

УДК 614.841.415:621.31

**Ю.І. РУДИК** (канд.техн.наук)

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності МНС України

**О.А. ЖУРАВЕЛЬ** (канд.техн.наук, доц.)

Донецький національний технічний університет

**ВИБІР ІНТЕРВАЛУ ЧАСУ МІЖ ВИМІРЮВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОПРОВОДКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ**

The article analyzes and studies the impact of frequency control of electrical parameters of the object at the frequency of occurrence of fire regime for its work.

**Вступ.** Перехідні опори мають місце за будь-яких способів з'єднання провідників один з одним. За умови належного контакту і правильного з'єднання перехідні опори незначні і практично не відрізняються від опорів інших ділянок електричного кола. З часом перехідний опір (ПО) контактів збільшується, а у випадках їх порушення в місцях з'єднання різко зростає. Такі події виникають у будь-якій мережі і відбуваються з причин різних випадкових факторів.

**Сучасний стан проблеми.** Виникнення пожежі внаслідок зростання перехідних опорів - випадкова подія. Ймовірність її появи прогнозується за результатами обробки статистичних даних і розрахунків або вимірювань параметрів якості електромережі об'єкта. Очікувана кількість пожеж від ПО може бути від кількох сотень до тисячі за рік по Україні [1].

Значення опору окремих ділянок струмопровідного кола (або шляху витoku струму на провідні частини) в електроустановках може значно збільшуватися внаслідок таких процесів:

- виконання монтажу електропроводок і з'єднань з порушенням правил і технологічних норм (скручування, перекошування контактних пластин, недостатня сила стиску контактів під час монтажу тощо);
- підвищення напруженості в матеріалі контактів і їх пластичної деформації через переохолодження болтових з'єднань.
- ослаблення, розхитування та порушення щільності болтових контактів через вібрацію, різницю коефіцієнтів температурного розширення матеріалу болтів і шин;
- зміни діаметру жил проводів та кабелів через недотримання значення радіуса їх згину по будівельних конструкціях або через механічний натяг, на який вони не розраховані.
- корозії матеріалів під впливом вологи та агресивних середовищ або електрохімічних процесів внаслідок використання різномірних металів контактів;
- дії тепла із зовні, впливу кліматичних або виробничих чинників, вологого або хімічно активного середовища на окислення контактів;
- від'єднання від електричної мережі електрообладнання під навантаженням, що призводить до підгоряння контактних поверхонь;
- погіршення електропровідності через утворення твердих оксидних плівок, їх забруднення маслянистими нашаруваннями і пилом;
- механічного пошкодження контактних з'єднань;
- зменшення опору ізоляції в результаті зазначених вище причин, наслідком чого є коротке замикання або струми витoku в місцях руйнування ізоляції через великий перехідний опір.

Небезпека ПО збільшується тим, що місця їх утворення важко виявити, а пристрої захисту при їх зростанні до пожежонебезпечних значень не спрацьовують. Зокрема, режим дугового замикання через великий перехідний опір між фазним і нульовим робочим провідниками звичайними запобіжниками не відсікається, але уже запропонований метод відключення пристроєм захисту, який реагує на високочастотні складові цього струму [2].

**Постановка задачі.** Значна кількість пожеж в електропроводках пояснюється такими обставинами: незадовільний технічний стан електричних мереж, які експлуатуються, низька якість електричних пристроїв і невідповідність їх до стандартів безпеки, відсутність ефективних служб і систем контролю безпечної експлуатації електропроводок низької напруги, недотримання правил пожежної безпеки при експлуатації побутової техніки та низька ефективність електричного захисту від усіх аварійних режимів.

До останнього часу діючими Правилами будови електроустановок не розглядаються питання контролю стану електричних мереж до 1000В під час експлуатації, та зокрема, перехідного опору контактних з'єднань. Однак важливість обмеження струмових втрат з точки зору ефективності та зменшення виділення тепла у проводі для підвищення пожежної безпеки вважається загальноприйнятим у світі [3].

