

УДК 614.8

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.1.20-28>

*Олександр Зобенко (ORCID: 0000-0001-9641-2779)*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

## **СУЧАСНИЙ СТАН З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В МІСЦЯХ КОМУТАЦІЇ НАДМІРНИХ СПОЖИВЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ**

*У статті висвітлені результати аналізу протипожежного захисту електричних мереж та технічних рішень елементів системи протипожежного захисту електричних мереж в провідних країнах світу. Доведено, що незважаючи на розвиток сучасних апаратів захисту електричні місця комутації залишаються одним із місць, де в наслідок появи великого перехідного опору можуть відбуватися значні тепловиділення, що супроводжуються самозайманням деталей розеток та оздоблювальних матеріалів. Встановлено, що основними технічними рішеннями елементів системи протипожежного захисту електричних мереж у провідних країнах світу є розробка систем пожежної безпеки, які спрямовані на запобігання пожежі, дії на людей та матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі, зокрема їх вторинних проявів. На основі отриманих результатів обґрунтовані шляхи підвищення протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації надмірних споживчих потужностей.*

**Ключові слова:** пожежі в електроустановках, електричні розетки, перехідні опори, протипожежний захист

**Постановка проблеми.** Кількість пожеж в електроустановках внаслідок виникнення коротких замикань (КЗ), струмових перевантажень, перегріву місць з'єднань із великими перехідними опорами мають тенденції до збільшення. Попередження пожеж від короткого замикання досягається шляхом улаштування в електричних мережах апаратів захисту, таких як запобіжники, автоматичні вимикачі, теплові реле тощо. Попередження пожеж через появу великих перехідних опорів переважно здійснюють за рахунок проведення оглядів та профілактичних заходів. В той же час наявність великого перехідного опору в місці комутації призводить до надмірного локального нагрівання, крім цього не відбувається значних змін контрольованих характеристик електричного струму в колі, через які б спрацьовували апарати захисту. Тому питання захисту місць комутації від надмірного локального нагрівання має актуальне значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями протипожежного захисту електричних мереж займалися багато вітчизняних та зарубіжних вчених серед яких: Гудим В. І., Коваль О. М., Yi J., Chen W., та Sridhar P. Гудим В. І. досліджував причини виникнення пожеж електричного походження у побутовому секторі та здійснив математичне моделювання процесів нагрівання провідників внутрішніх електричних мереж житлових та громадських будівель [1]. Коваль О. М. за результатами своїх досліджень рекомендував використовувати технічні засоби підвищення рівня пожежної безпеки побутових електромереж [2]. Yi J. та Chen W. досліджували питання виявлення ознак несправності електричного обладнання та електромереж за рахунок виявлення напівлегких пластифікаторів, що виділяються з перегрітих ПВХ-кабелів [3], а Sridhar P. для виявлення ознак загорання від електричних мереж запропонував використовувати системи відеонагляду, інтегровані в будівлі [4].

Втім запропоновані у роботах підходи залишили поза увагою проблеми розробки сучасного елементу протипожежного захисту електричних мереж, які функціонують в умовах надмірного локального нагріву. Підвищення температури штепсельного з'єднання

може стати причиною самозаймання деталей розеток та оздоблювальних матеріалів. Тому удосконалення способів виявлення та попередження пожежонебезпечних режимів роботи електрообладнання, особливо через появу великих перехідних опорів, залишається актуальною задачею.

**Формулювання цілей статті.** Метою дослідження є підвищення ефективності протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації надмірних споживчих потужностей.

Завдання дослідження:

- проаналізувати технічні рішення елементів системи протипожежного захисту електричних мереж у провідних країнах світу;
- проаналізувати протипожежний захист споруд та електричних мереж;
- обґрунтувати шляхи підвищення протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації надмірних споживчих потужностей.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Технічні рішення елементів системи протипожежного захисту електричних мереж у провідних країнах світу. Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків. Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання пожежі, дії на людей та матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі, зокрема їх вторинних проявів. До таких факторів належать: полум'я та іскри; підвищена температура навколишнього середовища; токсичні продукти горіння й термічного розкладу матеріалів, речовин; дим; знижена концентрація кисню. Вторинними проявами небезпечних факторів пожежі вважаються: уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій; радіоактивні та токсичні речовини і матеріали, викинуті із зруйнованих апаратів та установок; електричний струм, пов'язаний з переходом напруги на струмопровідні елементи будівельних конструкцій, апаратів, внаслідок пошкодження ізоляції під дією високих температур; небезпечні фактори вибухів, пов'язаних з пожежами; вогнегасні речовини. Відповідно до чинних норм пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно-технічних заходів [5, 6].

Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою вказаних систем не повинен бути меншим за 0,999999 відвернення впливу небезпечних факторів на рік із розрахунку на кожну людину, а допустимий рівень пожежної небезпеки для людей має бути не більше  $10^{-6}$  впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення, на рік із розрахунку на кожну людину. Рівень забезпечення пожежної безпеки є кількісною оцінкою запобігання збиткам від можливої пожежі [7].

Об'єкти, пожежі на яких можуть призвести до загибелі або масового ураження людей небезпечними факторами пожежі та їх вторинними проявами, а також до значного пошкодження матеріальних цінностей, повинні мати системи пожежної безпеки, що забезпечують мінімальну можливу імовірність виникнення пожежі. Конкретні значення такої імовірності визначаються проєктувальниками та технологами. Незважаючи на те, що за останні 9-10 років у світі прослідковується тенденція до зниження кількості пожеж, в цілому ця проблема залишається дуже гострою. Щодня в країнах Європейського Союзу виникає, в середньому, біля 130 пожеж, на яких гине 7-10, отримує травми 140-150 чоловік. Збитки від пожеж складають понад 2,0 млрд. грн. на рік.

Серед причин виникнення пожеж основними є:

- порушення техніки безпеки (пристрій і обслуговування систем опалення, вентиляції; правила збереження і використання пожежонебезпечних речовин і матеріалів;
- невиконання протипожежних норм і заходів; паління);
- неправильне поводження з вогнем (смолоскипи, паяльні лампи, свічки, паління);
- несправність електромережі (коротке замикання, перевантаження електромережі, порушення правил використання електроустаткування і приладів);
- підпали.

За статистичними даними основними причинами пожеж на промислових підприємствах є:

- 25–35 % – незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- 25–30 % – необережне поводження з вогнем;
- 10–12 % – порушення правил пожежної безпеки під час проведення різних вогневих робіт (електрогазоварювання, різка металу, паяльні роботи, розігрівання бітуму тощо);
- до 10 % – порушення технологічного процесу виробництва;
- 4–6 % – несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- 2–3 % – підпали;
- до 2 % – іскри теплового та механічного походження.

Як бачимо, пожежі, що виникають внаслідок несправностей і порушення правил експлуатації електротехнічних, електронагрівальних приладів, пристроїв та устаткування, а саме через виникнення коротких замикань, перевантаження електродвигунів, освітлювальних та силових мереж внаслідок великих місцевих опорів, роботу несправних або залишених без нагляду електроприладів, складають більше 25 % всіх випадків.

Усе вище сказане дозволяє говорити про те, що пожежі є джерелом підвищеної небезпеки для людини і навколишнього середовища. Для зменшення травматизму на пожежах необхідне створення системи безпеки людей під час пожежі. Найбільш надійним способом попередження пожеж є застосування пожежної сигналізації та автоматичних засобів захисту. Пожежні сповіщувачі перетворюють неелектричні фізичні величини (теплова і світлова енергія, рух диму) в електричні, й передають ці сигнали на прийомну станцію.

Таким чином проведений аналіз шляхів підвищення протипожежного захисту споруд та електричних мереж показує стійку кількість пожеж від джерел запалення електричного походження. Незважаючи на розвиток сучасних апаратів захисту електричні місця комутації залишаються одним з місць, де в наслідок появи великого перехідного опору відбуваються значні тепловиділення. Підвищення температури місць комутації може стати причиною самозаймання деталей розеток та оздоблювальних матеріалів.

