

УДК 631.312

ДІАГНОСТИКА НЕОДНОРІДНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛІВ МЕТОДОМ ПОВЕРНЕНОЇ НАПРУГИ

І. Б. Боднар, В. І. Михайлів, Б. Л. Грабчук

*Івано-франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, muhajlivvi@ukr.net*

Перспективними методами контролю за технічним станом електричної ізоляції кабелів є неруйнівні методи, що базуються на використанні явищ абсорбції в ізоляції, зацікавлення до яких зросло з появою кабелів з полімерною ізоляцією. До таких методів відносяться: метод вимірювання струму релаксації при зарядженні кабелів, метод вимірювання і аналізу поверненої (відновленої) напруги, метод вимірювання діелектричних характеристик ізоляції та інші.

Для підвищення ефективності діагностики технічного стану робочої ізоляції високовольтних кабелів необхідно проаналізувати електромагнітні процеси, що протікають в ній при проведенні відповідних видів контрольних вимірювань, з метою виявлення функціональних або кореляційних залежностей між ступенем старіння ізоляції, її електричною міцністю і параметрами, що реєструються в процесі діагностики. Процеси старіння можуть призводити до того, що однорідна в початковому стані ізоляція стає неоднорідною – її електричні властивості змінюються по об'єму, тобто є функціями просторових координат, що необхідно враховувати аналізуючи електромагнітні процеси.

Для аналізу перехідних електромагнітних процесів, що протікають в неоднорідній ізоляції при її діагностиці методами вимірювання струму релаксації та поверненої напруги, розглянуто коаксіальний кабель довжиною l з радіусами внутрішнього r_1 та зовнішнього r_2 електродів, відносно діелектричною проникністю ε і питомою електричною провідністю γ , які є функціями радіуса r : $\varepsilon(r)$ і $\gamma(r)$. Тоді геометрична ємність

$$C = \frac{l}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{dC(r)}} = \frac{2\pi l \varepsilon_0 \varepsilon_e}{v},$$

а опір ізоляції струмам витоку $R = \int_{r_1}^{r_2} dR(r) = \frac{v}{2\pi \gamma_e}$, де $v = \ln \frac{r_2}{r_1}$ – конструктивна

стала, $\varepsilon_e = \frac{v}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{\varepsilon(r)r}}$ – еквівалентна відносна діелектрична проникність ізоляції,

$\gamma_e = \frac{v}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{\gamma(r)r}}$ – еквівалентна питома електрична провідність ізоляції кабелю.

Розрахунок перехідного процесу при ввімкненні кабелю до джерела постійної напруги U_0 призводить до наступних залежностей модуля вектора

напруженості електричного поля в ізоляції кабелю від радіуса r в початковий момент часу $E_0(r)$ і після закінчення $E_\infty(r)$ перехідного процесу:

$$E_0(r) = \frac{U_0 \cdot \varepsilon_e}{r \cdot v \cdot \varepsilon(r)}, \quad E_\infty(r) = \frac{U_0 \cdot \gamma_e}{r \cdot v \cdot \gamma(r)},$$

що дозволяє визначити часову залежність струму релаксації $i_p(t)$:

$$i_p = \frac{2\pi U_0}{v^2} \int_{r_1}^{r_2} \frac{(\varepsilon_e \gamma(r) - \gamma_e \varepsilon(r))^2}{\varepsilon^2(r) \gamma(r) r} dr,$$

а також вирази для абсорбційної ємності C_a та абсорбційного опору R_a , на підставі чого визначається коефіцієнт неоднорідності ізоляції

$$k = \frac{RC_a}{R_a C},$$

за яким можна оцінити якість, ступінь старіння ізоляції, її залишковий ресурс.

В процесі експлуатації кабелю його абсорбційний опір і опір ізоляції струмам витокую знижуються, абсорбційна ємність зростає, а геометрична ємність не змінюється.

Отримано вираз для поверненої напруги $u_n(t)$

$$u_n(t) = - \int_{r_1}^{r_2} \Delta E(r) e^{-\frac{t}{\tau(r)}} dr,$$

де $\tau(r) = \varepsilon_0 \frac{\varepsilon(r)}{\gamma(r)}$ – постійна часу розрядження елементарних ємностей через відповідні їм елементарні провідності, $\Delta E(r)$ – різниця напруженості електричного поля на початку і в кінці перехідного процесу.

Інформативними параметрами, що характеризують якість ізоляції є: максимальне значення поверненої напруги або коефіцієнт поляризації

$k_{пол} = \frac{U_{nmax}}{U_0} \times 100\%$, час досягнення максимуму поверненої напруги, початкова

швидкість наростання та стала часу спадання поверненої напруги.

Таким чином радіальна напруженість електричного поля в неоднорідній ізоляції високовольтного кабелю відмінна від тієї, яка була б за її однорідності.

Аналіз отриманих результатів показує, що збільшення неоднорідності електроізоляційного матеріалу високовольтного кабелю приводить до зростання початкового значення струму абсорбції та зменшення постійної часу його спадання, повернена напруга при цьому характеризується збільшенням свого максимального значення та початкової швидкості її наростання і зменшенням часу досягнення нею максимуму.

Літературні джерела

1 Розіскулов С.С., Грабчук Б.Л., Михайлів В.І. Неруйнівні методи діагностування ізоляції кабелів // Матеріали міжнародної проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління». Поступ в науку. – Бучач, 2011, №7. – С. 441-446.