

*В.І.Гудим, д.т.н., доцент (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України),
П.Г.Столярчук, д.т.н., професор(Національний університет „Львівська політехніка”),
Ю.І.Рудик (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)*

ДІАГНОСТИКА СТАНУ З'ЄДНАНЬ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ШЛЯХОМ КОНТРОЛЮ ПЕРЕХІДНИХ ОПОРІВ

Виконано експериментальні вимірювання перехідних опорів у місцях з'єднань провідників групових електричних мереж житлових, адміністративних, побутових та громадських будівель. Згідно з нашими розробками рекомендується здійснювати контроль стану побутових електромереж не лише на стадії введення в експлуатацію, а й періодично під час її експлуатації. Такий підхід дозволяє здійснювати діагностику стану електромереж з використанням неруйнівних методів.

Вступ. Внаслідок тривалої експлуатації електромереж, які містять з'єднання окремих ділянок, а такими є переважна більшість існуючих електропроводок, зростає їх перехідний опір. При роботі електротехнічних виробів (ЕТВ) із номінальними значеннями струмів на цих з'єднаннях відбуваються підвищення температури, від яких пришвидшуються процеси старіння ізоляції або й стається її загорання. У подальшому це призводить до виникнення пожеж в оточуючих виробках і конструкціях із горючих матеріалів зі значними матеріальними і, нерідко, людськими втратами. У таблиці 1 наведено статистичні дані про пожежі електротехнічного походження [5]. Правилами пожежної безпеки забороняється виконувати з'єднання в електропроводах шляхом скручування жил електричних проводів між собою (скрутки), оскільки такі з'єднання є низько надійні і характеризуються значними перехідними опорами. На практиці часто вживають скрутки внаслідок порушення вимог нормативних документів електротехнічним персоналом, різноманітних переробок некваліфікованими особами або власниками житла, відсутності електромонтажної арматури необхідної конструкції, що призводить до нагрівання провідників до пожежонебезпечних температур через значні перехідні опори на скрутках.

Таблиця 1. Частка пожеж від ЕТВ і, зокрема, внаслідок утворення в них ВПО

	2003р.			2004р.		
	Кількість	% до минулого року	%	Кількість	% до минулого року	%
Загальна кількість пожеж	61 286	+2,7	-	47 668	-22	-
Кількість пожеж від ЕТВ	12 488	-4,0	20,4	11 545	+3,8	24,2
Кількість пожеж від ВПО	774	-0,6	1,3	1 049	+0,9	2,2

Постановка задачі. Враховуючи розширені завдання МНС України щодо прогнозування і запобігання пожежам і надзвичайним ситуаціям техногенного характеру, поставлені Указом Президента України № 681 від 20.04.2005р., визначальна роль у їх розв'язанні відводиться профілактиці технічного стану, як заходу запобігання вищеписаних причин загорань [1].

Огляд літературних джерел та аналіз технічних засобів контролю перехідних опорів на контактних з'єднаннях показали, що переважно такі вимірювання виконуються для ошиновок підстанцій, потужних вимикачів та перемикаючих контактів силових трансформаторів для регулювання напруги під навантаженням [6].

Діагностиці стану з'єднань в електричних мережах з метою виявлення великих перехідних опорів приділяється мало уваги. Сучасних нормативних технічних рішень та засобів для забезпечення контролю їх пожежної безпеки практично немає, а наукові дослідження у цьому напрямку не здійснюються [4-7].

Таким чином, актуальним залишається питання дослідження і контролю явища великих перехідних опорів у електропроводках, діагностика технічного стану мереж та розробка нормативних документів та апаратних засобів для зниження ступеня небезпеки таких мереж.

Шляхи розв'язання задачі. Для належної оцінки стану електромереж потрібно мати реальні значення перехідних опорів з'єднань різного виду та матеріалів провідників (мідь і алюміній). З цією метою авторами виконано вимірювання значення перехідних опорів з'єднань проводів, сполучених скручуванням та гвинтовим затискачем, за допомогою цифрового омметра Щ-34 класу точності 0,05 для даного діапазону вимірювань.

