

ОЦІНКА СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ САМОНЕСУЧИХ ІЗОЛЬОВАНИХ ПРОВОДІВ ПРИ ЇХ ВИРОБНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У статті розглянуто чинники, що впливають на скорочення терміну експлуатації лінії з самонесучими ізольованими проводами. Проаналізовано методи діагностики стану ізоляції та арматури проводу.

Мета дослідження: виявити параметри, за якими можна оцінити приблизно термін експлуатації ліній з самонесучими ізольованими проводами.

Методика реалізації: використання даних випробувальних тестів для отримання значень параметрів, за якими далі враховується термін експлуатації.

Результати досліджень: представлена формула для розрахунку часу експлуатації, наведено приклади розрахунку за цією формулою.

Висновки: оцінка терміну експлуатації лінії з самонесучими ізольованими проводами є непростою задачею, яка вимагає проведення спеціальних випробувань для ізоляції проводу.

Ключові слова: лінія з самонесучими ізольованими проводами, ізоляція, електричний пробій, електрична міцність, арматура, випробування.

Вступ. На даний час в Україні велика частина повітряних ліній низької напруги працює за межами терміну експлуатації. Зважаючи на те, що надійність цих ліній і так є низькою через недоліки їх конструктивного виконання та аварійні ситуації, знеструмлення споживачів (особливо у районах із складними кліматичними умовами) набувають стихійного характеру. Існує також проблема несанкціонованого підключення до повітряних ліній. Головним засобом підвищення надійності ліній низької напруги є використання самонесучих ізольованих проводів (СІП). Впродовж останніх років перехід від повітряних ліній електропередач з оголеними проводами до СІП пришвидшується. Розглядаючи проблему терміну експлуатації СІП, для інженерів і економістів розподільних мереж постає питання вигідності такої заміни. Відповідь на це питання залежить від якомога точнішого визначення часу корисної експлуатації ліній із СІП. Очевидно, що через наявність шару ізоляції термін експлуатації СІП буде коротшим ніж у звичайних оголених проводів. Недотримання виробниками стандартів якості та використання ненадійних кріплень і затискачів є факторами, які скорочують цей термін. В свою чергу належна експлуатація мережі з СІП навпаки подовжить “життя” ізоляції.

Мета роботи. Проаналізувати фактори, що впливають на старіння СІП та розглянути методи оцінки терміну їх експлуатації.

Матеріал і результати досліджень. Щоб оцінити скільки прослужить лінія з СІП, необхідно дослідити аварії і пошкодження, що виникають у таких лініях, та процеси старіння. Можливі випадки, коли ізоляцію проводу пошкоджують у процесі виготовлення, транспортування або встановлення, що у майбутньому стане причиною аварії. Проникнення вологи в ізоляцію, а також явище часткових розрядів є іншими факторами ризику для СІП. Досвід використання СІП показав, що майже всі аварії так чи інакше пов'язані з пошкодженням ізоляції і тому саме вона, першочергово, стає об'єктом дослідження при оцінці терміну експлуатації. Ізоляція СІП може погіршуватись поступово через контакт із деревами, бетонними конструкціями, тощо. Застосування затискачів, що не відповідають стандарту, може полегшити проникнення вологи в ізоляцію, де вода перетворюється на пару. Розширюючись, пара утворює невеликі порожнини в шарі ізоляції, що призводить до різкого погіршення ізоляційних властивостей [1]. Так само і часткові розряди є згубними для ізоляції. Вони зазвичай виникають у місцях з'єднання або скручення. Процес може бути розтягнутим у часі але наслідком є руйнування ізоляції. Зниження напруги пробою ізоляції може бути фактором, що вказує на її руйнування. Якщо вчасно визначити точки, де стан ізоляції є незадовільним, і замінити ділянку проводу, то можна уникнути втрат, які може спричинити пробій ізоляції. У старінні ізоляції значну роль відіграє температура. Зазвичай проблем з охолодженням на повітрі не виникає, але у випадку короткого замикання (КЗ) температура перевищить межу, що негативно вплине на ізоляцію. При температурі вище за 90°C кристали в ізоляції починають плавитись і окислюватись. Це веде до втрати ізоляційних властивостей шитого поліетилену. Крім того, КЗ викликає проблеми із збільшенням довжини проводів або їх зміщення. Довжина проводу може збільшуватись і за високих атмосферних температур. Холодна погода компенсуватиме збільшення довжини але не повністю. Таким чином, довжина проводу також може бути використана для оцінки терміну експлуатації. Для того, щоб дослідити СІП на протязі всього терміну експлуатації, в лабораторіях застосовують штучне старіння.

