



А. В. Беспалова¹, О. П. Дашковська¹, О. І. Книш¹, О. Л. Мірус², О. Б. Горностай²

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса, Україна

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3713-0610> – А. В. Беспалова

<https://orcid.org/0000-0002-3449-4112> – О. І. Книш

<https://orcid.org/0000-0002-9980-023X> – О. П. Дашковська

<https://orcid.org/0000-0001-7559-8850> – О. Л. Мірус

<https://orcid.org/0000-0002-6863-6772> – О. Б. Горностай



ogornostaj@ukr.net

ПІДВИЩЕНИЙ ПЕРЕХІДНИЙ ОПІР ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ЯК ПРИЧИНА ПОЖЕЖ

Постановка проблеми. Розглянуто актуальну проблему підвищеної пожежної небезпеки електромереж старих будівель Одеси та Львова, що пов'язано із зростанням електричного навантаження та наявністю ділянок з підвищеним перехідним опором (ППО). На основі аналізу електрофізичних параметрів запропоновано метод оцінювання стану електромереж, який дозволяє своєчасно виявляти аварійні ділянки із ППО.

Методика проведення досліджень. Для виявлення ділянок із підвищеним перехідним опором (ППО) у прихованих низьковольтних електричних мережах (напругою до 1000 В включно) пропонується використання діагностичного підходу, що базується на аналізі співвідношення між вхідною електричною потужністю, яка подається на навантаження споживача, та потужністю, безпосередньо спожитою цим навантаженням. Методика передбачає порівняння вхідної та вихідної напруг з розрахунком коефіцієнта пожежонебезпеки, який визначає відношення вхідної потужності до вихідної, тобто частку енергії, яка не доходить до навантаження і втрачається на нагрівання.

Результати роботи. Збільшення коефіцієнта пожежонебезпеки свідчить про наростання втрат у мережі, що, в свою чергу, може вказувати на зменшення поперечного перерізу провідників, окиснення контактів або на ділянки з критичним перехідним опором. Експериментальні дослідження електромереж з ділянками з підвищеним перехідним опором підтверджують ефективність застосування цього підходу для діагностики прихованих мереж напругою до 1000 В. Наведено фото експериментальної установки для визначення аварійного стану прихованої електричної мережі.

Наукова новизна. Запропонований підхід дає змогу запобігти виникненню пожежі у внутрішньобудинкових електромережах та зменшити ризик виникнення пожеж, спричинених тепловою дією електричної енергії, тобто мінімізувати можливість загорянь у будівлях, зокрема в об'єктах історичної спадщини.

Ключові слова: пожежна безпека, електромережа, підвищений перехідний опір, аварійний режим, метод діагностики технічного стану.

А. В. Bespalova¹, О. П. Dashkovska¹, О. І. Knysh¹, О. Л. Mirus², О. Б. Hornostai²

¹Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine

²Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

INCREASED CONTACT RESISTANCE IN ELECTRICAL NETWORKS AS A CAUSE OF FIRES

Problem statement. The article focuses on the actual problem of increased fire hazard of power grids of old buildings in Odesa and Lviv, which is associated with an increase in electrical load and the presence of areas with high transient resistance (TR). Based on the analysis of electrophysical parameters, a method for assessing the state of power grids is proposed, which allows timely detection of emergency areas with HTR.

Research methods. To detect areas with increased transient resistance (TR) in hidden low-voltage power grids (up to 1000 V inclusive), we propose to use a diagnostic approach based on the analysis of the ratio between the input electrical power supplied to the consumer load and the power directly consumed by this load. The methodology involves comparing the input and output voltages with the calculation of the fire hazard factor, which determines the input power to output power ratio, i.e. the proportion of energy that does not reach the load and is lost to heating.

Results. An increase in the fire hazard factor indicates an increase in losses in the network, which, in turn, may indicate a decrease in the cross-section of conductors, oxidation of contacts, or areas with critical transient resistance. Experimental studies of the power distribution network with areas of high transient resistance confirm the effectiveness of this approach for diagnosing hidden networks with voltages up to 1000 V. A photo of the experimental setup for determining the emergency state of a hidden electrical network is shown.

Scientific significance. The proposed approach makes it possible to prevent the emergence of fires in intra-building electrical networks and reduce the risk of fires caused by the thermal effect of electrical energy, that is, to minimize the possibility of fires in buildings, in particular in historical heritage sites.

