

УДК 621.314

Ю.І. Рудик, канд. техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗИСТАНСУ ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

Наведено результати вимірювань резистансу ділянок електромереж низької напруги та аналіз їх сумарного опору стосовно застосування при оцінюванні рівня пожежної безпеки. Запропоновано нормувати значення опору струмопровідного кола, що дозволяє кількісно оцінити показники безпеки матеріалів і монтажу побутових електромереж під час експлуатації.

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

Усі ці явища являють значну пожежну небезпеку і повинні бути відключені системою захисту. Однак навіть за умов справності запобігти всім ненормальним режимам роботи ділянок електромереж низької напруги (ДЕНН) за допомогою відомих пристроїв захисту не вдається, захист не забезпечується з ряду причин [1, 2].

До останнього часу в діючих нормативно-технічних документах не розглядалися питання контролю стану електричних мереж до 1000 В під час експлуатації та, зокрема, перехідного опору контактних з'єднань (ПОКЗ). Однак така діагностика дозволить своєчасно виявити передаварійний пожежонебезпечний стан електромережі, контролювати рівень резистансу ПОКЗ і струмопровідного кола в цілому. Важливість обмеження струмових втрат з точки зору ефективності та зменшення виділення тепла в електропроводці для зниження пожежної небезпеки вважається загальноприйнятим у світі [3].

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 та практично не відрізняються від опорів інших ділянок електричного кола. З часом перехідний опір контактів збільшується, а у випадках їх порушення в місцях з'єднання різко зростає.

Зростання перехідних опорів відбувається за рахунок:

- погіршення електропровідності через утворення твердих оксидних плівок, підгоряння контактних поверхонь, їх забруднення оливними нашаруваннями і пилом;
- електрохімічної корозії контактів внаслідок використання різнорідних матеріалів;
- механічного пошкодження контактних з'єднань;
- неякісного виконання монтажу електропроводок і з'єднань, (скручування, перекошування контактних пластин тощо);
- ослаблення, розхитування та порушення щільності болтових контактів через вібрацію, різницю коефіцієнтів температурного розширення матеріалу болтів і шин;
- корозії матеріалів під впливом вологи та агресивних середовищ;
- дії тепла із зовні;
- недостатньої сили стиску контактів під час монтажу;
- зміни діаметру жил проводів і кабелів через недотримання значення радіуса згину їх під час прокладання будівельними конструкціями або через механічний натяг, на який вони не розраховані.
- від'єднання від електричної мережі електричних приладів під навантаженням;
- підвищення напруги в матеріалі контактів і їх пластичної деформації через переохолодження болтових з'єднань.

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

Виділення тепла відбувається через погані контакти і є однією з ознак підвищення ПОКЗ у процесі експлуатації. Однак застосування методів тепловізійного або термометричного контролю для цього явища є низько ефективним, а в ряді випадків і неможливим [4].

Відповідно до поставлених задач було проведено експериментальне дослідження значень резистансу ділянок електромереж низької напруги при оцінюванні сумарного опору квартирної мережі.

З цією метою було проведено вимірювання опору струмопровідних кіл електропроводок (освітлювальної мережі) у десяти приміщеннях. У чотирьох з них з двома відгалуженнями у кожному, і в шести приміщеннях з трьома відгалуженнями у кожному. Схема вимірювання застосовувалася відповідно до ГОСТ 7229 [5].

Склад мережі: 6 світильників на 5 патронів для ламп розжарювання кожен, об'єднані у три групи з індивідуальним вимикачем кожна. Окремо однією або двома вітками живляться відповідно 2 або 4 штепсельні розетки. Електропроводка виконана проводом марки АПВ 2×(1×2,5) необхідної довжини (≈ 80 м). Два автоматичні вимикачі А2061 встановлені на вводі від лінії живлення перед розгалужувальною коробкою на три вітки.

Підготовка мережі до вимірювання проводилася наступним чином. Вхідні проводи обох автоматичних вимикачів А2061 від'єднувалися від вводу і до них приєднувалися щупи цифрового омметра Щ-31. Для вибору відгалуження, в якому контролювався опір струмопровідного кола, відповідні вимикачі ставилися у положення «Увімкнено», а решта – в положення «Вимкнено».