Процес моделюється механічним, тепловим і електричним впливом на провід. Для створення необхідних температур через провід пропускають відповідні струми, це відбувається циклічно по 8-10 годин кілька разів на тиждень. Так як вплив температур від струмів КЗ впливає на довжину кабелю, то збільшення довжини може бути індикатором його віку. Для теплового старіння проводу його розміщують у термостаті. При цьому для моделювання реальних температурних змін у термостаті змінюються температурні режими. Щоб створити умови вологого середовища СІП може бути поміщено у ємність із водою, після чого вимірюється зміна маси проводу для контролю вологопоглинання. Якість ізоляції на стадії виробництва СІП контролюється наступними параметрами:

- міцністю при розтягуванні (не менше 12,5 МПа) та розриві (не менше 200 МПа);
- після старіння в термостаті при температурі 135°C на протязі 168 год. зміною міцності при розтягуванні (не більше $\pm 25\%$) та зміною відносного видовження при розриві (не більше $\pm 25\%$);
- відносним видовженням після витримки на протязі 15 хв. при температурі 200°C і розтягувальному навантаженні 0.2 МПа (не більше 175%);
- залишковим відносним видовженням після зняття навантаження і охолодження (не більше 15%);
- зміною маси після витримки на протязі 336 год. у воді при 85°C (не більше 1 мг/см²);
- глибиною продавлювання при температурі 90°C за 4 год. (не більше 50%);
- вмістом сажі (не більше 2.5%).

Важливою вимогою до ізоляції СІП є також стійкість до впливу атмосферних факторів. Для моделювання впливу атмосферних явищ провід піддається впливу світлового потоку потужністю 2.2 Вт/м² при довжині хвилі 240-40 нм, дощу з температурою води 10-30°C з інтенсивністю 15-25 дм³/год, від'ємної температури -40°C.

Таким чином, висновок про термін експлуатації СІП можна зробити, проаналізувавши стан ізоляції, який є визначальним фактором. Пошкодження ізоляції можуть бути механічними або електричними (тобто пробій ізоляції). Щоб створити напругу електричного пробую пробою використовують тест із голкою, яку занурюють в ізоляційний шар (рис. 1). У тесті є дві величини, що формуватимуть зміни у ізоляційній структурі, – прикладена напруга та глибина занурення голки.

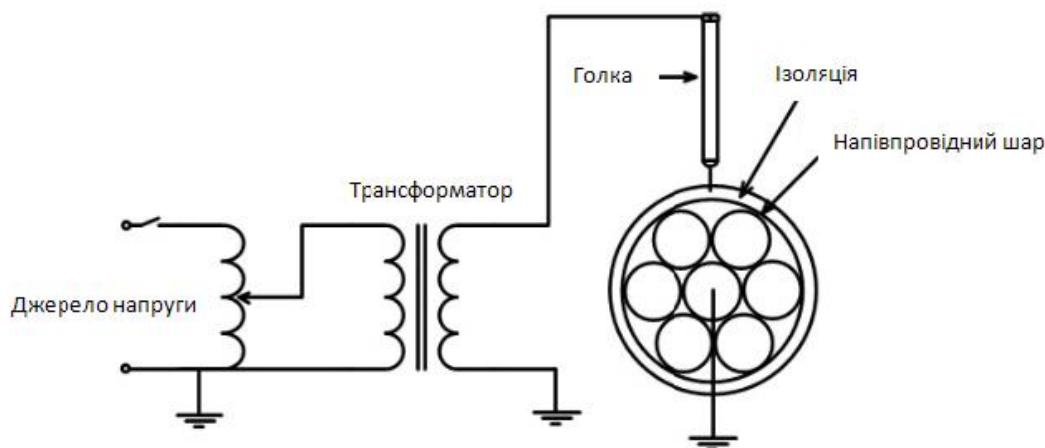


Рисунок 1 – Тест з електричного пробую пробою ізоляції проводу

В процесі експлуатації з часом змінюється довжина кабелю, що також впливатиме на стан ізоляції. Іранські вчені запропонували формулу для оцінки терміну експлуатації проводу [2]:

$$T_{\text{зал}} = a_1 + a_2 L + a_3 E \quad (1)$$

де L – збільшення довжини проводу за період експлуатації, E – напруга пробую пробою ізоляції проводу; a_1 , a_2 , a_3 – коефіцієнти, для яких значення розраховані емпірично. Підставляючи їх значення у формулу (1), отримаємо вираз:

$$T_{\text{зал}} = 67.19 - 0.0435L + 2.095E \quad (2)$$

Результати реального лабораторного тесту на пробій ізоляції наведені в табл.1.