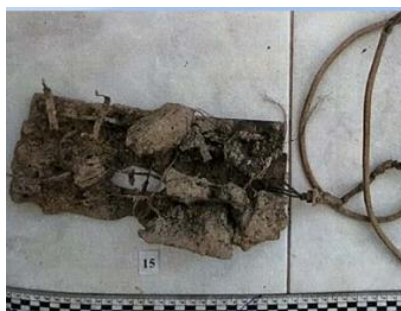
Keywords: fire safety, power grid, increased transient resistance, emergency mode, method of technical condition diagnostics.

Вступ. У контексті сучасних викликів державотворення пріоритетного значення набувають питання захисту особистості від загроз соціального, природного й техногенного характеру. Однією з ключових складових загальносуспільної безпеки виступає пожежна безпека, яка передбачає забезпечення захисту людини, матеріальних цінностей, соціуму та держави від наслідків пожеж.

У зв'язку з інтенсивним зростанням електричного навантаження на електромережі в адміністративних і навчальних закладах, розташованих у багатоповерхових будівлях історичної забудови, суттєво актуалізується проблема забезпечення належного рівня їхньої пожежної безпеки.

За статистичними даними, у 2024 році в Україні зареєстровано понад 100 тис. пожеж, з яких понад 29 тис. — у житловому секторі, що призвело до загибелі близько 2 тис. осіб [1]. Основними причинами виникнення пожеж в історичних спорудах є несправності прихованих внутрішніх електромереж та порушення правил монтажу й експлуатації електроустановок [2].

Основною причиною виникнення пожеж саме у житловому секторі є порушення пожежної безпеки при експлуатації електроприладів. У сучасних приміщеннях використовується значно більше споживачів з підвищеною потужністю (рис.1) [4].



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Наслідки аварійного режиму роботи електричного подовжувача: а) джерело запалювання — аварійний подовжувач зі слідами перенавантаження електромережі; б) під стелею спостерігаються провідники аварійної електричної мережі; в) на сходовій клітці спостерігається інтенсивне горіння від термічної дії електричної енергії перенавантаженої електромережі

Приховані електричні мережі, як правило, містять велику кількість з'єднань з підвищеним перехідним опором (ППО), які часто виконані із використанням заборонених технологій, зокрема шляхом скручування провідників. Такий підхід значно підвищує ймовірність перегрівання й займання ізоляції на місцях з'єднань. Тривалий тепловий вплив струму знижує діелектричні та механічні характеристики ізоляційних матеріалів. Під час проходження електричного струму крізь ділянки з ППО спостерігається падіння напруги, підвищення теплових втрат і перегрів провідників, що, у разі контакту з горючими матеріалами, може спричинити загоряння. Цей процес є особливо небезпечним для історичних будівель, у яких від однієї електромережі живиться значна кількість споживачів. До того ж, з'єднання та відгалуження дротів часто виконуються без використання

сучасних методів — зварювання, паяння чи опресування — що веде до збільшення ППО й відповідно зростання ризику пожежі. В умовах ППО захисні пристрої не спрацьовують, оскільки сила струму в провідниках знижується, а не зростає. Підвищений опір нагріває провідник через що підвищується пожежна небезпека таких мереж порівняно з короткозамкненими режимами.

Місця з'єднань провідників, а також з'єднувальні й відгалужувальні затискачі мають мати мінімальні значення перехідних опорів для уникнення перегріву і подальшого пошкодження ізоляції. Зменшення теплових втрат у ділянках з ППО вважається загальновизнаною умовою для зниження ризику виникнення пожежі.

Згідно з результатами літературного аналізу, реальні значення електричного опору струмо-провідного кола з ППО перевищують аналогічні

показники в справних мережах у 1,5–3 рази. Це свідчить про необхідність системного моніторингу величини перехідного опору і якості провідникових матеріалів, особливо в прихованих електромережах будівель історичної забудови.

Потужність, що втрачається на ділянках з підвищеним опором, не повинна перевищувати аналогічний показник у справних провідниках і кабелях. Проте у чинній нормативно-технічній документації питання контролю перехідного опору в електромережах напругою до 1000 В на стадії експлуатації досі залишається недостатньо врегульованим.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботах [1–3] наведено дані щодо основних результатів діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, яка реалізує державну політику у сфері цивільного захисту та пожежної безпеки.

