

УДК 614. 84

*О.М. Григоренко, канд. техн. наук, ст. викладач, НУЦЗУ,
О.В. Кулаков, канд. техн. наук, доцент, заст. нач. кафедри, НУЦЗУ,
В.О. Пономарьов, викладач, НУЦЗУ*

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНІСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ ВІД КАБЕЛЬНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ЇХ ВИПРОБУВАНЬ ПІСЛЯ ПРИСКОРЕНОГО СТАРІННЯ

На основі проведеного аналізу методів розрахунку часу експлуатації ізоляції та ймовірності виникнення пожежі від кабельних виробів запропоновано напрямок удосконалення методики визначення ймовірності виникнення пожежі від цих виробів в залежності від терміну їх експлуатації та матеріалу ізоляції

Ключові слова: кабельні вироби, старіння ізоляції, ймовірність виникнення пожежі.

Постановка проблеми. Щорічно понад 25% пожеж в Україні виникає через порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок. Серед електротехнічних виробів за пожежною небезпекою перше місце посідають кабельні вироби (КВ) (приблизно 60 % пожеж, 20 % загиблих і 70 % прямих матеріальних збитків). Більшість із цих пожеж спричинені коротким замиканням внаслідок пробую ізоляції [1].

Пробій може виникнути при втраті цілісності ізоляції провідника при механічних, хімічних чи теплових впливах але найчастіше – в результаті старіння внаслідок тривалого терміну експлуатації. Гарантійний строк експлуатації переважної більшості КВ в середньому становить 20 років. Однак, як показує практичний досвід, за нормальних умов строк безпечної експлуатації КВ різних марок може відрізнятися від вказаного терміну як у більшу, так і в меншу сторону, а, отже, змінюється і ймовірність виникнення пожежі від цього виробу.

Нажаль, на сьогоднішній день не існує методик визначення ймовірності виникнення пожежі від КВ, що враховували б старіння та матеріал ізоляції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрізняють чотири основних види старіння ізоляції КВ: теплове, електричне, механічне та радіаційне.

Теплове старіння обумовлене процесами окислення й деструкції, які прискорюються з підвищенням температури діелектрика.

Електричне старіння характерне для високовольних КВ (напругою більше 35 кВ) і спричинене виникненням в товщі діелектрика об'ємного заряду, що призводить до локальних підвищених напруженостей електричного поля та до утворення розривів міжмолекулярних ланцюгів за допомогою електронів, що рухаються під дією цього поля.

Механічне старіння характерне для твердої ізоляції. Воно обумовлене різницею температурних коефіцієнтів лінійного теплового розширення діелектрика та металу струмоведучої жили. В результаті при зміні температури змінюються термомеханічні напруження діелектрика.

Радіаційне старіння характерне для обладнання атомних електростанцій. Під впливом іонізуючого випромінювання в діелектрику йде утворення хімічно активних радикалів. Вони ініціюють ланцюгові реакції розпаду макромолекул. Інтенсивність радіаційного старіння залежить від потужності P іонізуючого випромінювання.

Проведені дослідження [2], дозволяють визначити термін експлуатації матеріалу ізоляції КВ в залежності від виду старіння. Однак, ці розрахунки мають ряд недоліків. По-перше, вони не можуть бути застосовані для визначення часу експлуатації КВ зі складною будовою ізоляції. По-друге, не дають змоги визначити ймовірність виникнення пожежі від КВ.

Для визначення ймовірності виникнення пожежі від КВ, запропоновано кілька методів та методик [3-6], однак вони не враховують термін експлуатації КВ.

В роботі [7] запропоновано удосконалення методики [4] шляхом введення параметру, що залежить від терміну експлуатації КВ та від матеріалу його ізоляції. Недолік удосконаленої методики полягає в тому, що для розрахунків використовуються статистичні результати дослідження КВ, які виготовлені та експлуатувались 20-50 років тому, тобто методика не може бути застосована для сучасних марок КВ.

Постановка задачі та її розв'язання. Для розрахунку ймовірності виникнення пожежі від КВ пропонується удосконалення методики [4] шляхом зміни параметру "ймовірність виникнення короткого замикання (КЗ) внаслідок виходу зі строю ізоляції".

Вважається, що ізоляція КВ не може виконувати покладені на неї функції у випадку, коли її опір буде меншим значення 0,5 МОм [8]. У цьому випадку можна вважати, що ймовірність аварійної роботи кабельної лінії дорівнює 1.

