

КОМПЕНСАЦИЯ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ И ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Гаренских Д.О., студент, Паненко Е.Н., ассистент
НТУУ «КПИ», кафедра электрических сетей и систем

Введение. В сетях класса среднего напряжения 6-35 кВ режим с изолированной нейтралью оптимален из-за отсутствия необходимости в немедленном отключении однофазного замыкания на землю (ОЗЗ). Ток ОЗЗ обусловлен емкостью фаз сети относительно земли. Если он превышает 30 А, высока вероятность возникновения электрической дуги. При ее горении разрушается изоляция и проводник кабеля, что приведёт к тяжелым авариям. Постоянное развитие сетей неизбежно приводит к росту этого емкостного тока, что обуславливает актуальность задачи правильного выбора и подключения устройств его компенсации - дугогасящих реакторов (ДГР).

Цель работы. Обзор методов компенсации емкостного тока замыкания на землю с помощью различных типов ДГР, особенностей настройки и подключения устройств компенсации.

Схемы включения реакторов. При первой схеме ДГР должны быть установлены в каждой фазе сети. В данном решении катушка, подключенная к конкретной фазе, компенсирует емкостный ток замыкания на землю только этой фазы. Из-за высокой стоимости трехфазной системы компенсации емкостных токов и ее большого размера используют второе решение - установка ДГР в нейтраль сети (рисунок 1).

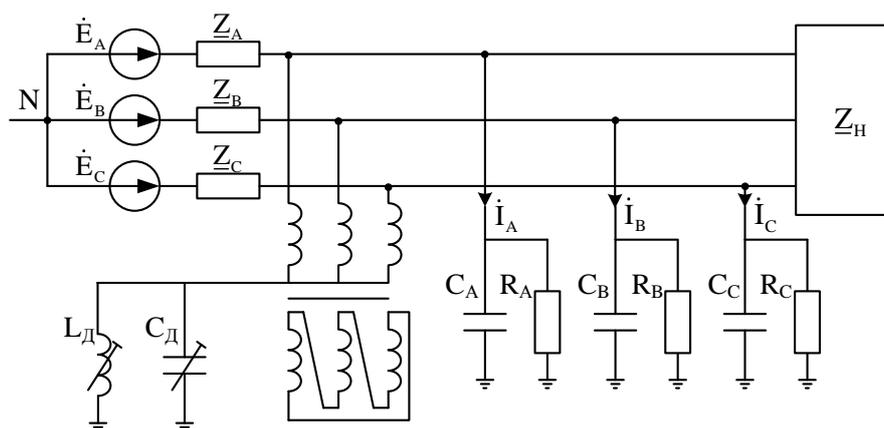


Рисунок 1 – Эквивалентная схема сети с одним компенсирующим устройством

В данном случае требуется наличие явно выраженной нейтрали сети, к тому же ДГР подключается к сети посредством специального нейтралеобразующего трансформатора ТН. При этом мощность ДГР должна быть больше суммарной реактивной мощности фазных емкостей C_A , C_B , C_C сети [1].

Трехфазные масляные нейтралеобразующие присоединительные фильтры типа ФНПМ используются для создания искусственной нейтральной точки в

трехфазной электрической сети 6-35 кВ и подключения к ней ДГР. Первичная обмотка фильтра выполнена по схеме соединения «зигзаг» ZN. При этом его первичная обмотка разбита на две равные соединенные последовательно части. Поэтому у фильтров ФНПМ меньшее сопротивление токам нулевой последовательности, чем у трансформаторов со схемой соединения звезда-треугольник, применяемые в сетях среднего напряжения [2].

Значение тока ДГР определяется с учетом сопротивления TN:

$$I_{\text{дгр}} = I_L \cdot \frac{x_L}{x_L \cdot 0.33x_{\text{TN}}}$$

где I_L – макс. значение тока реактора; x_L – значение индуктивного сопротивления ДГР; x_{TN} – сопротивление TN токам нулевой последовательности.

Настройка дугогасящего реактора. Необходима, поскольку вследствие постоянных изменений конфигурации электрической сети происходит изменение величины ёмкости, из-за чего нарушается резонансная настройка дугогасящего реактора.

