

**ЗАХОДИ ЗНИЖЕННЯ НАДЛИШКОВИХ ТЕХНІЧНИХ  
ВТРАТ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ РІЗНИХ КЛАСІВ НАПРУГ**

Орлович А. Ю., Котиш А. І., Співак О. В.

*Кіровоградський національний технічний університет*

*Проведено аналіз заходів зниження складової понаднормативних технологічних втрат електроенергії. Визначення параметрів впливу на струм витоку опорних ізоляторів.*

**Постановка проблеми.** У зв'язку з впровадженням ринкових відносин в електроенергетиці питання зниження технологічних втрат електроенергії в електричних мережах стало в один ряд із головними завданнями, направленними на забезпечення фінансової стабільності енергопостачальних компаній, а також на збереження паливно-енергетичних ресурсів в галузі.

Обсяг втрат електроенергії в електричних мережах – найважливіший показник економічності їхньої роботи, наочний індикатор стану системи обліку електроенергії, ефективності енергозбутової діяльності енергопостачальних організацій. Наднормативні втрати електроенергії в електричних мережах – це прямі фінансові збитки електромережових компаній. Цей індикатор чітко свідчить про проблеми, які вимагають невідкладних рішень у розвитку, реконструкції й технічному переозброєнні електричних мереж, удосконаленні методів і засобів їхньої експлуатації й керування, у підвищенні точності обліку електроенергії, ефективності збору коштів за спожиту електроенергію тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальні технологічні витрати електроенергії в електромережах в цілому по Мінпаливенерго України склали 33,6 млрд. кВт.год. або 21,4% від відпуску електроенергії в електромережу, що на 1,5% більше, ніж за попередній рік. Тільки для покриття зазначених обсягів технологічних витрат енергогенеруючими компаніями було додатково використано понад 12 млн. тонн умовного палива [1]. Основними причинами неефективності заходів по зниженню витрат електроенергії на її транспортування є: низький рівень спостережності в низьковольтних мережах; відсутність методів верифікації вихідної інформації; неточність методів розрахунку втрат електроенергії, зокрема технічних. Першочергові напрями зниження технічних втрат потребують капіталовкладень сьогодні на подальшу реалізацію цих заходів і отримання результату.

Необхідність точного розрахунку технічної складової втрат електроенергії також обумовлена тим, що комерційні втрати не можуть бути виміряні, а визначаються з балансу електроенергії, тобто точність їх визначення безпосередньо залежить від точності визначення технічних втрат.

Сумарні втрати складають 23,3 млн. кВт.год або близько 1% загального споживання енергії [2]. При звичайних значеннях технічних втрат від складових, що традиційно враховуються, близько 8-12%, додаткові втрати у розмірі 1% не можуть вважатися неістотними. До устаткування, втрати в якому фахівець з роз-

рахунків втрат електроенергії в мережах вважають незначними і не враховують в розрахунках, можна віднести: лінійну арматуру повітряних ліній, призначену для кріплення проводів, підтримуючі зажими (човники), гасителі вібрації (на лініях 110-220 кВ), дистанційні розпірки між проводами розщепленої фази (на лініях 330-750 кВ); ізолятори повітряних ліній, опорні ізолятори (втрати від струмів витоку); високочастотні загороджувачі (ВЗ) і пристрої приєднання ВЧ-зв'язку (УПВЧ); вентильні розрядники (ВР) і обмежувачі перенапруг (ОПН); вимірювальні трансформатори струму (ТС) і напруги (ТН); електричні лічильники 0,38 кВ безпосереднього включення (без ТН); кабельні лінії (у частині діелектричних втрат в ізоляції); струмообмежувальні реактори; сполучні проводи і збірні шини розподільних пристроїв підстанцій. Проблема технічних втрат не є вирішеною і вимагає більш точних розрахунків.

В нормальному експлуатаційному режимі по ізоляторі тече так званий "фоновий" струм витоку. За оцінками фахівців, тривалий фоновий струм в умовах зволоження ізоляторів коливається в діапазоні 0,5-5 мА. Річні питомі втрати електроенергії від струмів витоку по ізоляторах ПЛ коливаються в межах 0,16-0,51 тис. кВт.год/км для мереж напругою 6-10 кВ, та 0,55-1,68 кВт.год/км для мереж напругою 35-110 кВ.

Як зазначалося вище, частиною надлишкових втрат є втрати від струмів витоку через опорні ізолятор мереж 6-35 кВ. Є спроби кількісної оцінки цього критичного значення струму та можливості впливу на його величину [3].

Основною причиною виникнення струмів витоку через опорні ізолятори є її перекриття. Основним заходом по упередженню цього явища досі залишаються планові чистки ізоляції, через термін, визначений як правило інструкціями підприємств електричних мереж. В одних випадках планові чистки можуть бути передчасними, що призводить до надлишкових витрат трудових ресурсів та недовідпуску електроенергії споживачам, а в інших випадках перекриття ізоляції відбувається ще до зазначеного терміну, внаслідок її забруднення та зволоження [4].

**Мета статті.** Приділити увагу саме технічним втратам електроенергії в обладнанні мереж і підстанцій (струми витоку опорних ізоляторів).

