

Національний університет "Львівська політехніка"

Рудик Юрій Іванович

УДК 614.841.4:621.31

**УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ
ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ**

05.01.02 – стандартизація та сертифікація

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Метрологія, стандартизація та сертифікація” Національного університету “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Столярчук Петро Гаврилович
Національний університет “Львівська політехніка”,
завідувач кафедри “Метрологія, стандартизація та
сертифікація”

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Демчина Богдан Григорович
Національний університет «Львівська політехніка»,
завідувач кафедри «Будівельні конструкції і мости»,
м. Львів

кандидат технічних наук

Друзюк Василь Михайлович

Львівський державний регіональний центр
метрології, стандартизації та сертифікації,
генеральний директор, м. Львів

Захист відбудеться “ 12 ” жовтня 2007р. о 16.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.08 у Національному університеті “Львівська політехніка”, 79013, Львів, вул. С.Бандери 12, ауд. 226 головного корпусу.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету “Львівська політехніка” (79013, Львів, вул.Професорська,1).

Автореферат розісланий 3 вересня 2007 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Луцик Я.Т.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Очевидним є твердження, що якість готової продукції, процесів та послуг великою мірою визначається оптимальністю та узгодженістю нормативної документації, на основі якої вони виготовляються. Нормативна документація повинна сприяти забезпеченню безпеки продукції для життя і здоров'я людей, її сумісності та взаємозамінності, охорони навколишнього середовища, безпечності господарських об'єктів. Тому вдосконалення нормативної бази є першочерговим завданням у сфері стандартизації і сертифікації.

У сучасних умовах спостерігається зниження якості ділянок електричних мереж низької напруги під час їх експлуатації. Відсутність чіткої регламентації нормативно-технічних вимог у цій сфері, зокрема, призводить до виникнення пожеж зі значними матеріальними і, на жаль, людськими втратами. Стан пожежної безпеки електроустановок, як готової продукції, значною мірою обумовлюється нормативною документацією, на основі якої вони виготовляються. Оптимальність, раціональність та взаємоузгодженість стандартів, що визначають весь комплекс вимог до показників безпеки електроустановок, дозволяють дотримуватися заходів пожежної безпеки при їх розробленні, виробництві, експлуатації.

Удосконалення номенклатури, структури, змісту, засобів оформлення та побудови нормативних документів має вирішальне значення для підвищення ефективності їх застосування.

Стандартизовані методики містять детерміністичні та ймовірнісні методи оцінки пожежної небезпеки, які мають відмінності між собою в умовах випробувань і критеріях оцінки. Деякі положення цих методів суперечать принципам оцінки пожежної небезпеки і надійності електротехнічних виробів. Через це, за різними вимогами, отримують невідповідні між собою результати випробувань, що призводить до реалізації споживачам пожежонебезпечної продукції.

Згідно із принципами діяльності міжнародних організацій стандартизації (ISO, IEC, CEN, CENELEC) стандартизація заходів зниження пожежної небезпеки повинна охоплювати всі етапи життєвого циклу продукції, в т.ч. електротехнічних виробів.

У світовій практиці в цій сфері діє нормативний документ IEC Технічний регламент з підтвердження відповідності безпеки низьконапружного обладнання, затверджений уповноваженим органом в Україні. Цей Регламент поширюється на виробників та постачальників, які займаються введенням електрообладнання в обіг, центральні органи виконавчої влади, на які покладено функції з технічного регулювання та нагляду за безпечністю електрообладнання, а також на уповноважені органи із сертифікації електрообладнання. Відповідно до пункту 3 Регламенту споживачі, а також треті особи, під час застосування електрообладнання за призначенням мають бути захищені від небезпеки як для життя та (або) здоров'я, так і для майна та довкілля. Однак в Україні відсутні чинні стандарти на підтримку вимог цього

Регламенту, які б регулювали питання контролю якості і рівня безпеки ділянок електромереж низької напруги під час експлуатації.

Такий стан зумовлює актуальність досліджень, спрямованих на удосконалення нормативно-технічних документів, якими регламентуються методи випробувань і оцінки пожежної небезпеки ділянок електромереж низької напруги, для яких стандартизація показників якості сприятиме підвищенню рівня нормативно-технічного регулювання питань пожежної безпеки в Україні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводиться на виконання пп. 35 і 59 Програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2010 року, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 1 липня 2002 р. № 870, на замовлення Державного департаменту пожежної безпеки МНС України, згідно з п. 1.1.5 Плану науково-дослідних робіт ЛДУ БЖД МНС України на 2007 рік. Робота відповідає науковому напрямку кафедри “Метрологія, стандартизація і сертифікація” – розробка теоретичних основ і технічних засобів для метрологічного забезпечення і сертифікації випробувань при виробництві, експлуатації промислової продукції.

Мета і задачі досліджень. *Метою* дисертаційної роботи є наукове обґрунтування шляхів удосконалення стандартизації методів випробування ділянок електромереж низької напруги.

Для досягнення поставленої мети *задачі досліджень* полягали:

- у проведенні аналізу номенклатури стандартів та інших нормативних документів у галузі випробувань кабельно-провідникової продукції та електромереж під час експлуатації;
- у проведенні аналізу статистики пожеж від електротехнічних виробів в Україні;
- у проведенні аналізу стандартизованих методів оцінки пожежної небезпеки ділянок електромереж низької напруги;
- у проведенні експериментальних досліджень з визначення критеріїв оцінки умов випробувань ділянок електромереж низької напруги;
- у проведенні досліджень з визначення залежності значення перехідного опору елементів ділянок електромереж низької напруги від часу експлуатації і складу проводів;
- в удосконаленні методів випробувань ділянок електромереж низької напруги у пожежонебезпечних режимах роботи;
- в удосконаленні методів визначення імовірності виникнення пожежі від ділянок електромереж низької напруги;
- в удосконаленні нормативної бази випробувань ділянок електромереж низької напруги на пожежну безпеку.

Об'єкт дослідження: змістова та структурна впорядкованість нормативно-технічної документації на методи випробування кабельно-провідникової продукції та електромереж під час експлуатації та створення нормативно-технічної документації для забезпечення якості ділянки електричної мережі низької напруги.

Предмет дослідження: відповідність вимог нормативно-технічної документації на випробування кабельно-провідникової продукції та електромереж під час експлуатації до умов виникнення пожежонебезпечних режимів роботи.

Методи досліджень. Для досягнення мети і рішення поставлених завдань використано комплексний метод досліджень, що охоплює аналіз статистичних даних про пожежі та нормативної бази у сфері методів вимірювань параметрів та випробувань електротехнічних виробів (у т.ч. на пожежну безпеку), методи теорії надійності, теорії ймовірності, математичної статистики та експериментальні методи досліджень із застосуванням стандартних методів вимірювань параметрів електричних приладів та кабелів і проводів, інструментальний, діагностичний методи, впорядкування методом поетапного аналізу масивів нормативної документації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у становленні нових способів вимірювання та випробування електротехнічних виробів і підвищенні якості нормативної документації на підставі стандартизації параметрів електричних мереж, а саме:

- запропоновано нові способи вимірювання опору та випробування кабелів і проводів у складі електричної мережі, застосування яких дозволяє збільшити ефективність виявлення пожежонебезпечних ділянок мереж і виробів;
- визначено критерії оцінки допустимого опору струмопровідного каналу для ділянок електромереж, на основі чого змінено критеріально допустимі значення опору струмопровідного каналу ділянок електромереж порівняно з ГОСТ 7229, а також введено нові критерії, за якими не допускається перевищення опору;
- розроблено алгоритм визначення місць зростання перехідних опорів контактних з'єднань, що дозволило удосконалити метод випробування ділянок електромереж низької напруги під час експлуатації;
- одержано аналітичний вираз для розрахунку ймовірності виникнення пожежі з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків, що дозволяє визначити критерій ймовірнісної оцінки пожежної небезпеки ділянок електромереж низької напруги з урахуванням терміну їх експлуатації.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне впровадження запропонованої методики в області випробувань на пожежну безпеку ділянок електромереж низької напруги дозволяє підвищити якість стандартів, встановити єдиний підхід до розробки нормативних документів на нові вироби, забезпечити відповідність до основних положень Державної системи стандартизації, а також може бути застосовані при перегляді та внесенні змін до нормативних документів, які застосовуються у Технічному регламенті з підтвердження безпечності низьконапружного електрообладнання.

