

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО МІСЦЯ ЛОКАЛЬНОГО ДЕФЕКТУ ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ ТА ЙОГО СТУПЕНЯ У РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ**

**Мендусь В.В., магістрант; Сидоренко О.А., аспірант; Гребченко М.В., доц.,  
к.т.н.**

*(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)*

Відомі способи визначення відстані до місця замикання, згідно з яким виміряють час від миті відправки в лінію зондуючого імпульсу до миті приходу у початок лінії імпульсу, який відбився від місця замикання на землю [1]. Використання методу у робочому режимі мережі дуже важке з-за багатократного відбивання зондуючого імпульсу від непошкоджених приєднань та з-за складності отримання необхідної інформації, яке можливе тільки у той дуже короткий час, коли у місті пошкодження існує електрична дуга.

У способі [2] визначають у перехідному процесі замикання на землю частоту вільних коливань розряду фазної ємності, у залежності від визначеної частоти за допомогою попередньо розрахованих залежностей частоти від відстані до замикання визначають відстань до місця замикання. Спосіб має низьку точність, є складним з-за необхідності визначення струму з частотою вільних коливань і не може використовуватись при замиканні на землю через опір.

Також відомий спосіб [3], згідно з яким визначають напругу на шинах джерела живлення і струм пошкодженого приєднання з частотою вільних коливань, далі визначені параметри режиму використовують у розрахунках в еквівалентній схемі заміщення мережі при послідовній зміні припустимого місця пошкодження вздовж усього приєднання, внаслідок чого отримують значення відстані до місця замикання як корені рівняння мережі. Визначення струму з частотою вільних коливань перехідного процесу важке з-за значного загашення, а при швидкому зникненню дуги повністю неможливе. При виникненні замикання на землю через опір, що виникає при місцевих дефектах ізоляції, цей спосіб не може забезпечити визначення відстані до місця дефекту.

Поставлена задача удосконалення способу визначення відстані до місця замикання на землю або до місця зниження опору ізоляції у розподільчих мережах за рахунок визначення амплітуди струму нульової послідовності та кута між вектором цього струму та вектором міжфазної напруги і порівняння визначених значень відповідно з значеннями цих параметрів, які отримуються на математичній моделі мережі в процесі послідовних розрахунків при покроковій зміні місця припустимого пошкодження ізоляції вздовж пошкодженого приєднання та зміни на кожному кроці величини опору у місті дефекту ізоляції від нуля до максимально припустимого.

Розглянемо наприклад приєднання, схема заміщення якого наведена на рис. 1.

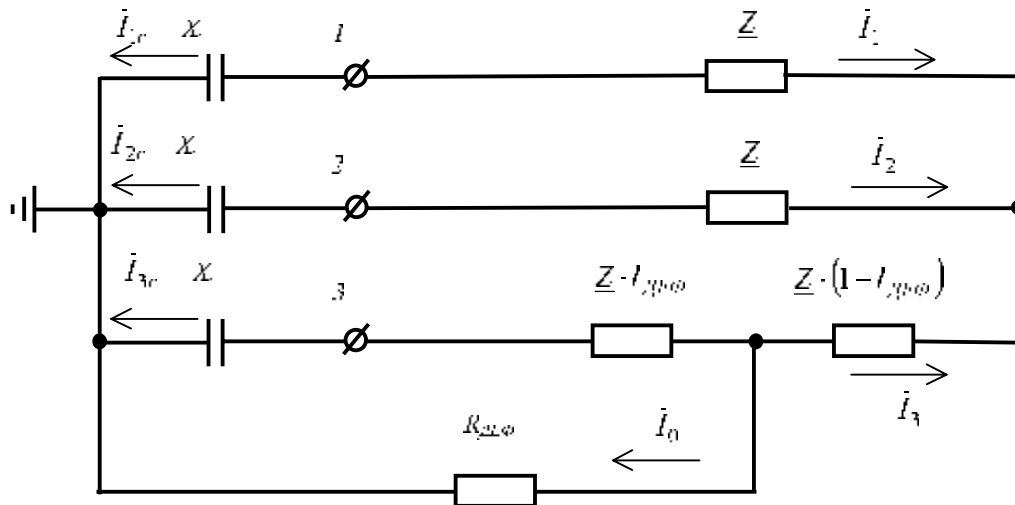


Рисунок 1 – Схема заміщення приєднання навантаження при наявності локального дефекту ізоляції

При складанні схеми заміщення (рис.1) приєднання навантаження (двигуна або трансформатора) у мережі з ізолюваною нейтраллю прийняті наступні припущення:

- елементи схеми заміщення симетричні, тобто відповідні повздовжні та поперечні опори різних фаз рівні між собою;
- ємності фаз по відношенню до землі усієї мережі, серед яких і ємності контролюемого приєднання, враховується сумарною величиною зосередженою на початку приєднання;
- активні провідності ізоляції фаз по відношенню до землі не враховуються. При необхідності їх врахування не викликає труднощів і виконується шляхом підключення активного опору паралельно ємностям фаз мережі.

