

УДК 621.317.15

Б.Л. Грабчук, канд. техн. наук., доц. **В.І. Михайлів**, канд. техн. наук., доц.,
І.Б. Боднар

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В НЕОДНОРІДНІЙ ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛІВ

V.L.Grabchuk, Ph.D., Assoc., Prof., V.I. Mykhailiv, Ph.D. Assoc. Prof., I.B. Bodnar
**THE ANALYSIS OF ELECTRO-MAGNETIC PROCESSES IN HETEROGENEOUS
ISOLATION OF HIGH-VOLTAGE CABLES**

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, відносною 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

$$R = \int_{r_1}^{r_2} dR(r) = \frac{v}{2\pi l \gamma_e}$$

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

провідність ізоляції кабелю.

Отримано залежності модуля вектора напруженості електричного поля в неоднорідній ізоляції кабелю від радіуса r в початковий момент часу $E_0(r)$ і після закінчення $E_\infty(r)$ перехідного процесу при ввімкненні кабелю до джерела постійної напруги U_0 :

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

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

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

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 чисельно оцінити якість і ступінь старіння ізоляції та її залишковий ресурс.

В процесі експлуатації кабеля його абсорбційний опір і опір ізоляції струмам витоку 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 $\tau(r) = \varepsilon_0 \frac{\varepsilon(r)}{\gamma(r)}$ – стала 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

$$k_{пол} = \frac{U_{n\max}}{U_0} \times 100\%,$$

час досягнення максимуму поверненої напруги, початкова швидкість наростання та стала часу спадання поверненої напруги.

Таким чином радіальна напруженість електричного поля в неоднорідній ізоляції високовольтного кабеля відрізняється від тієї, яка була б у випадку її однорідності.

Збільшення неоднорідності електроізоляційного матеріалу високовольтного кабелю призводить до зростання початкового значення струму абсорбції та зменшення сталої часу його спадання, повернена напруга при цьому характеризується збільшенням свого максимального значення та початкової швидкості її наростання і зменшенням часу досягнення нею максимуму.

Література

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.