

УДК 621.316.9:621.616.13

СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИ-ЧАСТОТНОГО СИГНАЛА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАЩИТ ОТ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6 – 35 кВ.

Остапчук А.В., аспирант

(*Национальный горный университет, г. Днепрпетровск, Украина*)

Результаты исследований процессов, сопровождающих однофазные замыкания на землю, а также фазовые характеристики параметров нулевой последовательности в распределительных сетях, работающих с нейтралью, заземленной через индуктивное (компенсированная нейтраль) и активное сопротивление, а также выполненные на их основе исследования работоспособности наиболее распространенных принципов и устройств защиты от таких повреждений показали, что устройства защиты, применяемые в названных сетях, не соответствуют требованиям, предъявляемым к такого рода защитным устройствам (особенно в сетях с компенсированной нейтралью), обладают рядом недостатков и оказывают негативное влияние на надежность электроснабжения и условия электробезопасности [1,2].

Для распределительных сетей напряжением 6-35 кВ, работающих с любым режимом нейтрали, предложен новый принцип избирательной защиты основанный на наложении на сеть оперативных сигналов не промышленной частоты и обеспечивающий контроль всех возможных видов замыкания на землю.

На рис.1 представлена однолинейная схема замещения трехфазной электрической сети, с включенным в нейтраль источником синусоидального оперативного тока для случая однофазного замыкания на землю.

На схеме замещения обозначено: $\dot{U}_{оп}(f_1; f_2)$ – источник оперативного напряжения с различными частотами; $i_{оп}$ – оперативный ток не промышленной частоты; R – активное сопротивление изоляции фазы относительно земли; C – емкость изоляции фазы относительно земли; $R_{оп}$ – внутреннее сопротивление оперативного источника; r – переходное сопротивление в точке замыкания на

землю. Продольным сопротивлением проводов ЛЭП и сопротивлениями фаз трансформатора, используемого для подключения к сети оперативного источника, пренебрегаем, так как значения частот оперативных сигналов практически соизмеримы с промышленной.

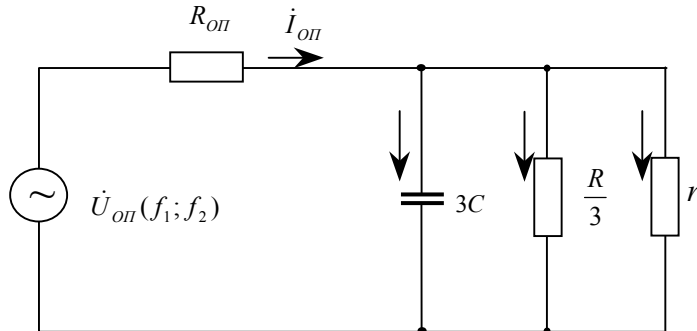


Рис.1. Однолинейная схема замещения трехфазной сети.

В общем случае при однофазном замыкании на землю в трехфазной электрической сети оперативный ток определится выражением:

$$\dot{I}_{on} = \dot{U}_{on} \frac{3Y + y}{1 + (3Y + y) \cdot R_{on}},$$

где \dot{U}_{on} - напряжение оперативного источника; $Y = \frac{1}{R} + j\omega C$; $y = \frac{1}{r}$.

Заменив проводимости их значениями и проведя необходимые преобразования получим:

$$\dot{I}_{on} = \dot{U}_{on} \frac{(R + 3r)(R_{on}R + 3rR_{on} + Rr) + (3\omega_{on} CRr)^2 R_{on} + j3\omega_{on} CR^2 r^2}{(R_{on}R + 3rR_{on} + Rr) + (3\omega_{on} CR rR_{on})^2},$$

где ω_{on} – частота оперативного тока.

В случае отсутствия повреждения в сети ($r = \infty$), накладываемый на сеть оперативный ток будет протекать через активное сопротивление и емкость изоляции относительно земли и его значение определится выражениями (1) и (2):

$$\dot{I}_{on} = \dot{U}_{on} \frac{3Y}{1 + 3Y \cdot R_{on}}, \quad (1)$$

$$\dot{I}_{on} = \dot{U}_{on} \frac{3(3R_{on} + R) + (3\omega CR)^2 \cdot R_{on} + j 3\omega CR^2}{(3R_{on} + R)^2 + (3\omega CR R_{on})^2}. \quad (2)$$

На рис. 2 и 3 представлены графики изменения значений оперативного тока на различных частотах от переходного сопротивления в точке замыкания (на рис. 2 ток представлен в относительных единицах) и емкости сети относительно земли (рис. 3) при значении внутреннего сопротивления источника $R_{оп} = 100 \text{ Ом}$. Активное сопротивление фазной изоляции принималось равным 10 кОм ., емкость одной фазы сети относительно земли (рис. 3) - 1 мкФ .