Обґрунтовано застосування вимірювача опору ділянок електромереж до 1000 В та застосування коротко замкнутих елементів у методі визначення опору струмопровідного каналу ділянок електромереж; вперше для контактних з'єднань ділянок електромереж отримано аналітичні залежності максимальних значень перехідного опору від виду з'єднання і марки проводу.

Результати роботи були апробовані і використовуються в дослідно-випробувальній лабораторії ГУ МНС України у Львівській області (м. Львів), а також в учбовому процесі ЛДУ БЖД для спеціальності 7.092801 „Пожежна безпека”.

Особистий внесок здобувача полягає в постановці і вирішенні теоретичних та експериментальних задач, пов'язаних із стандартизацією методу випробувань кабельно-провідникової продукції та інших електричних виробів, а також діагностики електромереж під час експлуатації. Також у практичній апробації й опублікуванні отриманих результатів у наукових виданнях ВАК України.

Проведено аналіз літературних джерел – 51, авторефератів за спеціальністю – 8, міжнародних стандартів ISO, CEN, CENELEC, міждержавних стандартів ГОСТ, національних стандартів України ДСТУ – 74. Проаналізовано статистичні дані про пожежі, які досліджувалися спеціалістами дослідно-випробувальних лабораторій із виїздом на місце пожежі по Львівській області за 1999-2005 роки та в цілому по Україні – за 2003-2005 роки, для чого опрацьовувалися матеріали НДЦ-3 УкрНДІПБ МНС України. Розвинуто застосування методу визначення імовірності виникнення пожежі згідно ГОСТ 12.1.004 для ділянок електромереж низької напруги.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи були апробовані на II Міжнародній науково-практичній конференції «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», м. Мінськ, липень 2003, 5-тій Всеукраїнській науково-технічній конференції рятувальників: „Зниження ризиків і мінімізація наслідків надзвичайних ситуацій. Організаційні заходи та проблеми технічного забезпечення”, м. Київ, жовтень 2003, науково-технічній конференції: „Наглядно-профілактична діяльність МНС України”, м. Харків, листопад 2004, 5-тій міжнародній науково-технічній конференції: „Ефективність та якість електропостачання промислових підприємств”, м. Маріуполь, травень 2005, а також на науково-методичних семінарах кафедри метрології, стандартизації та сертифікації Національного університету „Львівська політехніка”.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 8 робіт, у тому числі 5 статей у наукових спеціалізованих виданнях ВАК України.

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 135 посиланнями і п'яти додатків. Зміст роботи викладено на 142 сторінках, які включають 25 ілюстрацій і 11 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ відображає актуальність проблеми, обґрунтування мети та основних завдань дослідження. Сформульовано наукову новизну отриманих результатів і їх практичну цінність, наведені дані про особистий внесок здобувача, апробацію роботи та публікації.

Перший розділ роботи містить аналіз стану розроблення стандартів у галузі пожежної безпеки, із врахуванням усіх діючих та розроблюваних

стандартів ISO, IEC, CEN, CENELEC, а також діючих в Україні ГОСТ та ДСТУ, та номенклатури стандартів усіх рівнів, який зводиться до таких основних напрямів (рис. 1).



Рис. 1. Основні напрями розроблення стандартів у галузі пожежної безпеки

Імовірнісна оцінка пожежної небезпеки електротехнічних виробів і пов'язане з нею нормування їх пожежної безпеки здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.004, в якому вказується, що пожежна безпека електротехнічних виробів вважається досягнутою, якщо ймовірність виникнення пожежі від кожного пожежонебезпечного вузла за рік не перевищує 10^{-6} . Однак, і на сьогодні практично використовувати цей стандарт можна не в повній мірі через недосконалість методів розрахунку ймовірності виникнення пожежі від конкретних видів електротехнічних виробів. Експериментальні і статистичні дослідження даного напрямку дозволяють уточнювати призначення і роль деяких видів імовірностей для оцінки пожежної небезпеки електротехнічних виробів та конкретизувати їх значення для конкретних видів виробів.

Одним із основних завдань при оцінюванні пожежної небезпеки електротехнічних виробів є зменшення до мінімуму імовірності впливу на людей та матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі. Зменшення до мінімуму цієї імовірності забезпечується шляхом запобігання утворенню полум'я, вибуху, надмірної температури, диму, токсичних і корозійних продуктів і горіння в небезпечних кількостях, а також інших небезпечних факторів, які можуть утворюватись при пожежі від електротехнічних виробів.

Вихідними даними для розрахунку імовірності виникнення пожежі від електротехнічних виробів є дані про їх надійність під час експлуатації та

результати випробувань, отримані шляхом використання детерміністичних методів, що імітують пожежонебезпечні режими їх роботи. У процесі випробувань не завжди вдається відтворити усі пожежонебезпечні режими роботи електротехнічних виробів. У зв'язку з цим положення ГОСТ 12.1.004 передбачають для імітації цих режимів використання стандартизованих джерел запалювання, які нормуються в стандартах.

На теперішній час реальні значення ризику загибелі людини на пожежі (рис. 2) в Україні значно перевищують допустимий рівень протягом року, який встановлений таким, що дорівнює 10^{-6} .

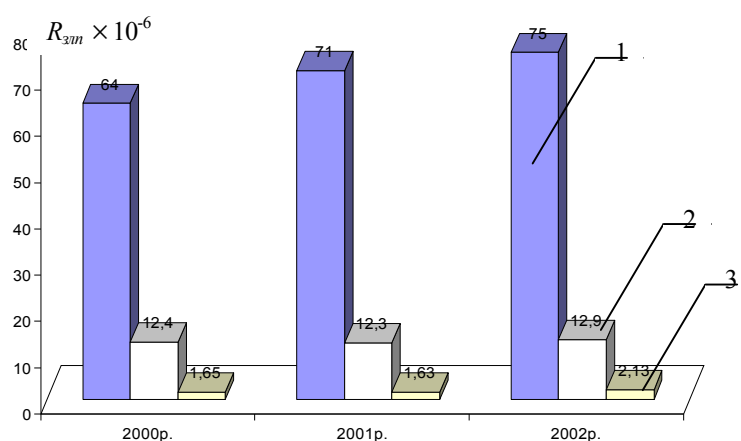


Рис. 2. Ризик загибелі людей на пожежах (R_{zm}) з 2000 по 2002 роки: 1 – на всіх пожежах, що виникли в Україні; 2 – від електротехнічних виробів; 3 – від електричних кабелів і проводів.

Відповідно до цього стандарту мінімум ризику $R_{\sum_{zm_{min}}}$ пожежі від електротехнічних виробів забезпечується, якщо:

$$Q_n \cdot Q_{nfn} \leq R_{\sum_{zm_{min}}} \quad (1)$$

де Q_{nfn} - імовірність впливу на людей і матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі, приймається рівною 1, а імовірність виникнення пожежі Q_n розраховують за формулою

$$Q_n = Q_{np} \cdot Q_{nz} \cdot Q_{nz} \cdot Q_3, \quad (2)$$

де Q_{np} - імовірність виникнення характерного пожежонебезпечного режиму в складовій частині електротехнічного виробу (виникнення КЗ, перевантаження, зростання перехідного опору і т.д.);

Q_{nz} - імовірність неспрацьовування пристроїв захисту;

Q_{nz} - імовірність того, що значення характерного електротехнічного параметра знаходиться в діапазоні пожежонебезпечних значень;

Q_3 - імовірність досягнення критичного значення температури горючого матеріалу або його займання.

