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 O33 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 O33.

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.

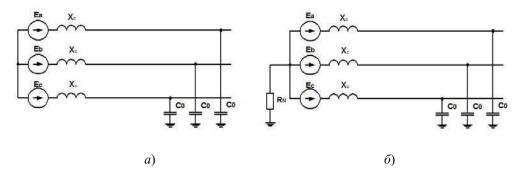
Кроме того, заземление нейтрали через резистор позволяет снижать уровень дуговых, феррорезонансных и коммутационных перенапряжений. При этом появляется возможность защиты оборудования ΠC с помощью $O\Pi H$ с более низким остаточным напряжением при коммутационном импульсе [1]/

В качестве исследуемого объекта была выбрана подстанция $110/35/10~{\rm kB}$ «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.



 $Puc.\ 1.$ Схемы замещения сети $10\ \mathrm{kB}$ для исследования перенапряжений: a- сеть с изолированной нейтралью; $\delta-$ 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

$$C_0 = \sum_{i=1}^n c_{yxi} \cdot l_i, \text{ MK}\Phi, \tag{1}$$

где $c_{yдi}$ — удельная емкость i-й кабельной линии, мк Φ (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:

$$I_{\kappa_3} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot x_c}, \, \kappa A \quad \Rightarrow \quad x_c = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{\kappa_3}} = \omega \cdot L, \, \text{Om}.$$
 (2)

Сопротивление заземляющего резистора находится по выражению

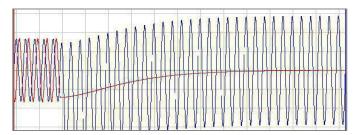
$$R_N = \frac{1}{900 \cdot C_0}, \text{ OM}, \tag{3}$$

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

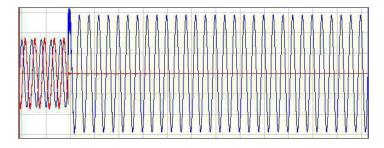
Исследование перенапряжений в сетях 10 кВ при различном заземлении нейтрали и физическое моделирование таких сетей было проведено с помощью программного пакета Electronics Workbench.

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 C.



Puc. 2. Осциллограмма напряжений сети с изолированной нейтралью



Puc. 3. Осциллограмма напряжений при заземлении нейтрали через резистор

В ходе выполнения опыта получены следующие коэффициенты перенапряжения:

$$k_{\text{пер. изол}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{max pa6}}} = \frac{21,47}{8,55} = 2,5;$$
 (4)

$$k_{\text{nep.pe3}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{max pa6}}} = \frac{17,87}{8,5} = 2,1.$$
 (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 стоя 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 одноим. 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.