У світильниках досліджуваної ДЕНН всі лампи розжарювання замінювалися на алюмінієві цоколі відповідного типорозміру без ізолюючої деталі, виготовлені на ВАТ «Іскра» (м. Львів). Перед їх встановленням у кожного був вимірний електричний опір між боковою стінкою і п'ятою. Значення опору для кількості 100 шт. наведені у таблиці 1. Аналогічно закорочувалися гнізда штепсельних розеток з використанням короткозамкнутих за допомогою спаювання між собою обох жил штепселів.

Таблиця 1 – Значення опору цоколів і штепсельних вилок, Ом

Максимальне значення	Середнє значення	Нормоване значення	Мінімальне значення
0,075	0,022	–	0,010

Така величина опору співмірна з опором такої ж ділянки проводу, який застосований в аналізованій ДЕНН, а також відповідає вимогам ГОСТ 17441 [6]. Таким чином, при проведенні вимірювання (рисунок 1) досягнута вимога мінімізації систематичної похибки згідно ГОСТ 8.207 [7].

При включенні цифрового омметра Щ-31 зняття показів вимірюного значення опору струмопровідного кола ДЕНН для кожного відгалуження виконувалося при встановленому часі індикації $t_{\text{інд}} = 5$ с, причому кожен результат вимірювання спостерігався десятикратно, що дозволяло вносити поправки з метою усунення систематичної похибки вимірювання.

Під час випробувань визначалися такі параметри досліджуваної ДЕНН, як площа перерізу струмопровідної жили (у всіх випадках – алюмінієвої), та довжина прокладання від точки контролю до кінцевих споживачів. Ці дані та результати розрахунку згідно методу, розглянутого в [8], подані в таблиці 2. Результати проведеного вимірювання опору струмопровідного кола ДЕНН (окремо за відгалуженнями та сумарних значень для приміщення) зведені у таблиці 3.

Для визначення співвідношення частки перехідного опору контактних з'єднань у загальному значенні сумарного опору, розраховано значення опору жил проводів. Результати розрахунку та вимірювання сумарного опору відповідної ДЕНН наведено на рисунку 2.

