

В. О. Стороженко¹, А. Ю. Орлович², С. В. Серебренніков², О. І. Сіріков²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків

²Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ СПРАЦЮВАННЯ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ ЗАБРУДНЕННЯ ІЗОЛЯТОРІВ ПРИ ЗМІНІ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ

Забруднення і зволоження поверхні ізоляції призводить до погіршення її ізоляційних властивостей та перекриття. Кількість забруднення та його склад залежить від ряду факторів, зокрема і випадкових [1]. При нерівномірному забрудненні поверхні ізолятора одному і тому ж значенню струму витоку можуть відповідати різні його щільності й розрядні напруги.

Нами розроблено систему технічної діагностики ступеня забруднення високовольтних ізоляторів під робочою напругою за комплексним значенням поверхневого струму витоку, яка враховує вплив вологості і температури навколишнього повітря, температури ізолятора, відхилення напруги, а також нерівномірність (секторність) забруднення ізолятора [2]. Корекція впливу заважаючих факторів на результати контролю здійснюється шляхом відповідної зміни значення граничного рівня струму витоку.

Проведемо порівняльний аналіз роботи систем діагностики з корекцією впливу заважаючих факторів та базової (без корекції). При математичному моделюванні ступінь забруднення характеризувалась еквівалентною поверхневою щільністю іоноутворюючої речовини μ , секторність забруднення – відносною площиною S ; граничний рівень струму витоку визначимо з рівняння перетворення [2]; поточне значення поверхневого струму витоку обчислимо за рівнянням [3]. Результати математичного аналізу впливу перелічених факторів показані на рис. 1-4.

Фактор вологості повітря W . Як видно з графіків на рис.1, за некритичних забруднень (крива 3) струм витоку не перетинає граничних рівнів в усьому розглянутому діапазоні W як для запропонованої системи з корекцією впливу W (штрихова крива 4), так і для базового пристрою (крива 5). За критичних забруднень (криві 1, 2) у базового пристрою з'являються зони нечутливості (не спрацювання), що лежать нижче незмінного граничного рівня 0,36 мА [3] (горизонталь 5). Натомість, для запропонованої системи струм витоку завжди більший від граничного рівня.

Різниця температур Δt між ізолятором і повітрям. Аналіз роботи показує (рис. 2), що при некритичних забрудненнях (крива 3) струм витоку завжди менший за граничні рівні (4, 5). При небезпечних забрудненнях ізолятора базовий пристрій має зони не спрацювання, які лежать нижче прямої 5, тобто реєстрація небезпечного рівня забруднення відбуватиметься лише за певних кліматичних умов та із запізненням.

Величина сектору забруднення S впливає на поверхневий струм витоку прямопропорційно (рис. 3). Це пояснюється тим, що зростання площі струмопровідного забруднення на поверхні ізолятора при певній сталій щільності поверхневого струму витоку призведе до його пропорційного збільшення. Аналіз роботи базового пристрою показує, що існування вказаної