Проведений аналіз нормативних документів в області випробувань складових елементів ділянок електромереж низької напруги показав наявність відхилень від основних положень Державної системи стандартизації та цілого ряду недоліків в структурі національних та міждержавних стандартів, зокрема, такі як: різночитання термінології в тексті нормативних документів, не

ідентичність назв типових розділів у нормативних документах, розходження при оформленні і побудові стандартів, невідповідність структури стандартів до їх назв. Все вищеописане дає змогу зробити висновок про необхідність впорядкування та вдосконалення структури та змісту нормативної документації в області випробовувань електричних мереж та їх елементів.

У **другому розділі** аналізуються статистичні дані про час існування різних пожежонебезпечних подій. Для розрахунку імовірності виникнення пожежі від електротехнічних виробів на діючих або об'єктах, що будуються, необхідні дані про кількість пожеж у виробках та джерела запалювання, які стали причиною пожежі. За статистикою пожеж про вироби (пристрої, матеріали – елементи ділянок електромереж низької напруги), як осередок можливого виникнення пожежі, які наведено на рис. 3, найбільша кількість пожеж відбулася від електропроводок і кабельної продукції. Зокрема, у 2003–12,2 %; 2004 – 14,2 %; 2005 – 14,3 %; що свідчить про актуальність нормування вимог до їх пожежної безпеки.

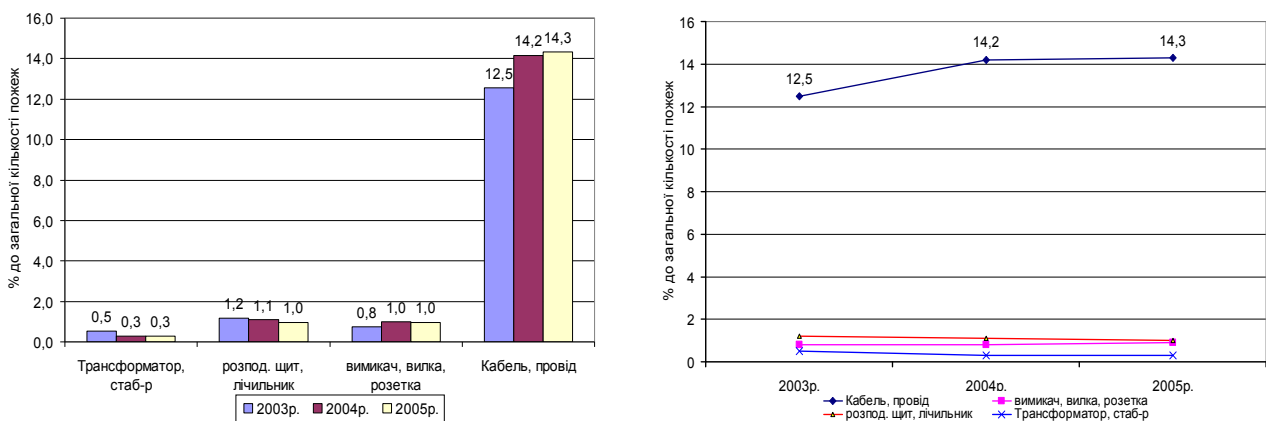


Рис. 3. Кількість пожеж від електротехнічних виробів та їх зміна в часі

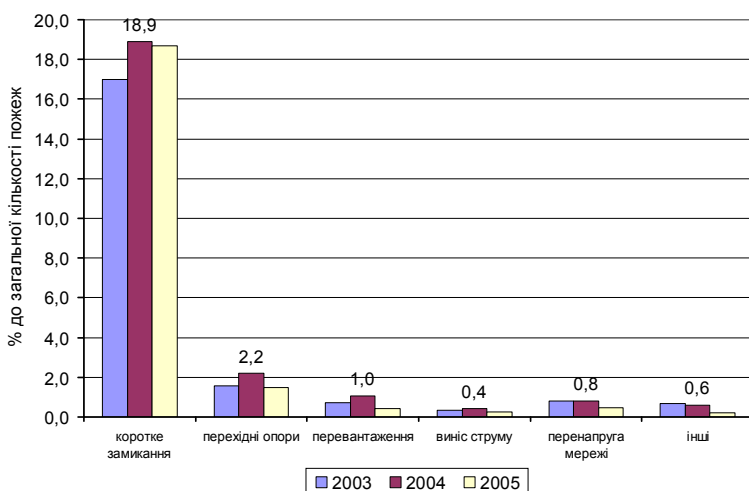


Рис. 4. Кількість пожеж за джерелом запалювання

Основними джерелами запалювання від електричних виробів визначені теплові прояви електричної енергії (іскри, дуги, висока температура). Серед вказаних критеріїв (рис. 4), найбільшу кількість пожеж викликано короткими замиканнями: від 17,0 до 18,7 % від усіх досліджених пожеж щороку.

Таким чином, отримані підстави для удосконалення стандартів у сфері безпеки експлуатації ділянок електромереж. Аналіз змісту сукупності стандартів в області випробувань на пожежну безпеку ділянок електромереж низької напруги (рис. 5) показав наявність суперечностей і прогалин, різночитань і т.д. в структурі

масиву національних стандартів на електротехнічні вироби. Стандартизація у цій сфері поширюється, в основному, на показники якості електротехнічних виробів, не враховуючи їх стан після монтажу та зміни їх параметрів у процесі експлуатації. Окрім того, що це знижує ефективність користування даним масивом стандартів, це ще й суттєво впливає на якість стандартів класифікаційних угруповань нижчих рівнів, які розробляються на основі національних. У зв'язку з цим, об'єктом удосконалення обрано метод випробування ділянок електромереж низької напруги в галузі випробувань на пожежну безпеку електротехнічних виробів.