У методику [4] пропонується замість фіксованого відношення $\frac{a}{L}$ ввести ймовірність аварійної роботи кабельної лінії внаслідок старіння ізоляції, що отримані експериментально-розрахунковим шляхом. У цьому випадку ймовірність виникнення КЗ внаслідок виходу зі строю ізоляції буде визначатися наступним виразом:

$$Q_{\text{Ізк}} = Q_{\text{ар}} \cdot \ell = \frac{R_{\text{крит}}}{R_{\phi}(t)} \cdot \frac{\ell}{L}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{ар}}$ – ймовірність аварійної роботи кабельної лінії внаслідок старіння ізоляції, ℓ – довжина КВ в прокладці, для якої визначається пожежна небезпека, [м], $R_{\text{крит}}$ – критичне значення опору ізоляції, при якому не дозволяється в подальшому експлуатація кабельної лінії ($R_{\text{крит}} = 0,5 \text{ МОм}$), $R_{\phi}(t)$ – фактичне значення опору ізоляції, що змінюється в залежності від терміну експлуатації кабельної продукції, [МОм], L – будівельна довжина [9] кабелю, [м].

Суть експериментально-розрахункового методу полягає у тому, щоб за допомогою відомих методів випробування КВ на прискорене старіння отримати значення опору ізоляції від часу та на їх основі побудувати залежність зміни опору ізоляції КВ з часом.

Виходячи з того, що старіння ізоляції КВ напругою до 35 кВ відбувається переважно за тепловим механізмом (за умови прокладання кабельної лінії всередині приміщення) [2], то дослідження зміни величини опору ізоляції доцільно проводити за методикою [10]. Дослідження проводяться до того часу, коли опір ізоляції КВ не досягне значення 0,5 МОм. Випробування проводяться для кожної жили КВ окремо, а для подальших розрахунків використовуються значення, отримані для жили, в якій значення опору ізоляції досягло критичного значення 0,5 МОм найшвидше. За отриманими значеннями будується відповідна залежність, яка математично апроксимується. Наприклад, для кабелю АВВГ (4×10) ця залежність описується наступною функцією:

$$R_{\phi}(t) = 233,976 \cdot e^{-0,158 \cdot t}, \quad (2)$$

де t – час випробування, [год].

Залежність $R_{\phi}(t)$ бажано визначати для кожного маркорозміру та партії КВ окремо.

Наступним кроком є уточнення виразу (2) для всього терміну експлуатації КВ враховуючи те, що значення $R_{\phi}(t)$ буде дійсним для КВ стандартної будівельної довжини [9] з певним гарантійним терміном експлуатації T (вказується в Технічних умовах на КВ, а у разі відсутності інформації приймається $T = 25 \div 35$ років у залежності від матеріалу ізоляції). Тоді:

$$R_{\phi}(t) = 233,976 \cdot e^{-0,158 \cdot \frac{t}{T}}, \quad (3)$$

де t – термін експлуатації, [год], T – гарантійний термін експлуатації кабельного виробу, [год].

Для порівняння існуючої методики [4] та запропонованої проведемо розрахунок ймовірності виникнення КЗ на ділянці кабелю АВВГ (4×10) довжиною 100 м в залежності від терміну експлуатації. Результати розрахунків наглядно подати у вигляді графічних залежностей, приведених на рис. 1.

