

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТИ 10 КВ ПРИ РЕЗИСТИВНОМ ЗАЗЕМЛЕНИИ НЕЙТРАЛИ НА ПОДСТАНЦИИ

В. Д. Михайлов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. О. Добродей

В Республике Беларусь, странах СНГ и многих других странах мира до настоящего времени широкое распространение получила система изолированной нейтрали и система компенсированной через дугогасящий реактор нейтрали сетей 6–35 кВ.

Основным достоинством таких систем заземления нейтрали является то, что даже в режиме ОЗЗ без отключения поврежденного участка сети представляется возможным определенное время (до обнаружения и устранения повреждения) осуществлять электроснабжение потребителей. Однако отмеченное преимущество всегда сопровождается негативными явлениями, основными из которых являются:

- при металлическом ОЗЗ напряжение на неповрежденных фазах повышается до линейного;
- появляются значительные дуговые перенапряжения, которые способствуют увеличению вероятности перехода ОЗЗ в двухфазные и трехфазные замыкания;
- режим ОЗЗ может приводить к развитию феррорезонансных перенапряжений в цепи намагничивания измерительных трансформаторов, электродвигателей и другого оборудования;
- повышается опасность поражения людей и животных по причине длительного существования режима работы электрической сети в режиме ОЗЗ.

В настоящее время с учетом опыта эксплуатации признано целесообразным проводить модернизацию системы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ путем заземления ее через резистор.

При ОЗЗ в сетях с заземленной через резистор нейтралью во всех присоединениях протекают собственные емкостные токи, однако в поврежденном присоединении, кроме суммарного емкостного тока, протекает активный ток, обусловленный включением в цепь тока нулевой последовательности активного сопротивления резистора.

Это принципиальное положение и обуславливает физическую сущность способа заземления нейтрали через резистор, который позволяет наиболее просто решить две важные технологические задачи:

- во-первых, представляется возможным определить поврежденное присоединение и незамедлительно принять меры по устранению повреждения;
- во-вторых, создаются предпосылки для выбора простой токовой релейной защиты, действующей либо на сигнал, либо на отключение поврежденного присоединения.

Кроме того, заземление нейтрали через резистор позволяет снижать уровень дуговых, феррорезонансных и коммутационных перенапряжений. При этом появляется возможность защиты оборудования ПС с помощью ОПН с более низким остаточным напряжением при коммутационном импульсе [1].

В качестве исследуемого объекта была выбрана подстанция 110/35/10 кВ «Борисов-Северная».

Суть опыта заключается в исследовании величины перенапряжений при однофазном замыкании на землю. Анализ перенапряжений был выполнен для сети с изолированной нейтралью и нейтралью, заземленной через резистор.

Схемы замещения с различными способами заземления нейтрали для сети 10 кВ представлены на рис. 1.

На схеме (рис. 1) E_a, E_b, E_c – напряжения источников питания; X_c – индуктивное сопротивление системы (активным пренебрегаем из-за его малости); C_0 – емкости фаз относительно земли; R_N – сопротивление заземляющего резистора.

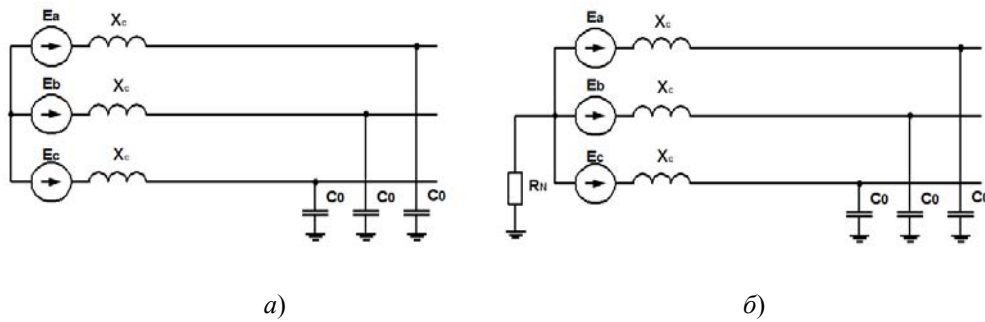


Рис. 1. Схемы замещения сети 10 кВ для исследования перенапряжений:
 а – сеть с изолированной нейтралью; б – сеть с нейтралью,
 заземленной через резистор