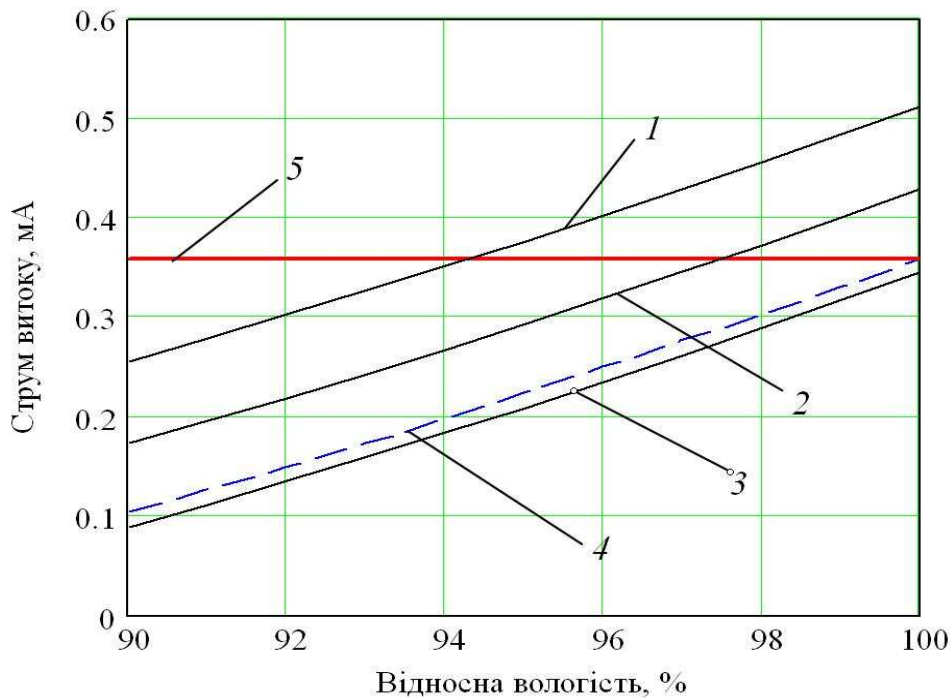


Рис. 1. Графіки залежності струму витoku I_B від відносної вологості W та граничних рівнів забруднення μ (при $S = 1, U = U_H, \Delta t = -2^\circ\text{C}$):
 1 – $I_B = f(W)$ при $\mu = 1,2 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 2 – при $\mu = 0,8 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 3 – при $\mu = 0,4 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 4, 5 – граничний рівень поверхневого струму відповідно для системи з корекцією впливу заважаючих факторів та для базового пристрою (без корекції).

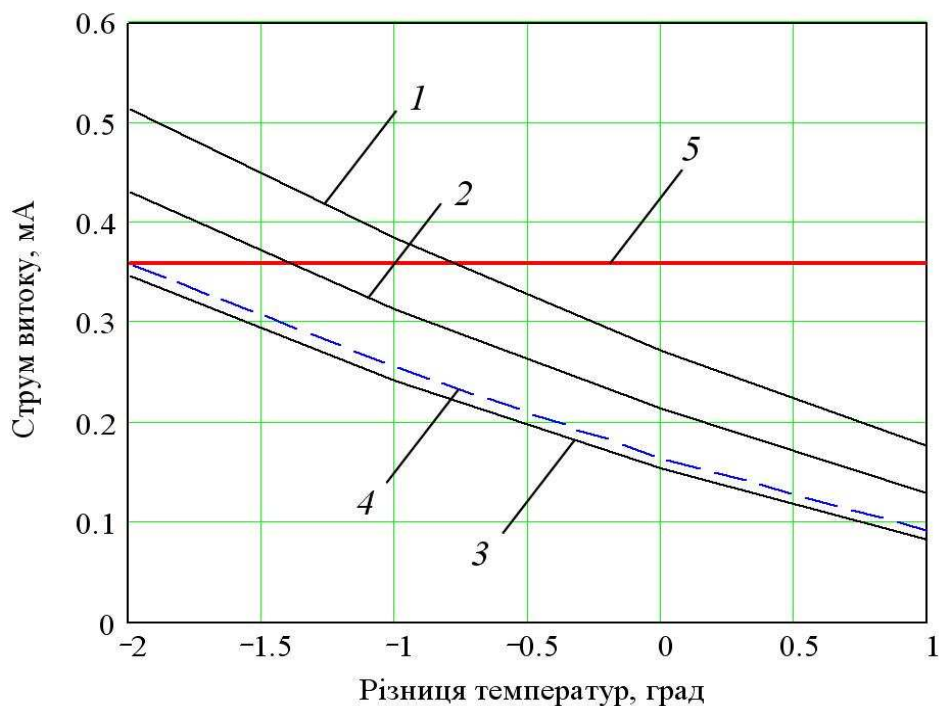


Рис. 2. Графіки залежності струму витoku I_B від різниці температур Δt між ізолятором та повітрям і граничних рівнів забруднення μ (при $S = 1, U = U_H, W = 100\%$):
 1 – $I_B = f(\Delta t)$ при $\mu = 1,2 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 2 – при $\mu = 0,8 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 3 – при $\mu = 0,4 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 4, 5 – граничний рівень поверхневого струму відповідно для системи з корекцією впливу заважаючих факторів та для базового пристрою.

