ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 6-35 кВ С ПОМОЩЬЮ РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ

Сарин Л.И., Ильиных М.В., ЦарегородцевН.Г., Дудукалова Е.В., Полозюк Д.В.
ООО «ПНП Болид»

В современном промышленном мире любое отключение электроэнергии приводит к самым печальным и непредсказуемым последствиям. В августе и сентябре 2003 года, аварии в энергосетях потрясли почти все промышленные страны.

В подавляющем большинстве подобных случаев причинами аварии это перенапряжения в том числе, возникающие в случае однофазных замыканий на землю .

Как правило, экономический ущерб от подобного рода ситуаций может достигать десятков и даже сотен тысяч рублей.

В сетях 6÷35 кВ, работающих в режиме изолированной или резонанснозаземленной нейтрали, внутренние перенапряжения являются причиной значительного числа аварий. Наиболее частым видом опасных перенапряжений являются перенапряжения при дуговых замыканиях (ОДЗ), возникающие в случае однофазных замыканий на землю (ОЗЗ). Их доля среди всех видов аварий значительна (до 80%). Такие перенапряжения часто существуют в виде переходных процессов при перемежающейся дуге и опасны для электроустановок высокими кратностями перенапряжений Uпер=3÷3,5Uф, своей продолжительностью и широтой охвата сети, электрически связанной с местом повреждения.

Заземление нейтралей через дугогасящие реакторы компенсирует емкостные токи в месте замыкания и снижает в ряде случаев величины перенапряжений. Однако остается опасность возникновения больших кратностей перенапряжений при сочетании ОДЗ и неполнофазных режимов, возникающих при замедленной работе или отказе фаз выключателя и неточной настройке дугогасящего реактора. Используемая автоматическая настройка реактора в силу инерционности и имеющегося допуска в настройке не позволяет полностью устранить максимальные кратности возникающих перенапряжений.

Значительную долю нарушений составляют повреждения вследствие феррорезонансных перенапряжений. Наиболее часто отмечаются выходы из строя измерительных трансформаторов напряжения при длительных перемежающихся дуговых замыканиях на землю. Вызывая относительно невысокие перенапряжения, они сопровождаются повышенными токами в обмотках, что приводит к термической неустойчивости и перегоранию обмоток.

Все применяемые способы ограничения перенапряжений основаны на использовании методов и средств, способствующих стеканию зарядов на землю, появляющихся в трехфазной сети, например, при дуговых замыканиях на землю и приводящих к появлению напряжения смещения нейтрали.

Использование ОПН, уровни срабатывания которых удается приблизить к величинам допустимых кратностей кратковременных перенапряжений, недостаточно. Такие уровни ограничения позволяют снизить коммутационные, но не устраняют феррорезонансные и дуговые перенапряжения, которые могут длительно существовать с величинами менее чем 2,8Uф. Длительные перенапряжения таких уровней опасны для ослабленной изоляции устаревших двигателей, обмоток трансформаторов напряжения и самих ОПН.

В настоящее время распределительные сети 3÷35 кВ, особенно городские, достаточно резервированы и подготовлены как к более полной автоматизации, так и к переходу к работе с резистивно заземленными нейтралями.

В этом случае снижение дуговых перенапряжений достигается заземлением нейтрали сети через активное сопротивление. Исключается и повреждение трансформаторов напряжения. В зависимости от конструктивного исполнения и

величины сопротивления возможно ограниченное и постоянное подключение резистора в режиме ОЗЗ.

В первом варианте резистор рассчитывается на ограниченную мощность, что допускает протекание токов ОЗЗ в течение короткого времени, не более 1¸10 сек. За это время должно быть обеспечено срабатывание специальной селективной защиты, отключающей поврежденный фидер.

Во втором варианте резистор функционирует в длительном режиме до устранения аварии. Это позволяет демпфировать перенапряжения в течение времени существования ОЗЗ и обеспечить непрерывность электроснабжения.

Выбор схемы подключения и величины резистора является оптимизационной задачей. Вариант использования резистора, находящегося под действием напряжения только в течение времени, достаточного для аварийного отключения присоединения, имеет ряд ограничений:

- Любая несимметрия, даже в пределах, допускаемых ГОСТ, будет приводить в нормальном режиме к длительному выделению мощности на резисторе.
- Принудительное отключение потребителя через 3÷10 с является крайне нежелательным для ряда объектов, в частности для станций электрохимической защиты газопровода, двигателей химических и нефтехимических производств.
- Заземление нейтрали, увеличивающее ток замыкания с использованием резистора 100÷200 Ом, увеличивает вероятность расплавления стали статора даже при быстродействующем отключении повреждений.
- Выделение в резисторе в нормальном или аварийном режиме энергии, превышающей допустимую, приводит к срабатыванию собственной защиты резистора и его отключению.

Вариант подключения резистора величиной несколько кОм (1÷3 кОм) предполагает постоянное присоединение резистора к нейтрали, что исключает вышеуказанные недостатки.

Параметры резистора рассчитываются по условию ограничения перенапряжений до заданной величины (обычно до уровня испытательного для вращающихся машин), ток замыкания на землю при этом практически не меняется. Резистор изготавливается на базе композиционного материала и рассчитан на время воздействия наибольшего фазного напряжения не менее 6 часов, что позволяет обходиться без устройств автоматики и защиты для его отключения.

Возможные схемы подключения резисторов в сетях 3 ÷35 кВ приведены на рис. 1. В сетях 3 ÷10 кВ генераторного напряжения и собственных нужд электростанций наиболее приемлемы варианты подключения резисторов к нейтралям трансформаторов собственных нужд (рис.1-а) или специальных фильтров нулевой последовательности типа ФМЗО (рис.1-б). При этом мощность устройств определяется необходимостью длительной работы в режиме однофазного замыкания и обеспечения апериодического процесса разряда емкости фаз.

Подключение резисторов в схемах ГРУ, СН электростанций и п/с.

а) **б)**

Рис.1.

В сетях 6 ÷35 кВ распределительных подстанций часто отсутствует явно выведенная нейтраль. В этом случае возможны варианты подключения резисторов к нейтралям специальных трансформаторов малой мощности со схемой соединения обмоток Y/Δ (рис.1-а) или фильтров нулевой последовательности ФМЗО (рис.1-б).

Сравнительно низкая стоимость высокоомных резисторов (1¸3 кОм), включаемых в нейтрали трансформаторов малой мощности либо специальных фильтров нулевой последовательности типа ФМЗО, ставят это мероприятие вне конкуренции с иными способами ограничения перенапряжений.

В настоящее время нами разработаны и серийно выпускаются резисторы типа РЗ для заземления нейтрали сетей 3 ¸ 35 кВ. Резистор данного типа рассчитан на время воздействия наибольшего фазного напряжения до 6 часов, что позволяет обходиться без автоматики и защит для его отключения.

Рис.2

Резистор (рис. 2) состоит из отдельных элементов, каждый из которых представляет собой резистивную пластину или несколько пластин, помещенных в кожух с диэлектрической теплопроводной прокладкой между кожухом и пластиной. Элементы соединяют последовательно, ориентируют вертикально и закрепляют на раме. Величина зазора определяется уровнем допустимого пробивного напряжения и теплоотводом.

Пластины изолированы от металлического корпуса изолирующими прокладками. Металлический герметичный корпус снабжен устройством для выравнивания давления внутри тела резистивного элемента.

Конструктивное выполнение резистора в виде набора вертикально ориентированных отдельных пластин создает хороший теплоотвод от пластин в воздух за счет естественной конвекции. Это дает возможность стационарной работы резистора в неполнофазном режиме. В соответствии с правилами эксплуатации электроустановок неполнофазный режим может продолжаться до 6 часов без отключения потребителей и резистора.

Выполнение резистора из набора отдельных пластинчатых элементов дает возможность легко и быстро подобрать необходимое количество составляющих элементов для обеспечения нужного сопротивления и мощности в сетях от 3 до 35 кВ.

Эксплуатация резисторов типа РЗ на распредустройствах генераторного напряжения и распредустройствах собственных нужд 3 ÷ 10 кВ осуществляется на Тобольской ТЭЦ-1, Барнаульской ТЭЦ-2, Новосибирской ТЭЦ-2, Новосибирской ТЭЦ-4, Саратовской ТЭЦ-3, в распредустройствах 6 ÷35 кВ на КНС "Давыдовская" ("Мострансгаз), Тобольском нефтехимкомбинате, Омском нефтеперерабатывающем заводе, ПС "Тяжинская" ВЭС "Кузбассэнерго", ПС "Мирный" ЗЭС "Якутскэнерго".

Полученные в результате эксплуатации данные показывают снижение повреждаемости электрооборудования на присоединениях секций шин с установленными резисторами, что подтверждает реальное ограничение кратности дуговых перенапряжений при подключении резистора. Ограничение кратности дуговых перенапряжений приводит к уменьшению числа перекрытий изоляции и снижению общего числа ОЗЗ, и, кроме того, снижение кратностей коммутационных перенапряжений на "здоровых" фазах в режиме ОЗЗ приводит также к уменьшению количества переходов ОЗЗ в двойные замыкания. Также в результате эксплуатации было выявлено, что введение высокоомного резистора в нейтраль повышает селективность определения аварийного фидера существующими вариантами защит. Это объясняется тем, что протекание даже незначительного активного тока в аварийном присоединении позволяет демпфировать высокочастотные переходные процессы при однофазном замыкании, которые являются основной причиной неселективной работы существующих защит.

В таблице приведены технические характеристики наиболее часто используемых типов резисторов.

Параметры резисторов для заземления нейтрали сети 6-10-35 кВ.

Тип Резистора	Ном. напряжение сети. кВ	Ном. мощность, кВт	Номинал резистора, Ом	Место установки	Год выпуска	Режим нейтрали сети
РЗ-1700-10-6	6	10	1700	ТЭЦ-3 Саратовэнерго	1999	изолир.
РЗ-1000-40-10	10	40	1000	КС Давыдовская Мострансгаз	1998-2000	изолир.
РЗ-1000-12-6	6	12	1000	Кем.ТЭЦ Кузбассэнерго	2001	компен.
РЗ-500-24-6	6	24	500	Барнаульская ТЭЦ-2	1998	компен.
РЗ-1000-40-10	10	40	1000	ПС Мирный Якутскэнерго	2001	компен.
РЗ-8000-51-35	35	51	8000	ПС Тяжинская Кузбассэнерго	2001	компен.
РЗ-4000-102-35	35	102	4000	Сибнефть-ОНПЗ г. Омск	2002	компен.

На основании изложенного считаем необходимым и экономически целесообразным рекомендовать использование для снижения уровня возникающих перенапряжений при замыканиях на землю в сетях 3 ¸ 35 кВ постоянно включенные в нейтраль *высокоомные активные резисторы, рассчитанных на возможность длительной работы в режиме однофазного напряжения*. Номинал резистора уточняется для конкретной схемы по условию заданного уровня ограничения перенапряжений.