

УДК 621.316.1.027

М.В. Романюк

Луцький національний технічний університет

## МЕТОД БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ОМІЧНОГО ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ВІДНОСНО ЗЕМЛІ

*Запропоновано метод безперервного контролю ізоляції омичних опорів полюсів мережі відносно землі, який ґрунтується на принципі накладання джерела змінного струму промислової частоти на розподільну мережу постійного струму.*

Ключові слова: *контроль ізоляції, двопровідна мережа постійного струму.*

**Вступ.** В електроенергетиці двопровідні мережі постійного струму використовуються в якості оперативних для живлення засобів релейного захисту, автоматики, апаратури дистанційного керування, аварійної та попереджувальної сигналізації, а також електропостачання особливо відповідальних механізмів власних потреб електричних станцій та підстанцій. В промисловості двопровідні мережі постійного струму широко застосовують для живлення приводу постійного струму високопродуктивних машин і механізмів. В процесі експлуатації промислових електричних мереж постійного струму крім пошкодження ізоляції полюсів відносно землі існує висока імовірність дотику людини до струмоведучої частини яка знаходиться під напругою.

Пошкодження ізоляції в двопровідних мережах постійного струму призводить до виникнення перенапруг, пожежі, вибуху, простою високопродуктивних машин і механізмів, враження людей електричним струмом, тому для забезпечення надійності, безпеки і ефективного використання споживачів за призначенням Правила влаштування електроустановок та технічної експлуатації [1] передбачають використання засобів безупинного та періодичного контролю технічного стану ізоляції полюсів мережі відносно землі та пристроїв захисного вимикання.

**Мета роботи.** Підвищити точність визначення омичного опору полюсів відносно землі шляхом спрощення алгоритму визначення омичного опору, зменшення впливу ємності ізоляції мережі на результати вимірювання і дублювання вимірювального експерименту.

**Результати дослідження.** Метод безперервного контролю ізоляції омичних опорів полюсів мережі відносно землі ґрунтується на відомому принципі накладання джерела змінного струму промислової частоти на РМПС, але з метою зменшення впливу ємності мережі на результати контролю передбачається автоматична компенсація ємнісної складової та вимірювання активної складової струму від стороннього джерела живлення всієї мережі [2] та окремих приєднань.

Функціональна схема пристрою безперервного контролю ізоляції зображена на рис.1. Змінний оперативний струм від обмотки  $W_1$  проміжного трансформатора ТЛ подається в РМПС 1 через фільтр приєднання 2 з ємністю  $C_\phi$ . Вимірювання ємності РМПС здійснюється з використанням LC генератора, який входить до складу пристрою вимірювання і компенсації ПВК. В ПВК є керований дросель, індуктивність якого  $L_k$  буде змінюватись залежно від ємності мережі.

Розрахункова схема процесу компенсації ємності мережі зображена на рис. 2.

Якщо знехтувати опором джерела живлення і активним опором компенсуючого пристрою порівняно з ізоляцією мережі, то комплекс струму від джерела живлення може бути визначена як:

$$\begin{aligned} \dot{I} = & \frac{\dot{U}}{R_{i3}} \left( \frac{4\omega^2 R_{i3}^2 C_\phi^2}{1 + 4\omega^2 R_{i3}^2 (C_\phi + C)^2} \right) + \\ & + j \left( \frac{2\omega C_\phi (1 + 2\omega^2 C (C_\phi + C) R_{i3}^2)}{1 + 4\omega^2 R_{i3}^2 (C_\phi + C)^2} - \frac{1}{\omega L_k} \right) \cdot \dot{U} \end{aligned} \quad (1)$$

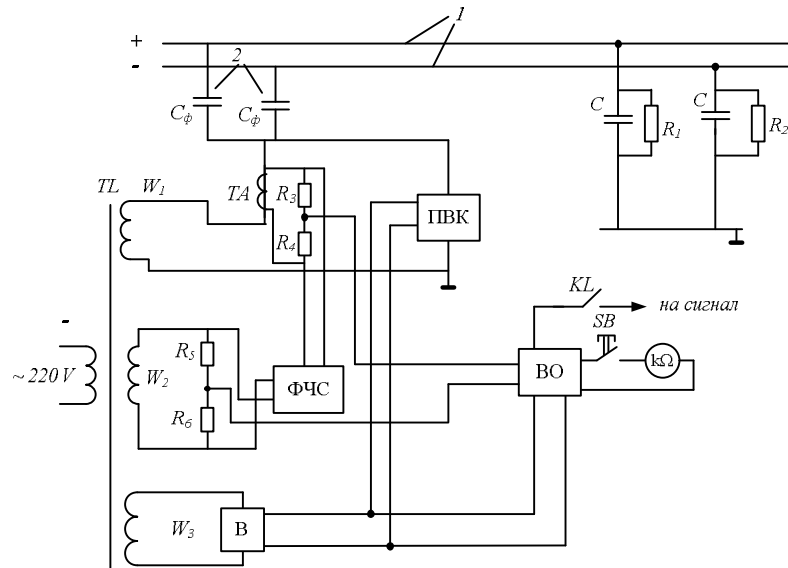


Рис. 1. Функціональна схема пристрою для безперервного контролю ізоляції РМПС

де  $R_{is} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$  – опір ізоляції мережі РМПС;  
 $R_1, R_2$  – активний опір ізоляції полюсів відносно землі;  
 $C, C_\phi$  – відповідно ємність полюса відносно землі та фільтра;  
 $L_k$  – індуктивність дроселя компенсації ємнісної складової;  
 $\dot{U}$  – комплекс (комплексна складова) напруги джерела живлення.

