

# **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РЕЗИСТОРОВ ТИПА РЗ В СЕТЯХ СРЕДНИХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЯ**

*Ильиных М. В., Сарин Л.И., Ширковец А.И.(ООО "ПНП БОЛИД", г.Новосибирск)*

## ***Введение***

Высокий уровень аварийности в сетях 6-35 кВ зачастую связан с возникновением неполнофазных режимов – в частности, однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), доля которых от всех видов повреждений по разным оценкам может достигать 90% [1, 2]. При этом возникают перенапряжения высокого уровня, опасные для изоляции оборудования сети своей длительностью и охватывающие всю электрически связанную сеть. Решающее влияние на уровень перенапряжений при дуговых замыканиях на землю (ОДЗ) оказывает режим заземления нейтрали сети. Традиционное применение в отечественных сетях 6-35 кВ исключительно схем с изолированной нейтралью и нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор (ДГР), не всегда оправдано.

Сегодня на базе решений, предлагаемых производителями устройств защиты от внутренних и грозовых перенапряжений (в частности, ОПН и резисторов для заземления нейтрали), может быть построена достаточно надежная система ограничения перенапряжений с целью снижения повреждаемости ответственного электрооборудования.

## ***Применение резисторов в сетях 6-35 кВ различного назначения***

К настоящему времени компанией «ПНП Болид» изготовлено и введено в эксплуатацию более пятисот резисторов на номинальное напряжение 3-35 кВ.

Эксплуатация резисторов типа РЗ осуществляется на распределительных устройствах генераторного напряжения, сетях собственных нужд и ГРУ 6-10 кВ ряда ТЭЦ Барнаула, Кемерово, Новосибирска, Саратова, а также на напряжениях 6-35 кВ электростанций и подстанций "Кузбассэнерго", "Омскэнерго", "Вологдаэнерго", "Ленэнерго", "Якутскэнерго", "Сведловэнерго", "Оренбургэнерго", "Пермьэнерго", "Иркутскэнерго", "Сахалинэнерго", Сегежском целлюлозно-бумажном комбинате, Омском нефтеперерабатывающем заводе и др.

Установка резистора на шинах СН станции позволяет защитить все двигатели, присоединенные к шинам, а стоимость резисторной установки составляет ориентировочно 50-60% стоимости ремонта одного двигателя в случае его повреждения. По оценке специалистов ОАО "Кузбассэнерго" стоимость установки резистора окупается только по прямым затратам уже через 1,5-2 года.

Высоковольтные резисторы типа РЗ установлены в электрических сетях 10 кВ компрессорных газоперекачивающих станции на предприятиях "Мострансгаз", "Томсктрансгаз", "Уренгойгазпром", "Сургутгазпром", "Надымгазпром", в распределительных сетях 6-35 кВ нефтеперерабатывающих заводов, а также сетях ряда металлургических заводов – ОАО "Северсталь" (г.Череповец), "ЕвразХолдинг" (Новокузнецкий металлургический комбинат), корпорации "АВИСМА" (г.Березняки), группы "УГМК" (Металлургический завод им. А.К. Серова, Серовский завод ферросплавов), ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат", Республики Беларусь (ОАО "Белорусский металлургический комбинат"); резисторы в составе RC-цепочек - предприятия компании "ОМК", Челябинский электрометаллургический завод.

Особенно активно в последнее время проявляют интерес к проблеме режима нейтрали предприятия горнорудной промышленности. Резисторы типа РЗ установлены в сети

электроснабжения карьеров "Иршанского ГОК" (Украина), "Карельского Окатыша" (г. Костамукша), карьера и обогатительной фабрики "Соколовско-сарбаевского ГОКа" (г. Рудный, Республика Казахстан). Планируется поставка резисторов для сетей целого ряда угольных карьеров СУЭК.

Достаточно новым интересным проектом является установка импульсных (с ограниченным временем термической стойкости) резисторов производства "ПНП БОЛИД" в нейтрали сетей 20 кВ ТЭЦ-16 и ПС "Сити-2" "Мосэнерго", выполненных кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Разработаны и активно поставляются резисторы компактных размеров номиналом 100-300 Ом для комплектации шкафов КРУ резистивного заземления нейтрали таким предприятиям-производителям ячеек КРУ, как «Московский завод «Электроштит», «Электроштит-ТМ Самара», «Новая ЭРА», Завод «Электропульт» (г. Санкт-Петербург), «Элмаш-М», ЧЗСЭ «Электросила» (г. Чебоксары).

На сегодняшний день, базируясь на успешном опыте эксплуатации резисторов типа РЗ, их активно включают в свои проекты «Тяжпромэлектромет», "ВНИПИгаздобыча", «Востоксибсельэнергопроект», «Томскэлектросетьпроект», «Уралсельэнергопроект», «Вологдасельэнергопроект», "Магнитогорский гипромет" и ряд других проектных организаций.

С участием специалистов «ПНП Болид» созданы нормативные документы о применении различных режимов заземления нейтрали сетей 6-35 кВ, в том числе резистивном заземлении нейтрали и ограничении внутренних перенапряжений для ОАО "РАО Газпром", ОАО «АК «Транснефть».

***Обобщая отзывы предприятий эксплуатирующих резисторы типа РЗ для заземления нейтрали сети, можно констатировать следующее:***

1. Сети ГРУ и собственных нужд электростанций (Барнаульская ТЭЦ-2 – 10 лет эксплуатации РЗ, Энгельская ТЭЦ-3 – 9 лет, Кемеровская ТЭЦ – 7 лет и др.) – переходы однофазного замыкания в многоместные повреждения не зафиксированы, кроме того, отмечается снижение частоты замыканий на землю в среднем на 25-30%;
2. Кабельные сети 6-35 кВ («Сибнефть-ОНПЗ» - 6 лет эксплуатации РЗ, ТЭЦ КМК – 5 лет, СарГРЭС – 5 лет и др.) – практически до нуля снизилось количество фиксируемых замыканий на землю;
3. Воздушные сети 35 кВ (ряд ПС 110/35/10 кВ северных и восточных сетей «Кузбассэнерго»: ПС "Тяжинская" – 7 лет эксплуатации РЗ, ПС "Тисульская" – 6 лет, ПС "Макаракская" – 5 лет и др.) – напряжение на нейтрали, обусловленное несимметрией сети, введено в допустимые пределы, отсутствие повреждения оборудования (ТН, ячейки, и др.) в течение всего срока эксплуатации резисторов;
4. Эффективная координация средств защиты от перенапряжений – исключение повреждений ОПН, которые избавлены от воздействия дуговых перенапряжений (подстанции ВЭС «Кузбассэнерго» и др.);
5. Селективная работа защиты от замыканий на землю (КС «Давыдовская» – 8 лет эксплуатации РЗ, «Иршанский ГОК» – 5 лет, и др.)

#### ***Заземление нейтрали сети через параллельно включенные ДГР и резистор***

Рекомендуемое ПУЭ заземление нейтралей через дугогасящие реакторы (ДГР) ведет к компенсации емкостных токов в месте замыкания, что создает условия самогашения дуги 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 ДГР. Используемая автоматическая настройка реактора в силу инерционности и имеющегося допуска в управлении индуктивным током в отдельных случаях не позволяет полностью устранить возникающих при ОДЗ перенапряжения высокой кратности [3].

Для исключения таких явлений параллельно ДГР следует включать высокоомные резисторы. К этому решению приходят многие организации, эксплуатирующие сети 6÷35 кВ, оснащенные ДГР. Включение в нейтраль параллельно дугогасящему реактору активного сопротивления способствует быстрому снижению свободных колебаний, гашению биений и снижению напряжения на поврежденной фазе. В этом случае резистор обеспечивает перевод процесса из колебательного в апериодический. Ограничение уровней перенапряжений при ОДЗ приводит к уменьшению числа перекрытий изоляции и снижению общего числа фиксируемых замыканий. Наблюдается практически полное исключение переходов ОЗЗ в двойные замыкания [4].

*В качестве примера рассмотрим опыт эксплуатации высокоомных резисторов для заземления нейтрали типа РЗ в электрических сетях 6 и 35 кВ "Сибнефть-Омский НПЗ".*

Электрические сети 6-35 кВ такого крупного предприятия, как Омский нефтеперерабатывающий завод, имеют сложную и протяженную структуру. Протяженность кабельных линий сети 35 кВ составляет почти 90 км, больше половины из них проложены в земле. Суммарная длина внутренней сети 6 кВ около 500 км. Большое количество кабелей имеют значительный срок эксплуатации.