**Протипожежний захист електричних мереж в місцях комутації надмірних споживчих потужностей.** Системи електропостачання є одними з найскладніших інженерних систем. Дані системи характеризуються високою швидкістю реакції різних фізичних процесів, складністю накопичення електричної енергії в промислових масштабах та необхідністю застосування автоматичного обладнання для управління системою. В умовах безперервного будівництва та введення в експлуатацію нових об'єктів в Європейському Союзі та країнах Європи, які розвиваються, відбувається безперервний розвиток електроенергетичного комплексу, що, в свою чергу, призводить до впровадження нової електромережі та генеруючого обладнання.

Впровадження нового обладнання також спричинене заходами підвищення загальної безпеки загальносвітової енергосистеми. Нові потужності та введення в експлуатацію нового обладнання позитивно впливають на роботу електроенергетичної системи, а саме:

- зниження навантаження на обладнання електромережі;
- підвищення статичної та динамічної стійкості;
- підвищення надійності енергосистеми;
- підвищення мінливості розподілу активної потужності між генеруючим обладнанням, що працює в декількох режимах, і вибір конфігурації підключеного генеруючого обладнання [9].

З іншого боку, будівництво електромережі та введення в експлуатацію нових об'єктів призводять до ускладнення електромагнітних перехідних процесів в аварійних умовах та збільшення кількості джерел струму в умовах КЗ, що також призводить до збільшення сумарного струму КЗ в місці несправності. Крім того, введення в експлуатацію об'єктів нового покоління призводить до встановлення нових підвищувальних трансформаторів із заземленою нейтраллю, в результаті чого рівень струмів однофазних електромереж

підвищується за рахунок загального зниження опору нульової послідовності. Проблема збільшення струмів КЗ безпосередньо відбивається на надійності, режимах роботи та функціональному стані силових вимикачів, які поряд із силовими трансформаторами є одним з найбільш відповідальних видів енергетичного обладнання.

За орієнтовною оцінкою, в Європейських країнах, які розвиваються експлуатується близько 30 000 вимикачів напруги від 110 до 750 кВ, а конкретно розподіл за видами напруги такий: 110 кВ – 80,5 %, 220 кВ – 15,2 %, 330 кВ – 1,2 %, 500 кВ – 3 %, 750 кВ – 0,1 %. Переважну більшість (54%) складають масляні вимикачі з глухим резервуаром номінальною напругою 110 і 220 кВ. На масляні вимикачі з мертвої ємності припадає 58% серед вимикачів на 110 кВ і 45 % серед вимикачів на 220 кВ. Видно, що масляні вимикачі становлять більшість парку силових вимикачів UNPG. У даний час масляні силові вимикачі не виробляються через короткий термін комутації, використання трансформаторного масла як середовища для гасіння дуги (в результаті у підвищеній пожежній небезпеці), складності експлуатації та обслуговування. З вищезазначених причин на сьогоднішній день існує велика стурбованість щодо заміни зношеного та застарілого масляного комутаційного обладнання. У зв'язку з великими фінансовими витратами рішення про заміну силового вимикача має бути технічно та економічно обґрунтованим. Ця перевірка здійснюється за сумарним струмом КЗ на шинах підстанції. Основною проблемою існуючої перевірки силових трансформаторів є нехтування їх агрегатним станом і технічними параметрами. В даний час у багатьох роботах розглядається та аналізується проблема оцінки залишкового ресурсу силових вимикачів. Умовно роботи з оцінки залишкового ресурсу вимикачів можна розділити на три напрямки:

- оцінка залишкового ресурсу шляхом вилучення даних з використанням вимірювань параметрів вимикачів без їх відключення;
- оцінка залишкового ресурсу шляхом онлайн-моніторингу параметрів вимикачів;
- використання нечіткої надійності для оцінки залишкового ресурсу вимикачів.

