

ДОСЛІДЖЕННЯ ПУЛЬСУЮЧОЇ ПОТУЖНОСТІ, ЩО ВИНИКАЄ ПРИ ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАННЯХ НА ЗЕМЛЮ В МЕРЕЖАХ 6-10 кВ

К. т. н. Єгоров О. Б.,
к. т. н. Єгорова О. Ю.

Україна, м. Харків, Українська інженерно-педагогічна академія

Abstract. Processes are considered at monophasic short circuits on earth. Mathematical dependences of pulsating power are shown out on the values of currents of earth-fault in normal and emergency modes. It offers to use the value of pulsating power for creation of devices of the selective protecting from short circuits.

Keywords: monophasic short circuits, pulsating power, current of earth-fault, pulsating power, device of the selective protecting from short circuits.

Довгостроково невідключене однофазне замикання на землю (ОЗЗ) небезпечно, тому що воно, як правило, переходить у двофазне, або навіть у трифазне коротке замикання, тобто в більше важкі по наслідках аварійні ушкодження. Це приводить до невиправданих відключень ліній, до перерв в електропостачанні споживачів [1, 2].

Необхідно, щоб захист від ОЗЗ завжди спрацьовував селективно. Тоді розвиток ушкодження в розподільній мережі можна усунути шляхом швидкого відключення ушкодженого приєднання. Селективний захист від ОЗЗ сприяє підвищенню надійності й безпеки електропостачання.

У теперішній час для захисту від ОЗЗ розподільних мереж 6-10 кВ найбільше широко застосовується струмовий захист нульової послідовності. Цей захист характеризується простотою принципу дії. [1, 2]. Однак істотним недоліком струмового захисту від ОЗЗ є обмежена область успішного застосування. Цей захист не може працювати селективно в мережах, де значення струмів нульової послідовності неушкоджених ліній порівнянні зі значенням струму нульової послідовності ушкодженої лінії. Для нормальної роботи необхідно, щоб струм на ушкодженій лінії перевищував струми неушкоджених ліній в 3-5 разів і більше. Перебороти ці недоліки дозволить захист, який засновано на контролі пульсуючої потужності ліній.

Принцип роботи такого захисту заснований на тім, що за струмами трьох фаз ліній й фазних напруг відносно нейтралі трифазної системи обчислюється сумарна миттєва потужність трьох фаз ліній, а також її середнє значення. Потім шляхом відрахування від миттєвої потужності її середнього значення визначається змінна складова потужності (пульсуюча потужність), що використовується для цілей захисту.

Миттєва потужність трьох фаз ліній дорівнює

$$p(t) = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C \quad (1)$$

де - $u_A, i_A, u_B, i_B, u_C, i_C$ миттєві значення відповідно фазних напруг і струмів трьох фаз ліній;

$p(t)$ - змінна складова миттєвої потужності (пульсуюча потужність), що змінюється в часі з подвоєною частотою мережі.

Виникнення в мережі ОЗЗ обумовлює несиметрію всіх ліній мережі щодо землі, що викликає зміну миттєвої потужності лінії на величину збільшення змінної складової потужності

$$\Delta p(t) = p^{(1)}(t) - p(t) \quad (2)$$

де - $p(t), p^{(1)}(t)$ пульсуючі потужності лінії відповідно до ОЗЗ й у режимі ОЗЗ.

З використанням комплексів напруг і струмів миттєве значення пульсуючої потужності k -ї лінії розподільної мережі можна представити у вигляді

$$p_k(t) = -\frac{P_k e^{j2\omega t} + P_k' e^{-j2\omega t}}{2} \quad (3)$$

де - P_k, P_k' відповідно комплекс і сполучений комплекс пульсуючої потужності k -ї лінії мережі.

Комплекс пульсуючої потужності k -ї лінії розподільної мережі дорівнює

$$P_k = u_A i_{Ak} + u_B i_{Bk} + u_C i_{Ck} \quad (4)$$

де - u_A, u_B, u_C комплекси фазних напруг джерела живлення відносно нейтралі трифазної системи;

i_{Ak}, i_{Bk}, i_{Ck} комплекси лінійних струмів k -ї лінії.