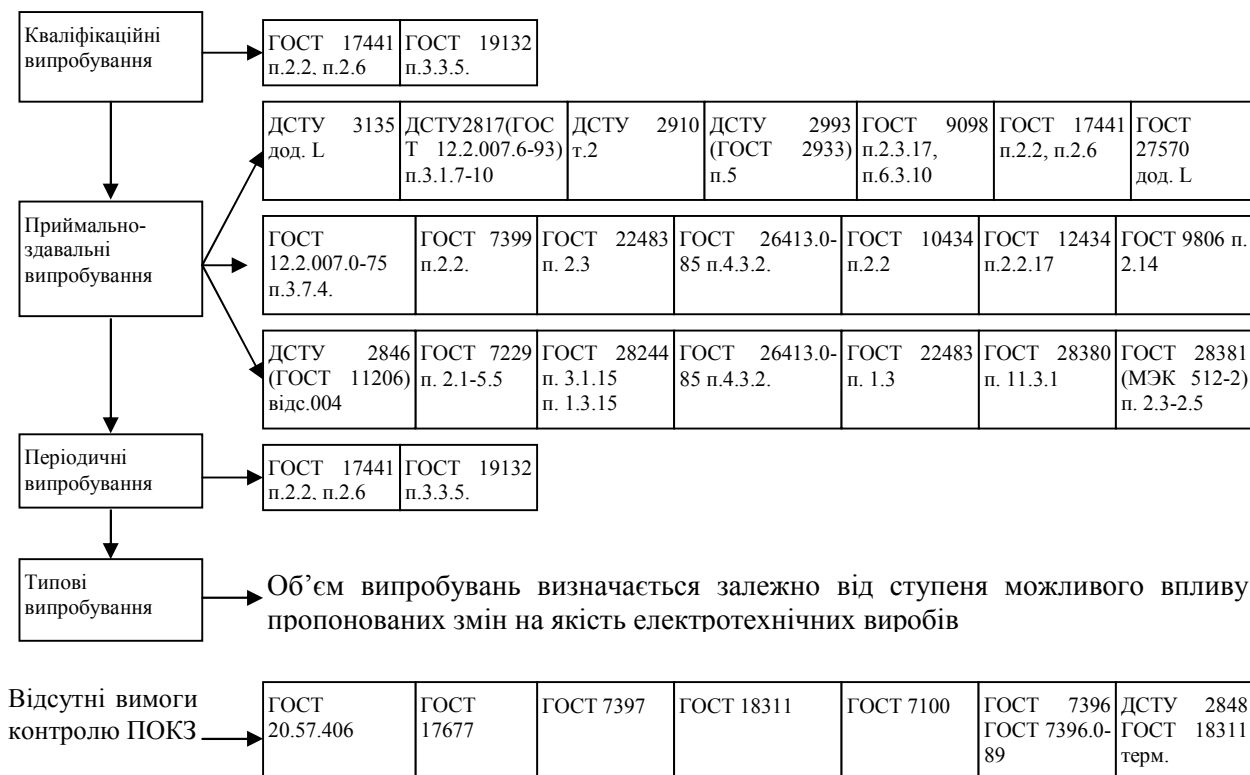


Рис. 5. Схема масиву нормативної документації в області випробувань на пожежну безпеку ділянок електромереж низької напруги

Застосування положень більшості з наявних стандартів вимагає оцінки пожежної небезпеки зростання перехідного опору контактних з'єднань електроустановок. Для цього згідно із стандартизованим методом прийняті такі припущення:

- аналізується розрахунок імовірності виникнення на протязі одного року лише зростання перехідного опору контактних з'єднань електроустановок однофазних двопровідних (трипровідних із захисним провідником) електромереж низької напруги;
- в об'ємі приміщення відсутні додаткові технологічні апарати, крім передбачених типовим проектом житлової забудови;
- матеріал ізоляції електропроводок та електроустановочної арматури має групу горючості Г2-Г4;
- виникнення або занесення стороннього джерела запалювання не

допускається або передбачене іншими засобами чи заходами;

- згідно з існуючими нормативними документами побутові електромережі захищаються лише від короткого замикання і перевантаження.

Виходячи з положень теорії імовірності та застосовуючи вимоги ГОСТ 12.1.004 щодо знаходження імовірності виникнення пожежі в об'ємі приміщення отримано вираз

$$Q_i(ПП) = Q_i(ПО) = \left\{ 1 - \prod_{k=1}^K \cdot \prod_{n=1}^N \cdot [1 - Q_i(TI_n)] \right\} \cdot Q_n^k, \quad (3)$$

де K – кількість видів горючих речовин; N – кількість джерел запалювання, $Q_i(B_n^k)$ – умовна імовірність того, що запалююча здатність n -го енергетичного (теплого) джерела, що з'явилося в i -му елементі об'єкту, достатня для запалення k -го горючого середовища; а імовірність $Q_i(TI_n)$ обчислюють за формулою

$$Q_i(TI_n) = 1 - \prod_{i=1}^K \cdot [1 - Q_i(K_1)] \cdot [1 - Q_i(K_2)], \quad (4)$$

для якої ймовірності $Q_i(K_1)$ – імовірність нагрівання i -го елемента об'єкту при виникненні перевантаження електромережі внаслідок зниження її опору, та $Q_i(K_2)$ – імовірність нагрівання при виникненні підвищених перехідних опорів електричних з'єднань i -го елемента об'єкту, обчислюють тільки для діючих і об'єктів, що будуються, за формулою, яка – за умовами прийнятих допущень – набуде вигляду:

$$Q_i(K_i) = 1,9 \cdot 10^{-6} \sum_{j=1}^m \tau_j, \quad (5)$$

де m — кількість реалізацій α_n -ї причини в i -му елементі об'єкту за рік;

τ_j — відношення часу існування α_n -ї причини появи k -го виду джерела запалювання при j -ій реалізації протягом року, до аналізованого періоду часу.

Застосування даного методу залежить від наявності інформації про кількість реалізацій α_n -ї причини в i -му елементі об'єкту m за аналізований період часу та час існування α_n -ї причини появи k -го виду джерела запалювання при j -й реалізації τ_j протягом аналізованого періоду часу.

На підставі наведеного алгоритму запропоновано послідовність проведення випробувань ділянок електромереж або їхніх складових частин, а також порядок розрахунку імовірності виникнення пожежі за результатами випробувань.

Таким чином, для встановлення показника безпеки $R_{злн}$ в межах нормованого значення у сфері випробувань електромереж запропоновано знизити вплив імовірності виникнення характерного пожежонебезпечного режиму в їх складових частинах. Для цього удосконалено метод контролю значення характерного електротехнічного параметру та визначено його діапазон пожежонебезпечних значень для ділянки електромереж.

Другим параметром контролю встановлено вимірювання впливу на мережу чотирикратного короткочасного імпульсу напруги, що дозволить проконтролювати технічний стан ізоляції мережі.

Обґрунтовано положення стандартизації для комплексної оцінки пожеж-

ної небезпеки електричних мереж низької напруги, введення єдиної системи їх умовного позначення за вимогами пожежної безпеки, та уніфікації методів випробувань електричних мереж низької напруги відповідно до вимог міжнародних стандартів.

У **третьому розділі** методом експериментальних досліджень встановлювалися параметри, які характеризують стан контактних з'єднань електричних проводів при їх виконанні різними способами, що найширше застосовуються на практиці в реальних ділянках електричних мереж низької напруги. Нами обраний спосіб виконання з'єднань ділянок проводів за допомогою гвинтових контактних затискачів (колодок клемних), які відповідають вимогам ГОСТ 17516.1, а також з'єднання скруткою.

Для досліджень було вибрано марки електричних проводів з мідними та алюмінієвими жилами, які найчастіше застосовуються для прокладання стаціонарних внутрішніх електромереж будівель. Переріз жил визначався з мінімально допустимих (1,5 мм – для мідних, 2,5 мм – для алюмінієвих) згідно з нормами і правилами для прокладання у житлових, адміністративних, побутових та громадських будівлях, оскільки у цьому випадку найвища ймовірність утворення великого перехідного опору з'єднання електропроводок. Для отримання достовірних результатів було змонтовано по 1200 взірців довжиною 100 мм з'єднань скруткою та гвинтових через контактну пластину. Для кожного із вказаних з'єднань здійснено вимірювання значення перехідного опору, що дозволило отримати виправлене значення результату вимірювання на підставі триразового спостереження кожного значення для усунення систематичних похибок (рис. 6, 7).