Так у роботах [10] представлено використання пірометра для визначення елементів з локальним перегрівом з метою визначення залишкового ресурсу вимикачів. При визначенні вузлів вимикача з локальними елементами цей вузол розглядали як дефектний. Потім автори ввели критерій визначення ступеня пошкодження елемента вимикача в залежності від температури локального перегріву. Цей критерій дозволяє визначити необхідні дії для обслуговування досліджуваного вимикача. У роботах [11] автори подають експертну модель автоматичних вимикачів із використанням нечіткої матриці та технології нейронних мереж. Експертна база даних системи побудована на основі даних он-лайн моніторингу. Точність системи значно підвищується за рахунок експериментальної перевірки різних типів несправностей. Ця система дозволяє перейти від планового ремонту до ремонту за потреби, що призведе до підвищення надійності та рентабельності роботи вимикача. Дослідження [12] ілюструє модель оцінки вимикачів на основі теорії нечіткої надійності. У цій роботі проведено аналіз помилкової поведінки вимикача, побудовано функцію розподілу та нечітку функцію на приналежності на основі спостережень. На основі даних онлайн-моніторингу з використанням теорії ймовірності та нечіткої теорії розраховується нечітка надійність високовольтного вимикача. Виходячи з нечітких показників надійності, робляться висновки про стан вимикача. У роботах [13] дерево відмов використовувалося для оцінки терміну служби газоізоляційних вимикачів. У роботах [14] розглядаються лише механічні пошкодження силових вимикачів. Запропоновано алгоритм прогнозування механічних пошкоджень вимикачів на основі методу опорних векторів. Для дослідження регресійних моделей опорних векторів використано ретроспективні дані. Для оцінки залишкового ресурсу вимикача в роботах [15] розроблено моделі оцінки надійності окремих вузлів вимикача. Запропоновані моделі базуються на статистичних даних. Слід зазначити, що вплив струмів КЗ на функціональний стан вимикачів у розглянутих роботах не враховано. Відомо, що переривання струму SC є найбільш важким режимом для вимикача. У момент відключення струму практично всі елементи вимикача піддаються механічному, тепловому

та хімічному впливу: вводи, дугогасна камера, ізоляційне середовище, ізолятори тощо. При цьому вплив струмів КЗ на функціональний стан вимикачів не враховується. Можуть бути зроблені неправильні висновки про його функціональний стан. Помилка в оцінці стану вимикача може призвести не тільки до фінансових витрат підприємства-власника обладнання, але й до зниження надійності енергосистеми в цілому. У роботах [16] представлені результати техніко-економічних обґрунтувань моделей розрахунку струмів КЗ за IEC 60909 для інтегрального прогнозування залишкового ресурсу комутаційних пристроїв та прийняття рішення про заміну або ремонт силових вимикачів з урахуванням аналізу їх функціонального стану.

В даний час знос комутаційного обладнання на електростанціях в країнах Європи, які розвиваються, перевищує 60 %. Значна частина існуючого комутаційного обладнання відпрацювала свій проектний термін експлуатації та життєвий цикл, визначений нормативними документами, і використовується понад нормативний ресурс. Більше того, в сучасних ринкових умовах темпи старіння перевищують темпи оновлення обладнання. У зв'язку з вищевикладеним необхідна заміна застарілого обладнання на розподільних пристроях на сучасне. Поширені масляні вимикачі поступово витісняються газоізоляційними, які мають ряд переваг, таких як пожежо і вибухобезпечність обладнання, екологічно чисте середовище інертного газу, нешкідливе для людини, зменшення маси та розмірів обладнання, висока відключаюча здатність, низька рівень амортизації дугових контактів, а також простота монтажу та обслуговування вимикача. Проте в умовах обмеження інвестиційних можливостей в енергетиці повна заміна масляних вимикачів на газові неможлива, а проблема полягає в оптимізації витрат на ремонт обладнання або придбання нового. З метою можливого оптимального пошуку вирішення цих завдань автори роботи запропонували новий підхід до аналізу параметрів, що визначають технічний стан комутаційного пристрою, заснований на розробці його резервної математичної моделі з урахуванням зв'язності між параметрами обладнання і режимами його роботи та суміжною мережею.