Електричні проводи з мідними та алюмінієвими жилами було вибрано для досліджень таких маркувань, які найчастіше застосовуються для прокладання стаціонарних внутрішніх електромереж будівель. Згідно з нормами та правилами [9] для прокладання у житлових, адміністративних, побутових та громадських будівлях мінімально допустимий переріз жил становить $1,5 \text{ мм}^2$ – для мідних, $2,5 \text{ мм}^2$ – для алюмінієвих. Для дослідів було взято стандартні перерізи кожного матеріалу: мідь – 1,5; 2; алюміній – 2,5; 4; 6 мм^2 . У цьому випадку найвища імовірність утворення великого перехідного опору з'єднання електропроводок, не кажучи вже про можливе порушення вимог і застосування проводів меншого перерізу.

Для отримання достовірних результатів було змонтовано по 1200 взірців з'єднань із двох фрагментів проводу довжиною 50 мм кожен, з'єднаних скручуванням та гвинтовим затискачем. Для кожного із вказаних з'єднань здійснено триразове вимірювання величини перехідного опору, що дозволило отримати усереднені значення. Контролювався питомий опір проводу кожної марки шляхом вимірювання опору 10 взірців довжиною 1 метр. Згідно вимог ГОСТ 22483-90 [8] значення опору для відповідного класу жили 1 і 2 знаходяться в межах допустимого розкиду.

Обсяг вимірних величин перехідного опору становить вибірку із загального масиву наявних в експлуатації з'єднань в електропроводках.

Отримані результати. За результатами вимірювань перехідного опору з'єднань проводів встановлені основні числові статистичні характеристики отриманих значень вибірки, які наведено у таблицях 2 і 3.

За результатами дослідження вибірки можна зробити висновок, з певними допущеннями, про генеральну сукупність – весь масив з'єднань в електропроводках, які перебувають в експлуатації. Для належної достовірності цих висновків на підставі оцінок їх математичного сподівання і дисперсії, якими є чисельні результати, наведені у таблицях 2 і 3, отримані шляхом вимірювань, повинні задовольнятися наступні вимоги.

1. У разі незміщеності оцінки, тобто, якщо математичне сподівання оцінки дорівнює оцінюваній величині при довільному обсязі вибірки, можна бути гарантованим від систематичних похибок.

2. Для забезпечення ефективної оцінки, вона повинна мати найменшу (при даному обсязі вибірки) можливу дисперсію.

3. При обґрунтованості оцінки, із зростанням обсягу вибірки оцінка прямує за ймовірністю до оцінюваної величини.

Параметри розподілу значень вимірюваного опору розраховуємо за формулами [3]: для середнього арифметичного

$$\bar{x}_B = \sum_{j=1}^r x_j P_j = \sum_{j=1}^r x_j \frac{m_j}{n} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^r x_j m_j ;$$

для оцінки дисперсії

$$D_B = s_x^2 = \sum_{j=1}^r (x_j - \bar{x})^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^r (x_j - \bar{x})^2 m_j ;$$

де x_j – результат спостереження – вимірний опір з'єднання; P_j – відносна частота, яка визначається відношенням абсолютної частоти m_j до загальної кількості спостережень $n=1200$; r – кількість частинних інтервалів відносних частот.

Таблиця 2. Результати вимірювань перехідного опору з'єднань мідних електричних проводів

Вид з'єднання	Переріз проводів	Середнє значення, Ом	Нормоване значення, Ом	Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення
З'єднання гвинтом	1/1	0,009225	0,00446	0,00000568	0,000136
	1/1,5	0,00483	0,00169	0,00000246	0,0000651
	1,5/1,5	0,003333	0,00145	0,00000089	0,0000013
	2/2	0,004542	0,00139	0,00000248	0,00000473
З'єднання скруткою	1/1	0,014472	0,00446	0,0000251	0,04024
	1/1,5	0,004713	0,00169	0,00000228	0,002589
	1,5/1,5	0,003399	0,00145	0,00000095	0,005203
	2/2	0,004904	0,00139	0,00000309	0,000037

