

## ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ СЕТЕЙ 6-35 КВ

**Кравченко Ю.С., студент, Паненко Е.Н., ассистент**

*КПИ им. Игоря Сикорского, кафедра электрических сетей и систем*

**Введение.** Режим заземления нейтрали оказывает решающее влияние на надежность электроснабжения потребителей, уровень изоляции оборудования, безопасность персонала, обслуживающего электрооборудование, а также на процессы в сети во время однофазных замыканий на землю (ОЗЗ). При ОЗЗ изменяются напряжения фаз относительно земли, появляются токи замыкания на землю, возникают перенапряжения в сетях, а также перемежающиеся дуги, длительное горение которых может вызвать междуфазное КЗ. Степень изменения симметрии сети зависит от режима нейтрали, т.е. от способа ее заземления [1]. Поэтому способ заземления нейтрали является важной характеристикой каждой электрической системы.

**Цель работы:** анализ способов заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ.

**Сети с изолированной нейтралью.** Нейтраль этих сетей не присоединяется к заземляющему устройству или присоединяется к нему через трансформатор напряжений.

Главное достоинство этого способа в том, что сеть может продолжать работать при ОЗЗ, а в месте повреждения наблюдаются малые токи. Однако при таком исполнении нейтрали имеют место значительные недостатки. При дуговых перемежающихся замыканиях на землю велика вероятность возникновения феррорезонансных явлений и недопустимого уровня перенапряжений на неповрежденных фазах [2]. Амплитуда дуговых перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью может достигать  $3,2 U_{\text{фм}}$  на неповрежденных фазах и  $2,2 U_{\text{фм}}$  – на поврежденной.

**Компенсация емкостного тока замыкания на землю.** В ПУЭ говорится, что «компенсация емкостного тока замыкания на землю через дугогасящий резистор должна применяться при таких значениях этого тока в нормальных режимах: в сетях 6-20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на воздушных линиях электропередачи, и во всех сетях 35 кВ – более 10А; в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор, на воздушных линиях электропередачи напряжением 6 кВ – более 30 А, при напряжении 10 кВ – более 20А, при напряжении 15-25 кВ – более 15А». В сетях с таким типом заземления емкостной ток замыкания на землю компенсируется индуктивными токами, проходящими через катушку реактора. Вследствие чего, суммарный ток в месте повреждения практически равен нулю при условии резонансного настраивания ДГР с сетью.

При использовании ДГР снижается скорость восстановления напряжения на поврежденной фазе и амплитуда перенапряжений в сравнении с некомпенсированной сетью не превышает  $2,8 U_{\text{фм}}$  [1]. Следует также отметить, что возможна работа такой сети в режиме ОЗЗ, и снижение вероятности перехода однофазных замыканий в многофазные.

Главным недостатком является то, что при недокомпенсации емкостного тока в аварийных случаях может привести к большему перенапряжению, чем даже в некомпенсированной сети. По этой причине предпочтительно иметь небольшую перекомпенсацию, если нет возможности резонансной настройки ДГР. Допустимой расстройкой компенсатора считается 5%. Поэтому очень важна возможность регулирования ДГР. Существует три разновидности ДГР: ступенчатые ДГР, плунжерные ДГР и ДГР с подмагничиванием. Очевидно, что ступенчатые ДГР не способны обеспечить требуемую точность настройки ДГР.