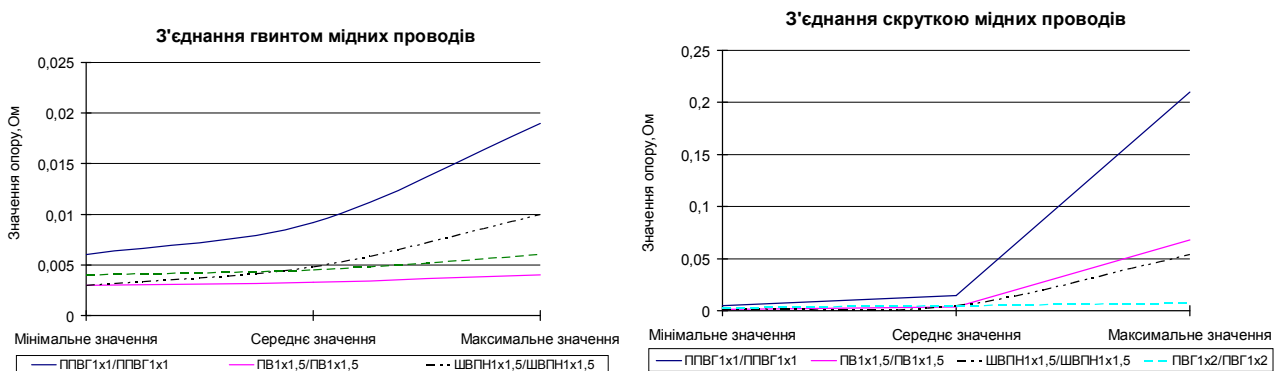


Рис. 6. Значення опорів з'єднань мідних проводів

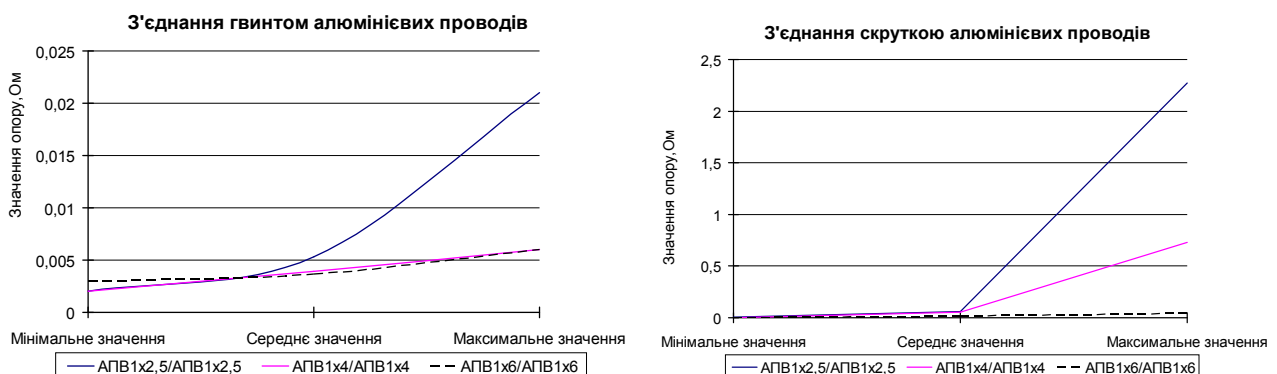


Рис. 7. Значення опорів з'єднань алюмінієвих проводів

На рисунку 8 подана лінійна гістограма значень дисперсії вимірюного та нормованого опору для з'єднань скруткою та гвинтом. Їх порівняльний аналіз для різних марок проводів вказує на зростання розкиду значень опору перехідних з'єднань, виконаних методом скручування.

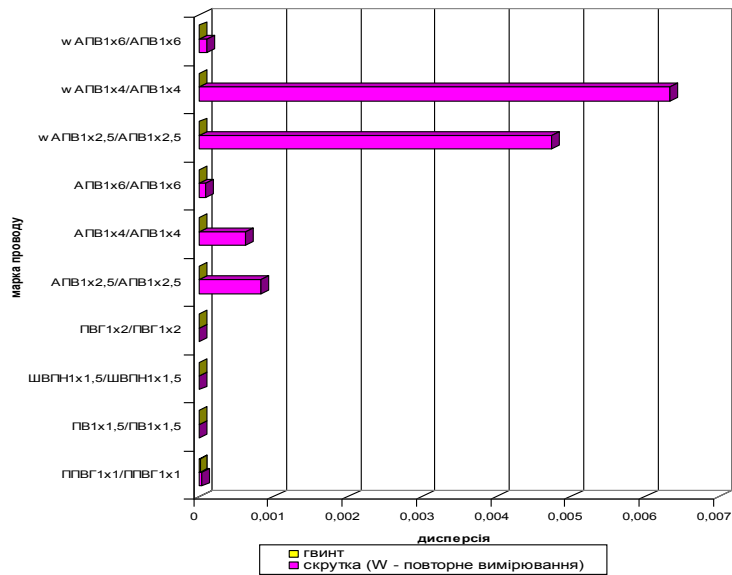


Рис. 8. Відхилення значень опорів з'єднань гвинтом та скруткою від нормованих значень перехідного опору контактних з'єднань

Крім того, виконано вимірювання опорів перехідних контактів з'єднань проводів через певний час після перебування під струмовим навантаженням, зокрема, через 6 місяців. На підставі обробки отриманих результатів вимірювань встановлено, що розкид значень опору перехідних з'єднань, виконаних методом скручування зростає в 1,1÷3,2 рази (рис. 9).

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, яка йде 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 значень у контрольованих мережах житлових, адміністративних, побутових та громадських будівель.

На підставі цього розроблені принципи оцінювання якості електромереж до 1000 В, які враховують її протяжність, стан контактних з'єднань, поточне значення перехідних опорів, якість ізоляції. 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 ділянок електромереж низької напруги. Для експериментальної перевірки було проведено вимірювання опору струмопровідних жил

електропроводок (освітлювальної мережі) у десяти приміщеннях. У чотирьох із них із двома відгалуженнями у кожному, і в шести приміщеннях із трьома відгалуженнями у кожному.

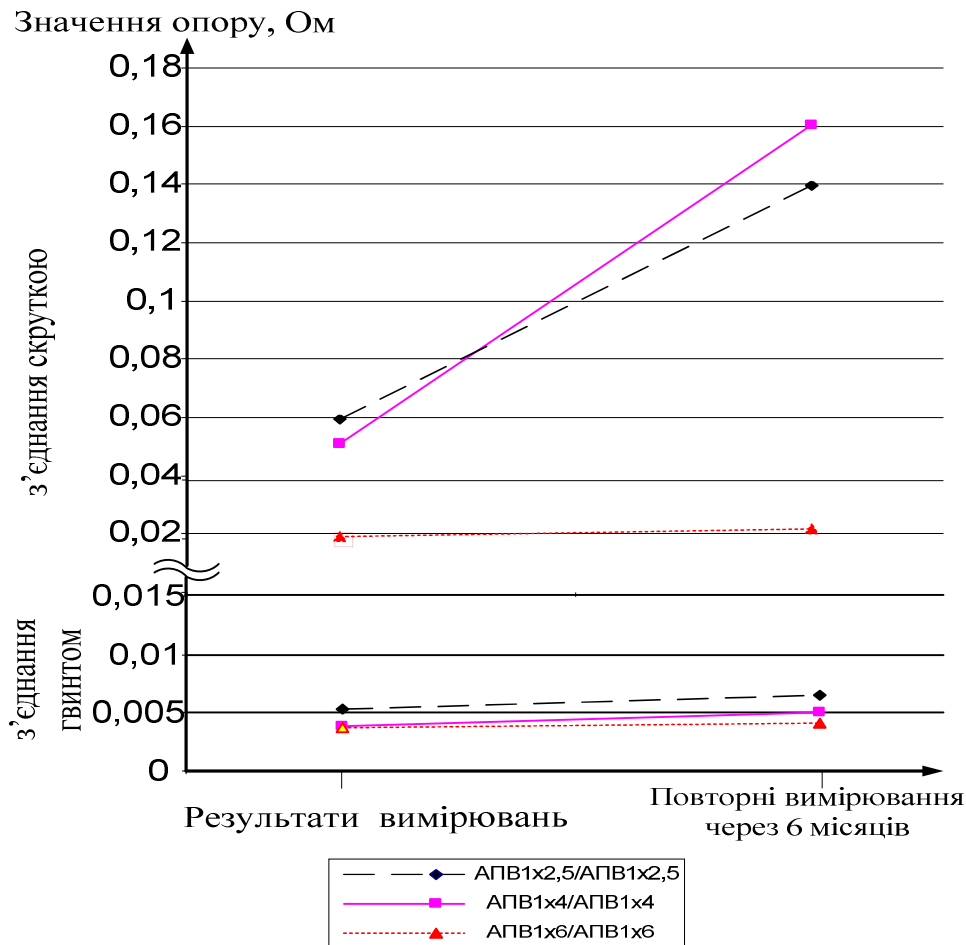


Рис. 9. Графік зміни середніх значень опору з'єднання гвинтом і скруткою для алюмінієвих проводів

Для визначення співвідношення частки перехідного опору контактних з'єднань у загальному значенні сумарного опору розраховано значення опору жил проводів згідно з методом, розглянутим вище.

