення в електромережі дугового замикання послідовного типу

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. 3) у межах близьких до проходження через нуль напруги живлення.

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. Також слід додати, що захисний пристрій AFDD+ був розроблений 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.

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. 4), 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.



Стан AFDD

OK

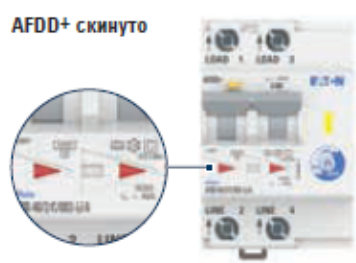
Виклик електрика (коли перемикач у положенні «вгору»)

Виклик електрика (після скидання)

- 2 Якщо AFDD+ спрацює, індикатор спрацювання показує, яка функція викликала спрацювання пристрою.



- 3 Після скидання причина спрацювання може бути повторно викликана й буде відображатися світлодіодом, який блимає. Світлодіодний індикатор відображає стан та докладну інформацію про замикання.



Світлодіодний індикатор, який блимає

- x 1 – послідовне замикання
- x 2 – тьмяне послідовне замикання
- x 3 – паралельне замикання
- x 4 – перенапруга
- x 5 – перегрів
- x 6 – необхідність викликати електрика

Рис. 4. Захисний пристрій AFDD+

Нижче, на рис. 5 приведені технічні характеристики та параметри спрацювання AFDD+ (характеристики В та С).

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 (МАВ).
- Безпечно виявляє дуги в кабелі довжиною до 70 метрів.
- Довільне приєднання N зліва або справа.
- Номінальні струми від 10 до 40 А.
- Індикація спрацювання: МАВ, 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 mA та 30 mA.
- Характеристики спрацювання В, С.
- 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-ITE 101911.
Збірні шини: ZV-SS; ZV-L1/N; ZV-L2/L3; ZV-ADP; ZV-AE.

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 mA.
Номінальний струм без спрацювання $I_{\Delta ns}$	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 (А)	Час спрацювання (с)
≤ 2,5	<1
5	<0,5
10	<0,25
16	<0,15
32	<0,12
40	<0,12

Характеристики В, С

Максимальний резервний запобіжник (коротке замикання)
100 А gL (>10 кА)

Ресурс електричний вир. ≥ 4 000 операцій перемикачання
механічний вир. ≥ 20 000 операцій 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 клемні хомутні/гвинтові клемні
Захист клемні для безпечного дотику, DGUV VS3, EN 50274

Переріз приєднання кабеля 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

Характеристика спрацювання AFDD+, характеристики В та С

Характеристики спрацювання відповідно до EN61009

- ① зниклий струм неспрацювання $I_n = 1,13 I_n; t > 0,1 \text{ s}$ ($T < 30^\circ\text{C}$)
- ② зниклий струм спрацювання $I_n = 1,45 I_n; t < 0,1 \text{ s}$ ($T < 30^\circ\text{C}$)
- ③ $2,55 I_n; t = 1 - 60 \text{ s}$ ($I_n < 32 \text{ A}$)
- ④ Тип В: $3 I_n; t > 0,1 \text{ s}$
- ⑤ $5 I_n; t < 0,1 \text{ s}$
- ⑥ Тип С: $5 I_n; t > 0,1 \text{ s}$
- ⑦ $10 I_n; t < 0,1 \text{ s}$

Схема з'єднання

Габарити (мм)

Рис. 5. Технічні характеристики та параметри спрацювання AFDD+

За допомогою перелічених вище типів захисних пристроїв в електромережах низької напруги можуть бути реалізовані наступні функції захисту:

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 додаткового 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, саме інноваційний AFDD+ від EATON, який розроблено за стандартами IEC 60364-4-42 та IEC 62606-2016, має найбільші функціональні можливості та забезпечує найвищий рівень захисту як у сфері електробезпеки, так і протипожежного захисту (див. рис 6).

	МAB	ПЗВ	ВЗСЗН	AFDD+
	Захист від короткого замикання та струмового перевантаження	Захист від струму замикання на землю	Захист від струму замикання на землю	Захист від дугового замикання
	Захист від короткого замикання та струмового перевантаження	Захист від струму замикання на землю	Захист від короткого замикання та струмового перевантаження	Захист від струму замикання на землю
	Основний протипожежний захист	Основний протипожежний захист	Підвищений протипожежний захист	Посилений протипожежний захист
	-	Запобігання ураженню струмом	Запобігання ураженню струмом	Запобігання ураженню струмом

→ ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ

↑ ЗАХИСТ

Рис. 6. Порівняльна характеристика захисних пристроїв

Висновки. Інноваційні багатофункціональні пристрої комплексної дії AFDD+ гарантовано забезпечують максимально високий рівень безпеки в електромережах низької напруги та надають можливість досягнення найвищого

ступеню захисту як в сфері електробезпеки, так і в сфері протипожежного захисту.

Література

1. IEC 60364-4-42:2014 «Low-voltage electrical installations. Part 4-42. Protection for safety. Protection against thermal effects».
2. IEC 61140:2001 «Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment».
3. ДСТУ EN 61140:2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (EN 61140:2002, IDT)».
4. IEC 62606-2016 Arc fault detection devices for household and similar use. General requirements
5. Альфред Моркс «Пожежі на установках низької напруги, викликані електричними пошкодженнями».
Веб-сайт: www.diamcons.com, адреса електронної пошти: am@diamcons.com
6. Каштанов, С. Ф. Особливості сучасного європейського законодавства в сфері реєстрації, оцінки, дозволу та обмеження хімічних речовин / С. Ф. Каштанов, Ю. О. Полукаров, Л. О. Мітюк // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ, 2018. – Вип. 6 (113). – С. 122–129.
<https://www.doi.org/10.30929/1995-0519.2018.6.122-129>