У країнах Європи, які розвиваються, для обслуговування обладнання використовується система технічного обслуговування, що є найпростішим способом планування ремонтів і технічного обслуговування обладнання. Однак це не може у повному обсязі забезпечити прийняття оптимального рішення в сучасних економічних умовах, що пояснюється тим, що технічне обслуговування та ремонт проводяться без урахування фактичного технічного стану елементів електрообладнання, черговості відключень, а також фінансові, трудові, тимчасові та технологічні обмеження, що ускладнюють плановий ремонт. Усі ці обставини призводять до збільшення кількості відмов через амортизацію, зростання чисельності ремонтного персоналу, зниження якості технічного обслуговування і, як наслідок, погіршення стану енергооб'єктів. Оцінка фактичного стану масляних вимикачів за результатами діагностики є досить складним завданням, актуальність якого визначається перерахованими вище причинами. Існує дві групи методологій для діагностики вичерпаного та залишкового терміну служби високовольтних вимикачів:

- контроль терміну придатності та залишкового ресурсу на основі даних, наданих виробником. Основна частина виробників автоматичних вимикачів надає дані про вихідний ресурс вимикачів, а також дані, необхідні для оцінки їх технічного стану при роботі в номінальних умовах;

- контроль терміну придатності та залишкового ресурсу на основі даних, отриманих засобами та методами технічних випробувань та діагностики.

Існуючі сьогодні методики оцінки технічного стану вимикачів здебільшого зводяться до аналізу фактичних параметрів та їх порівняльного аналізу з граничними значеннями, визначеними нормативними документами, що визначають допустимі технологічні параметри масляних і магнітних вимикачів. Через досить високу вартість комутаційних пристроїв, для їх діагностики використовуються методи неруйнівного контролю (НК), які не потребують руйнування виробу, кожен з яких регламентується своїм державним стандартом. За результатами діагностики та випробувань визначають перевищення фактичних параметрів, а

також виявляють дефекти, їх розташування та причини. Для оцінки технічного стану автоматичних вимикачів найчастіше використовуються наступні нерозривні дослідження:

- хроматографічний аналіз газів, розчинених в маслі;
- метод моніторингу тепла;
- вимірювання електричних характеристик;
- фізико-хімічний аналіз масла та ін.

Хроматографічний аналіз дає змогу виявити дефекти обладнання на ранніх стадіях, а також визначити їх характер і ступінь пошкодження. Для виявлення дефектів і пошкоджень ввводів вимикачів використовується метод теплового моніторингу. Температура є універсальним показником стану електрообладнання, оскільки на всіх етапах його роботи розвиваються теплові реакції. Випадки будь-яких несправностей обладнання призводять до зміни температури, що реєструється тепловізором, що робить моніторинг тепла одним з найефективніших способів діагностики. Цей метод дозволяє контролювати тепловий стан комутаційного обладнання, не виводячи його з експлуатації, виявляти пошкодження на ранній стадії і, відповідно, зменшувати витрати на огляд і ремонт.

Приводи автоматичних вимикачів забезпечують автоматичне і ручне розмикання і замикання комутаційного пристрою, а також утримання його в закритому стані.

Діагностика приводів вимикача проводиться за кількома критеріями: швидкість контактів при розмиканні або замиканні (м/с), максимальна швидкість контактів (м/с) і час замикання (с). Для управління приводом вимикача використовується вібраційний контроль, що спирається на спеціальний електромагнітний вібратор.

Динамічні сили в приводі викликають вібрацію, а дефекти обладнання змінюють характеристики вібрації та шуму. За статистичними даними, із загальної кількості відмов елементів протипожежного захисту частка відмов конструкцій розподіляється таким чином: ланцюги керування – 42 %, привод – 26 %, дугогасна камера – 18 %, вимикач. втулки та ізоляція опор – 14 %. При цьому іноді неможливо розпізнати дефект і визначити стан розриву навіть на основі набору ознак (наприклад, за допомогою різних методів діагностики) у різноманітному просторі ознак за умов перетину та багатозначних класів об'єктів. Тому використання класичних методів статистичного аналізу в деяких випадках може призвести до неприпустимих неточностей. Отже, для цього дослідження була розроблена розширена математична модель, заснована на нейронечітких висновках, для аналізу технічного стану вимикачів. Модель містить не тільки дані технічної діагностики, а й облік зв'язності параметрів обладнання та режимів його роботи в суміжній електричній мережі як засіб аналізу струмів короткого замикання в суміжній мережі.