Ділянки з великими ПО сильно нагріваються, що призводить до займання ізоляції, іскріння і навіть до появи електричної дуги.

Всі ці явища являють значну пожежну небезпеку і повинні бути відключені системою захисту. Однак навіть за умов справності запобігти ненормальним режимам роботи за допомогою відомих пристроїв захисту не вдається, захист не забезпечується з ряду причин.

Виходячи з вищевикладеного, авторами вбачається необхідним обґрунтування і встановлення терміну періодичного контролю параметрів якості електромереж низької напруги.

**Отримані результати.** Теплова дія електричної енергії виявляється в результаті короткого замикання (у вигляді іскор та дуг), великих перехідних опорів (інтенсивне іскріння в ослаблених, окислених контактних з'єднаннях) чи струмових перевантажень (у вигляді перегрівання контактних ділянок електромереж, електрообладнання, двигунів і апаратів), або винесення напруги на металеві конструкції і споруди.

Виділення тепла відбувається через погані контакти і є єдиною ознакою великих ПО у процесі експлуатації.

Для вирішення цієї проблеми необхідно перейти до нової системи експлуатації електромереж, а також проведення масової ревізії та реконструкції діючих електромереж напругою 380/220В.

З цією метою нами розроблені нові принципи оцінювання якості електромереж до 1000В, які враховують її протяжність, стан контактних з'єднань, величину перехідних опорів, якість ізоляції [4]. В основу їх використання покладено математичне моделювання процесу функціонування системи електропроводок із врахуванням її часу експлуатації та застосування аналітичних виразів, які забезпечують можливість комп'ютерної діагностики стану якості електромереж до 1000В. До параметрів якості електромереж згідно з ГОСТ 12.2.007-75 можна віднести вимоги щодо значень електричного опору ізоляції провідників, опору жил проводів і кабелів [5].

Пожежна безпека виробу та його елементів повинна забезпечуватися як у нормальному, так і в аварійному режимах роботи. З цією метою зниження пожежної небезпеки вимагає серед інших заходів доведення величини перехідного опору в контактних з'єднаннях до рівня, встановленого стандартами на конкретні вироби. Також значення електричної міцності ізоляції та значення її опору повинні вказуватися у стандартах і технічних умовах на конкретні види виробів [5].

Пожежна небезпека електротехнічних виробів у цілому в Україні оцінюється за Настановами, викладеними в ДСТУ ІЕС 60695-1-1:2002 [6]. Термін „електротехнічний виріб” у ньому охоплює матеріали, складові частини або повністю готові вироби.

Розроблення методів випробувань ЕТВ на пожежну небезпеку охоплює лише ті методи, які мають безпосереднє відношення до матеріальних збитків (шкоди), яка спричиняється людям, тваринам або майну.

Вимоги та рекомендації щодо зменшення імовірності виникнення пожежі при роботі електрообладнання і складових частин, в основному, впроваджуються під час його проектування. На цій стадії передбачається і найширше застосування вимог стандартів.

Водночас вибором відповідних матеріалів та конструкцій для електрообладнання також досягається мета запобігання займанню частин, які перебувають під напругою, а якщо це відбувається, то вогонь локалізується переважно в межах внутрішнього простору ЕТВ.

Однак, період експлуатації стаціонарного електрообладнання після його встановлення і монтажу досить значний, і становить, як правило, більше 15 років. Під час цього періоду виникають не передбачувані відмови, можливою є експлуатація з порушенням норм та випадки аномальної роботи. При цьому і стаються пожежі, причиною виникнення яких є займання електричного походження в електроустановках.

Розроблені [2] математичні моделі у вигляді систем лінійних диференціальних рівнянь, які дозволяють визначити частоту (ймовірність) виникнення у мережі значних перехідних опорів у контактних з'єднаннях, застосовні і для визначення необхідної періодичності контролю стану опору побутових електричних мереж до 1000В.