**Основні матеріали дослідження.** У роботі [3] зазначено, що наслідок 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 зміню-

ється в функції повздожньої координати  $x$  внаслідок наявності струмів зміщення через повітря та тіло ізолятора. Автором проведена кількісна оцінка значення критичного струму витoku та можливості впливу на нього. При дослідженні параметрів струму витoku в кінці ізолятора враховано 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. Залежність погонної ємності від координати  $x$  та відносної площі провідного сектору  $S$  описана емпіричним поліномом другого ступеня. Для вирішення прямої задачі – розрахунку  $I_{кр}$ , який і є сигналом, отримано залежність струму витoku від факторів оточуючого середовища.

У випадку секторного забруднення (при  $S < 1$ ) струм витoku протікатиме лише по тій частині поверхні, яка відповідає сектору  $S$ . З урахуванням прямо пропорційної залежності  $I_{кр}$  від величини сектору забруднення та прикладеної напруги отримано рівняння перетворення у вигляді:

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

де  $S$  – визначається у в.о.(2),

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

$\Delta t = t_{із} - t_{пов}$  – різниця між температурою ізолятора та оточуючим повітрям, °C;  $\mu$  – поверхнева щільність еквівалентної кількості NaCl, мг/см<sup>2</sup>;  $W$  – відносна вологість, %;  $U$  – фактичне значення фазної напруги мережі;  $U_H$  – номінальне значення напруги.

Математична модель (2) є працездатною у межах:  $\Delta t = +1 \dots -2^\circ\text{C}$ ;  $\mu = (0,4 \dots 2) \cdot 10^{-2}$  мг/см<sup>2</sup>;  $W = 80 \dots 100\%$ . Визначено максимально допустиме значення  $\mu_{кр}$  при найбільш несприятливих факторах  $\Delta t = -2^\circ$ ,  $W = 100\%$  та критичному струмі  $I_{кр} = 0,36$  мА [4,5];  $\mu_{кр} = 0,466 \cdot 10^{-2}$  мг/см<sup>2</sup>.

**Висновки.** Струми витoku високовольтних ізоляторів є складовою частиною понаднормових витрат електроенергії, які слід враховувати в розрахунках понаднормових витрат електричних мереж. Проблема виникнення струмів витoku через перекриття високовольтних ізоляторів на теперішній час все одно залишається не вирішеною до кінця. Для проведення своєчасних ефективних заходів, що запобігають перекриттю ізоляції, необхідно здійснювати безперервний неруйнівний автоматичний контроль міри забрудненості ізоляторів. За параметр контролю таких пристроїв найбільш зручно використовувати струм витoku ізоляторів, що знаходяться під робочою напругою. Однозначно приймаємо, що для діагностування небезпечного рівня забруднення необхідно порівняти отриманий граничний  $I_{кр}$  з тим  $I_{вп}$ , який протікає у даний час: при:  $I_{кр} \leq I_{вп}$  рівень забруднення є критичним і необхідно терміново провести очищення ізоляції; або  $I_{кр} > I_{вп}$  і запасу ізоляційної міцності достатньо,

щоб ізолятори експлуатувалися без очищення й надалі.

#### Список використаних джерел

1. Андрійчук Ю. А. Стан справ з технологічними витратами електроенергії електричних мережах України. Організація роботи зі споживачами електроенергії. / Андрійчук Ю. А. [Електронний ресурс] : Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish>.

2. Котиш А. І. Аналіз заходів по зниженню надлишкових технічних втрат електроенергії в електричних мережах / А. І. Котиш, І. О. Переверзев – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 235-239 с. – (Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 19).

3. Визначення критичного струму витoku для контролю секторних забруднень високовольтних ізоляторів / [Орлович А. Ю., Плешков П. Г., С. В. Серебренников, О. І. Сіріков]. – Кіровоград: КНТУ, 2010 – С. 210-214. – (Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, Випуск 40, част. II).

4. Котиш А. І. Автоматизовані засоби технічної діагностики та електричного контролю за станом ізоляції в сільських електричних мережах: Автореф. дис. к-та техн. наук: 05.11.13 / А. І. Котиш. – Харків, 2001. – 17 с.

5. Орлович А. Е. Повышение надежности работы сельских комплектных распределительных устройств напряжением 10 кВ.: Автореф. дис. канд. техн. наук.: 05.09.03 / А. Е. Орлович. – 1987. - 19 с.

#### Аннотация

### МЕРОПРИЯТИЯ СНИЖЕНИЯ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РАЗНЫХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЙ

Орлович А. Е., Котыш А. И., Спивак О. В.

*Проведен анализ мероприятий снижения составляющей сверхнормативных технологических потерь электроэнергии. Определение параметров влияния на ток утечки опорных изоляторов.*

#### Abstract

### MEASURES OF DECLINE OF SO-CALLED SURPLUS TECHNICAL LOSSES ARE IN ELECTRIC NETWORKS OF DIFFERENT CLASSES OF TENSIONS

A. Orlovich, A. Kotysh, O. Spivak

*In the article the analysis of measures on the decline of losses of electric power in the electric networks of different classes of tensions is resulted. The special attention is spared to the so-called surplus losses, which are not taken into account at planning and exploitation.*