**Обґрунтування шляхів підвищення протипожежного захисту електричних мереж у місцях комутації надмірних споживчих потужностей.** У даний час актуальною є проблема високих рівнів струмів КЗ елементів протипожежного захисту. Оскільки встановлена потужність електростанцій в енергосистемі та загальне навантаження постійно зростають, необхідно нарощувати пропускну здатність електромережі від великих електростанцій до електроцентрів промислового та побутового навантаження, що потребує будівництва нових електромереж. Збільшення встановленої потужності електростанцій та інтенсивний розвиток інфраструктури електромереж зумовлюють безперервне зростання струмів короткого замикання в енергосистемі, що призводить до необхідності розробки заходів щодо їх обмеження. Це пояснюється тим, що вимикаюча здатність великої кількості комутаційного обладнання не відповідає розрахунковим рівням струмів короткого замикання. Заміна існуючих вимикачів є дорогою, тому доцільно розглянути альтернативні технічні рішення, у тому числі реалізацію стаціонарної секції електричної мережі, що в свою чергу вимагає врахування ряду критеріїв впливу на режим енергосистеми. У роботі [17] розглянуто модель оцінки заходів щодо обмеження струмів короткого замикання: розглядаються різні комбінації точок стаціонарного розрізу мережі. Крім оцінки рівнів струмів КЗ у зоні розподілу електроенергії, також використовується критерій оцінки стабільності та працездатності електромережі.

Безпосередньо подальші авторські дослідження спираються на припущення наступної природи - наявність великого перехідного опору в місці комутації призводить до надмірного локального нагрівання, при якому не відбувається значних змін контрольованих характеристик електричного струму в колі. Як наслідок апарати захисту не спрацьовують. Тому для попередження небезпечного тепловиділення слід запропонувати обладнати електричний елемент системи протипожежної безпеки електричних мереж температурними запобіжниками, які спрацьовуватимуть при перевищенні допустимої температури з'єднання і припинятимуть подальше нагрівання шляхом розмикання електричного кола.

З метою обрання оптимальних характеристик температурних запобіжників слід визначити умови, за яких забезпечуватиметься нормальна робота з'єднання у місці надмірної комутації для тривалих максимально допустимих навантажень та відбуватиметься розмикання електричного кола за умови досягнення граничного значення температури.

Таким чином, для попередження небезпечного тепловиділення запропоновано обладнати електричний елемент системи протипожежної безпеки електричних мереж температурними запобіжниками, які спрацьовуватимуть при перевищенні допустимої температури з'єднання і припинятимуть подальше нагрівання шляхом розмикання електричного кола.

**Висновки.** Проведений аналіз шляхів підвищення протипожежного захисту споруд та електричних мереж показує сталу кількість пожеж від джерел запалення електричного походження. Незважаючи на розвиток сучасних апаратів захисту електричні розетки залишаються одним з місць, де в наслідок появи великого перехідного опору можуть відбуватися значні тепловиділення. Підвищення температури штепсельного з'єднання може стати причиною самозаймання деталей розеток та оздоблювальних матеріалів.

Для попередження небезпечного тепловиділення запропоновано обладнати електричний елемент системи протипожежної безпеки електричних мереж температурними запобіжниками, які спрацьовуватимуть при перевищенні допустимої температури з'єднання і припинятимуть подальше нагрівання шляхом розмикання електричного кола.