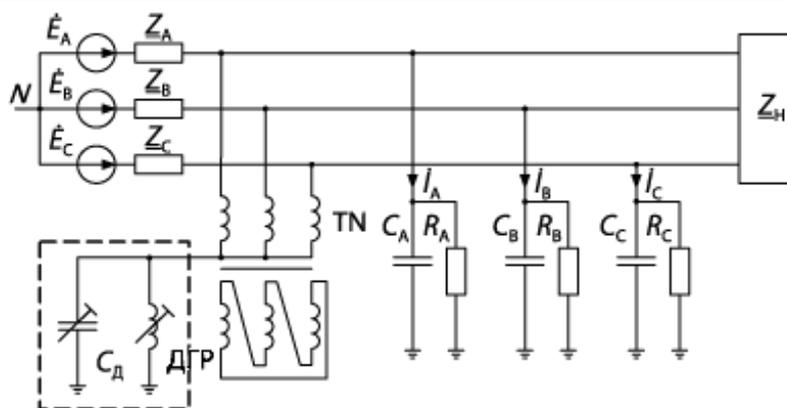


Рисунок 1 – Эквивалентная схема сети с одним компенсирующим устройством

В настоящее время целесообразно использовать реакторы с плавно регулируемым воздушным зазором в магнитопроводе (увеличение зазора уменьшает индуктивность) - плунжерные ДГР. Неоспоримое их достоинство – существование микроконтроллерных регуляторов для управления ДГР, что делает возможным автоматическое регулирование. Что касается ДГР с подмагничиванием, то можно выделить много минусов. Во-первых, на сегодняшний день отсутствует система автоматического регулирования с достаточной надежностью. Следует отметить экономическую сторону, реакторы с подмагничиванием обходятся дороже в несколько раз по сравнению с плунжерными ДГР, а также их применение включает затраты на подмагничивание.

Стоит сделать акцент на еще одном недостатке компенсированных сетей – сложность обнаружения места аварии и обеспечения работы релейной защиты от ОЗЗ.

**Заземление нейтрали через резистор.** Существует два основных варианта такого заземления: низкоомное и высокоомное.

Заземление нейтрали через высокоомный резистор применяется для ограничения перенапряжений при ОЗЗ и обеспечения селективной работы релейной защиты. При использовании высокоомных резисторов сохраняется возможность длительной работы сети при ОЗЗ.

Выбранный резистор должен быть способным потребить энергию, запасенную элементами сети в их емкости, за время между ближайшими замыканиями, которое составляет 0,008-0,010 с. Для этого сопротивление

резистора выбирают из условия  $I_R > I_C$ . При правильном выборе резистора перенапряжения будут составлять 1,8-2,2  $U_{фm}$ .

Заземление нейтрали через низкоомный резистор используется для быстрого отключения ОЗЗ релейной защитой. В этом случае сопротивление резистора выбирается наименьшим согласно следующим условиям: ток замыкания на землю должен быть достаточным для срабатывания релейной защиты и должна обеспечиваться селективность срабатывания защит на отключение.

**Современные ДГР.** Сегодня в некоторых странах Европы используется ДГР совместно с резистором. Для этого ДГР имеют специальную вторичную обмотку, к которой подключается резистор. При дуговых замыканиях ДГР, настроенный в резонанс системами автоматического регулирования, снижает перенапряжение до приемлемого значения. В случае металлического замыкания на землю к вторичной обмотке подключается резистор на время, достаточное для срабатывания защиты [3].

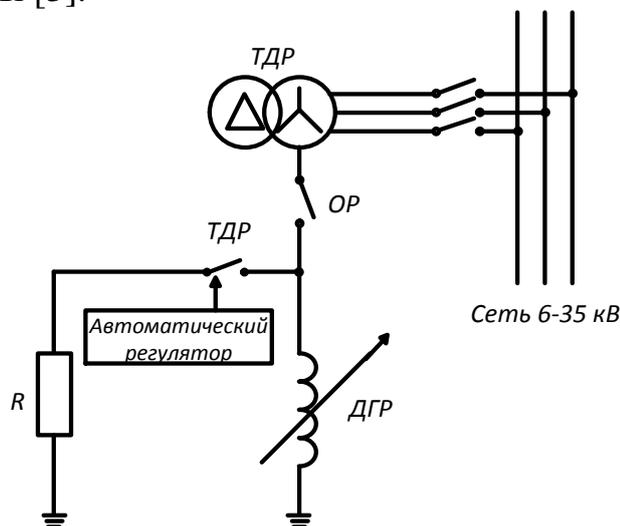


Рисунок 2 – Схема подключения резистора параллельно ДГР

**Выводы.** Каждый рассмотренный метод заземления обладает как преимуществами, так и недостатками. Стоит отметить, что в рассмотренном вопросе нет точного решения для всех случаев. Выбор режима заземления нейтрали должен выполняться для каждой сети индивидуально, с рассмотрением всех возможных факторов.

#### Перечень ссылок

1. Боровиков В.А, Косарев В.К, Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем. - «Энергия», Ленинград, 1977. – 392 с.
2. Бурчевский В.А., Владимиров Л.В., Ощепков В.А., Суриков В.А. Обзор режимов заземления нейтрали в электрических сетях 6-35 кВ // Омский научный вестник. – Вып. №1(77).– 2009. – С.122–126.
3. Мирнов И.А. Проблемы выбора режимов заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ // Электро.- № 5. – 2006. – С.32-36.