З метою кількісного оцінювання пожежної небезпеки в роботах [4, 5] здійснено порівняння опору ідеальних ділянок електромереж низької напруги із фактичними значеннями у випадках наявності ППО. Запропоновано нормування гранично допустимих значень опору, що забезпечує можливість об'єктивної оцінки пожежної небезпеки електромереж.

У праці [6] описано методику визначення електричного опору струмопровідних провідників та рекомендовано заходи з корекції результатів за наявності похибки понад 2%.

Автори [7] вважають, що запобігти великим перехідним опорам можна лише оглядаючи провідники на наявність погіршення контакту між ними. Час роботи стаціонарних електроустановок після їх монтажу становить переважно понад 10 років. За ці роки виникають непередбачувані відмови, можливі випадки аварійної роботи. При цьому і стаються пожежі, причиною яких можуть бути великі перехідні опори. У житловому секторі періодичність контролю електромереж взагалі не встановлена і оскільки більшість пожеж електро-технічного характеру виникають саме у житловому секторі, то ця проблема наразі є доволі серйозною.

У дослідженні [8, 9] запропонована модель елемента протипожежного захисту електричних мереж у місцях надмірних споживчих потужностей, яка дає змогу врахувати та запобігти аварійній ситуації внаслідок перегрівання електричних мереж у місцях контактних з'єднань. Для забезпечення гарантованого спрацювання елемента протипожежного захисту рекомендована також перевірка працездатності елемента протипожежного захисту, який приєднується до електричної мережі. Запропоновано підхід щодо протипожежного захисту електричних мереж у місцях надмірних споживчих потужностей та розроблено елементи на

базі розеткового модуля з функцією розмикання електричного кола за умови перегрівання з'єднання штепсель – розетка з наявністю індикації працездатності чи спрацювання теплового запобіжника.

У праці [10] для виявлення та локалізації різних типів тимчасових несправностей з метою зменшення наслідків перебоїв живлення в системі було застосовано різні методи та методи вдосконалення. Було запропоновано різні математичні алгоритми та підходи на основі штучного інтелекту для отримання точного місця розташування несправності з дуже високою швидкістю.

В статті [11] автори розглянули багатомасштабні підходи до дослідження пожеж у кабелях, включаючи лабораторні та повномасштабні пожежні випробування, а також моделювання поведінки кабелів під час пожежі. У ній проаналізовано різні класифікації та стандарти для оцінки несправностей кабелів під час пожежі, з особливим акцентом на високоризиковій природі електричних пожеж у спеціалізованих середовищах, таких як підводні човни, кораблі та літаки, де обмежений простір та рятувальні можливості ускладнюють боротьбу з вогнем.

Автори статті [12] проаналізували аварійну роботу електромереж в старих будівлях, де значно зросла насиченість приміщень технічними системами життєзабезпечення, в результаті чого збільшилось навантаження електричних мереж, яке перевищує розрахункові значення та викликає часті аварійні відключення електромережі встановленими раніше автоматичними вимикачами. Крім того, експлуатація автоматичних вимикачів в агресивних умовах може порушити допустимий рівень величин сили струму, встановлених для відключення споживачів.

У [13] викладені основні вимоги «Правил пожежної безпеки в Україні» щодо утримання міської забудови, інженерного обладнання та технічних засобів протипожежного захисту житлових будинків.

Незважаючи на наявність численних методик оцінювання технічного стану електромереж, аналіз їхнього протипожежного стану зазвичай обмежується вимірюванням опору ізоляції [2], що не дозволяє виявити ділянки з ППО, які в відповідних умовах можуть призвести до виникнення пожежі [3, 4].

Вимірювання перехідного опору дає змогу оцінити якість з'єднань і виключити з експлуатації ділянки, що становлять потенційну пожежну небезпеку.

Надійність електромереж з точки зору пожежної безпеки оцінюється за допомогою різних методів, зокрема через вимірювання ізоляційного опору, сумарного опору кола та порівняння з розрахунковими значеннями [4].

Однак жодна з методик не забезпечує можливості обчислення імовірності виникнення пожежі.

З огляду на це було ініційовано низку досліджень, спрямованих на вдосконалення відомих підходів до діагностики електромереж.

Методи дослідження. Згідно з результатами аналізу, однією з ключових причин пожеж в історичних будівлях є наявність ділянок з ППО. Раннє виявлення таких зон дозволяє запобігти розвитку аварійної ситуації [5, 6]. Тому створення методу і засобу прогнозування ППО в прихованих електромережах історичних будівель сприятиме суттєвому зниженню ризиків виникнення пожежі.