Полностью компенсированной настройкой называется резонансная:

$$I_c - I_{\text{дгр}} = 0$$

где I_c — действующее значения емкостных токов замыкания на землю сети.

Включение в нейтраль дугогасящего реактора приводит к появлению напряжения смещения нейтрали U_0 , обусловленного наличием в сети несимметрии. При резонансной настройке реактора напряжение смещения нейтрали может достигнуть значений, соизмеримых с фазным напряжением U_ϕ , что приведет к появлению ложного сигнала «земля в сети». В таких случаях искусственной расстройкой дугогасящего реактора удастся снизить напряжение смещения нейтрали. Оптимальной является все же резонансная настройка дугогасящего реактора [3].

Основные типы дугогасящих реакторов. Для компенсации емкостного тока замыкания на землю применяются ДГР с плавным или ступенчатым регулированием индуктивности. В электрических сетях, где емкостной ток замыкания на землю изменяется более чем на $\pm 10\%$, рекомендуется применять реакторы с плавным регулированием индуктивности, настраиваемые вручную или автоматически [4].

Дугогасящие реакторы, регулируемые без напряжения ступенчатого типа. Эти реакторы содержат основную и регулировочные обмотки. Устройство переключения без напряжения, как правило, обеспечивает пять ступеней переключения.

Дугогасящие реакторы с переключением ответвлений обмотки под напряжением. Эти реакторы регулируются с помощью РПН электромеханического типа. Привод позволяет менять индуктивность реактора, не отключая его от сети. Из-за малой надежности редко используются. Применяются, как правило, для настройки компенсации в режиме ОЗЗ, вследствие высокого быстродействия и качества регулирования.

Дугогасящих реакторов с регулируемым зазором магнитопровода (плунжерные). Магнитная система ДГР с регулируемым зазором

магнитопровода выполнена в виде двух цилиндрических сердечников, между которыми находится изменяемый зазор. Он регулируется автоматически электроприводом при номинальном напряжении реактора в соответствии с алгоритмом управления. В системе управления электроприводом предусмотрена блокировка, ограничивающая диапазон регулирования, и указатель значения тока реактора.

Дугогасящие реакторы с подмагничиванием магнитопровода. Эти ДГР состоят из двух основных функциональных блоков: электромагнитной части и тиристорного преобразователя. Принцип работы следующий. Пока мгновенное значение напряжения нулевой последовательности на вторичной обмотке трансформатора напряжения не достигло критического значения, система управления воспринимает это как нормальный режим работы сети. При этом системой управления генерируются в сеть импульсы тока. Система управления работает на двух типах командных сигналов. Первый воздействует на тиристоры преобразователя реактора, задает проводимость реактора. Второй влияет на его магнитную систему, обеспечивая смещение рабочей точки магнитных потоков в стержнях реактора в такое положение, при котором происходит точная настройка ДГР [5].

Выводы. На сегодняшний день реакторы с регулируемым зазором имеют повышенную эксплуатационную надежность и эффективную систему управления. Управляемые реакторы с подмагничиванием магнитопровода также имеют неплохие технические характеристики, но при наличии автоматического регулятора. Дугогасящие реакторы с переключением ответвлений обмотки под напряжением позволяют обеспечить высокую скорость настройки компенсации и высокую точность, что обеспечит высокую надежность электроснабжения потребителей. Другие типы реакторов со ступенчатым регулированием являются морально устаревшими, если и используются, то в качестве нерегулируемых.

Перечень ссылок

1. Козлов В.А., Петров М. Н. Дугогасящие реакторы в сетях среднего напряжения// Новости Электротехники. – 2012. – №2.
2. ННП Брестлер. Фильтры нейтралеобразующие типа ФНПМ. – Каталог, 2013.
3. Обслуживание токоограничивающих и дугогасящих реакторов. [Электронный ресурс] // <http://electricalschool.info/main/ekspluat/969-obslyzhivanie-tokoogranichivajushhikh-i.html>.
4. Черников А.А. Компенсация емкостных токов в сетях с незаземленной нейтралью. – М.: Энергия, 1974. – 96 с.
5. Дягилева С.В. Управляемые реакторы с самоподмагничиванием: Автореферат дис. канд. техн. наук. – М., 2010. – 117 с.