

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЧАСТИЧНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ СЕТЕЙ 6–10 КВ

Норкулов Аслиддин Олимович

Навоийский государственный горно-технологический университет

Введение. Основной проблемой повышения надежности работы сетей напряжением 6–35 кВ является оптимизация режима заземления нейтрали, который определяет характер переходных процессов при пробое фазной изоляции на землю и гашении заземляющей дуги, вероятность возникновения и величину перенапряжений, уровень изоляции оборудования, схему построения релейной защиты от замыканий на землю, бесперебойность электроснабжения и безопасность персонала. В мировой практике в сетях среднего напряжения используются четыре варианта заземления нейтрали сети: изолированная; заземленная через дугогасящий реактор (ДГР); заземленная через резистор; глухозаземленная; параллельное включение ДГР и резистора. Анализ мировой практики эксплуатации сетей 6–35 кВ показал, что в отличие от Беларуси, где используется режим изолированной нейтрали (примерно 80 % сетей) и режим заземления через дугогасящий реактор (примерно 20 %), в других странах чаще всего применяется заземление нейтрали через резистор или ДГР [1].

Основная часть. Сети с изолированной или компенсированной через ДГР нейтралью имеют ряд недостатков: при металлическом однофазном замыкании на землю (ОЗЗ) напряжение на неповреждённых фазах повышается до линейного, что требует выполнения фазной изоляции на линейное напряжение; появляются значительные дуговые перенапряжения [2]; также вероятны феррорезонансные перенапряжения [2]; в случае резонансной настройки ДГР исключается возможность создания простой, надёжной и селективной защиты, способной выявить повреждённые присоединения; повышается опасность поражения людей и животных из-за длительного существования в сети ОЗЗ.

Для предотвращения этих нежелательных воздействий на изоляцию электрооборудования в настоящее время признано целесообразным проводить модернизацию системы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ путем заземления её через резистор. При ОЗЗ в сетях с заземлённой через резистор нейтралью в повреждённом присоединении, кроме суммарного ёмкостного тока, протекает активный ток, обусловленный включением в цепь тока нулевой последовательности активного сопротивления резистора. Это дает возможность определить повреждённое присоединение и незамедлительно принять меры по устранению повреждения. Кроме того, заземление нейтрали через резистор позволяет снижать уровень дуговых, феррорезонансных и коммутационных

перенапряжений, также способствует повышению уровня электробезопасности в результате быстрого отключения повреждённого присоединения. В зависимости от соотношения сопротивлений резистора R_N и емкостного сопротивления сети X_C резистивное заземление нейтрали условно разделяют на низкоомное $R_N \leq X_C$ и высокоомное $R_N > X_C$ [3].

Низкоомное резистивное заземление нейтрали применяется в случаях, когда ОЗЗ должно быть селективно отключено в течение минимально возможного времени. Высокоомное – применяется в случаях, когда сеть должна иметь возможность длительной работы в режиме ОЗЗ до обнаружения места ОЗЗ и устранения повреждения. Наиболее распространен метод включения резистора в нейтраль сети через специальный трансформатор (ТЗН) со схемой соединения обмоток $Y0/\Delta-11$ [2]. Самым удобным способом реализации данного метода заземления являлся бы шкаф частичного заземления нейтрали, который можно установить в любом свободном месте распределительного устройства или по торцам секций комплектного распределительного устройства (КРУ). Для реализации резистивного заземления нейтрали российские и зарубежные производители предлагают шкафы заземления нейтрали с различными техническими

характеристиками [3]. В Республике Беларусь в настоящее время нет производителей данного вида шкафов, поэтому его разработка является актуальной.

При проектировании комплектного устройства частичного заземления нейтрали (ЧЗН) необходимо учесть основные технические требования к ячейкам КРУ. КРУ должны изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ 14693-90 [10] или техническими условиями на КРУ конкретных типов по рабочей конструктивной документации и типовым схемам главных и вспомогательных цепей. КРУ должны изготавливаться для работы в условиях климатических факторов по ГОСТ 15543 и ГОСТ 15150, в отношении нагрева при длительной работе в нормальном режиме должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8024 и ГОСТ 10434. Шкафы КРУ должны быть устойчивы к воздействию сквозных токов короткого замыкания, должны обладать достаточной механической прочностью, обеспечивающей нормальные условия работы без деформаций или повреждений элементов шкафов, препятствующих их нормальной работе. Конструкция шкафов КРУ должна быть выполнена так, чтобы обеспечивалось нормальное функционирование приборов измерения, управления, а также не происходило срабатывание схем защиты, приводящее к отключению выключателя и срабатыванию соответствующих схем сигнализации при возможных сотрясениях элементов шкафов от работы выключателей и разъединителей и перемещениях выкатного элемента. Схемы вспомогательных цепей КРУ должны быть, как правило, выполнены применительно ко всем

видам рабочего тока вспомогательных цепей: постоянного, переменного, выпрямленного. Срок службы КРУ – не менее 25 лет (при условии проведения техобслуживания и (или) замены аппаратуры, устанавливаемой в технических условиях и указываемой в эксплуатационной документации на КРУ конкретных типов). При возникновении внутри КРУ короткого замыкания с открытой электрической дугой конструкция КРУ должна обеспечивать локализацию воздействия электрической дуги в пределах шкафа или монтажной единицы путем применения в КРУ специальных мер по ограничению времени действия дуги до величины не более 0,2 с.

Шкафы КРУ, как правило, должны быть оборудованы клапанами сброса давления в сочетании с датчиками дуговой защиты и схемами, имеющими блокировку от ложных отключений КРУ, например, по наличию тока короткого замыкания или падения напряжения в КРУ.