Найбільший вплив на точність залежності струму нульової послідовності від відстані з прийнятих припущень може викликати врахування ємності приєднання на виводах приєднання, тобто відсутність урахування зміни двох частин приєднання (до точки дефекту та після точки дефекту) при переміщенні точки дефекту ізоляції.

На схемі заміщення (рис. 1) прийняті наступні позначення:

- $Z$  - повздовжній опір фази приєднання;
- $X_r$  - поперечна провідність фази мережі по відношенню до землі;
- $R_{дкф}$  - активний опір місцевого дефекту ізоляції, який знаходиться на відстані  $l_{дкф}$  від початку приєднання;
- $I_{1r}, I_{2r}, I_{3r}$  - струми відповідно через поперечні провідності фаз мережі 1, 2, 3 по відношенню до землі;
- $I_1, I_2, I_3$  - струми відповідно через повздовжні провідності фаз 1, 2, 3 навантаження приєднання;
- $I_0$  - струм нульової послідовності, який проходить через місце дефекту ізоляції (замикання на землю).

Запишемо рівняння, які описують робочий режим приєднання у випадку виникнення дефекту ізоляції з опором  $R_{\text{деф}}$  в одній з фаз.

$$\begin{aligned} & -\dot{I}_{1c} \cdot X_c + \dot{I}_1 \cdot \underline{Z} - \dot{I}_3 (1 - l_{\text{деф}}) \cdot \underline{Z} + \dot{I}_0 \cdot R_{\text{деф}} = 0, \\ & -\dot{I}_{2c} \cdot X_c + \dot{I}_2 \cdot \underline{Z} - \dot{I}_3 (1 - l_{\text{деф}}) \cdot \underline{Z} + \dot{I}_0 \cdot R_{\text{деф}} = 0, \\ & -\dot{I}_{3c} \cdot X_c + \dot{I}_3 \cdot b \cdot \underline{Z} - \dot{I}_0 \cdot b \cdot \underline{Z} + \dot{I}_0 \cdot R_{\text{деф}} = 0, \\ & \dot{U}_{12} - \dot{I}_1 \cdot \underline{Z} - \dot{I}_2 \cdot \underline{Z}, \\ & \dot{U}_{23} - \dot{I}_2 \cdot \underline{Z} - \dot{I}_0 \cdot b \cdot \underline{Z} - \dot{I}_3 \cdot \underline{Z}, \\ & \dot{U}_3 - \dot{I}_0 \cdot b \cdot \underline{Z} + \dot{I}_3 \cdot \underline{Z} - \dot{I}_1 \cdot \underline{Z}, \\ & \dot{I}_{1c} + \dot{I}_{2c} + \dot{I}_{3c} + \dot{I}_0 = 0, \\ & \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0. \end{aligned}$$

Напруги між фазами  $\dot{U}_{12}$ ,  $\dot{U}_{23}$ ,  $\dot{U}_3$  не змінюються при виникненні дефекту ізоляції а тому приймаються такими, що їх значення відомі. Після перетворення системи рівнянь отримуємо:

$$\dot{I}_0 = \frac{(1 - l_{\text{деф}})(\dot{U}_3 - \dot{U}_{23})}{X_c + l_{\text{деф}}(3 - 2l_{\text{деф}}) \cdot \underline{Z} + 3R_{\text{деф}}}.$$

Авторами обгрунтовано алгоритм реалізації способу визначення відстані до місця локального дефекту опору ізоляції та його ступеня. Згідно з ним розрахунок відстані починається за умови перевищення струмом нульової послідовності допустимого значення. Результатом роботи алгоритму є відстань до місця локального дефекту ізоляції та опір цього дефекту.

Розроблений спосіб визначення відстані до місця локального дефекту опору ізоляції та його ступеня. Спосіб дозволяє визначати відстань до місця дефекту опору ізоляції, а також ступінь дефекту ізоляції в робочих режимах приєднання (без його відключення). На відміну від відомих способів дозволяє виявляти не тільки замикання на землю, але й дефекти ізоляції

Виконані лабораторні дослідження та математичне моделювання, що підтверджують вірність розробленого алгоритму.

Перелік посилань

Смирнов Л.П. Монтер-кабельщик. М.: Высшая школа. 1972. 360 с.

Патент Російської Федерації № 2216749 Способ определения расстояния до места однофазного замыкания на землю в распределительных сетях, G 01R 31/08, опубл. 20.11.2003

Welfonder T., Leitloff V., Fenillet R, Vitet S. Location strategies and evaluation of detection algorithms for earth faults in compensated MV distribution systems. – IEEE Transactions on Power Delivery, 2000, vol. 15, No. 4, Oct.