

**О.В. Остапчук, канд. техн. наук**

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

## **ВПЛИВ АКТИВНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРИ КОМПЕНСАЦІЇ СТРУМУ ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ**

### **Вступ**

Сьогодні при експлуатації мереж з компенсацією ємнісних струмів навіть при резонансному настроюванні не завжди вдається досягти локалізації аварії. Така ситуація виникає при сильно вираженій активній складовій струму замикання на землю, тому в науковій літературі частіше стали з'являтися пропозиції щодо використання методів локалізації активної складової [1].

### **Аналіз останніх досягнень**

Серед запропонованих методів компенсації активної складової перспективними слід вважати методи, основані на принципі введення в мережу додаткової напруги. У нейтраль через дугогасний реактор або однофазний трансформатор уводиться додаткова напруга  $\underline{U}_D$ , що збігається з фазною напругою пошкодженої фази [2, 3] або випереджає її на певний кут [4]. Перевагою наведених способів є простота регулювання значення прикладеної напруги. До недоліків варто віднести вплив пристрою компенсації активної складової на настроювання дугогасного реактора й труднощі точного визначення величини додаткової напруги. Для усунення першого недоліку необхідно разом з регулюванням напруги, зсувати його на певний кут (змінювати одночасно фазу [4]), що стосується другого недоліку, то запропоновані методи [5] мають недоліки при впливі перехідного опору.

### **Формулювання цілей і постановка завдання**

Метою даної роботи є дослідження впливу розрахунку додаткової напруги при компенсації активної складової струму однофазного замикання на землю (ОЗЗ) працездатного при впливі перехідного опору.

### **Виклад основного матеріалу**

Як показує практика, при роботах, пов'язаних з компенсацією активної складової струму ОЗЗ, важливою умовою є вимір напруги нульової послідовності  $U_0$  – параметра, що дозволяє з достатньою точністю визначити напругу компенсації. Величина напруги нульової послідовності показує ступінь впливу перехідного опору

*Методика визначення напруги компенсації при ОЗЗ через перехідний опір наступна.*

Струм замикання через параметри нульової послідовності (компенсована нейтраль)

$$\underline{I}_3 = \underline{U}_0(Y_k + 3Y),$$

де  $\underline{U}_0$  – фазна напруга мережі;  $Y$  – провідність ізоляції відносно землі всієї електрично зв'язаної мережі;  $Y_k$  – провідність ДГР.

Виразивши провідності через опори ( $Y = \frac{1}{R} + j\omega C$ ;  $Y_K = \frac{1}{R_K} - j\frac{1}{\omega L_K}$ ) і звівши дійсні й мнимі частини, перейдемо до такого співвідношення:

$$\underline{I}_3 = \underline{U}_0 \left( \left( \frac{1}{R_K} + \frac{3}{R} \right) + j \left( 3\omega C - \frac{1}{\omega L_K} \right) \right),$$

де  $C$  й  $R$  – ємність та активний опір ізоляції відносно землі;  $R_K$  і  $L_K$  – активні опір і індуктивність ДГР.

Зведемо до загального знаменника вирази в дужках:

$$\underline{I}_3 = \underline{U}_0 \left( \left( \frac{3R_K + R}{R_K R} \right) + j \left( \frac{3\omega^2 C L_K - 1}{\omega L_K} \right) \right).$$

З отриманого виразу можна виділити активну й реактивну складові струму ОЗЗ:

$$\underline{I}_{3a} = \underline{U}_0 \frac{3R_K + R}{R_K R}; \quad \underline{I}_{3p} = \underline{U}_0 \left( \frac{3\omega^2 C L_K - 1}{\omega L_K} \right).$$

У наведених формулах величину напруги нульової послідовності можна визначити за допомогою обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в розімкнутий трикутник, з наступною передачею на пристрій обробки. Інші величини визначаються за допомогою відомого бі-частотного методу накладення сигналів непромислових частот. Дані визначаються в нормальному режимі роботи із заданого алгоритму.

На підставі даних, викладених в [6], для компенсованої нейтралі характерно таке розташування векторів струму й напруги при ОЗЗ як на рис.1. З наведеного розташування векторів можна зробити висновок, що кут між вектором напруги нульової послідовності й вектором струму в ДГР не залежить від режиму компенсації, перехідного опору в місці замикання, а визначається параметрами ДГР і дорівнює близько  $90^\circ$ . При цьому вектор струму в ДГР відстає від вектора напруги нульової послідовності. Кут  $j$  – це кут між напругою нульової послідовності при металевому замиканні й напругою нульової послідовності при замиканні через перехідний опір, а кут  $j'$  – це кут між струмом нульової послідовності й струмом компенсації для випадку  $a$ ; для випадку  $b$  – це кут між струмом нульової послідовності і ємнісним струмом мережі.

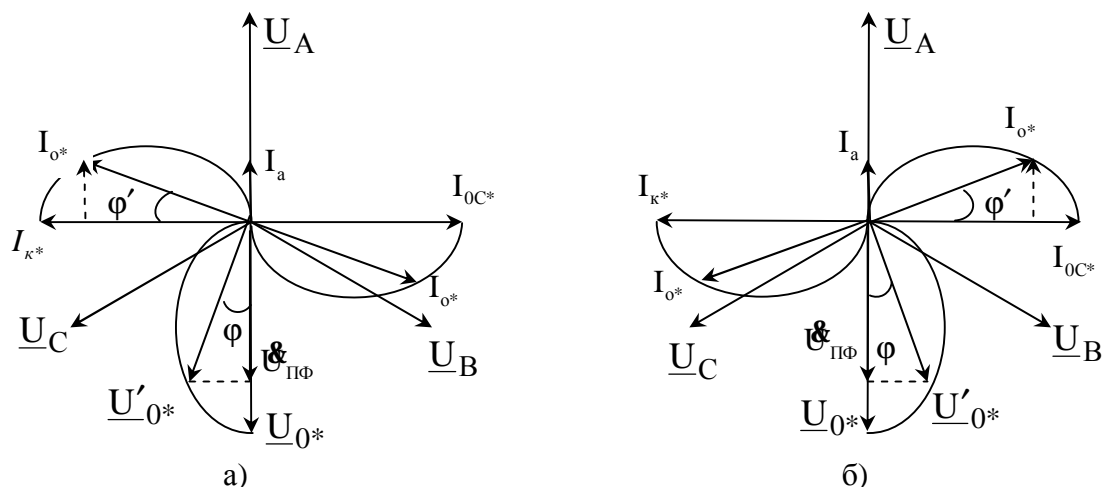


Рис. 1 Розташування векторів струму й напруги при ОЗЗ:

а – режим недокомпенсації; б – режим перекомпенсації,

де  $\underline{U}_C, \underline{U}_B, \underline{U}_A$  – фазні напруги мережі;  $\underline{U}_{0*}$  і  $I_{0*}$  – напруга й струм нульової послідовності мережі;  $\underline{U}'_{0*}$  – напруга нульової послідовності мережі при впливі перехідного опору;

$\underline{I}_{0C*}$  – ємнісної струм мережі;  $I_{k*}$  – струм компенсувального пристрою;

$I_a$  – активна складова струму замикання;  $\underline{U}_{ПФ}$  – напруга компенсації

Виразимо напругу  $\underline{U}_{ПФ}$  через  $\underline{U}'_{0*}$  і кут  $j$ .

$$\underline{U}_{ПФ} = \underline{U}'_{0*} \cos j .$$

Також з рисунка видно, що  $j = j'$ , тому:

$$\operatorname{tg} j = \frac{I_{за}}{I_{зр}} = \frac{wL_k(3R_k + R)}{R_k R(3w^2 CL_k - 1)} .$$

## Висновок

Розрахувавши за допомогою викладеного методу значення напруги, можна створити умови для ліквідації активної складової струму ОЗЗ. Напруга використовується з мережі, за допомогою пристрою вибору пошкодженої фази. Розглянутий алгоритм роботи методу компенсації може бути використаний при проектуванні нових пристроїв для локалізації струму однофазного замикання на землю.

## Список літератури

1. Обабков В.К., Обабкова Н.Е. Возможности создания быстродействующего линейного дугогасящего реактора для сетей 6-35кВ с компенсацией емкостных токов // Сб. докл. V международн. симпозиума “Электротехника–2010”. – 1999. – Т. 1 – С.108-113.
2. Ершов А.М., Петров О.А. Способы компенсации активной составляющей тока однофазного замыкания на землю.//Изв. вузов. Энергетика. – 1977. – № 3. – С.15 -19.

3. Петров О.А., Ершов А.М. Компенсация активной составляющей тока однофазного замыкания на землю в электрических сетях. // Изв. вузов. Энергетика. – 1975. – № 10. – С.52-59.
4. А.с. 559325 (СССР) Устройство для компенсации активной составляющей однофазного замыкания на землю / О.А. Петров, А.М. Ершов – Опубл. В БИ., 1977, Бюл. № 9.
5. Шкрабец Ф.П., Остапчук А.В. Система автоматической компенсации активной составляющей тока замыкания на землю. // Наук. вісн. НГУ. – 2004. – №3. – С.35-38.
6. Пивняк Г.Г., Шкрабец Ф.П. Несимметричные повреждения в электрических сетях карьеров: Справ. пособие. – М.: Недра, 1993. – 192 с.