УДК 621.311

А.В. МИТРОФАНОВ, студент гр.ЭПб-112 (КузГТУ)
Научный руководитель: Д.С. КУДРЯШОВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 6-35 кВ

Режимы заземления нейтрали сети являются достаточно важными характеристиками. Они определяют:

– ток в месте повреждения и перенапряжения на неповрежденных фазах при однофазном замыкании;

– схему построения релейной защиты от замыканий на землю;

– уровень изоляции электрооборудования;

– выбор аппаратов для защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений (ограничителей перенапряжений);

– бесперебойность электроснабжения;

– допустимое сопротивление контура заземления подстанции;

– безопасность персонала и электрооборудования при однофазных замыканиях.

В настоящее время в мировой практике для сетей среднего напряжения (термин «среднее напряжение» используется в зарубежных странах для сетей с диапазоном рабочих напряжений 1-69 кВ) используются следующие способы заземления нейтрали:

– изолированная (незаземленная);

– глухозаземленная (непосредственно присоединенная к заземляющему контуру);

– заземленная через дугогасящий реактор;

– заземленная через резистор (низкоомный или высокоомный).

В России до последнего времени режим изолированной нейтрали был закреплён в ПУЭ, именно этим можно объяснить достаточно широкое его применение. Исторически этот режим заземления нейтрали был первым из-за относительной простоты выполнения и надёжности питания потребителей в случае однофазных замыканий. При этом способе заземления нейтральная точка источника (генератора или трансформатора) не присоединена к контуру заземления. В распределительных сетях 6-35 кВ России обмотки питающих трансформаторов, как правило, соединяются в треугольник, поэтому нейтральная точка физически отсутствует.

Достоинство этого режима заземления нейтрали заключается в отсутствии необходимости немедленного отключения первого однофазного замыкания на землю (ОЗЗ). Однако, из-за перенапряжения, которое возникает на других фазах, возрастает вероятность возникновения второго замыкания на

другом присоединении и отключения сразу двух кабелей, электродвигателей или воздушных линий.

Также в России часто применяется режим заземления нейтрали через дугогасящий реактор. Этот способ заземления нейтрали, как правило, находит применение в разветвленных кабельных сетях промышленных предприятий и городов. При этом способе нейтральную точку сети искусственно получают через специальный трансформатор.

С точки зрения исторической последовательности возникновения этот способ заземления нейтрали является вторым. Он был предложен немецким инженером Петерсеном в 20-х годах прошлого столетия (в европейских странах дугогасящие реакторы называют по имени изобретателя «Petersen coil» – катушка Петерсена).

Основное достоинство этого метода заключаются в том, что при точной компенсации - настройке дугогасящего реактора в резонанс, возникает малый ток в месте повреждения. Это объясняется тем, что при повреждении в сети протекает ёмкостный ток, а ток дугогасящего реактора – индуктивный, следовательно происходит компенсация ёмкостного тока. Также, ещё одним достоинством режима заземления нейтрали через дугогасящий реактор является возможность самоликвидации однофазного замыкания, возникшего на воздушной линии или ошиновке.

В России режим заземления нейтрали через дугогасящий реактор применяется в основном в разветвленных кабельных сетях с большими ёмкостными токами. Кабельная изоляция в отличие от воздушной не является самовосстанавливающейся. То есть, однажды возникнув, повреждение не устранится, даже несмотря на практически полную компенсацию (отсутствие) тока в месте повреждения. Соответственно для кабельных сетей самоликвидация однофазных замыканий как положительное свойство режима заземления нейтрали через дугогасящий реактор не существует.

Однако у этого режима существует серьёзный недостаток, который проявлется в необходимости точного соблюдения компенсации ёмкостного тока, так как при отсутствии соблюдения компенсации могут возникать дуговые перенапряжения, многоместные повреждения и переход однофазного замыкания в двухфазное при значительной расстройке компенсации.

Такой способ заземления нейтрали как резистивный пока мало применяется в распределительных сетях России, только в некоторых сетях собственных нужд блочных электростанций и сетях газоперекачивающих компрессорных станций. В то же время, если оценивать мировую практику, то резистивное заземление нейтрали – это наиболее широко применяемый способ. Резистор в отечественных сетях 6-35 кВ может включаться так же, как и реактор, в нейтраль специального заземляющего трансформатора.

Различают два варианта реализации резистивного заземления нейтрали: высокоомный или низкоомный.

В связи с износом электросетевого оборудования однофазные замыкания нередко переходят в многофазные. Общее старение сетей приводит к то-

му, что при однофазных замыканиях изоляторы на оставшихся фазах не выдерживают перенапряжений. Происходит их пробой и в связи с тем, что замыкание переходит в многофазное, происходят отключения линий и потеря питания у потребителей. В результате теряется основное свойство изолированной нейтрали – сохранение надёжности питания потребителей при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ).

При анализе статистики технологических нарушений сетей ОАО «МРСК Сибири» было выявлено, что около 80% ОЗЗ переходят в отключения, то есть в большинстве случаев, что на практике подтверждает факт увеличения ненадёжности режима изолированной нейтрали для потребителей по мере старения сетей.