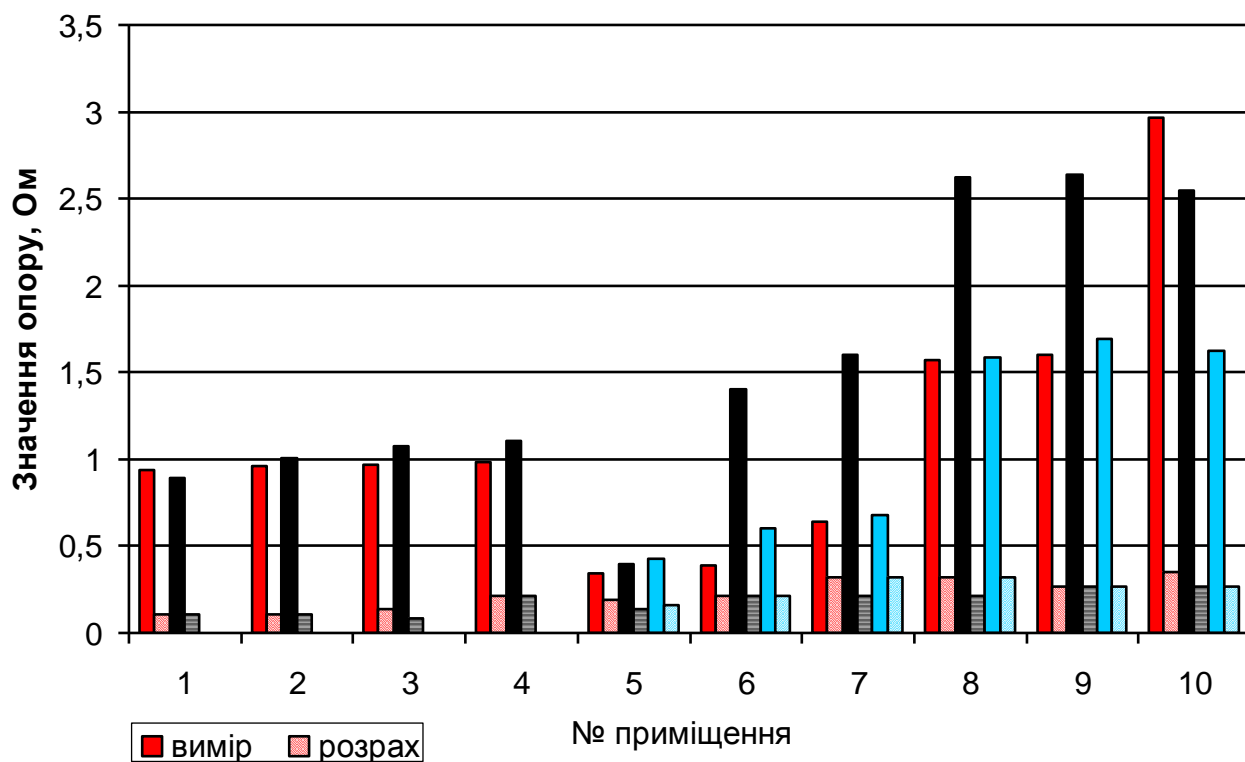


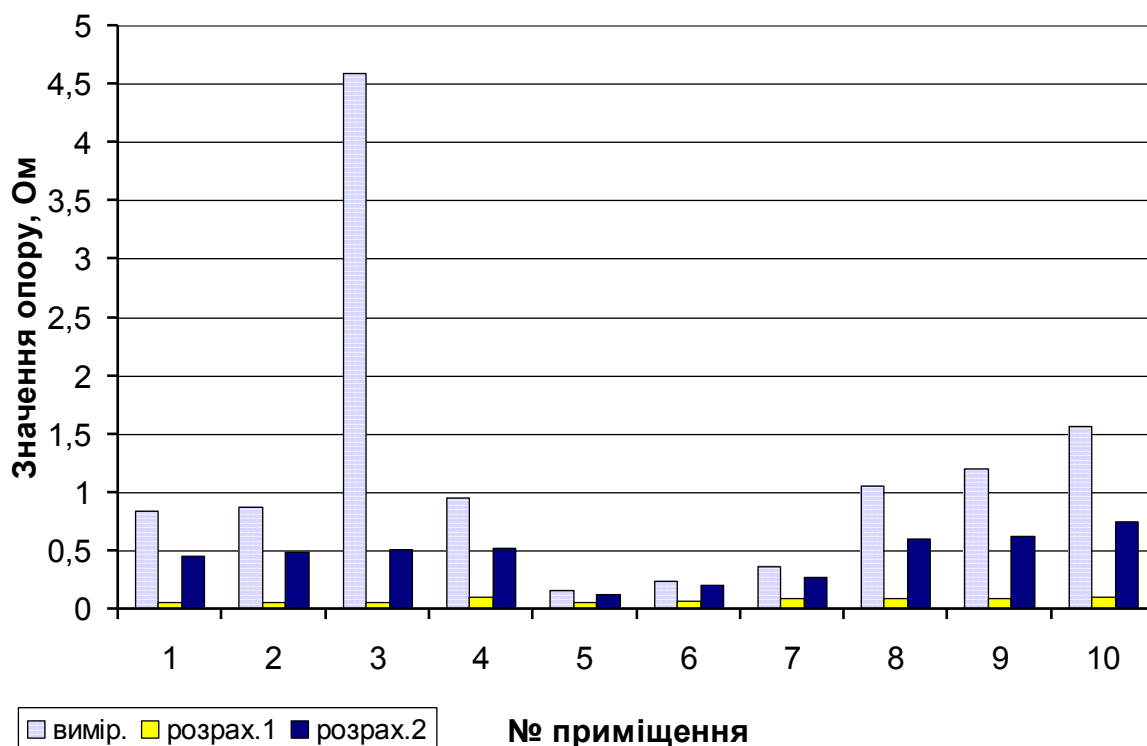
Рисунок 1 – Значення вимірних і розрахованих опорів ДЕНН