Аналіз отриманих результатів (рис. 10) дозволяє стверджувати, що реальні значення опору струмопровідного кола ділянок електромереж низької напруги становлять від 150% до 300% значень, розрахованих за параметрами та схемою ділянки електромережі низької напруги. Таким чином, підтверджується припущення про необхідність встановлення нормованого значення опору струмопровідного кола ділянок електромереж низької напруги з метою сертифікації на відповідність показникам якості, зокрема, пожежної безпеки приміщень.

Таким чином, запропонована методика дозволяє кількісно оцінити показники якості матеріалів та монтажу ділянок електромереж низької напруги. Проведений експериментальний контроль шляхом вимірювання величини електричного опору струмопровідного кола ділянок електромереж із типовою

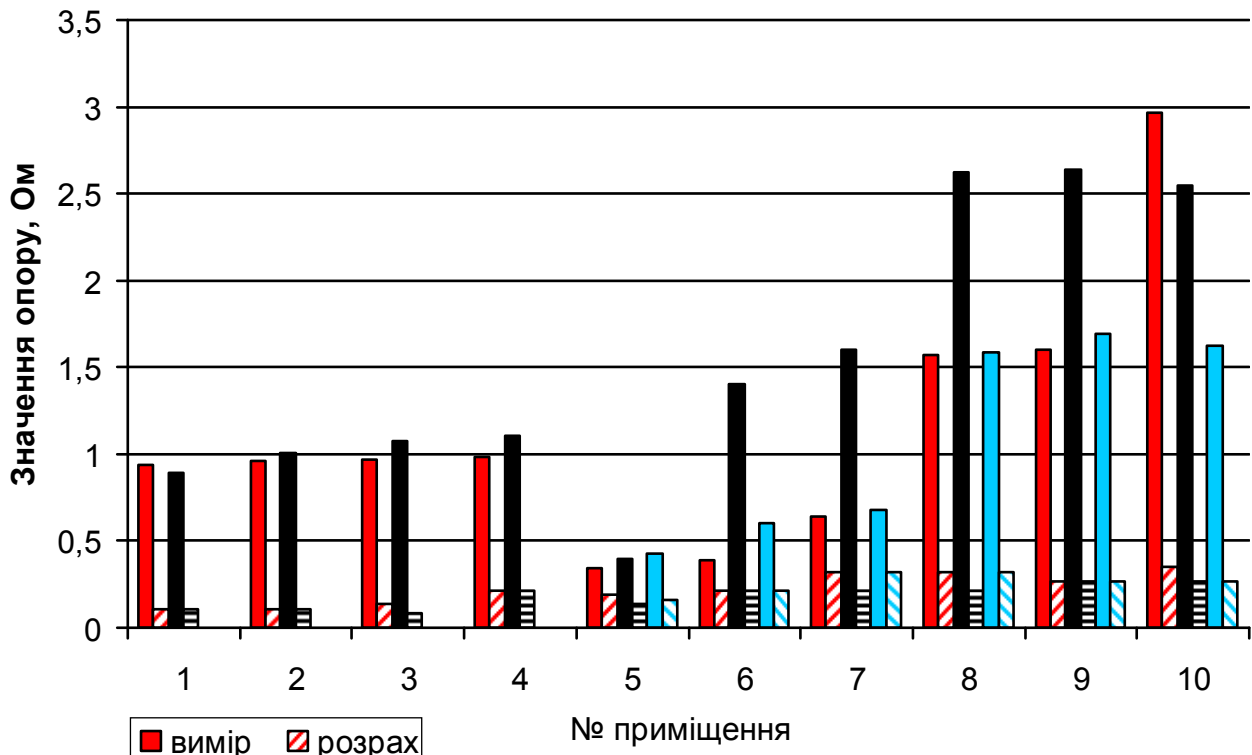


Рис. 10. Відхилення реальних значень опорів розподільних ділянок електромереж низької напруги від розрахованих значень за опором проводів та схемними рішеннями

схемою підтвердив велике значення складової перехідних опорів контактних з'єднань у сумарному опорі, порівняно із величиною опору, отриманою за розрахунковим методом.

Четвертий розділ містить обґрунтування запропонованої першої редакції проекту національного стандарту **ДСТУ XXXX:200_ Електричні мережі низької напруги. Вимоги пожежної безпеки та методи випробовування**, який відповідає програмі нормативної підтримки Технічного регламенту з підтвердження відповідності безпеки низьконапружного обладнання та Технічного регламенту з підтвердження відповідності «Будівельні вироби».

Метою розроблення національного стандарту є впровадження загальних вимог і методів випробовувань на пожежну небезпеку ділянок електромереж низької напруги. Стандарт містить показники пожежної небезпеки ізольованих проводів і кабелів, які встановлено у стандартах Міжнародної електротехнічної комісії (ІЕС), регіональних стандартах (ГОСТ), національних стандартах (ДСТУ) та державних будівельних нормах (ДБН).

Національним стандартом України вперше встановлюється перелік вимог пожежної безпеки та методи випробовування ділянок електромереж низької напруги.

Для реалізації стандартизованого методу контролю показників якості запропоновано структуру засобу вимірювання – аналізатора опору двопровідних мереж до 1000 В (рис. 11).

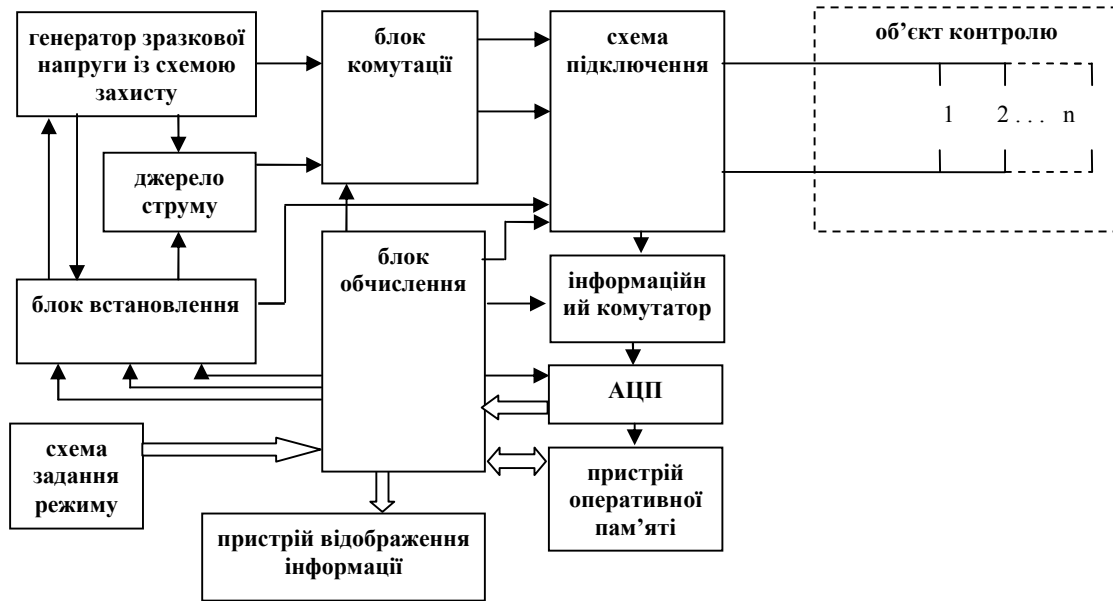


Рис. 11. Функціональна схема аналізатора опору двопровідних електричних мереж

У блоку обчислень виконується алгоритм розрахунку усередненої кореляційної функції

$$B_I(\tau) = \lim_{t_{oc} \rightarrow \infty} \frac{1}{t_{oc}} \int_{-\frac{t_{oc}}{2}}^{+\frac{t_{oc}}{2}} B_{IC}(\tau) dt ; \quad (6)$$

де $B_{IC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} \Phi_I(t, \omega) \cos \omega t d\omega$ - кореляційна функція контрольованого струму за узагальненою теоремою Хінчіна-Вінера,
 t_{oc} - інтервал усереднення,
 ω - колова частота сигналу,
 $\Phi_I(t, \omega)$ - миттєва енергетична спектральна густина сигналу на момент часу t вибраної аналізованої випадкової реалізації.