На сьогодні вимірювання перехідного опору є обов'язковим лише для відкритих розподільчих пристроїв та шинопроводів з напругою понад 1000 В, що потребує розширення сфери нормативного регулювання на мережі меншої напруги, зокрема в старих спорудах.

Для виявлення ділянок із підвищеним перехідним опором (ППО) у прихованих низьковольтних електричних мережах (напругою до 1000 В включно) пропонується використання діагностичного підходу, що базується на аналізі співвідношення між вхідною електричною потужністю, яка подається на навантаження споживача, та потужністю, безпосередньо спожитою цим навантаженням. Такий підхід дає змогу ефективно виявляти аномалії, пов'язані з виникненням надмірних втрат електроенергії в елементах мережі, що можуть бути спричинені як конструктивними дефектами, так і тривалим впливом експлуатаційних навантажень.

Загальна вхідна потужність $P_{вх}$, що подається на електричну мережу, розподіляється між корисною потужністю ($P_{вих}$), яка витрачається на забезпечення роботи електроспоживачів, та втратами, що виникають у самій електромережі. Зокрема, мова йде про потужність, що втрачається в провідниках ($P_{пр}$), внаслідок тепловиділення, та потужність, яка поглинається ділянками з ППО ($P_{ппо}$) — місцями, де через недоліки контактних з'єднань чи корозію виникає локальне зростання електричного опору.

Корисну потужність навантаження можна визначити за такою залежністю:

$$P_{вих} = P_{вх} - (P_{пр} + P_{ппо}). \quad (1)$$

Вхідна потужність визначається формулою (2)

$$P_{вх} = U_{вх} \times I_{мер}, \quad (2)$$

де: $U_{вх}$ — напруга, виміряна безпосередньо на навантаженні,

$I_{мер}$ — струм, що протікає електричною мережею.

Вхідна потужність розраховується за формулою:

$$P_{вих} = U_{вих} \times I_{мер}, \quad (3)$$

де: $U_{вих}$ — напруга на вході мережі.

Таким чином, потужність, яка втрачається в мережі на нагрівання провідників та контактів, становить різницю між $P_{вх}$ та $P_{вих}$.

У разі виникнення аварійного режиму, що проявляється у вигляді надмірних втрат у провідниках або контактних з'єднаннях, зокрема внаслідок наявності ділянок із ППО, спостерігається інтенсивне нагрівання провідників, що може призвести до:

- руйнування ізоляції кабелів;
- виникнення коротких замикань;
- перевантаження електричної мережі;
- займання елементів будівельних конструкцій із горючих матеріалів.

Такі явища несуть потенційну загрозу пожежі, що обґрунтовує необхідність постійного моніторингу стану електромережі та контролю за параметрами втрат електричної енергії.

Для кількісного оцінювання безпечної роботи електромережі щодо пожежної небезпеки вводиться коефіцієнт пожежної безпеки електромережі K , який визначає відношення вхідної потужності до вихідної, тобто частку енергії, яка не доходить до навантаження і втрачається на нагрівання:

$$K = P_{вх} / P_{вих}. \quad (4)$$

Підставляючи значення з (2) і (3), отримаємо спрощений вираз:

$$K = P_{вх} / P_{вих} = U_{вх} \times I_{мер} / U_{вих} \times I_{мер} = U_{вх} / U_{вих}. \quad (5)$$

Відповідно до наведеного співвідношення, в ідеальній електромережі, де втрати відсутні або мізерні, напруга на вході дорівнює напрузі на навантаженні ($U_{вх} = U_{вих}$), що дає значення $K=1$. Збільшення коефіцієнта K свідчить про наростання втрат у мережі, що, в свою чергу, може вказувати на зменшення поперечного перерізу провідників, наявність окиснення контактів або на ділянки з критичним перехідним опором.

Отже, електрична мережа вважається пожежобезпечною за умови, що значення K наближене до одиниці. З практичної точки зору, K дає уявлення про масштаб втрат: при $K=1$ втрати відсутні, при $K=2$ — половина потужності втрачається в мережі, а при $K=10$ — лише десята частина потужності досягає навантаження, інше поглинається мережею.

Регулярне вимірювання коефіцієнта K дозволяє проводити діагностику стану прихованої електропроводки, виявляти проблемні ділянки і головне — запобігати аварійним ситуаціям, що можуть спричинити пожежу.

