2. Mousazadeh H., Keyhani A., Javadi A., Mobli H., Abrinia K., Sharifi A. A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009. Vol. 13, No. 8. P. 1800–1818.

Abstract. *This paper investigates the impact of a solar tracker on the energy balance of an autonomous photovoltaic power plant. It examines the specifics of photovoltaic module orientation and its influence on solar irradiance levels, electricity generation, and battery charging modes. A comparison is made between the operation of a photovoltaic plant with stationary module placement and one utilizing a solar tracker. It is demonstrated that maximizing solar energy utilization improves the energy balance and creates opportunities for optimizing the autonomous system's operation.*

Keywords: *solar tracker, photovoltaic modules, solar energy, energy balance, optimization, electricity generation.*

Науковий керівник:

Мардзявко В.А.

асистент

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 621.3

ДІАГНОСТИКА ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТАРІННЯ СПЕ-ІЗОЛЯЦІЇ СИЛОВИХ КАБЕЛІВ

Євгеній ЯКОВЛЄВ

Здобувач вищої освіти спеціальності 141 електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *Розглянуто основні математичні залежності, що використовуються для ознайомлення з діагностуванням старіння ізоляції силових кабелів із зшитого поліетилену (СПЕ). Наведено формули для оцінювання температурного та електричного впливу, накопичення пошкоджень ізоляції та прогнозування її залишкового ресурсу. Показано*

практичне призначення основних залежностей для оцінювання технічного стану кабелю.

Ключові слова: *силовий кабель, старіння ізоляції, діагностування, температурний вплив, електричне старіння, накопичення пошкоджень, залишковий ресурс.*

Вступ. Надійність силових кабельних ліній значною мірою визначається технічним станом ізоляції із зшитого поліетилену (СПЕ), яка в процесі експлуатації піддається впливу температури, електричного поля, вологи, механічних та інших факторів [1]. Тому перспективним напрямом є комплексна діагностика, що дозволяє не лише виявити дефекти ізоляції, а й встановити основні механізми її старіння та оцінити залишковий ресурс кабелю.

Основу діагностичного підходу становить контроль експлуатаційних параметрів кабелю - температури, струму та напруги, а також неруйнівне дослідження його ізоляції. До основних методів належать вимірювання часткових розрядів, тангенса кута діелектричних втрат tgδ, характеристик поляризації та деполяризації.

Аналіз часткових розрядів дає можливість виявляти внутрішні неоднорідності, мікропори, включення та тріщини, розвиток яких може призводити до формування дендритних структур і подальшого електричного пробою.

Метою роботи є ознайомлення з математичними методами діагностування старіння ізоляції силових кабелів із СПЕ та підходами до оцінювання їхнього залишкового ресурсу на основі параметрів деградації ізоляції**.**

Результати дослідження. Для оцінювання теплового механізму старіння враховується залежність швидкості деструктивних процесів від температури, яка описується законом Арреніуса [2]:

$$K(T) = K_0 \exp\left(-\frac{W_a}{kT}\right), \qquad (1)$$

Електрична складова старіння пов'язується з напруженістю електричного поля та розвитком часткових розрядів. Сукупний вплив температури й електричного поля може бути врахований у швидкості деградації ізоляції:

$$v(t) = c \cdot B \cdot E^n \cdot K_0 \exp\left(-\frac{W_a}{kT}\right) \cdot N(t), \quad (2)$$

де T - температура ізоляції, E - напруженість електричного поля, B, n - параметри електричної складової, K_0, W_a - параметри термічної деструкції, c - коефіцієнт сумісної дії факторів.

У загальному випадку ступінь деградації ізоляції визначається накопиченням пошкоджень у часі:

$$N(t) = N_0 - \int_0^t v(\tau) d\tau, \quad (3)$$

що дає можливість перейти від результатів діагностичних вимірювань до кількісного оцінювання стану ізоляції. Подальше прогнозування здійснюється за екстраполяційною залежністю зміни параметра деградації, а залишковий ресурс визначається як різниця між прогнозованим строком служби та фактичним часом експлуатації:

$$\tau_{ост} = \tau_{сл} - \tau_{експ}, \quad (4)$$

Таким чином, запропонований підхід передбачає послідовне поєднання ідентифікації механізму старіння та математичного прогнозування ресурсу. Аналіз температурних режимів дозволяє оцінити термічну складову деградації, характеристики часткових розрядів - електричну, а зміна tgδ - структурні зміни діелектрика. Комплексне врахування цих показників створює основу для переходу від періодичного контролю технічного стану кабелю до прогнозування його залишкового ресурсу та своєчасного визначення необхідності діагностики або заміни ізоляції.

Висновок. Комплексна діагностика силових кабелів із СПЕ-ізоляцією дає змогу визначити основні механізми її старіння за температурними режимами, рівнем часткових розрядів і зміною tgδ. Поєднання результатів діагностування з

математичною моделлю накопичення пошкоджень дозволяє оцінити ступінь деградації ізоляції та прогнозувати її залишковий ресурс. Такий підхід сприяє своєчасному виявленню небезпечного стану кабелю та обґрунтованому визначенню необхідності його подальшої експлуатації або заміни.

Список використаних джерел

1. IEC 60270:2025. High-voltage test techniques – Partial discharge measurements. Geneva : International Electrotechnical Commission, 2025.

2. IEEE Std 400.2-2024. IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF) (less than 1 Hz). New York : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2024.

Abstract. *The paper examines the key mathematical relationships used to assess the aging of cross-linked polyethylene (XLPE) power cable insulation. Formulas are presented for evaluating thermal and electrical effects, the accumulation of insulation damage, and the prediction of remaining service life. The practical application of these relationships for assessing the technical condition of the cable is demonstrated.*

Keywords: *power cable, insulation aging, diagnostics, thermal effect, electrical aging, damage accumulation, remaining service life.*

Науковий керівник:

Руденко А.Ю.

асистент

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 621.311.243:631.371

ГІБРИДНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З СИСТЕМАМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ЯК ЗАСІБ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Роман СТРЕЛЬЦОВ, Олег СЛОБОДЕНЮК

Здобувачі вищої освіти спеціальності G3 «Електрична інженерія»

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна