

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ

І. В. Бойко, О. Г. Кессаєв

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Надійність систем електропостачання значною мірою визначається технічним станом високовольтних кабельних ліній. Одним з основних чинників деградації поліетиленової ізоляції є розвиток часткових розрядів (ЧР), які з часом призводять до часткової. Сучасні системи діагностики дозволяють виявляти наявність ЧР, однак обмежуються лише констатацією факту дефекту. Це не забезпечує можливості своєчасного планування ремонтів та модернізацій. Тому актуальним є завдання прогнозування технічного стану кабельних ліній за параметрами ЧР [1], [3].

Метою роботи є розробка методики прогнозування залишкового ресурсу кабельних ліній на основі комплексного аналізу параметрів часткових розрядів.

Для прогнозування технічного стану ізоляції кабельних ліній здійснювався збір параметрів ЧР у процесі випробувань та моніторингу (рис. 1).

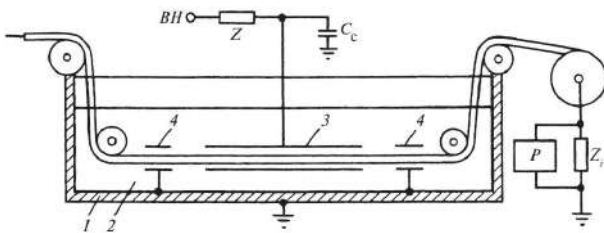


Рис. 1 - Схема вимірювання ЧР у кабелі:

1 – металева ванна, 2 – вода (очищена від іонів за допомогою іонообмінних смол); 3 – електрод (з підведеною високою напругою), 4 – заземлені електроди

Жилу кабелю під'єднано до заземлення через вимірювальний опір Z_i . Через високу діелектричну проникність води практично вся прикладена напруга припадає на кабельну ізоляцію. Оскільки між ізоляцією та електродом 3 відсутні газові включення, часткові розряди можуть виникати лише всередині кабелю. Протягування відрізка кабелю будівельної довжини крізь таку ванну дає змогу визначити місце появи ЧР.

Основними параметрами, що враховувалися, були: амплітуда, заряд імпульсу, частота повторення імпульсів, напруга початку (PDIV) та напруга затування (PDEV) ЧР [1], [4].

Видимий заряд імпульсу визначався інтегруванням струму:

$$q = \int i(t) \cdot dt, \quad (1)$$

де: q – заряд імпульсу, Кл; $i(t)$ – миттєве значення струму ЧР, А.

На основі цих параметрів будувалися трендові характеристики та статистичні залежності, що відображають динаміку старіння ізоляції. Для прикладу, залежність між середнім рівнем заряду ЧР та ймовірністю відмови може бути апроксимована експоненційною функцією:

$$P_f(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot q(t)}, \quad (2)$$

де: $P_f(t)$ – ймовірність відмови ізоляції у момент часу t ; λ – коефіцієнт, що залежить від типу дефекту та умов експлуатації [2], [5].

Таблиця 1 – Порівняння традиційної діагностики та прогнозного підходу

Критерій	Традиційна діагностика	Прогнозування за ЧР
Виявлення дефектів	Так	Так
Локалізація пошкоджень	Частково	Так
Оцінка ризику відмови	Обмежена	Розширена
Планування ремонтів	Реактивне	Превентивне
Прогноз залишкового ресурсу	Немає	Є

Дослідження показали, що тренд-аналіз заряду ЧР та частоти їх появи дозволяє виявити ранні стадії деградації ізоляції, що є недоступним для традиційних методів [2], [3]. Встановлено, що використання комплексного підходу з урахуванням PDIV/PDEV дає можливість розраховувати прогнозований строк досягнення критичних рівнів ЧР, а також визначити залишковий ресурс кабельної лінії.

Прогнозування технічного стану кабельних ліній за параметрами часткових розрядів є перспективним напрямом розвитку діагностичних технологій. Запропонована методика дозволяє перейти від реактивного до превентивного технічного обслуговування, знизити ризик аварійних відмов і підвищити ефективність експлуатації енергетичних мереж.

Список літератури

- [1] ДСТУ EN 60270:2016 Методи високовольтних випробувань. Вимірювання часткових розрядів (EN 60270:2001/A1:2016, IDT; IEC 60270:2000/A1:2015, IDT). Зміна № 1:2022
- [2] Кессаєв О. Г. Водяні триєтри в силових кабелях при дії сильного електричного поля та техніка їх виявлення [Електронний ресурс] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.09.13 / Олександр Геннадійович Кессаєв ; [наук. керівник Безпробанних Г. В.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2017. – 22 с. – Бібліогр.: с. 16-18. – укр
- [3] Ray Bartnikas. Partial discharges. Their mechanism, detection and measurement / Ray Bartnikas. IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation 9.5 (2002), pp. 763–808.
- [4] IEC 60060-2:2010 High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems. – Geneva: IEC, 2010.
- [5] IEEE Std 400.3-2006: IEEE Guide for Partial Discharge Testing of Shielded Power Cable Systems. – IEEE Standards, 2006.