Таблиця 1. Результати лабораторного тесту на пробій ізоляції

Вік СІП (у роках)	0	5	10	15	20
Збільшення довжини проводу (мм)	1000	1100	1155	1270	1297
Напруга пробною ізоляції (кВ)	13.60	11.6	9.8	8.8	8.7
Очікуваний термін подальшої експл. (років)	58.2	43.6	37.5	30.4	32

У таблиці також розраховано очікуваний термін подальшої експлуатації за формулою (2). Очевидно, що напруга пробною буде зменшуватись із часом і на цю зміну також впливатиме зміна довжини проводу, що видно із наведеного досліді. На рисунку 2 приведено графік цієї залежності.

Не менш важливими для визначення терміну експлуатації ліній із самонесучими ізольованими проводами є також випробування арматури для СІП. На рисунку 3 показано як проводяться діелектричні випробування проколюючих затискачів у воді, метою яких є перевірка електричної міцності під дією напруги.

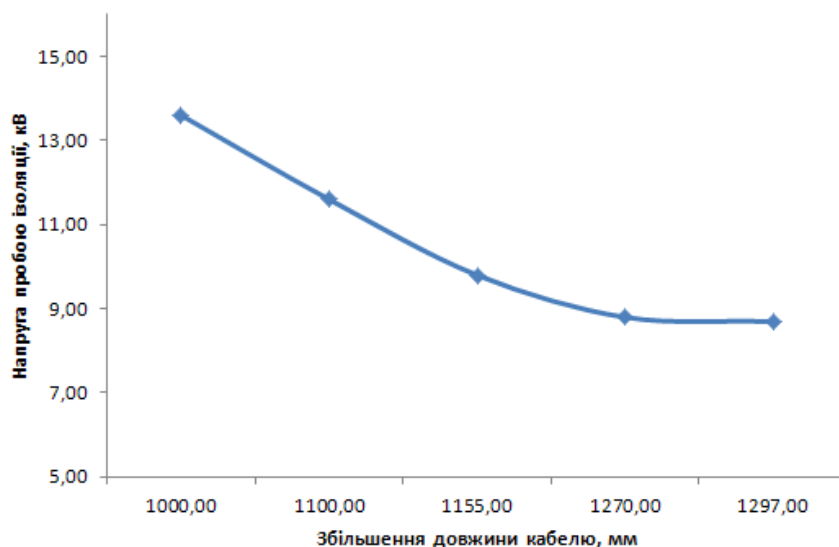


Рисунок 2 – Залежність напруги пробною ізоляції від зміни довжини проводу

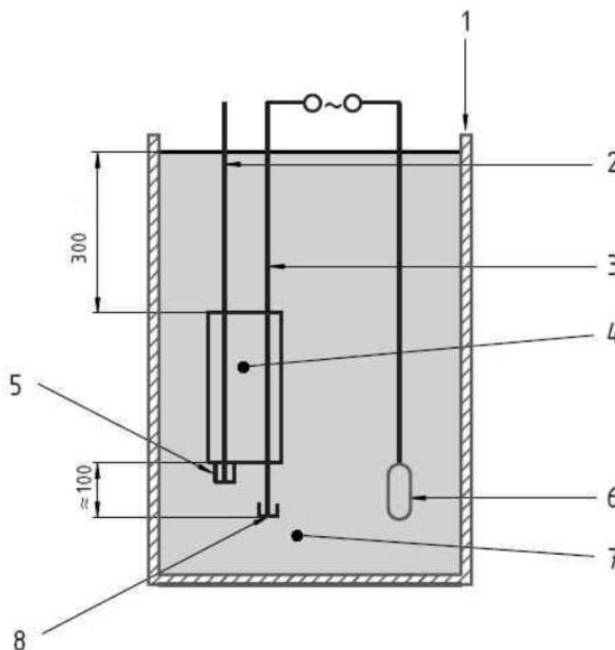


Рисунок 3 – Діелектричні випробування проколюючих затискачів

Розміри на рисунку подані у мм. У ємність 1 поміщують проколюючий затискач 4, що з'єднує ізольований провід відпайки 2 та ізольований провід головної ділянки 3 мають на кінцях водонепроникні

ізолювальні ковпачки 5 та 8, ємність заповнена водою 7, до якої електродам 6 підводиться напруга [3]. Затискач перебуває у воді 30 хв, перш ніж буде подана напруга у 4 кВ на протязі 60 с.