**Перспективи подальших досліджень.** Подальші дослідження повинні бути направлені на розробку структурно-логічної моделі елементу системи протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації надмірних споживчих потужностей. Дана модель дозволить окреслити контур управління в умовах достатності існуючого протипожежного захисту та контур управління процесом протипожежного захисту в умовах комутації надмірних споживчих потужностей, який функціонує у разі встановлення факту наявності обмежень достатності існуючого протипожежного захисту.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гудим В. І. Математичне моделювання процесів нагрівання провідників внутрішніх електричних мереж житлових та громадських будівель / В. І. Гудим, Б. М. Юрків, О. Б. Назаровець // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУ БЖД, 2015. – №26. – С. 59–64.
2. Коваль О. М. Технічні засоби підвищення рівня пожежної безпеки побутових електромереж / О. М. Коваль // Пожежна безпека: Зб. наук. пр.- Львів: ЛДУ БЖД, 2007.– №10. — С.134-139
3. Yi J., Chen W., Han J., & Chen, D. (2019). Sensitive and selective detection of plasticizer vapors with modified-SnO<sub>2</sub> hollow nanofibers for electrical fire warning. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 287, 364-370.
4. Sridhar, P., and R. R. Sathiya. «Computer Vision based Early Electrical Fire-detection in Video Surveillance oriented for Building environment." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1916. No. 1. IOP Publishing, 2021.
5. C.-B. Liu and N. Ahuja, "Vision based fire detection," in *Pattern Recognition*," 2004. ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference on, 2004, pp. 134-137.
6. B. U. Töreyn, Y. Dedeoğlu, U. Güdükbay, and A. E. Cetin, "Computer vision based method for real-time fire and flame detection," *Pattern recognition letters*, vol. 27, pp. 49-58, 2006.

7. J. Choi and J. Y. Choi, "Patch-based fire detection with online outlier learning," in *Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, 2015 12th IEEE International Conference on, 2015, pp. 1-6.
8. P. V. K. Borges and E. Izquierdo, "A probabilistic approach for vision-based fire detection in videos," *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, vol. 20, pp. 721-731, 2010.
9. P. V. K. Borges, J. Mayer, and E. Izquierdo, "Efficient visual fire detection applied for video retrieval," in *16th European Signal Processing Conference*, August 2008. pp. 159–168
10. A. Rafiee, R. Dianat, M. Jamshidi, R. Tavakoli, and S. Abbaspour, "Fire and smoke detection using wavelet analysis and disorder characteristics," in *Computer Research and Development (ICCRD)*, 2011 3rd International Conference on, 2011, pp. 262-265.
11. M. S. Bin Bahrudin, R. A. Kassim and N. Buniyamin, "Development of Fire alarm system using Raspberry Pi and Arduino Uno," 2013 International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE), Kuala Lumpur, pp. 43-48, 2013. doi: 10.1109/ICEESE.2013.6895040.
12. W. Szpankowski, *Average Case Analysis of Algorithms on Sequences*, Wiley-Interscience, 1st edition, 2001. pp. 170-174
13. S. M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory*, vol. 1, Prentice Hall, 1993. pp. 100-106
14. S. Theodoridis and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition*, Academic Press, 2006. pp. 140-152
15. P. Roeper and H. Leblanc, *Probability Theory and Probability Logic*, University of Toronto Press, 1st edition, 1999. pp. 412-417
16. "Method for the Determination of the Proof Tracking and Comparative Tracking Indices of Solid Insulating Materials," *International Electrotechnical Commission Standard IEC 60112*, Geneva. 2006. pp. 81-91
17. Eroshenko SA, Zagidullin MR, Senyuk MD, Kuznetsov K.A. Infographics of the levels of short-circuit currents for improving the quality of solutions for the operational management and development of the region's energy system // *Collected papers of the VII International Youth Scientific and Technical Conference "Electric Power Through the Eyes of Youth - 2016"*.

## REFERENCES

1. Gudym V. I. Mathematical modeling of heating processes of conductors of internal electrical networks of residential and public buildings / V. I. Gudym, B. M. Yurkiv, O. B. Nazarovets // *Fire safety: Collection. of science pr. – L.: LSU BZD, 2015. – No. 26. – pp. 59–64.*
2. Koval O. M. Technical means of increasing the level of fire safety of household electrical networks / O. M. Koval // *Fire safety: Collection. of science pr.- Lviv: LSU BZD, 2007.– №10. — P.134-139* Yi J., Chen W., Han J., & Chen, D. (2019). Sensitive and selective detection of plasticizer vapors with modified-SnO<sub>2</sub> hollow nanofibers for electrical fire warning. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 287, 364-370.
3. Sridhar, P., and R. R. Sathiya. «Computer Vision based Early Electrical Fire-detection in Video Surveillance oriented for Building environment." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1916. No. 1. IOP Publishing, 2021.
4. C.-B. Liu and N. Ahuja, "Vision based fire detection," in *Pattern Recognition*," 2004. *ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference on*, 2004, pp. 134-137.
5. B. U. Töreyn, Y. Dedeoğlu, U. Güdükbay, and A. E. Cetin, "Computer vision based method for real-time fire and flame detection," *Pattern recognition letters*, vol. 27, pp. 49-58, 2006.
6. J. Choi and J. Y. Choi, "Patch-based fire detection with online outlier learning," in *Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, 2015 12th IEEE International Conference on, 2015, pp. 1-6.
7. P. V. K. Borges and E. Izquierdo, "A probabilistic approach for vision-based fire detection in videos," *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, vol. 20, pp. 721-731, 2010.



8. P. V. K. Borges, J. Mayer, and E. Izquierdo, "Efficient visual fire detection applied for video retrieval," in 16th European Signal Processing Conference, August 2008. pp. 159–168
9. A. Rafiee, R. Dianat, M. Jamshidi, R. Tavakoli, and S. Abbaspour, "Fire and smoke detection using wavelet analysis and disorder characteristics," in Computer Research and Development (ICCRD), 2011 3rd International Conference on, 2011, pp. 262-265.
10. M. S. Bin Bahrudin, R. A. Kassim and N. Buniyamin, "Development of Fire alarm system using Raspberry Pi and Arduino Uno," 2013 International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE), Kuala Lumpur, pp. 43-48, 2013. doi:10.1109/ICEESE.2013.6895040.
11. W. Szpankowski, Average Case Analysis of Algorithms on Sequences, Wiley-Interscience, 1st edition, 2001. pp. 170-174
12. S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory, vol. 1, Prentice Hall, 1993. pp. 100-106
13. S. Theodoridis and K. Koutroumbas, Pattern Recognition, Academic Press, 2006. pp. 140-152
14. P. Roesper and H. Leblanc, Probability Theory and Probability Logic, University of Toronto Press, 1st edition, 1999. pp. 412-417
15. "Method for the Determination of the Proof Tracking and Comparative Tracking Indices of Solid Insulating Materials," International Electrotechnical Commission Standard IEC 60112, Geneva. 2006. pp. 81-91
16. Eroshenko S., Zagidullin M., Senyuk M., Kuznetsov K. Infographics of the levels of short-circuit currents for improving the quality of solutions for the operational management and development of the region's energy system // Collected papers of the VII International Youth Scientific and Technical Conference "Electric Power Through the Eyes of Youth - 2016".

***Oleksandr Zobenko***

*Cherkassy Institute of Fire Safety Named after Chernobyl Heroes  
of National University of Civil Defense in Ukraine*

### **THE CURRENT STATE OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION OF ELECTRICAL NETWORKS IN THE SWITCHING PLACES OF EXCESSIVE CONSUMER POWERS**

*The work is aimed at increasing the efficiency of fire protection of electric networks in the switching points of excessive consumer capacities. It analyzes the fire protection of buildings and electric networks, analyzes the technical solutions of the elements of the fire protection system of electric networks in the leading countries of the world, and substantiates the ways of increasing the fire protection of electric networks in the places of switching of excessive consumer capacities.*

*The conducted analysis of ways to improve fire protection of buildings and electrical networks shows a steady trend towards maintaining the number of fires from sources of ignition of electrical origin. Despite the development of modern protection devices, electrical switching points remain one of the places where significant heat generation can occur due to the appearance of a large transient resistance. An increase in the temperature of switching points can cause spontaneous ignition of outlet parts and finishing materials.*

*Today's methods of assessing the technical condition of switches are mainly reduced to the analysis of actual parameters and their comparative analysis with the limit values determined by regulatory documents that determine the permissible technological parameters of oil and magnetic switches. Due to the rather high cost of switching devices, non-destructive testing methods are used for their diagnosis, which do not require the destruction of the product, each of which is regulated by its own state standard. Based on the results of diagnostics and tests, exceedance of the actual parameters is determined, as well as defects, their location and causes are identified.*

**Key words:** *fires in electrical installations, electrical sockets, transitional supports, fire protection.*