Згідно з нормативними документами, зокрема вимогами Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС), збільшення перехідного опору контактного з'єднання відносно опору суцільної ділянки шини тієї ж довжини не повинно перевищувати 20%, тобто: $K < 1,2$.

Результати дослідження: Для перевірки ефективності зазначеного методу у виявленні ППО було проведено серію експериментальних досліджень. Принципова електрична схема установки представлена на рис. 1. Вона містить послідовно з'єднані елементи, що утворюють

замкнуте електричне коло. Паралельно до еталонного резистора навантаження підключено вольтметр V2 для вимірювання вихідної напруги $U_{вих} = U_{R_{вих}}$.

Послідовно підключені елементи формують замкнуте електричне коло. Вольтметр V2, підключений паралельно до резистора навантаження електромережі для вимірювання величини вихідної напруги електромережі $U_{вих} = U_{R_{вих}}$.

Фотосхеми з'єднань елементів експериментальної установки для оцінки ППО представлені на рис. 2.

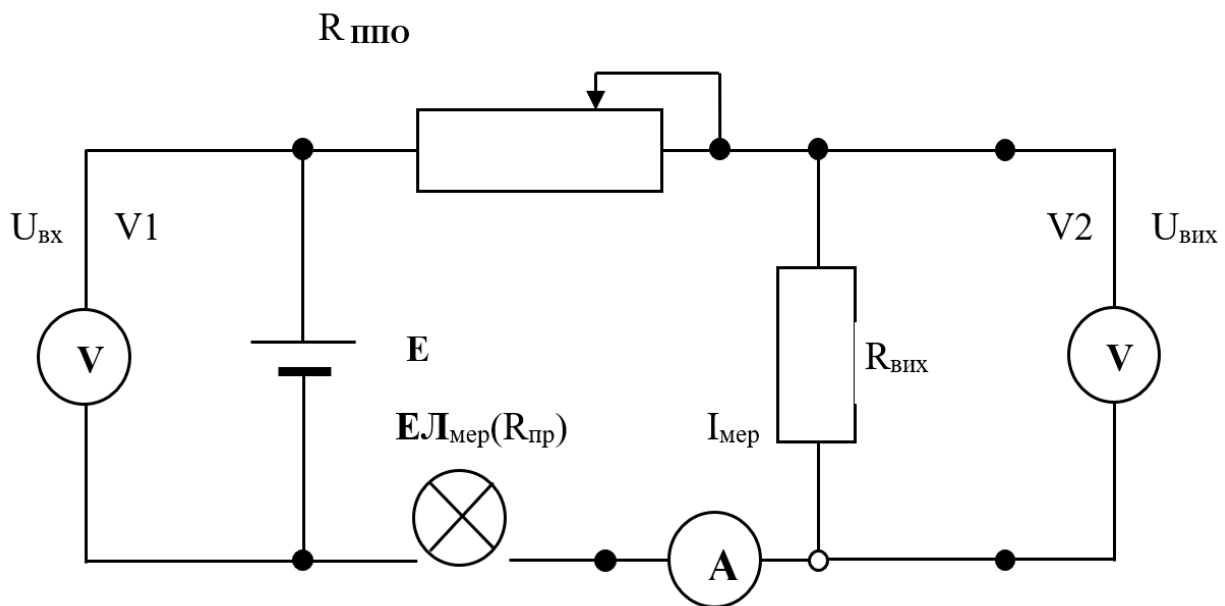


Рисунок 2 – Електрична принципова схема для експериментального визначення параметрів електричного кола з ділянками ППО: $U_{ВХ}$ – еталонне джерело живлення; $EL_{Мер}$ – електрична лампочка використовується для імітації опору провідника $R_{ПР}$ та демонстрації зменшення сили електричного струму в мережі при збільшенні величини $R_{ППО}$; потенціометр $R_{ППО}$ – імітує опір ділянки мережі з ППО; резистор $R_{ВЫХ}$ – імітує навантаження споживача; V1, V2 – вольтметри, A – амперметр.