До 2003 года у эксплуатирующих электроэнергетических организаций не было формального права по внедрению на своих электроустановках 6-35 кВ защитных высокоомных резисторов (ЗР) для заземления нейтрали сети. Но некоторые главные инженеры, видя перспективу по возможности организации безаварийной работы своих сетей, на свой страх и риск, брали на себя ответственность и внедряли данные защитные аппараты. Подход эксплуатирующих организаций базировался на [1] и понимании физики процесса при установке ЗР. ЗР, производства ООО ПНП «БОЛИД», были установлены в сетях как с дугогасящими реакторами, так в сетях без компенсации емкостного тока ОЗЗ. Примеры реализованных проектов для сетей 35 кВ в сетях ОАО «МРСК Сибири», где существовали дугогасящие реакторы, представлены на следующих рисунках:

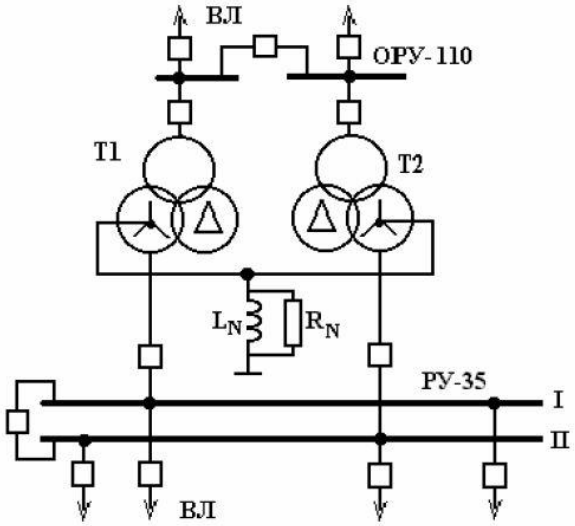

Рис.1 Схема подключения высокоомного резстора
параллельно дугогасящему реактору

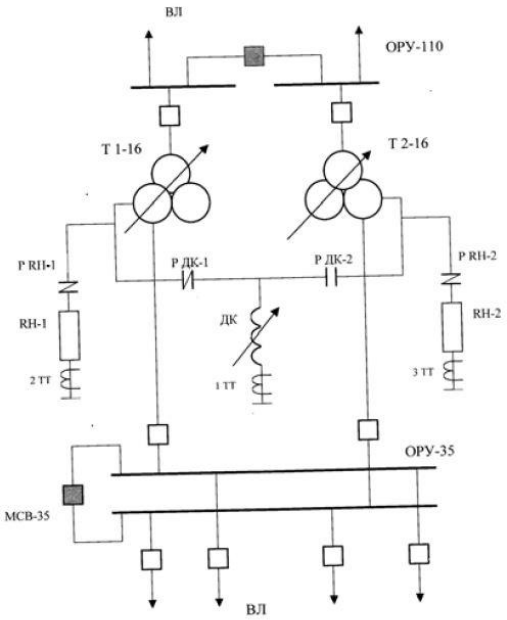

Рис.2 Схема с возможностью подключения высокоомного резистора к нулевому выводу трансформатора

В сетях 6 ÷10 кВ резистор может быть установлен в нейтраль «звезды» высокой стороны трансформаторов 6 ÷10 кВ со схемой соединения обмоток Yo/Δ, Yo/Yo либо специальных фильтров присоединения нулевой последовательности. Использование трансформаторов со схемой соединения обмоток Yo/Yo для подключения как резисторов, так и дугогасящих реакторов, имеет ряд существенных особенностей и ограничений, в связи
с чем не может быть рекомендовано для типового применения при подключении резисторов для заземления нейтрали.

У сетей 35 кВ резистор может быть подключен к выведенной нейтрали обмотки 35 кВ трансформатора 110(220)/35/10(6) кВ.

В сетях 6 ÷10 кВ распределительных подстанций часто отсутствует явно выведенная нейтраль. В этом случае могут быть рекомендованы варианты подключения резисторов к нейтралям специальных трансформаторов малой мощности со схемой соединения обмоток Yo/Δ или фильтров нулевой последовательности, например, типа ФМЗО, обмотки которого соединены в зигзаг.

Высокоомный резистор может применяться в сетях с большими ёмкостными токами параллельно с дугогасящим реактором. Данный способ позволяет компенсировать ёмкостные токи и снижать уровень перенапряжений. При этом данный метод в любом случае будет эффективен, даже если реактор не будет настроен в резонанс на компенсацию ёмкостного тока сети. Если же уровень ёмкостного тока, регламентированного в [2] не превышает уровня, требующего установки дугогасящего реактора возможно установить только высокоомный резистор.

Было проведено сравнение переходных процессов в сетях с изолированной нейтралью и сетях, заземлённых через высокоомный резистор. При этом, выявлено снижение перенапряжений в 1,7 раз в тех сетях, где установ-

лен высокоомнный резистор по сравнению с сетями с изолированной нейтралью. Данный метод позволяет повышать надёжность потребителей электроснабжения, так как замыкание не будет переходить в многофазное, а высокоомный резистор будет потреблять часть ёмкостного тока сети.

С целью сохранения преимуществ изолированной нейтрали в сетях 6-35 кВ следует применять высокоомный резистор. Сохраняя питание у потребителей, высокоомный резистор защищает оборудование (в особенности асинхронные двигатели) от повреждений высоким уровнем перенапряжений.

Список литературы:

1.Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ (ТИ 34-70-070-87). – М.: СПО Союзтехэнерго, 1988.

2. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: ЗАО "Энергосервис", 2007. – 887 с.

3. Кадомская, К.П. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: учебник / К.П. Кадомская, Ю.А. Лавров, А.А. Рейхердт. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 368 с.

4. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений / Ф. Х. Халилов, Г. А. Евдокунин, В. С. Поляков и др.; Под ред. Ф. Х. Халилова, Г. А. Евдокунина, А. И. Таджибаева. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ие, 2002. – 272 с.

5. О способах подключения высокоомных защитных резисторов для заземления нейтрали сети и их безопасной эксплуатации / Н.И. Емельянов, М.А. Ильиных, Д.С. Кудряшов // Сборник V Всероссийской конференции. – Новосибирск: НГТУ, 2008.