Зі значень $B_I(\tau)$ формується вектор спостереження стану ізоляції, що порівнюється з певним еталонним вектором $B_{Iet}(\tau)$. Якщо виконується нерівність

$$|B_I(\tau)| - |B_{Iet}(\tau)| > 0, \quad (7)$$

то в певній ділянці досліджувана мережа (об'єкт контролю) має пошкоджену ізоляцію.

Якщо нерівність (7) не справджується, то оператором проводиться другий етап контролю. При цьому за допомогою спеціальних коротко замкнутих елементів закорочуються затискачі 1 об'єкту контролю. Потім

оператор виставляє в лічильнику схеми завдання режиму цифровий код, котрий сприймається блоком обчислення для запуску в останньому підпрограми другого етапу контролю. Від джерела струму через блок комутації та схему підключення подається постійний сталий струм I_6 . У схемі підключення формується спадок напруги, пропорційний добуткові $I_6 \cdot r_{\Sigma 1}$, де $r_{\Sigma 1}$ - сумарний опір ділянки мережі об'єкту контролю, що включає в себе контактний опір коротко замкнутих елементів і затискачів у пункті 1 об'єкту. Зазначений спадок постійної напруги через інформаційний комутатор надходить на аналого-цифровий перетворювач, вимірюється і запам'ятовується за допомогою блока обчислення і пристрою оперативної пам'яті. Шляхом ділення коду даної напруги на код струму I_6 знаходиться опір частини об'єкту контролю $r_{\Sigma 1}$.

У випадку, коли опір даної ділянки

$$r_{\Sigma 1} < r_{оп 1} , \quad (8)$$

менший від певного значення опору $r_{оп 1}$, виконується наступний етап контролю. якщо об'єкт контролю має 1, 2, ..., n ділянок, то по чергово перевіряються відповідні опори ділянки $r_{\Sigma 2}$, і так далі до $r_{\Sigma n}$.

Після цього на пристрої відображення інформації виводиться інформація, яка під час кожного контролю об'єкту зберігається в пристрої оперативної пам'яті.

Запропонована методика дозволяє виявити потенційно пожежонебезпечні ділянки електромережі до 1000 В у 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.

Впровадження стандарту сприятиме підвищенню рівня безпеки для життя і здоров'я людей та збереженню матеріальних цінностей, підвищенню якості ділянок електромереж низької напруги та уніфікації методів їх випробувань, а також дозволить вирішити певні проблеми, які існують у сфері застосування та сертифікації ділянок електромереж низької напруги.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі надане рішення наукової задачі щодо обґрунтування стандартизації методик оцінки показників пожежної небезпеки елементів ділянок електромереж низької напруги та електротехнічних виробів, яка полягає в удосконаленні теоретичної бази методології випробувань для електромереж під час експлуатації та обґрунтуванні методики контролю їх показників якості, усуненні суперечностей, прогалин, неузгоджень і протиріч в масиві чинної в Україні нормативної документації в галузі випробувань

кабельно-провідникової продукції та електромереж під час експлуатації. Основні результати проведеної роботи полягають в наступному.

1. На підставі проведеного аналізу для оцінки пожежної небезпеки зростання перехідного опору контактних з'єднань електроустановок визначено порядок розрахунку ймовірності виникнення пожежі в пожеженебезпечному об'єкті на етапах його проектування, будівництва і експлуатації.

2. Розроблено методику проведення дослідження перехідних опорів контактних з'єднань побутових ділянок електромереж низької напруги та на підставі аналізу нормативно-технічного забезпечення існуючих засобів захисту та схем їх включення у ділянках електромереж визначено місце включення пристрою для вимірювання опору.

3. Отриманий масив даних про значення перехідних опорів контактних з'єднань на підставі статистичної обробки підтверджує припущення про нормальний закон розподілу результатів вимірювань та необхідність контролю їх значень в ділянках електромереж низької напруги.

4. Запропонована методика дозволяє кількісно оцінити показники якості матеріалів та монтажу ділянок електромереж низької напруги. Проведеним експериментальним дослідженням значень електричного опору струмопровідного кола ділянок електромереж низької напруги із типовою схемою шляхом вимірювання встановлено значення складової перехідних опорів контактних з'єднань у сумарному опорі, порівняно із значенням опору, отриманим за розрахунковим методом.

5. Запропоновано схему універсального точного аналізатора опору двопровідних електричних мереж з можливістю легкої видозміни його структури для реалізації необхідних функціональних і сервісних властивостей шляхом включення до його структури відповідних вузлів.

6. Запропоновано стандартизувати значення параметрів струмопровідного кола ділянок електромереж низької напруги, оскільки 50-75% значення їх опору складають перехідні опори контактних з'єднань. Застосований спосіб дозволяє контролювати пожежонебезпечні параметри ділянок електромереж низької напруги шляхом порівняння із нормованим значенням.

7. Впровадження національного стандарту **Електричні мережі низької напруги. Вимоги пожежної безпеки та методи випробовування** сприятиме підвищенню безпеки електротехнічних виробів для життя і здоров'я людей та збереженню матеріальних цінностей, підвищенню якості електричних мереж низької напруги та уніфікації методів їх випробувань, а також дозволить вирішити певні проблеми, які існують у сфері застосування низьконапружного електрообладнання.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Столярчук П.Г., Гудим В.І., Рудик Ю.І. Аналіз стану та причин виникнення пожеж електричного походження у побутовому секторі – Зб. наук. пр. ЛПБ. – Львів: СПОЛОМ, 2004. – №5. – С.116-121.

2. Столярчук П.Г., Гудим В.І., Рудик Ю.І. Контроль надійності електричних мереж соціально-побутових будівель // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. пр. – Вип. 15. – Ч.2. - Маріуполь, 2005. – С. 107-112.
3. Столярчук П.Г., Гудим В.І., Рудик Ю.І. Діагностика стану з'єднань в електричних мережах шляхом контролю перехідних опорів – Зб. наук. пр. ЛПБ. – Львів: СПОЛОМ, 2004. – №6. – С.142-147.
4. Гудим В.І., Рудик Ю.І., Столярчук П.Г. Обґрунтування необхідності контролю стану електричних мереж при наявності апаратів захисту – Зб. наук. пр. ЛДУБЖД. – Львів: СПОЛОМ, 2006. - №9. – С.142-146.
5. Гудим В.І., Рудик Ю.І. Термінологічний аналіз визначень джерел запалювання електротехнічного походження – Зб. наук. пр. ЛДУБЖД. – Львів: СПОЛОМ, 2007. - №10. – С.191-195.
6. Рудик Ю.І. Обзор направлений нормативно-правового обеспечения в сфере пожарной безопасности жизнедеятельности // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», Минск, 2003, С. 75-78.
7. Рудик Ю.І. Деякі умови досягнення європейського рівня нормування захищеності населення // Збірник матеріалів 5-тої Всеукраїнської науково-технічної конференції рятувальників „Зниження ризиків і мінімізація наслідків надзвичайних ситуацій. Організаційні заходи та проблеми технічного забезпечення”, Київ, 2003, С.51-54.
8. Рудик Ю.І. Оптимізація нормативно-технічної документації для запобігання пожежонебезпечних ситуацій в електротехнічних виробках // Збірник матеріалів науково-технічної конференції „Наглядово-профілактична діяльність МНС України”, Харків, 2004. С. 36-38.