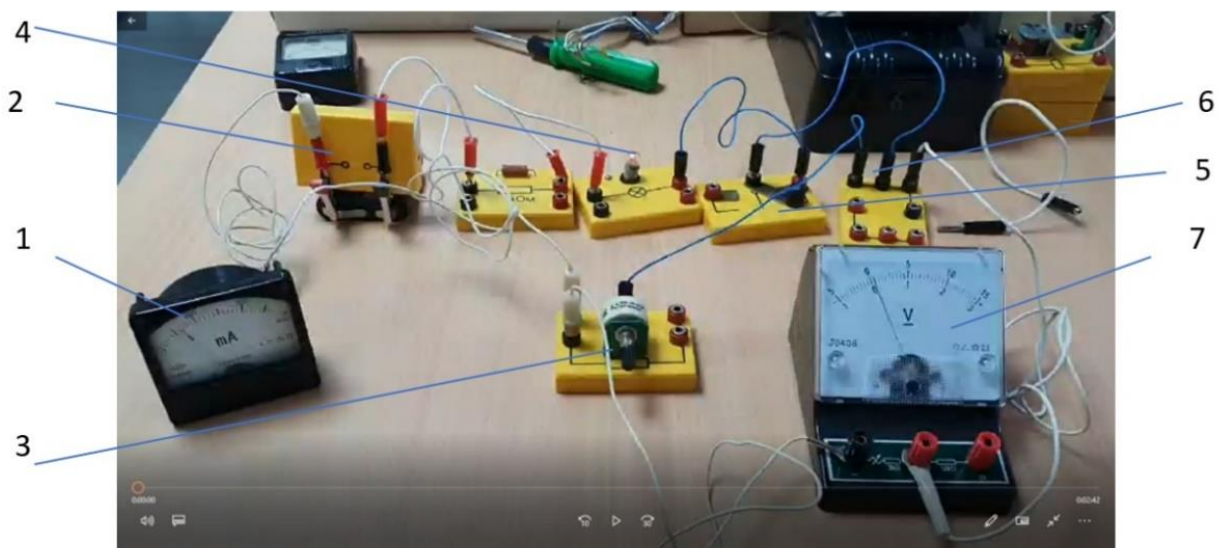


Рисунок 3 – Фото експериментальної установки для визначення аварійного стану прихованої електричної мережі

На рис. 2 зображено елементи лабораторної установки, за допомогою яких реалізовано модель електромережі з ППО. До складу експериментальної установки входять:

- 1) міліамперметр (А) — для вимірювання струму в межах 1–600 мА;
- 2) джерело живлення (Е) — батарея з номінальною напругою $U_{ex} = 5$ В;
- 3) потенціометр (R_{ппо}) — імітатор ділянки з підвищеним перехідним опором;
- 4) електрична лампочка (ЕЛмер) — працює як змінний резистор, що демонструє теплові втрати;
- 5) перемикач (К1) — для розмикання та замикання електричного кола;

6) розмножувач провідників — для комутації елементів;

7) вольтметр V2 — діапазон 1–3 В, вимірює $U_{вих}$ на резисторі $R_{вих}$;

На вхід електричного кола подається стабілізована постійна напруга $U_{ex.} = 2,5$ В. Струм, що протікає мережею, фіксується міліамперметром, а напруга на еталонному резисторі — вольтметром. Для моделювання зростання опору $R_{ппо}$ використовується потенціометр. Зі зростанням опору відповідно зменшується напруга на навантаженні, що фіксується вольтметром V2. Далі на основі експериментальних даних обчислюється коефіцієнт $K = U_{ex} / U_{вих}$, результати зведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментальних вимірювань коефіцієнтів пожежонебезпеки електричної мережі (ланцюга)

№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8
$I_{мер}$, струм мережі, А	0,125	0,124	0,110	0,10	0,09	0,08	0,065	0,06
$U_{вх}$, вхідна напруга, В,	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$U_{вих}$, вихідна напруга, В,	0,025	0,375	0,625	1,25	2,133	2,10	2,25	2,5
$K = U_{вх} / U_{вих}$	100,8	6,667	4,00	2,0	1,198	1,19	1,11	1,00
Наявність неприпустимо великих перехідних опорів	так	так	так	так	ні, межа	ні	ні	ні

Обговорення результатів досліджень. Як видно з таблиці, метод вимірювання дозволяє визначати ділянки з підвищеними перехідними опорами. Тобто при переході коефіцієнта пожежної безпеки електромережі K через поріг 1,2 спостерігається наявність недопустимо великих перехідних опорів.

Висновки

1. Основним фактором підвищеної пожежної небезпеки в історичних будівлях є аварійний стан електромереж з ділянками ППО.

2. В умовах експлуатації внутрішньо-будинкових мереж недостатньо контролюється рівень перехідного опору, що потребує перегляду нормативної бази.

3. Запропонований метод вимірювання коефіцієнта пожежонебезпеки дозволяє виявити приховані аварійні ділянки мереж і є ефективним інструментом у системі протипожежного контролю.