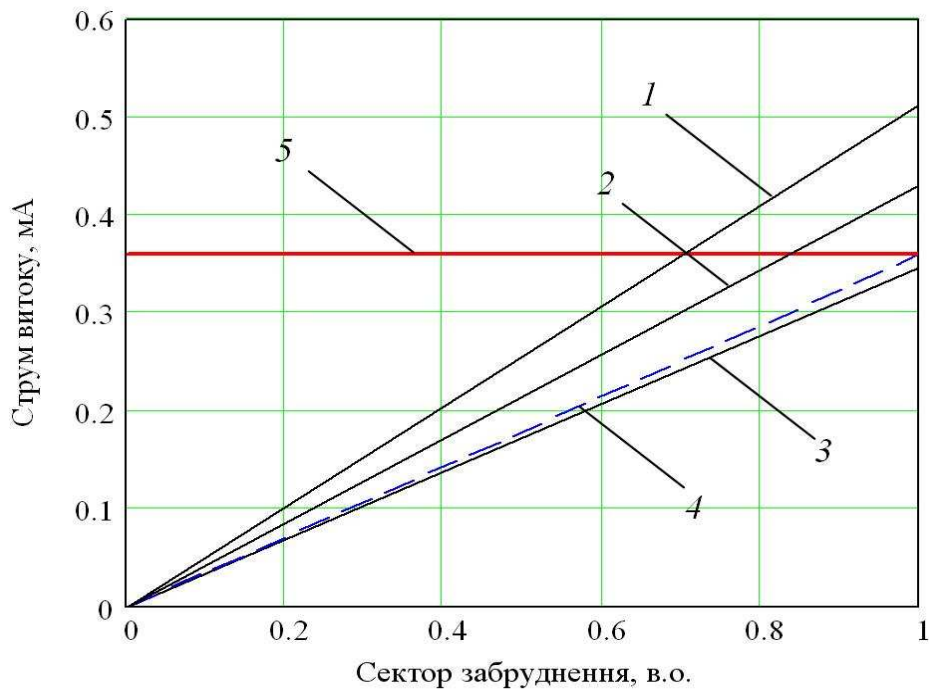


Рис. 3. Графіки залежності струму витіку від сектору забруднення S і граничних рівнів забруднення μ (при $\Delta t = -2^\circ\text{C}$, $U = U_H$, $W = 100\%$):
 $1 - I_B = f(S)$ при $\mu = 1,2 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 2 – при $\mu = 0,8 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 3 – при $\mu = 0,4 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 4, 5 – граничний рівень поверхневого струму відповідно для системи з корекцією впливу заважаючих факторів та для базового пристрою.