Таблиця 2 – Результати розрахунку опору струмопровідного кола ДЕНН

№ з/п	1-ше відгалуження			2-ге відгалуження			3-тє відгалуження			ДЕНН в цілому	
	$F_i, \text{мм}^2$	$L_i, \text{км}$	$R_{\text{розр.1.}} \text{ Ом}$	$F_i, \text{мм}^2$	$L_i, \text{км}$	$R_{\text{розр.1.}} \text{ Ом}$	$F_i, \text{мм}^2$	$L_i, \text{км}$	$R_{\text{розр.1.}} \text{ Ом}$	$R_{\text{розр.1.}} \text{ Ом}$	$R_{\text{розр.2.}} \text{ Ом}$
1	2,5	0,02	0,107	2,5	0,02	0,107	–	–	–	0,054	0,458
2	2,5	0,02	0,107	2,5	0,02	0,107	–	–	–	0,054	0,491
3	2,5	0,025	0,134	2,5	0,015	0,080	–	–	–	0,054	0,510
4	2,5	0,04	0,215	2,5	0,04	0,215	–	–	–	0,107	0,522
5	2,5	0,035	0,188	2,5	0,025	0,134	2,5	0,03	0,161	0,054	0,129
6	2,5	0,04	0,215	2,5	0,04	0,215	2,5	0,04	0,215	0,072	0,202
7	2,5	0,06	0,322	2,5	0,04	0,215	2,5	0,06	0,322	0,095	0,273
8	2,5	0,06	0,322	2,5	0,04	0,215	2,5	0,06	0,322	0,095	0,607
9	2,5	0,05	0,268	2,5	0,05	0,268	2,5	0,05	0,268	0,089	0,627
10	2,5	0,065	0,349	2,5	0,05	0,268	2,5	0,05	0,268	0,098	0,744

Таблиця 3 – Вимірні значення опору струмопровідного кола ДЕНН

№ приміщ.	1-ше відгалуження			2-ге відгалуження			3-тє відгалуження			Сумарний опір кола, Ом		
	R_i , Ом	F_i , мм ²	L_i , км	R_i , Ом	F_i , мм ²	L_i , км	R_i , Ом	F_i , мм ²	L_i , км	вимір.	розр.1	розр.2
1	0,94	2,5	0,02	0,893	2,5	0,02	–	–	–	0,844	0,054	0,458
2	0,958	2,5	0,02	1,007	2,5	0,02	–	–	–	0,871	0,054	0,491
3	0,97	2,5	0,025	1,074	2,5	0,015	–	–	–	4,588	0,054	0,510
4	0,985	2,5	0,04	1,109	2,5	0,04	–	–	–	0,955	0,107	0,522
5	0,34	2,5	0,035	0,4	2,5	0,025	0,43	2,5	0,03	0,156	0,054	0,129
6	0,388	2,5	0,04	1,4	2,5	0,04	0,6	2,5	0,04	0,238	0,072	0,202
7	0,64	2,5	0,06	1,6	2,5	0,04	0,68	2,5	0,06	0,359	0,095	0,273
8	1,57	2,5	0,06	2,62	2,5	0,04	1,587	2,5	0,06	1,055	0,095	0,607
9	1,602	2,5	0,05	2,635	2,5	0,05	1,69	2,5	0,05	1,204	0,089	0,627
10	2,97	2,5	0,065	2,55	2,5	0,05	1,625	2,5	0,05	1,562	0,098	0,744