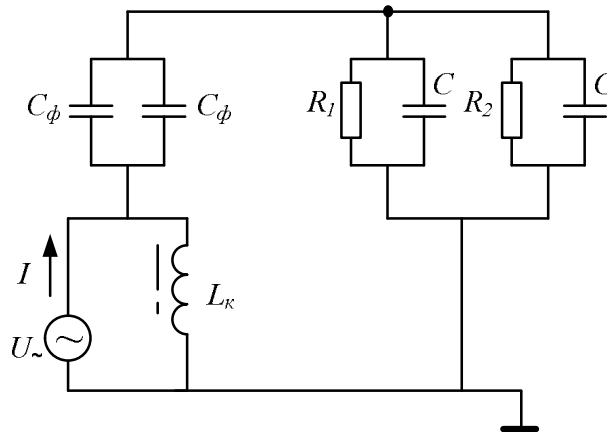


Рис. 2. Розрахункова схема визначення активного опору ізоляції мережі відносно землі з урахуванням компенсації ємнісної складової

Для підвищення точності контролю ізоляції полюсів мережі відносно землі метод передбачає не тільки компенсацію ємнісної складової струму, а й виділення активної складової струму у вимірювальному каналі за допомогою фазочутливої схеми ФЧС (рис. 1). Навантаження фазочутливої схеми підключено до середніх точок дільників напруги  $R_3$  і  $R_4$  та  $R_5$  і  $R_6$ . Дільники напруги  $R_3$  і  $R_4$  підключено до вторинної обмотки трансформатора струму ТА, а  $R_5, R_6$  до проміжного трансформатора TL. Напряга обмотки  $W_2$  є керуючою, тобто вона тільки відкриває або закриває діодну схему ФЧС, а струм в колах навантаження фазочутливої схеми створюється меншою напругою та протягом кожного напівперіоду проходить через відкриті діоди. При такому режимі, як показано в [3], середнє значення напруги на виході фазочутливої схеми

$$U_{вих} \equiv \frac{I}{n_{ТА}} \cos\varphi \equiv k \cdot I_a,$$

де  $k$  – коефіцієнт перетворення;  $\varphi$  – кут між напругою, що є керуючою і

струмом, який визначається опором ізоляції. Так як значення напруги на виході  $W_1, W_2$  проміжного трансформатора TL (рис. 1) однакові, то із (2.1) маємо

$$I_a = \frac{U}{R_{із}} \left( \frac{4\omega^2 R_{із}^2 C_\phi^2}{1 + 4\omega^2 R_{із}^2 (C_\phi + C)^2} \right) \frac{1}{n_{ТА}}, \quad (2)$$

де  $n_{ТА}$  – коефіцієнт трансформації трансформатора струму.

Вимірний опір полюсів відносно землі:

$$R_{вим} = \frac{U}{I_a} = R_{із} \left( \frac{1 + 4\omega^2 R_{із}^2 (C_\phi + C)^2}{4\omega^2 R_{із}^2 C_\phi^2} \right) n_{ТА}. \quad (3)$$

Так як  $4\omega^2 R_{із}^2 (C_\phi + C)^2 \gg 1$ , то із (2.3) маємо

$$R_{вим} = R_{із} \frac{(C_\phi + C)^2 n_{ТА}}{C_\phi^2} = R_{із} (1 + 2n + n^2) n_{ТА}, \quad (4)$$

де  $n = C/C_\phi$ , тобто методична похибка виміру ізоляції буде залежати від співвідношення

$$n = C/C_\phi.$$

В схемі рис. 1 обмотка  $W_3$  і випрямляч В виконують функцію джерела живлення ПВК і виконавчого органу ВО схеми контролю. Кілоомметр  $k\Omega$  передбачено для періодичного вимірювання опору ізоляції полюсів відносно землі.

Запропонований метод можна використати для неперервного селективного контролю технічного стану ізоляції окремих приєднань, які відходять від системи збірних шин збірки постійного струму [2].

**Висновок.** Для підвищення точності безперервного контролю ізоляції полюсів відносно землі в двопровідній мережі постійного струму доцільно застосовувати принцип накладання змінного струму промислової частоти з автоматичною компенсацією ємності мережі відносно землі та вимірювання активної складової струму від стороннього джерела живлення. Цей метод дозволяє безперервно контролювати рівень омичного опору ізоляції не тільки всією РМПС, а і окремих приєднань. Точність контролю ізоляції значною мірою залежить від співвідношення між ємністю фільтра приєднання пристрою контролю і ємністю мережі.

1. ГДК 34.20.507 – 2003 Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила: Об'єднання енергетичних підприємств "Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики", Київ, – 2003, – С. 329.
2. Добровольська Л.Н. Селективний контроль омичного опору ізоляції в двопровідних мережах постійного струму / Л.Н. Добровольська, М.В. Романюк // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Випуск 3/2010 (62). Частина 2. – Кременчук, 2010. – С. 90–94.
3. Дорогунцев В.А. Элементы автоматических устройств энергосистем / В.А. Дорогунцев, В.Г. Овчаренко. – 2-е изд. — М. : Энергия, 1979. — С. 520.