ОАО "Сибнефть-Омский НПЗ" имеет для обеспечения надежной работы сети 35 кВ двухстороннее питание со стороны ТЭЦ-3 и со стороны ТЭЦ-4. Суммарный емкостной ток однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) кабельных присоединений 35 кВ составляет 220 А со стороны ТЭЦ-3 и около 280 А со стороны ТЭЦ-4.

Сеть 35 кВ работает в режиме резонанснозаземленной нейтрали. Этот режим работы позволяет сохранять работоспособность присоединений при длительных однофазных замыканиях на землю, что дает возможность эксплуатационному персоналу определить место повреждения и создать временную схему электроснабжения без обесточивания потребителей.

На основе выполненного анализа процессов в сети 35 кВ ОНПЗ с компенсированной нейтралью при однофазных дуговых замыканиях на землю были разработаны мероприятия по ограничению перенапряжений в сетях 35 кВ ОАО "Сибнефть-Омский НПЗ" с использованием высокоомных резисторов для заземления нейтрали. Было рекомендовано подключение к нейтрали 35 кВ каждого питающего трансформатора 110/35/10 кВ ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4 параллельно ДГР резисторов. Резисторы РЗ-4000-102-35 (рис. 1) были установлены и введены в эксплуатацию в 2001 году.



Рис.1. Резисторы РЗ-4000-102-35 на ОРУ ТЭЦ-3, питающей ОНПЗ

Среднегодовое количество повреждений (без учета повреждений при земляных работах) с 1995 по 2000 ставило 14,7 повреждений/год.

После ввода резисторов с 2001 по 2006 год среднегодовое количество повреждений - 5,5 повреждений/год, практически все повреждения – замыкание одной фазы на землю, которые были выявлены персоналом путем поочередного отключения фидеров. Случаев перехода однофазных замыканий на землю в многоместные замыкания не наблюдалось.

Положительный опыт эксплуатации высокоомных резисторов для заземления нейтрали в сети 35 кВ способствовал их внедрению и в сети 6 кВ ГПП-220 1-я очередь I - IV секций шин Омского НПЗ. Четыре резистора РЗ-450-27-6 (рис.2) были установлены в 2003 году. В 2007 были поставлены еще 4 резистора РЗ-300-40-6 в сети 6 кВ ГПП-5.



Рис.2 Резисторы РЗ-450-27-6 ГПП-220 1 очередь

### **Заключение**

Как показывает многолетний (с 1998 г.) успешный опыт эксплуатации резисторов типа РЗ в электрических сетях различного назначения, применение резисторов как

самостоятельно – при их включении в изолированную нейтраль, так и параллельно дугогасящим реакторам позволяет решить целый ряд задач:

1. Кардинально ограничить перенапряжения высокой амплитуды при однофазных дуговых замыканиях на землю и, как следствие, избавиться от многоместных повреждений в сети;
2. в сетях с ДГР - ввести напряжение смещения нейтрали в допустимые пределы в нормальном режиме (если это необходимо), согласно требованиям нормативных документов;
3. исключить феррорезонансные и резонансные процессы и связанные с ними повреждения трансформаторов напряжения, а также другого электрооборудования;
4. выполнить чувствительные и селективные релейные защиты от однофазных замыканий на землю, основанные на токовом или фазном принципе;
5. обеспечить правильное функционирование защит от замыканий на землю за счет подавления резонансных процессов.

### ***Литература***

1. Вильгейм Р., Уотерс М. Заземление нейтрали в высоковольтных системах/ Пер. с англ. под ред. Д.В. Разевига. – М., Л.: Госэнергоиздат, 1959 – 415 с.
2. Шалин А.И. Замыкания на землю в сетях 6-35 кВ. Влияние электрической дуги на направленные защиты.// Новости ЭлектроТехники – 2005. - №7(37).
3. Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов – М.: Энергия, 1971.
4. Софинский А.В., Кучеренко В.И., Хуртов И.И. и др. Резистивное заземление нейтрали в сети собственных нужд Энгельсской ТЭЦ-3 «Саратовэнерго» // Электрические станции. - 2003. - №2.