1 – розрахованих значень опору проводів;
 2 – з врахуванням схемних рішень

Рисунок 2 – Значення вимірних і розрахованих опорів ДЕНН

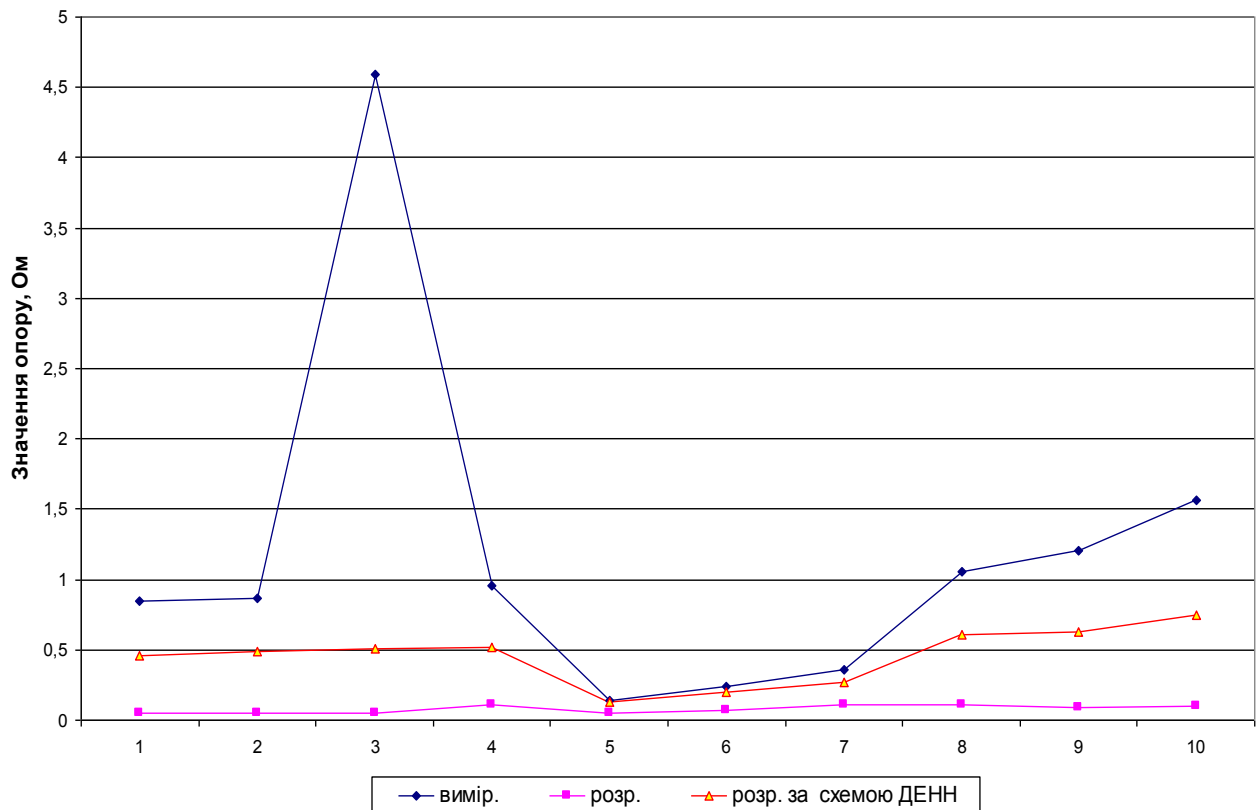


Рисунок 3 – Відхилення реальних значень опорів ДЕНН від розрахованих значень опору проводів та схемних рішень

Аналіз отриманих результатів (рисунок 3) дозволяє стверджувати, що реальні значення опору струмопровідного кола ДЕНН становлять від 150 % до 300 % значень, розрахованих за параметрами мережі та схеми ДЕНН. Таким чином, підтверджується припущення про необхідність встановлення нормованого значення опору струмопровідного кола ДЕНН з метою сертифікації на відповідність показникам якості, зокрема, пожежної безпеки приміщень.

Висновки:

Проведений експериментальний контроль шляхом вимірювання величини електричного опору струмопровідного кола ДЕНН із типовою схемою підтвердив велике значення складової ПОКЗ у сумарному опорі, порівняно із величиною опору, отриманою за розрахунковим методом. Запропонована методика дозволяє кількісно оцінити показники безпеки матеріалів і монтажу ДЕНН.

Запропоновано стандартизувати значення опору струмопровідного кола ДЕНН, оскільки близько 50–75 % цього значення складають перехідні опори контактних з'єднань. Застосований метод дозволяє контролювати пожежонебезпечні параметри ДЕНН шляхом порівняння із нормованою величиною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сашин В.Н., Смирнов В.В. Пожарная безопасность светотехнических изделий // Пожаро-взрывобезопасность: Научн.-техн. журнал. – 1997. – № 3. – С. 35–38.
2. Смелков Г.И., Писков Ю.К., Вережкин В.Н., Сашин В.Н. Пожарная опасность электрических винтовых контактных соединений: Обзорная информация. – М.: ГИЦ, 1988. – 46 с.
3. Rizzoni G. Principles and applications of electrical engineering. – McGraw-Hill Higher Education, 2000. – 976 p.
4. Яцук В., Малачівський П. Методи підвищення точності вимірювань: Навчальний посібник / Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів: Растр-7, 2007. – 368 с.
5. ГОСТ 7229–84. Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников. – Введ. 01.01.88. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 15 с.
6. ГОСТ 17441–84. Соединения контактные электрические. Правила приемки и методы испытаний. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 42 с.
7. ГОСТ 8.207–76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 25 с.
8. Рудик Ю.І. Удосконалення нормативної бази для забезпечення якості електромереж низької напруги: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. – Львів: ЛДУ БЖД, 2007. – 20 с.