АНОТАЦІЯ

Рудик Ю. І. Удосконалення нормативної бази для забезпечення якості електромереж низької напруги – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидат технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація та сертифікація – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2007.

Дисертація присвячена розробці й удосконаленню нормативної бази існуючих методів оцінки показників якості ділянок електромереж низької напруги, які впливають на рівень пожежної безпеки під час експлуатації.

У дисертації наведено рішення наукової задачі забезпечення адекватності методик оцінювання стану пожежної безпеки електромереж низької напруги залежно від рівня їх якості та практичного впровадження методу контролю показників якості для зниження ризику виникнення пожежі та загибелі людей.

Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено вплив факторів, умов і критеріїв експлуатації електромереж низької напруги на рівень безпеки та якості в цілому.

Удосконалено метод вимірювання опору та метод випробування кабелів і проводів у складі електричної мережі, застосування яких дозволяє збільшити ефективність виявлення пожежонебезпечних ділянок мереж і виробів.

Розроблено алгоритм визначення місць зростання перехідних опорів контактних з'єднань, з використанням якого удосконалено метод випробувань ділянок електромереж низької напруги під час експлуатації;

Запропоновано створення універсального точного аналізатора опору двопровідних електричних мереж з можливістю легкої видозміни його структури для реалізації необхідних функціональних і сервісних властивостей шляхом включення до його структури відповідних вузлів.

Ключові слова: стандартизація, нормативні документи, показники якості, пожежна безпека, електропроводка, перехідний опір, метод вимірювання, випробування на пожежну небезпеку.

АННОТАЦІЯ

Рудык Ю. И. Усовершенствование нормативной базы для обеспечения качества электросетей низкого напряжения - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидат технических наук по специальности 05.01.02 – стандартизация и сертификация - Национальный университет «Львовская политехника», Львов, 2007.

Диссертация посвящена разработке и усовершенствованию нормативной базы существующих методов оценки показателей качества для участков электросетей низкого напряжения, которые влияют на уровень пожарной безопасности во время эксплуатации.

В диссертации приведено решение научной задачи разработки методики оценивания пожарной опасности для электросетей низкого напряжения в зависимости от уровня их качества. Предложено практическое внедрение метода контроля показателей качества для снижения риска возникновения пожара и гибели людей.

Теоретически обоснованно и экспериментально подтверждено влияние факторов, условий и критериев эксплуатации электросетей низкого напряжения на уровень безопасности и качества в целом.

Усовершенствован метод измерения сопротивления и метод испытания кабелей и проводов в составе электрической сети, применение которых позволяет увеличить эффективность выявления пожароопасных участков сетей и изделий.

Разработан алгоритм определения мест увеличения переходных сопротивлений контактных соединений, с использованием которого усовершенствован метод испытаний участков электросетей низкого напряжения во время эксплуатации.

Предложено создание универсального точного анализатора сопротивления двухпроводных электрических сетей с возможностью легкого видоизменения его структуры для реализации необходимых функциональных и сервісних свойств путем включения в его структуру соответствующих узлов.

Ключевые слова: стандартизация, нормативные документы, показатели качества, пожарная безопасность, электропроводка, переходное сопротивление, метод измерения, испытания на пожарную опасность.

SUMMARY

Rudyk Yu. I. The improvement of normative base for providing of quality of the electric systems of low voltage – Manuscript.

The thesis on the gaining of scientific degree candidate of engineering's sciences by speciality 05.01.02 - standardization and certification, the National university «Lvivska politehnika», Lviv, 2007.

The thesis is devoted to normative base of existing methods of quality indexes estimation development and improvement of low voltage electric systems parts, which influences the fire security level during exploitation.

In the thesis it is given the scientific task decision of evaluation providing the adequacy of methods of the state of low voltage electric systems fire safety is resulted depending on their quality level. Practical introduction of quality indexes control methods for the fire origin risk decline and people death is given.

It is discovered on the basis of normative base analysis that of low voltage electric systems parts of during exploitation quality control is not carried out for the lack of the proper normatively technical adjusting. A part of quality indexes influences on the state of the electric systems fire safety. Differences in the tests conditions and estimation criteria's are present in the existing methods of fire hazard estimation. It can result in the obtaining the unreliable results and to exploitation of low voltage networks with a risk for life and health of citizens and saving property.

In Ukraine the index of people's death on fires exceeds a possible level. The risk of people's death on fires from the low voltage electric systems makes $1,6 \div 2,1 \times 10^{-6}$ a year. One of diminishing ways of fire origin probability and risk of people's death there is the development of measures on the level security improvement and their introduction into a national normative base.

The method of resistance measuring and method of cable and wire tests in composition of electric network, application of that allows multiplying the efficiency of exposure of fire hazardous areas of networks and wares, is improved.

The algorithm of location growth of contact connections transient resistances, with the use of which the testing method of low voltage electric systems parts tests during exploitation improvement is developed.

Criterion of fire hazard probabilistic estimation of low voltage electric systems parts taking into account the term of their exploitation is determined. The formula of probability calculation of fire origin is offered, taking into account the reason-consequent connection between the quality indexes of low voltage electric systems parts and fire origin. Error influence of transaction of values of Students division function and amounts of measuring is exposed on the results of achieving the probability calculations of the critical value of resistance of current channel of electric system parts.

The conducted analysis of determination method of fire origin probability from the elements of low voltage electric system parts cleared out, that the basic value which determines the fire hazard of low voltage electric system parts is the probability of finding the characteristic electrical engineering parameter in the range of fire hazardous values.

The experimental model of research of contact connections transient resistances and measuring method of value of connection resistance is improved.

The array of data is got about the value of contact connections transient resistances on the basis of statistical treatment confirms supposition about the normal law of division of measuring results and the necessity of control of their value in low voltage electric system parts.

The research conducting method of contact connections transient resistances domestic low voltage electric systems parts is developed and on the analysis of the basis of the normatively technical providing the existent defense facilities and charts of their including into the electric system parts the place of including resistance device for measuring are determined. Creation of universal exact analyzer of resistance of electric networks is offered with possibility of easy modification of his structure for realization of necessary functional and services properties by connecting to his structure of the proper knots.

The offered method allows estimating greatly the indexes of quality of materials and editing of low voltage electric system parts. Experimental control conducted by measuring of size of electric resistance of current circle of low voltage electric system parts with a typical chart confirmed the great importance of the constituent of contact connections transient resistances in total resistance, comparatively with the size of resistance, got by a calculation method.

It is suggested to standardize the value of resistance of current circle of low voltage electric system parts, as 50-75% of these values make transitional supports of contact connections. The applied method allows controlling the fire hazardous parameters of low voltage electric systems parts by comparing it to the rationed size.

Introduction of national standard Electric networks of low voltage. Requirements of fire safety and methods of testing will be instrumental in the increase of safety of electrical wares for life and health of people and in saving of financial values, upgrading of electric networks of low voltage and standardization of methods of their testing, and also will allow to solve s certain problems that exist in the field of application of low voltage electrical equipment.

Key words: standardization, normative documents, quality marks, fire safety, electric wiring, transient resistance, method of measuring, fire hazard testing.