

## РОЗРАХУНОК КРИТИЧНОГО СТРУМУ ВИТОКУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СЕКТОРНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІЗОЛЯТОРІВ

Внаслідок забруднення і зволоження відповідна частина поверхні ізолятора (сектор) стає електропровідною, створюючи електричну ємність до струмопровідної шини  $C_1$  та заземлених частин  $C_2$ ; тому струм витоку через забруднений сектор змінюється у функції по вздовжній координаті  $x$  внаслідок наявності струмів зміщення через повітря та тіло ізолятора.

З метою кількісного дослідження параметрів струму витоку в кінці ізолятора необхідно врахувати залежність активного опору  $r_0$ , яким моделюється ступінь забруднення, та ємностей  $C_1$ ,  $C_2$  від координати  $x$ . Враховуючи складність аналітичного визначення погонних параметрів  $r_0 = f(x)$ ,  $C_1 = f(x)$  і  $C_2 = f(x)$ , вказані функції знайдено експериментально [1]. Залежність погонної ємності від координати  $x$  та відносної площі провідного сектору  $S$  може бути описана емпіричним поліномом другого ступеня.

Для контролю величини сектору забруднення  $S$  нами вирішено обернену задачу – отримано залежність  $S$  від складових комплексного струму витоку, вимірених в кінці ізолятора. Для цього виконано множинний нелінійний регресійний аналіз результатів математичного моделювання [2] з урахуванням нерівномірності розподілення погонних параметрів; отримане рівняння регресії має вигляд:

$$S = -3,4372 \cdot 10^{-3} \cdot I_a + 0,27073 \cdot I_p + 6,4502 \cdot 10^{-6} \cdot I_a^2 - 1,3651 \cdot 10^{-2} \cdot I_p^2, \quad (1)$$

де  $I_a$  і  $I_p$  – відповідно активна і реактивна складова поверхневого струму витоку в кінці ізолятора.

Відоме  $S$  дозволить здійснювати відповідне коригування критичного (гранично допустимого) струму витоку  $I_{кр}$ , оскільки одному й тому ж значенню  $I_{кр}$  можуть відповідати різні розрядні напруги, залежно від того, по якому сектору протікатиме струм.

Для вирішення прямої задачі – розрахунку  $I_{кр}$ , який і буде сигналом, необхідно знати залежність струму витоку від факторів оточуючого середовища.

Розглянемо спрощену, без дослідження перехідних процесів, модель [3] і отримаємо рівняння регресії для усталеного струму витоку при  $S = 1$ :

$$I_B = 1,5145 + 0,43925 \cdot \Delta t + 0,0082938 \cdot \Delta t^2 + 14,7041 \cdot \mu - 0,04723 \cdot W + \\ + 0,00033034 \cdot W^2 - 3,07494 \cdot \Delta t \cdot \mu - 0,0050654 \cdot \Delta t \cdot W, \quad (2)$$

де  $\Delta t = t_{із} - t_{пов}$  – різниця між температурою ізолятора та оточуючим повітрям, °С;  $\mu$  – поверхнева щільність еквівалентної кількості NaCl, мг/см<sup>2</sup>;  $W$  – відносна вологість, %.

Математична модель (2) є працездатною у межах:  $\Delta t = +1 \dots -2$ °С;  $\mu = (0,4 \dots 2) \cdot 10^{-2}$  мг/см<sup>2</sup>;  $W = 80 \dots 100$ %. Визначимо максимально допустиме значення  $\mu_{кр}$  при найбільш несприятливих факторах  $\Delta t = -2$ °,  $W = 100$ % та критичному струмі  $I_{кр} = 0,36$  мА [3]:  $\mu_{кр} = 0,466 \cdot 10^{-2}$  мг/см<sup>2</sup>. Після підстановки  $\mu_{кр}$ , в статистичну залежність поверхневого струму витоку від факторів оточуючого середовища та характеристик забруднюючого шару отримаємо рівняння для  $I_{кр}$ . У випадку секторного забруднення (при  $S < 1$ ) струм витоку протікатиме лише по

тій частині поверхні, яка відповідає сектору  $S$ . З урахуванням прямо пропорційної залежності  $I_{кр}$  від величини сектору забруднення та прикладеної напруги, запишемо рівняння перетворення у вигляді:

$$I_{кр} = \frac{U}{U_H} (1,58314 + 0,4249 \cdot \Delta t + 0,0082938 \Delta t^2 - 0,04723 \cdot W + 0,00033034 W^2 - 0,0050654 \Delta t \cdot W) \cdot S, \quad (3)$$

де  $S$  – визначається з (2) у в.о.,  $U$  – фактичне значення фазної напруги мережі;  $U_H$  – номінальне значення напруги.

Отже, отримане рівняння (3) дозволяє не тільки визначати критичний струм витоку  $I_{кр}$ , а й коригувати його відповідно до значень сектору забруднення, прикладеної напруги та факторів оточуючого середовища.

Для діагностування небезпечного рівня забруднення необхідно порівняти отриманий граничний  $I_{кр}$  з тим  $I_{вп}$ , який протікає у даний час. Можливі два випадки:

1)  $I_{кр} \leq I_{вп}$  рівень забруднення є критичним і необхідно терміново провести очищення ізоляції;

2)  $I_{кр} > I_{вп}$  запасу ізоляційної міцності достатньо і ізолятори можуть експлуатуватися без очищення й надалі.

## Література

1. Сіріков О.І. Діагностика стану забруднення високовольтних ізоляторів під напругою по струму витоку // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. – Вип. 12: Неруйнівний контроль та технічна діагностика матеріалів та конструкцій. – Львів: Фізико-механічний ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України. – 2007. – С. 273-279.

2. Серебренніков С. В., Сіріков О.І. Моделювання комплексного поверхневого струму витоку високовольтних ізоляторів з урахуванням нерівномірності забруднення поверхні // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2008. – №40. – С. 111-114.

3. Орлович А. Е. Повышение надежности работы сельских комплектных распределительных устройств напряжением 10 кВ.: Автореф. дис. канд. техн. наук. – М.: МИИСХП, 1987. – 19 с.