Таблиця 3. Результати вимірювань перехідного опору з'єднань алюмінієвих електричних проводів

Вид з'єднання	Переріз проводів	Середнє значення, Ом	Нормоване значення, Ом	Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення
З'єднання гвинтом	2,5/2,5	0,00527	0,00194	0,00000277	0,000427
	4/4	0,003917	0,00104	0,00000207	0,0000129
	6/6	0,00375	0,00072	0,0000023	0,00000688
	ПВ1х1,5/АПВ1х2,5	0,00368	---	---	---
	Вимірювання через 6 місяців				
	2,5/2,5	0,00646	0,00194	0,00000511	0,000445
	4/4	0,005127	0,00104	0,00000418	0,0000202
	6/6	0,00405	0,00072	0,00000277	0,00000945
	ПВ1х1,5/АПВ1х2,5	0,00836	---	---	---
З'єднання скруткою	2,5/2,5	0,059504	0,00194	0,000828	5,0384
	4/4	0,05089	0,00104	0,000621	0,6324
	6/6	0,01907	0,00072	0,000084	0,00281
	ПВ1х1,5/АПВ1х2,5	0,008368	---	---	---
	Вимірювання через 6 місяців				
	2,5/2,5	0,139745	0,00194	0,004748	7,8959
	4/4	0,160292	0,00104	0,00634	6,572005
	6/6	0,02159	0,00072	0,000109	0,064801
	ПВ1х1,5/АПВ1х2,5	0,006027	---	---	---

Можна показати [2], що \overline{x}_n є незміщеною, обґрунтованою оцінкою генеральної середньої \overline{x}_T . Вибіркова дисперсія D_n дає занижене значення генеральної дисперсії, тобто є

зміщеною оцінкою D_r . Незміщеною оцінкою генеральної дисперсії D_r є виправлена вибіркова дисперсія S_x^2 . Однак, у випадку достатньо великого обсягу вибірки n вибіркова дисперсія D_b та виправлена вибіркова дисперсія S_x^2 відрізняються мало. На практиці виправленою дисперсією користуються для обсягу вибірки $n < 40$, отже, при $n = 1200$ оцінку вибіркової дисперсії вважаємо незміщеною. У цілому, отримані оцінки математичного сподівання і дисперсії відповідають наведеним вимогам достовірності висновків за дослідними даними.

Для оцінки тенденцій зміни контрольованих параметрів мереж важливо було отримати розкид значень перехідних опорів вказаних з'єднань, оскільки величина перехідного опору може змінюватися у ході експлуатації та залежно від кількості виконаних з'єднань тим чи іншим способом в межах однієї мережі.

Порівняльний аналіз значень дисперсії вимірюваного та нормованого опору для з'єднань скручуванням та гвинтовим затискачем для різних марок проводів вказує на те, що значення опору перехідних з'єднань, виконаних методом скручування є вищі.

Крім того, виконано вимірювання опорів перехідних контактів з'єднань проводів через певний час після перебування під струмовим навантаженням, зокрема, через 6 місяців. У цьому разі розкид значень опору перехідних з'єднань, виконаних методом скручування зростає на порядок.

Отримані результати підтвердили припущення про те, що під час експлуатації побутових електромереж є необхідність здійснювати періодичні контрольні вимірювання їх опору з метою діагностики технічного стану, що дозволить знизити кількість загорань через погіршення якості з'єднань електропроводок, а також зменшить додаткові втрати електроенергії на нагрівання місць контактних з'єднань із підвищеними перехідними опорами. При цьому у протоколах вимірювань доцільно фіксувати не лише результат вимірювань опорів, а й зміни їх величин у контрольованих мережах житлових, адміністративних, побутових та громадських будівель.