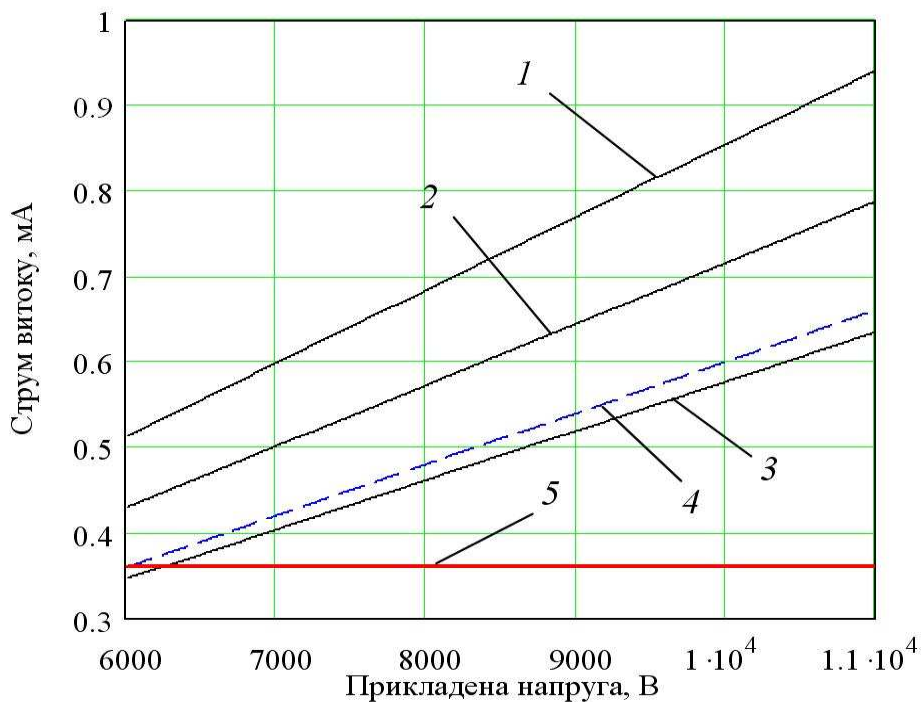


Рис. 4. Графіки залежності струму витіку від прикладеної до ізолятора напруги U та граничних рівнів забруднення μ (при $\Delta t = -2^\circ\text{C}$, $S = 1$, $W = 100\%$):
 $1 - I_B = f(U)$ при $\mu = 1,2 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 2 – при $\mu = 0,8 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 3 – при $\mu = 0,4 \cdot 10^{-2}$ мг/см²; 4, 5 – відповідно графіки залежності граничного рівня поверхневого струму системи з корекцією та базового пристрою.

залежності призводить до наявності зони не спрацювання при критичних забрудненнях (прямі 1, 2), які лежать нижче від прямої 5. Натомість, запропонована система визначає величину сектору забруднення і корегує граничний рівень струму витоку (пряма 4), що дозволяє їй коректно працювати в умовах перемінних секторних забруднень поверхні опорних ізоляторів.

Збільшення *прикладеної до ізолятора напруги* призводить до відповідного збільшення струму витоку (рис. 4). Розподільчі мережі напругою 10 кВ, що розглядаються, працюють з ізолюваною нейтраллю. У таких електричних мережах замкнення на землю призводить до підвищення прикладеної до ізолятора напруги від фазного значення до лінійного, тобто – з 6 до 10 кВ (ймовірність таких замкнень є досить високою). Аналіз роботи базового пристрою показує, що відсутність коригування граничного рівня струму пропорційно до прикладеної напруги призводить до хибного спрацювання при замкненнях на землю навіть за незначних та безпечних забруднень поверхні опорних ізоляторів. Врахування вказаної залежності в запропонованій системі діагностики дозволяє їй змінювати власний граничний рівень спрацювання (пряма 4). У цьому випадку збільшення струму витоку внаслідок підвищення прикладеної до ізолятора напруги не призводить до хибних спрацювань (пряма 3 пролягає нижче за пряму 4 граничного рівня поверхневого струму витоку).

Отже, аналіз впливу розглянутих факторів на граничне значення поверхневого струму витоку показує, що у вдосконаленій системі діагностики його відповідна зміна дозволяє коректно визначати ступінь забруднення при коливаннях відносної вологості повітря, різниці температур між ізолятором і повітрям, а також при секторному забрудненні і нестабільності прикладеної напруги.

Аналіз роботи базового пристрою діагностики ступеня забруднення свідчить, що він має як зони не спрацювання (при секторному характері забруднення, коливаннях вологості і різниці температур), так і зони хибного спрацювання (при підвищенні прикладеної напруги).

Література

1. Серебренников С.В., Сіріков О.І. Вибір інформативних параметрів для контролю забрудненості високовольтних ізоляторів // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. – Вип. 11: Електромагнітний, ультразвуковий та оптичний неруйнівний контроль матеріалів: Зб. наук. праць. – Львів: Фізико-механічний ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України. – 2006. – С. 224-229.
2. Орлович А.Е., Серебренников С.В., Сириков А.И. Автоматизированный электрический контроль состояния высоковольтных изоляторов под напряжением // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2011. – №1. – С. 48-53.
3. Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Серебренников С.В., Сіріков О.І. Визначення критичного струму витоку для контролю секторних забруднень високовольтних ізоляторів // Науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Вип. 40, ч. II. – Кіровоград: КНТУ. – 2010. – С. 210-214.