Визначення частоти появи великих перехідних опорів можна провести із застосуванням формули [2]:

$$H = \frac{1}{2^m} \lambda_j \prod_{i=1}^m \theta_i^2 \lambda_{s,i}, \quad (1)$$

де  $\lambda_j$  - параметр потоку появи великого ПО в  $j$ -му елементі мережі;

$\lambda_{s,i}$  - параметр потоку відмов у  $i$ -му контактному з'єднанні;

$\theta_i$  - інтервал часу між профілактичним контролем опору струмопровідного кола в електромережі;

$m$  – кількість точок схеми із можливим утворенням ВПО.

Визначена частота появи справджується для умов: інтервали часу між появою контактних з'єднань із значними перехідними опорами, а також інтервали часу між пошкодженнями мережі задовольняють експоненціальним функціям розподілу ймовірностей із параметрами відповідно  $\lambda_j$  і  $\lambda_{s,i}$ , а також дотримується умова:

$$\theta_i \cdot \lambda_{s,i} < 0,1.$$

Для справдження формули (1) вводяться наступні припущення:

- опір контактного з'єднання може набувати значень за межами допустимих лише в процесі експлуатації, тобто малоімовірним є це зростання у момент контролю;

- значні перехідні опори контактних з'єднань виявляються та усуваються лише в результаті контролю стану електричної мережі, при цьому вважається, що метод контролю абсолютно надійний;

- під значною величиною перехідного опору з'єднань електромережі розуміється така, яка під час експлуатації мережі із струмом, не вище номінального, може призвести до зростання температури місця з'єднання вище пожежонебезпечного значення ( $> 60 - 95^{\circ}\text{C}$ ).

У випадку встановлення однакової періодичності термінів профілактики і контролю параметрів якості електромереж, тобто для  $\theta_i = \theta$ ,  $i = \overline{1, m}$ , вираз (1) можна записати так:

$$H = \frac{1}{2^m} \lambda_j \theta^{2m} \prod_{i=1}^m \lambda_{s,i}. \quad (2)$$

Ймовірність появи великих перехідних опорів на протязі часу  $t$  можна виразити як

$$P(t) = 1 - e^{-H \cdot t}. \quad (3)$$

Якщо  $H \cdot t < 0,1$ , то  $P(t) \cong H \cdot t$ , а при  $t=1$  рік отримаємо  $P(t) \cong H$ .

Запропонований підхід дозволяє проводити своєчасний контроль і виявляти потенційно пожежонебезпечні ділянки електромережі до 1000В в процесі експлуатації. Як наслідок, у них повинні бути замінені переріз або тип електропроводки і з'єднувальної арматури. На етапі введення в експлуатацію встановлюються паспортні дані конкретної мережі, які дозволяють періодично контролювати її стан із гарантуванням роботи без пожежонебезпечних режимів.

**Висновок.** Запропонована методика при застосуванні необхідного технічного забезпечення [8], дозволяє своєчасно оцінювати показники якості матеріалів та монтажу електричних мереж до 1000В. Значення показників якості, зокрема, ймовірність пожежі від великих перехідних опорів, залежать від величини опору контактних з'єднань.

При оцінюванні опору ізоляції найважливішим критерієм є ймовірність пожежі в електричних мережах до 1000В у результаті пробиття ізоляції і виникнення дугового короткого замикання, у загальному випадку повинна забезпечуватися ймовірність пожежі не вище нормованого значення.