Другим параметром контролю є вимірювання впливу на мережу чотирикратного короткочасного імпульсу напруги, що дозволить проконтролювати технічний стан ізоляції мережі. Такі випробування дозволять виявити слабкі місця ізоляції мереж, якими є ізольовані місця з'єднань.

Для цього розробляється пристрій із забезпеченням необхідної точності вимірювань та відповідних параметрів сигналів на його виході (тривалість, амплітуда, форма і потужність). На підставі отриманих даних розробляється проект нормативного документа у галузі контролю і діагностики стану електромереж.

Висновки. Таким чином, з метою запобігання пожеж в електричних мережах соціально-побутових будівель необхідно здійснювати діагностику технічного стану чинних електромереж та відповідну перевірку нових перед введенням їх в експлуатацію.

Числові характеристики результатів вимірювань підтвердили, що за період витримки 6 місяців дисперсія значень перехідних опорів з'єднань проводів скруткою практично у всіх перерізів проводів зростає, в окремих випадках більше, ніж у десять разів. За аналогічний період значення дисперсії перехідних опорів гвинтових з'єднань через контактну пластину за тих самих умов зросло приблизно в 1,2 рази.

Дослідження та вимірювання параметрів з'єднань електричних проводів для приміщень з нормальними умовами підтвердили необхідність розробки методології та нормативного врегулювання питання контролю технічного стану побутових мереж з метою підвищення їх надійності та запобігання виникнення пожежонебезпечних режимів роботи в електропроводах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Указ Президента України № 681 від 20,04,2005р. Про Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. - Нормативні акти України – //www.nau.kiev.ua
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. шк., 1972.
3. Бичківський Р.В. та ін. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: Підручник / Р.В. Бичківський, П.Г.Столярчук, П.Р.Гамула. – 2-ге вид., випр. і доп. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004. – 560 с.
4. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок изделий. // Пожарная профилактика в электроустановках. – Сб. научн. тр. – М., 1991. – 76 с.
5. В.І.Гудим, Ю.І.Рудик, П.Г.Столярчук Аналіз стану та причин виникнення пожеж електричного походження у побутовому секторі – Зб. наук. пр. ЛПБ. – Львів: СПОЛОМ, 2004. - №5. – С.116-120.
6. Волович Г. И., Клиначев Н. В. Прибор для контроля переходного сопротивления контактных соединений. //Энергетик.-1995.-N 2.-С. 20-21.
7. Келерман Ю. Потрібні українські правила улаштування електроустанов // Науково-технічний журнал „Стандартизація, сертифікація, якість”. – 2000. - № 1. – С. 23-26.
8. ГОСТ 22483-90 Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров. Основные параметры. Технические требования. — Введ. 01.01.91. — М.: Издательство стандартов, 1990. — 12с.
9. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 120 с.

УДК 614.841

*Б.О.Білінський, к.т.н., В.М.Фірман, к.т.н., доцент (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України),
О.І.Зачек, к.т.н., В.М.Слижук (Львівський юридичний інститут МВС України)*

РОЗРОБКА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ СПВ-2К ТА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИБИВАННЯ ЦИЛІНДРОВОГО МЕХАНІЗМУ ВРІЗНОГО ЗАМКА СВМ-1СТ

У комплексі сучасних методів, спрямованих на здійснення рятувальних та інших невідкладних робіт, ліквідацій наслідків надзвичайних ситуацій та боротьбу зі злочинністю, особливе місце займає розробка та впровадження нових спеціальних технічних пристроїв з метою підвищення ефективності роботи та забезпечення безпеки персоналові.

Враховуючи вимоги і потреби сучасності, авторський колектив розробив спеціальний пристрій відеоспостереження СПВ-2К та пристрій для вибивання циліндричного механізму врізного замка СВМ-1СТ.

Вступ. Незважаючи на те, що людство вступило в третє тисячоліття, навчилося літати в космос, перемогло чимало смертельних хвороб, воно і надалі вразливе до стихії. Щороку мільйони життів забирають повені, смерчі, землетруси, пожежі. Екстремальні ситуації є