Конструкция шкафов КРУ должна обеспечивать защиту обслуживающего персонала от случайного прикосновения к токоведущим и подвижным частям, и защиту оборудования от попадания твердых инородных тел в соответствии со степенью защиты.

Все токоведущие части главных цепей шкафов КРУ, которые могут оказаться под напряжением после выведения выкатного элемента в ремонтное положение, должны ограждаться автоматически закрывающимися защитными шторками, имеющими приспособление для их запираания [4].

Разработка шкафа частичного заземления нейтрали будет осуществляться по типовой схеме главных цепей (рисунок 1) с учетом выше приведенных требований.

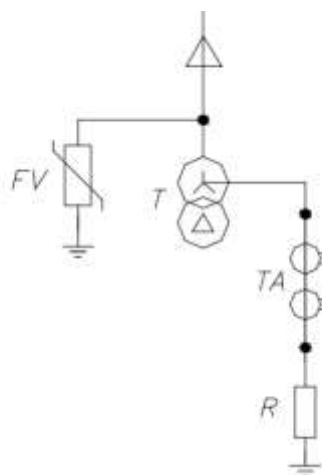


Рисунок 1 – Схема главных цепей шкафа ЧЗН.

Заземление нейтрали через резистор осуществляется подключением к сборным шинам, каждой секции в одной точке дополнительного заземляющего

трансформатора, обмотка высокого напряжения которого соединена в звезду с выделенной нейтралью. В цепь нейтрали подключается измерительный трансформатор тока, нейтраль заземляется через блок резисторов. Обмотка низкого напряжения соединена в треугольник и в схеме не участвует. К выводам высокого напряжения подключается ограничитель перенапряжения (ОПН). Таким образом, шкаф ЧЗН включает следующие составные элементы: силовой заземляющий трансформатор, трансформатор тока, резистор, ОПН.

В качестве заземляющего трансформатора предлагается использовать силовой трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда с нулем». В проектируемой ячейке устанавливается наиболее распространенный трансформатор, используемый для включения резистора в нейтраль сети, типа ТСНЗ со схемой соединения обмоток $Y0/\Delta-11$. ТСНЗ – трехфазный сухой трансформатор с естественным воздушным охлаждением предназначен для создания искусственной нейтрали в сетях напряжением 6 и 10 кВ [12].

Для заземления нейтрали предлагается использовать высоковольтный резистор типа РЗ производства ООО «Болид» г. Новосибирск, предназначенный для защиты оборудования от дуговых и феррорезонансных перенапряжений путем частичного заземления нейтрали сети 6, 10 кВ. Резисторы типа РЗ номиналом 50–300 Ом предназначены для установки в шкафах КРУ, длительность их работы в режиме ОЗЗ ограничена и определяется быстродействием релейной защиты [5]. Также возможна установка резистора другого производителя.

Проектируемый шкаф ЧЗН включает в себя два отсека: отсек подключений и релейный отсек. В отсеке подключений находится перечисленное выше высоковольтное оборудование. Шкаф ЧЗН состоит из металлического каркаса, на котором установлена дверь и размещен высоковольтный отсек, на фасадной двери введено смотровое окно, имеется внутренний контур заземления, релейный отсек представляет собой шкаф управления, установленный в передней верхней части металлокаркаса шкафа ЧЗН.

Разрабатываемый шкаф частичного заземления нейтрали предназначен для присоединения к секции любого распределительного устройства напряжением 6–10 кВ, включая комплектные распределительные устройства серии РТН (производства ОАО «Ратон»), а также КРУ других производителей. Шкаф ЧЗН может быть установлен по торцам секции КРУ или стоять отдельно в помещении РУ.

Выводы. Для реализации резистивного заземления нейтрали сети разработана конструкция шкафа частичного заземления нейтрали сетей 6–10 кВ в составе ячеек КРУ. Составлено описание конструкции шкафа ЧЗН и приведены его основные технические характеристики. Разработаны схемы

главных и вторичных цепей шкафа ЧЗН. Предлагаемая конструкция шкафа для частичного заземления нейтрали сетей 6–10 кВ обладает следующими преимуществами:

- шкаф является комплектным изделием заводской готовности, позволяющим реализовать резистивное заземление нейтрали в любой сети 6–10 кВ;
- мобильность и простота обслуживания (доступ для подключения и периодического контроля осуществляется при вскрытии панели с тыльной части шкафа, что позволяет обслуживать оборудование без демонтажа вспомогательных деталей и узлов);
- защита персонала от прямого прикосновения к токоведущим частям шкафа;
- взрывобезопасность (охлаждение и изоляция резистора воздушные).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Nodir Ataullaev, Dilbar Nizomova, Asliddin Norqulov. Monitoring and control of the protection system of electric drives with the method of pulse-width modulation. E3S Web of Conferences 417, 03009 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703009>
2. Титенков, С.С. Режимы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ и организация релейной защиты от однофазных замыканий на землю / С.С. Титенков, А.А. Пугачев // Энергоэксперт, №2, 2010. С. 36–43.
3. Feruz Raximov, Abdurakhim Taslimov, Ahror Majidov, Asliddin Norqulov. Optimization of losses by switching to higher voltage in distribution networks. E3S Web of Conferences 525, 03009 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452503009>
4. Nodir Ataullaev, Asliddin Norqulov, Bobur Muxammadov, Axror Majidov, Islom Togayev. Principles of protection against single phase earth faults in networks with capacitive current compensation. E3S Web of Conferences 548, 06008 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454806008>
5. A D Taslimov, F M Rakhimov, A O Norkulov, A A Yuldashev. Research of the optimum scale of standard sections of agricultural purpose lines. E3S Web of Conferences 216, 01158 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601158>