#### Список літератури

1. Столярчук П.Г. Діагностика стану з'єднань в електричних мережах шляхом контролю перехідних опорів / П.Г.Столярчук, В.І.Гудим, Ю.І.Рудик // Зб.наук.пр. ЛПІБ / Львів.СПОЛОМ, 2005.-№6.-С.142-147.
2. Ковалев А.П. О влиянии надежности защитного отключения на безопасность системы электроснабжения участка угольной шахты / А.П.Ковалев, Е.В.Чорноус, Е.Н.Черепня, М.А.Нагорний // Вісн. Приазовського державного технічного університету / Зб. наук. пр. - Маріуполь, 2005.-Вип. 15.: Ч2.-С.60-63.
3. Rizzoni, Giorgio. Principles and applications of electrical engineering / Giorgio Rizzoni/ - McGraw-Hill Higher Education – 3rd ed, 2000. - 976p.
4. Столярчук П.Г. Обґрунтування необхідності контролю стану електричних мереж при наявності апаратів захисту / П.Г.Столярчук, В.І.Гудим, Ю.І.Рудик // Зб.наук.пр. ЛДУБЖД / Львів.СПОЛОМ, 2006.-№9.-С.142-146.
5. ДСТУ ІЕС 60695-1-1:2002. (ГОСТ 12.2.007.0-75. ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности. - Введ. 01.01.78. - М.: Издательство стандартов, 1985. - 15 с.
6. ДСТУ ІЕС 60695-1-1:2002 Випробування на пожежну безпеку електротехнічних виробів. Частина 1-1. Настанови щодо оцінювання пожежної небезпеки. Загальні положення. – К.: Держстандарт України, 2003. – IV, 48 с.
7. Пат. Україна, МПК G01R 27/02, G01R 31/08. Аналізатор опору двопровідних мереж до 1000 В / В.І.Гудим, П.Г.Столярчук, В.М. Ванько, Ю.І.Рудик; Львів (Україна). - №80325; заявл. 12.09.2005; опубл. 10.09.2007, Бюл. №14.- 4с.

Надійшла до редколегії 13.06.2009

Рецензент: О. П. Ковальов

**Ю.И. РУДЫК**

Львовский государственный университет  
безопасности жизнедеятельности МЧС Украины

**Е.А. ЖУРАВЕЛЬ**

Донецкий национальный технический университет

**Вибір інтервалу часу між вимірюванням параметрів електропроводки для підвищення їх пожежної безпеки.** В статті проведено аналіз і дослідження впливу періодичності контролю параметрів електричної мережі об'єкта на частоту появи пожежонебезпечного режиму її роботи. Розроблена математична модель в формі системи лінійних диференціальних рівнянь, яка дозволяє визначити частоту (ймовірність) появи в мережі достатньо великих переходних опортів в контактних з'єднаннях, а також визначити періодичність контролю стану опору побутових електричних мереж до 1000В.

Предложенный подход позволяет проводить своевременный контроль и выявлять потенциально пожароопасные участки электросети до 1000В в процессе эксплуатации и своевременно оценивать показатели качества материалов и монтажа электрических сетей до 1000В.

**Пожаробезопасность, вероятность, переходное сопротивление, бытовые сети.**

**Ю.І. РУДИК**

Львівський державний університет безпеки  
життєдіяльності МНС України

**О.А. ЖУРАВЕЛЬ**

Донецкий национальный технический университет

**Вибір інтервалу часу між вимірюванням параметрів електропроводки для підвищення їх пожежної безпеки.** У статті проведено аналіз і дослідження впливу періодичності контролю параметрів якості електромережі об'єкта на частоту появи пожежонебезпечного режиму її роботи, що є досить актуальною проблемою. Розроблена математична модель у вигляді систем лінійних диференціальних рівнянь, яка дозволяє визначити частоту (ймовірність) виникнення у мережі значних переходних опортів у контактних з'єднаннях, а також визначити періодичність контролю стану опору побутових електричних мереж до 1000В. Запропонований підхід дозволяє проводити своєчасний контроль і виявляти потенційно пожежонебезпечні ділянки електромережі до 1000В в процесі експлуатації, а також дозволяє своєчасно оцінювати показники якості матеріалів та монтажу електричних мереж до 1000В.

**Пожаронебезпечність. Ймовірність, перехідний опір, побутові мережі.**