Зная длину и марку кабельных линий подстанции, можно определить емкость для одной секции шин подстанции между фазами и землей по выражению

$$C_0 = \sum_{i=1}^n c_{удi} \cdot l_i, \text{ мкФ}, \quad (1)$$

где $c_{удi}$ – удельная емкость i -й кабельной линии, мкФ (приводится в справочной литературе); l_i – длина i -й кабельной линии, км; n – количество кабельных линий, подключенных к одной из секций шин.

Зная ток короткого замыкания на шинах 10 кВ, можно найти сопротивление системы:

$$I_{кз} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot x_c}, \text{ кА} \Rightarrow x_c = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{кз}} = \omega \cdot L, \text{ Ом}. \quad (2)$$

Сопротивление заземляющего резистора находится по выражению

$$R_N = \frac{1}{900 \cdot C_0}, \text{ Ом}, \quad (3)$$

где C_0 – емкость между фазами и землей для одной из секций шин, вычисленная по выражению (1), Ф.

Исследование перенапряжений в сетях 10 кВ при различном заземлении нейтрали и физическое моделирование таких сетей было проведено с помощью программного пакета Electronics Workbench.

По формулам (1)–(3) были рассчитаны параметры сети. Сопротивление резистора составило 477 Ом.

На рис. 2, 3 представлены осциллограммы напряжений при различном способе заземления нейтрали при замыкании на землю фазы С.

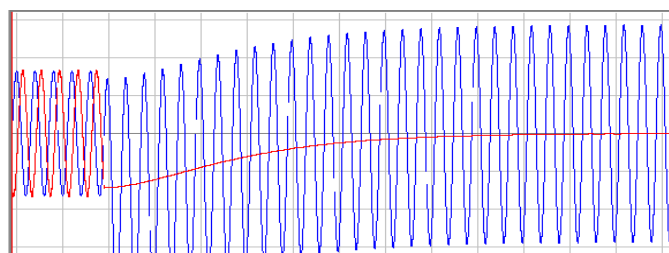


Рис. 2. Осциллограмма напряжений сети с изолированной нейтралью

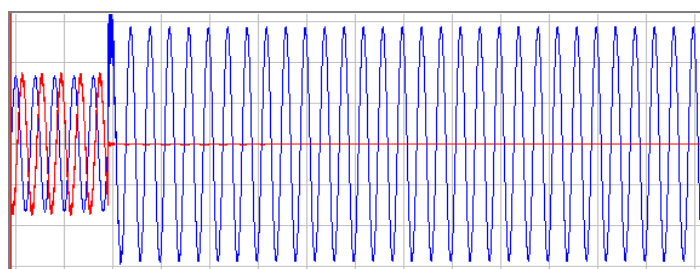


Рис. 3. Осциллограмма напряжений при заземлении нейтрали через резистор

В ходе выполнения опыта получены следующие коэффициенты перенапряжения:

$$k_{\text{пер.изол}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{max раб}}} = \frac{21,47}{8,55} = 2,5; \quad (4)$$

$$k_{\text{пер.рез}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{max раб}}} = \frac{17,87}{8,5} = 2,1. \quad (5)$$

Отсюда, вывод: коэффициент перенапряжений при различном способе заземления нейтрали изменяется незначительно. Однако, как видно из формул (4) и (5), при резистивном заземлении нейтрали скачок напряжения в аварийном режиме значительно ниже, что, в свою очередь, снижает вероятность выхода из строя электрооборудования и его изоляции. Также из рис. 2 и 3 видно, что при резистивном заземлении нейтрали переходной процесс практически не наблюдается, происходит быстро, что также положительно влияет на работу сети.

Литература

1. СТП 09110.20.187–09. Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6–35 кВ Белорусской энергосистемы через резистор. – ГПО Белэнерго : Минск, 2010. – 75 с.
2. Евминов, Л. И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : практикум по одному дисциплине для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» днев. и заоч. форм обучения / Л. И. Евминов, А. О. Добродей. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 104 с.