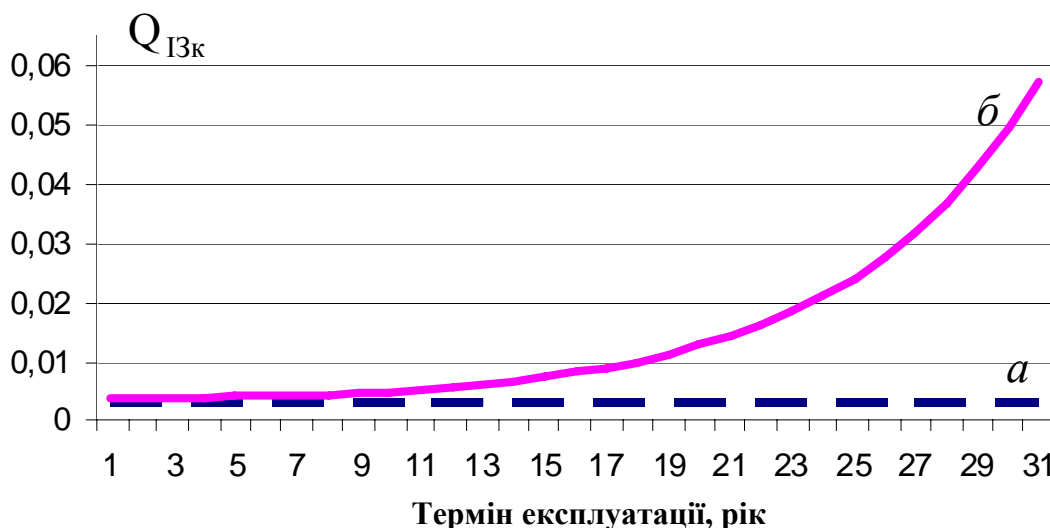


Рис. 1 – Залежність ймовірності виникнення КЗ на ділянці кабелю АВВГ (4×10) довжиною 100 м від часу, яка розрахована за стандартною (а) та запропонованою (б) методиками.

Видно, що удосконалена методика на відміну від стандартної враховує підвищення ймовірності виникнення КЗ з часом експлуатації КВ.

Висновок. Відому методику [4] визначення ймовірності пожежі від КВ удосконалено шляхом введення додаткового параметру “ймовірність аварійної роботи кабельної лінії внаслідок старіння ізоляції КВ”, що дозволяє визначати ймовірність виникнення пожежі від КВ в залежності від терміну його експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html.

2. Набока Б.Г. Основные принципы управления старением кабелей аэс. Неразрушающие методы контроля / Б.Г. Набока, А.В. Беспрозванных, Г.Н. Чертков, Р.Н. Нарыжная // Эффективность, безопасность, ресурс АЭС: V-я Международная научно-практическая конференция по проблемам атомной энергетики (МНПК ПАЭ-5), 21-26 сентября 2006 г.: тезисы докл. – Севастополь: СевНТУ, 2006. - С. 12-21.

3. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. - [Введен 1992-07-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с. – (Державний стандарт СРСР).

4. Определение вероятности пожара от кабелей и проводов электрических сетей: Методические рекомендации. – Москва: ВНИИПО МВД СССР, 1990. – 40 с.

5. Электронные изделия. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний: НПБ 247-97. – Офиц. изд. – Москва: ВНИИПО, 1996.

6. Кулаков О.В. Імовірність відмови кабельного виробу в залежності від зміни опору його ізоляції протягом експлуатації / О.В. Кулаков, В.О. Пономарьов // Актуальні проблеми наглядово-профілактичної діяльності МНС України: науково-технічна конференція, 19 грудня 2007 р.: тези докл. – Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 46-48.

7. Кулаков О.В. Удосконалення методики визначення ймовірності виникнення пожежі від кабельної продукції / О.В. Кулаков, О.М. Григоренко // Проблеми пожарной безопасности: Сб. науч. трудов УГЗ Украины. – Харьков: УГЗУ, 2009. – Вып. 25. – С. 90 – 93.

8. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – Харків: Індустрія, 2007. – 288 с.

9. ГОСТ 16442-80*. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Технические условия. – [Введен 1982-01-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1980. – 28 с. – (Державний стандарт СРСР).

10. ГОСТ 24183-80. Кабели силовые для стационарной прокладки. Общие технические условия. – [Введен 1982-01-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1980. – 33 с. – (Державний стандарт СРСР).

nuczu.edu.ua

А.Н. Григоренко, О.В. Кулаков, В.А. Пономарев

Усовершенствование методики определения вероятности возникновения пожара от кабельных изделий на основе результатов их испытаний после ускоренного старения

На основании проведенного анализа методов расчета времени эксплуатации изоляции и вероятности возникновения пожара от кабельного изделия предложено усовершенствования методики определения вероятности возникновения пожара от кабельных изделий в зависимости от срока их эксплуатации и материала изоляции

Ключевые слова: кабельные изделия, старение изоляции, вероятность возникновения пожара.

O.M. Grigorenko, O.V. Kulakov, V.O. Ponomarev

Improvement of methods for determining the likelihood of fire from cable products based on the results of their tests after accelerated aging.

Based on the analysis methods for calculating the operating time of isolation and the potential for fire from cable products offered improved methods for determining the likelihood of fire from cable products depending on their lifetime and insulation material.

Keywords: cable products, insulation aging, the likelihood of a fire.