Затискачі проколюючого і пресованого типу мають наступні типові випробування: на механічну міцність проводу при встановленому на ньому затискачі; на зсув проводу відгалуження; на надійність механічного та електричного з'єднання випробування зривної головки проколюючого затискача; монтажу при низьких температурах; електричне старіння під дією робочих струмів та струмів КЗ; діелектричні випробування напругою у воді або повітрі, після чого контролюється струм витоку [4]. Затискачі натяжного та підтримуючого типів вимагають випробувань на розтягування та проковзування у різних температурних режимах, на механічну та електричну міцність. Як і проводи СПП, арматура для них піддається також атмосферним випробуванням, які додатково ускладнюються наявністю соляного туману або наявністю двоокису сірки в камері випробування.

Висновки. Оцінка терміну експлуатації СПП є непростю задачею і вимагає спеціального устаткування. Треба відмітити, що деякі чинники залишаються неврахованими. Так, добре відомо, що лінії СПП є дуже чутливими до грозових перенапруг і від них досить часто виникають пошкодження лінії. Але наведений аналіз дає змогу наближено розрахувати, скільки прослужить лінія і дати більш точну відповідь на питання, чи буде вигідною заміна звичайних проводів на СПП.

Список літератури

1. Щерба А.А., Перетятко Ю.В., Золотарев В.В. Самонесущие изолированные и высоковольтные защищенные провода. – К. : ИЭД НАНУ, 2008.
2. Nowbakht A., Ahrarinouiri M., Mansourisaba M. Presenting new method to estimate the remaining life of aerial bundled cable network // Int.Conf., June 2015 on Electricity distribution. – Lyon. – P.112 – 118
3. prEN 50483-2. Test requirements for Low Voltage Aerial Bundled Cable Accessories. Tension and suspension clamps for self supporting system/ CENELEC. –2005. –26 p
4. Дрёмов В.В., Блинов И.В. Соединительные прессуемые зажимы Sicame для самонесущих изолированных проводов: характеристики, монтаж и методы испытаний// Электрические сети и системы. –2010. -№ 2. –С. 10 –14.

N. Buslova, B. Kniaziev

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

INSULATION CONDITION OF AERIAL BUNDLED CABLES ESTIMATION WHILE THEIR PRODUCING AND OPERATION

The article deals with factors that affect on lifetime shortening of line with aerial bundled cables. The methods of diagnostics of insulation and cable accessories were considered.

The objective of work is to reveal parameters which can be used to estimate approximately the lifetime of lines with aerial bundled cables.

Results: presented the formula for estimation of lifetime and examples of calculation by this formula.

Conclusions: evaluation of lifetime line with aerial bundled cables is a difficult task that requires special tests for wire insulation.

Keywords: line with aerial bundled cables, insulation, electrical breakdown, dielectric strength, accessory, testing.

References

1. Sherba A.A., Peretiatko Y.V., Zolotarev V.V. Aerial bundled and highvoltage insulated cables. – К. : IED NAS of Ukraine, 2008.
2. Nowbakht A., Ahrarinouiri M., Mansourisaba M. Presenting new method to estimate the remaining life of aerial bundled cable network // Int.Conf., June 2015 on Electricity distribution. – Lyon. – P.112 – 118
3. prEN 50483-2. Test requirements for Low Voltage Aerial Bundled Cable Accessories. Tension and suspension clamps for self supporting system/ CENELEC. –2005. –26 p
4. Dremov V.V., Blinov E.V. Connecting mouldable Sicame clamps for aerial bundled cables: characteristics, installation and testing methods// Electrical networks and systems. –2010. -№ 2. –P. 10 –14.

УДК 621.315

Н.В. Буслова, канд.техн.наук, доцент; Б.О. Князев, магистрант

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ ПРИ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье рассмотрены факторы, которые влияют на сокращение срока эксплуатации линии с самонесущими изолированными проводами. Проанализированы методы диагностики состояния изоляции и арматуры провода.

Цель исследования: выявить параметры, по которым можно оценить приблизительно срок эксплуатации линий с самонесущими изолированными проводами

Методика реализации: использование данных испытательных тестов для получения значений параметров, по которым далее рассчитывается срок эксплуатации.

Результаты исследований: представлена формула для расчета времени эксплуатации, приведены примеры расчета по этой формуле.

Выводы: оценка срока эксплуатации линии с самонесущими изолированными проводами является непростой задачей, которая требует проведения специальных испытаний для изоляции провода

Ключевые слова: линия с самонесущими изолированными проводами, изоляция, электрический пробой, электрическая прочность, арматура, испытания.

Надійшла 15.02.2016

Received 15.02.2016