У нормальному режимі роботи мережі (до ОЗЗ) струми будь-який k -ї лінії можна представити у вигляді суми двох складових

$$\begin{aligned} I_{Ak} &= I_{A(n)k} + I_{A(0)k} = I_{A(n)k} + Y_{Ak}(U_A - U_N) \\ I_{Bk} &= I_{B(n)k} + I_{B(0)k} = I_{B(n)k} + Y_{Bk}(U_B - U_N) \\ I_{Ck} &= I_{C(n)k} + I_{C(0)k} = I_{C(n)k} + Y_{Ck}(U_C - U_N) \end{aligned} \quad (5)$$

де - $I_{A(n)k}, I_{B(n)k}, I_{C(n)k}$ комплекси лінійних струмів навантаження k -ї лінії в нормальному режимі роботи мережі;

$I_{A(0)k}, I_{B(0)k}, I_{C(0)k}$ комплекси власних струмів на землю k -ї лінії в нормальному режимі роботи мережі;

Y_{Ak}, Y_{Bk}, Y_{Ck} повні провідності фаз k -ї лінії мережі на землю;

U_N комплекс напруги природного зсуву нейтралі мережі.

Виникнення в мережі ОЗЗ не змінює режим навантажень ліній. Однак у більше загальному випадку при замиканні фази на землю може відбутися незалежна зміна режиму навантажень ліній. Крім того, зміна фазних напруг мережі щодо землі, що обумовлене ОЗЗ, викличе зміну власних струмів ліній на землю.

З врахуванням (4), (5) для збільшень комплексів пульсуючої потужності ліній мережі, що обумовлені виникненням ОЗЗ, можна записати:

$$\begin{aligned} &1) \text{ для неушкодженої лінії} \\ \Delta P &= P^{(1)} - P = (U_A \Delta I_A + U_B \Delta I_B + U_C \Delta I_C) - (U_0 - U_N)(Y_A U_A + Y_B U_B + Y_C U_C) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} &2) \text{ для uszkodженої лінії} \\ \Delta P &= P^{(1)} - P = (U_A \Delta I_A + U_B \Delta I_B + U_C \Delta I_C) - (U_0 - U_N)(Y_A U_A + Y_B U_B + Y_C U_C) + \\ &+ U_A I_C^{(1)} \end{aligned} \quad (7)$$

де

$$\Delta I_A = I_{A(0)k} - I_{Ak}$$

$$\Delta I_B = I_{B(0)k} - I_{Bk} \text{ зміни комплексів струмів навантаження неушкодженої лінії при ОЗЗ у мережі;}$$

$$\Delta I_C = I_{C(0)k} - I_{Ck}$$

$$\Delta I_A = I_A^{(1)} - I_{Ak}$$

$$\Delta I_B = I_B^{(1)} - I_{Bk} \text{ зміни комплексів струмів навантаження uszkodженої лінії при ОЗЗ у мережі.}$$

$$\Delta I_C = I_C^{(1)} - I_{Ck}$$

Якщо режим навантажень ліній у мережі до й після ОЗЗ залишається незмінним, то згідно (6), основними причинами появи збільшення пульсуючої потужності при ОЗЗ у мережі для неушкодженої лінії є несиметрія фазних напруг джерела живлення й асиметрія власних провідностей лінії на землю. З (7) видно, що на ушкодженій лінії збільшення пульсуючої потужності обумовлено такими ж причинами, але головним чином воно залежить від загального для даної мережі струму ОЗЗ.

Таким чином, можна зробити висновок, що наявність у розподільних мережах 6-10 кВ звичайної асиметрії провідностей фаз ліній мережі на землю істотно не вплине на функціонування нового захисту. При виникненні ОЗЗ у мережі за величиною збільшень пульсуючих потужностей ліній можна однозначно визначити ушкоджену лінію. Цей фактор підтверджує можливість створення й застосування селективного захисту розподільних мереж від ОЗЗ, що заснований на контролі пульсуючої потужності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цапенко Е.Ф. Замыкания на землю в сетях 6-35 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Шалин А.П. Релейная защита от замыканий на землю в сетях с резистивным заземлением нейтрали // Электротехническое оборудование и комплексный подход к применению средств защиты от перенапряжений: сб. докл. сем. - Новосибирск, НГТУ, 2005.