4. Результати експериментальних випробувань підтверджують практичну доцільність використання методу в умовах реальної експлуатації.

Подяки, джерела фінансування

Публікуючи статтю, її автори не переслідують ніяких фінансово-комерційних інтересів і дозволяють безоплатно використовувати її матеріали іншим особам для цитування в наукових дослідженнях, за умови вказівки посилань на неї в своїх наукових роботах, якщо вони не є діяльністю комерційного характеру з метою особистого збагачення.

Список літератури:

1. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2024 році. URL: dsns.gov.ua/diyalnist-sluzhbi (дата звернення 12.02.2025)
2. Трошина С. Запобігання виникненню пожеж через порушення правил монтажу та експлуатації електрообладнання на виробництві. Охорона праці і пожежна безпека. 2022. № 1, URL: <https://oppb.com.ua/articles/zapobigannya-vynyknennyyu-pozhezh-cherez-porushennya-pravyl-montazhu-ta-ekspluatsiyi>
3. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні: [Чинний від 2014-12-30]. Вид. Офіс. Київ, 2014. 71 с. Міністерства внутрішніх справ України.
4. Рудик Ю. І. Вимірювання опору електропроводок як метод визначення їх пожежної небезпеки. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 13 грудня 2024 року. Л: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.
5. ДСТУ ГОСТ 12393:2017. Арматура контактної мережі залізничі лінійна. Загальні технічні умови (ГОСТ 12393-2013, IDT). [Чинний від 2017-07-01].]. Вид. офіс. Київ : Будстандарт, 2017. 20 с.
6. ДБН В.2.5-23:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електро-

обладнання об'єктів цивільного призначення. [Чинний від 2010-10-01]. Вид. офіс. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 167 с.

7. Назаровець О. Б., Перерва Р.О., Рудик Ю.І. Кириченко О.В., Янків В.В. Експериментальне дослідження параметрів пожежної небезпеки контактних з'єднань в електропроводках. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 2024. Vol. 14, No. 2. С. 161–178.

8. Зобенко О. Модель протипожежного захисту електричних мереж у місцях контактних з'єднань. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*, 2023. Т. 1, № (15). С.141-148.

<https://orcid.org/0000-0001-9641-2779>

9. Study of the Features of the Protection of Energy System Elements Caused by Excessive Local Heating O., Zobenko, Oleksandr, V.M., Loboichenko, Valentyna M., Y., Lutsenko, Yurii, O., Blyashenko, Oleg, V., Servatyuk, Vasyl. *Water and Energy International Monthly Journal of CBIP*. January 2023. Vol. 65/RNI, NO. 10 2023. P. 34-40. ISSN: 0974-4711, www.scopus.com/sourceid/21100920050 (Scopus)

10. Saidatul Habsah Asman, Nur Fadilah Ab Aziz, Ungku Anisa Ungku Amirulddin, Zainal Abidin Ab Kadir. Transient Fault Detection and Location in Power Distribution Network: A Review of Current Practices and Challenges in Malaysia. *Energies* 2021, 14(11), 2988.

<https://doi.org/10.3390/en14112988>

10. Guohui Li, Jiapu Guo, Yanhao Kang, Que Huang, Junchao Zhao, Changcheng Liu. Classification and Prevention of Electrical Fires: A Comprehensive Review. *Fire* 2025, 8(4), 154; doi.org/10.3390/fire8040154

12. Беспалова А.В., Романюк В.П., Дашковська О.П., Книш О.І., Вєтох О.М. Контроль підключення автоматичних вимикачів електромережі – запобігання пожежі. Зб. наук. праць "Перспективні технології та прилади". Луцьк, Луцький НТУ, 2023. № 23. С. 12-16.

DOI 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-23-02

13. Протипожежна безпека багатоквартирних будинків : навч. посіб. / Дзюба С.В. та інш. Одеса: ОДАБА, 2020. 71 с. ISBN 978-617-7900-27-5

References

1. Zvit pro osnovni rezultati diyalnosti Derzhavnoi sluzhbi Ukraïni z nadzvichainikh situatsii u 2024 rotsi. URL: <https://dsns.gov.ua/diyalnist-sluzhbi> (data zvernennya 12.02.2025)

2. Troshina S. Zapobigannya viniknennyu pozhezh cherez porushennya pravil montazhu ta yekspluatatsii yeлектрообладнання na virobnitstvi. *Okhorona pratsi i pozhezhna bezpeka*. 2022. № 1,

URL: <https://oppb.com.ua/articles/zapobigannya-vyniknennyu-pozhezh-cherez-porushennya-pravyl-montazhu-ta-ekspluatatsiyi>

3. NAPB A.01.001-2014. Pravila pozhezhnoi bezpeki v Ukraïni: [Chinnii vid 2014-12-30]. Vid. Ofis. Kiiiv, 2014. 71 s. Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukraïni.