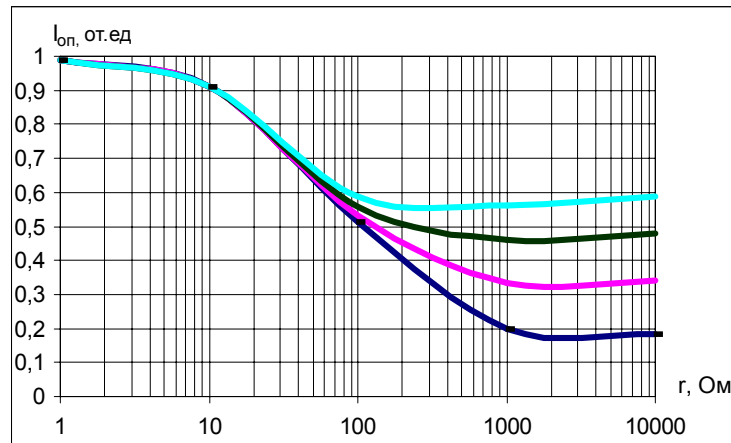


Рисунок 2. Изменение оперативного тока в зависимости от переходного сопротивления при различных частотах.

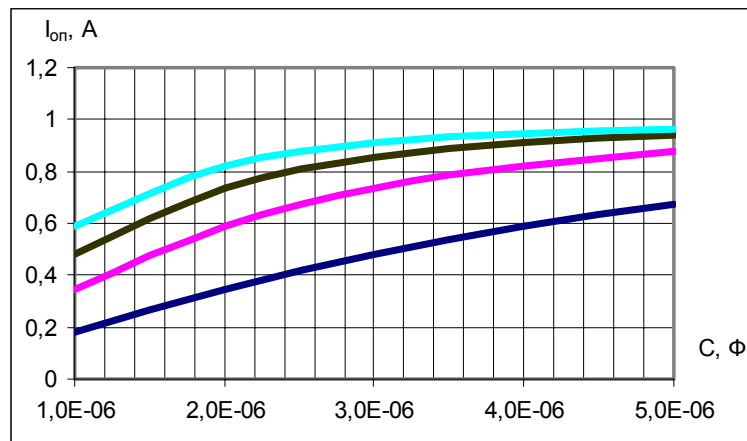


Рисунок 3. Изменение оперативного тока в зависимости от емкости сети относительно земли при отсутствии повреждения ($U_{оп} = 100 \text{ В}$).

Анализ представленных на рисунках графиков позволяет сделать следующие выводы:

1. Значения накладываемых на сеть оперативных токов разных частот (при равных значениях напряжений источ

ников) практически равны между собой при металлических и близким к ним замыканиях.

2. Влияние частоты на значения оперативного тока при замыканиях на землю проявляется при значениях переходного сопротивления в месте замыкания более 100 Ом.

3. При отсутствии повреждения в сети значения оперативного тока определяются значениями параметров изоляции сети относительно земли и частотой напряжения оперативного источника. Степень влияния на значения оперативного тока емкостной составляющей проводимости изоляции возрастает с увеличением частоты.

Можно констатировать, что отличительным признаком наличия замыкания на землю в электрической сети или на отдельном ее участке (присоединении распределительной сети) можно считать равенство (или относительное равенство) значений накладываемых на сеть оперативных токов разных частот, что позволяет реализовать избирательную защиту практически от всех видов замыканий на землю и при любом режиме работы нейтрали сети. Зависимости представленные на рис. 2 и 3 могут использоваться для обоснования выбора частоты оперативного напряжения источника.

Суть предлагаемого способа защиты основана на том, что в отличие от известного способа, использующего наложенный оперативный ток промышленной частоты, предлагается использовать "би-частотный" оперативный ток, то есть, накладывать на электрическую сеть одновременно два оперативных тока разных частот и сравнивать между собой значения этих токов, измеряя их в заданных точках распределительной сети (например, в начале отходящей от шин подстанции линии). Как уже отмечалось, сближение или равенство значений названных токов свидетельствует о наличии замыкания на землю в контролируемом присоединении.

Перечень ссылок

1. Пивняк Г.Г., Шкрабец Ф.П. Несимметричные повреждения в электрических сетях карьеров: Справочное пособие. -М.: Недра, 1993. – 192 с.
2. Серов В.И., Щуцкий В.И., Ягудаев В.М. Методы и средства борьбы с замыканиями на землю в высоковольтных системах горных предприятий. -М.: Наука, 1985. -136 с.