4. Rudik Yu. I. Vimiryuvannya oporu yeлектропроводок yak metod viznachennya ikh pozhezhnoi nebezpeki. Aktualni problemi pozhezhnoi bezpeki ta zapobigannya nadzvichainim situatsiyam v umovakh sгодennya: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. Konf., 13 grudnya 2024 roku . L: Lvivskii derzhavnii universitet bezpeki zhittediyalnosti. [in Ukrainian].

5. DSTU GOST 12393:2017. Armatura kontaktnoi merezhi zaliznitsi liniina. Zagalni tekhnichni umovi (GOST 12393-2013, IDT). [Chinnii vid 2017-07-01].]. Vid. ofis. Kiiiv : Budstandart, 2017. 20 s.

6. DBN V.2.5-23:2010. Inzhenerne obladnannya budinkiv i sporud. Proektuvannya yeлектрообладнання ob'ektiv tsivilnogo prznachennya. [Chinnii vid 2010-10-01]. Vid. ofis. Kiiiv : Minregionbud Ukraïni, 2010. 167 s.

7. Nazarovets O. B., Pererva R.O., Rudik Yu.I. Kirichenko O.V., Yankiv V.V. Yeksperimentalne doslidzhennya parametriv pozhezhnoi nebezpeki kontaktnikh z'ednan v yeлектропроводках. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 2024. Vol. 14, No. 2. S. 161–178. [in Ukrainian].

8. Zobenko O. Model protipozhezhnogo zakhistu yelektrichnikh merezh u mistyakh kontaktnikh z'ednan. *Naukovii visnik: Tsivilnii zakhist ta pozhezhna bezpeka. Cherkaskii institut pozhezhnoi bezpeki imeni Geroiv Chornobilya*, 2023. Т. 1, № (15). S.141-148. [in Ukrainian].

<https://orcid.org/0000-0001-9641-2779>

9. Study of the Features of the Protection of Energy System Elements Caused by Excessive Local Heating O., Zobenko, Oleksandr, V.M., Loboichenko, Valentyna M., Y., Lutsenko, Yurii, O., Blyashenko, Oleg, V., Servatyuk, Vasyl. *Water and Energy International Monthly Journal of CBIP*. January 2023. Vol. 65/RNI, NO. 10 2023. R. 34-40. ISSN: 0974-4711,

www.scopus.com/sourceid/21100920050 [Scopus].

10. Saidatul Habsah Asman, Nur Fadilah Ab Aziz, Ungku Anisa Ungku Amirulddin, Zainal Abidin Ab Kadir. Transient Fault Detection and Location in Power Distribution Network: A Review of Current Practices and Challenges in Malaysia. *Energies* 2021, 14(11), 2988. [in Malaysia]. <https://doi.org/10.3390/en14112988>

10. Guohui Li, Jiapu Guo, Yanhao Kang, Que Huang, Junchao Zhao, Changcheng Liu.

Classification and Prevention of Electrical Fires: A Comprehensive Review. Fire 2025, 8(4), 154; [in China]. <https://doi.org/10.3390/fire8040154>

12. Bespalova A.V., Romanyuk V.P., Dashkovska O.P., Knish O.I., Vetokh O.M. Kontrol pidklyuchennya avtomatichnikh vimikachiv yelektromerezhi – zapobigannya pozhezhi. Zb. nauk.

prats "Perspektivni tekhnologii ta priladi". Lutsk, Lutskii NTU, 2023. № 23. S. 12-16. [in Ukrainian]. DOI 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-23-02

13. Protipozhezhna bezpeka bagatokvartirnikh budinkiv : navch. posib. / Dzyuba S.V. ta insh. Odesa: ODABA, 2020. 71 p. ISBN 978-617-7900-27-5/

© А. В. Беспалова, О. І. Книш, О. П. Дашковська, О. Л. Мірус, О. Б. Горностай, 2025.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 28.04.2025.

Прийнято до публікації 04.06.2025.