

Опыт применения резистивного заземления нейтрали в электрических сетях 6 – 35 кВ

САРИН Л. И., ШИРКОВЕЦ А. И., ИЛЬНЫХ М. В.,
ООО "ПНП Болид", г. Новосибирск

Эксплуатационные качества электрической сети, такие, как надежность электроснабжения, степень тяжести аварийных повреждений, время ликвидации аварии, во многом определяются способом заземления нейтрали. Традиционное применение в отечественных сетях 6 – 35 кВ исключительно схем с изолированной нейтралью и нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор (ДГР), не всегда оправдано.

Заземление нейтрали сети через резистор, устанавливаемый как самостоятельно, так и параллельно уже включенным ДГР, позволяет кардинально решить проблемы перенапряжений при дуговых однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ) и феррорезонансных явлениях, снижая тем самым число повреждений изоляции оборудования высокого напряжения. Резистивное заземление создает условия для быстрого и надежного определения поврежденного фидера устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА).

Опыт эксплуатации показывает, что при внедрении резистивного заземления нейтрали число аварийных отключений при ОЗЗ, связанных с повреждением электрооборудования, уменьшается в среднем в 4 – 6 раз.

Конструктивное исполнение и материалы, применяемые для резисторов типа РЗ

Основу резистора РЗ составляют элементы защитного резистора типа ЭРЗ. Последний представляет собой соединенные в электрическую цепь элементы из материала ЭКОМ, помещенные в металлический корпус с диэлектрической теплопроводной прокладкой. Металлический герметичный корпус снабжен устройством для выравнивания давления внутри тела резистивного элемента. Резисторы ЭРЗ соединяют последовательно, ориентируют вертикально и закрепляют на раме. Расстояние между ними определяется номинальным напряжением

сети, в которой устанавливается резистор, и теплоотдачей в стационарном режиме.

Электропроводный композиционный материал ЭКОМ многофункционального назначения разработан на основе так называемой химически связанной керамики с электропроводными добавками и по совокупности свойств превосходит зарубежные и отечественные аналоги. Протекание тока в данном материале по всему объему обеспечивает высокую надежность резисторов РЗ, так как в отличие от проволочных резистивных элементов проводящие цепочки многократно дублируются. Материал ЭКОМ имеет отрицательный температурный коэффициент сопротивления (ТКС). При последовательном соединении элементов отрицательный ТКС позволяет выравнивать выделяемые мощности в различных резистивных элементах.

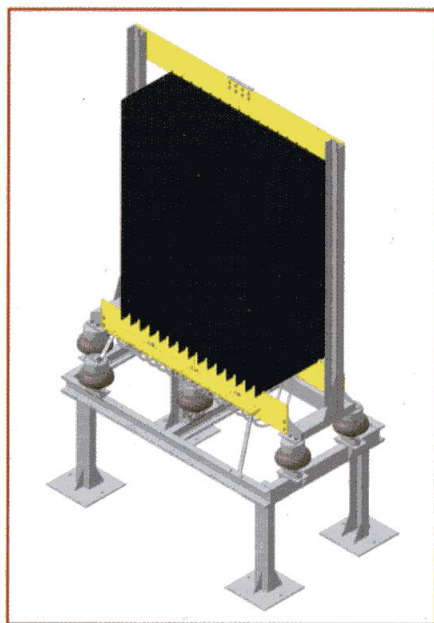
Резистор серии РЗ конструктивно выполняется из одного или нескольких унифицированных блоков. Общий вид последнего показан на рисунке. Аналогичную конструкцию, но иные габаритные размеры имеют блоки резисторов на 35 кВ. Основание с опорными изоляторами установлено на четырех опорных стойках. На изоляторах закреплены изоляционные пластины и вертикальные стойки. Первые служат опорой для элементов резистора, на вторых установлена регулируемая по высоте изоляционная пластина, с помощью которой элементы резистора ЭРЗ фиксируются сверху.

Следует отметить ремонтпригодность конструкции резистора РЗ и безопасность материалов, из которых он выполнен, для людей и окружающей среды. Отличительная особенность резистора РЗ для заземления нейтрали состоит в том, что он постоянно подключен к электрической сети и рассчитан на воздействие тока ОЗЗ при наибольшем фазном напряжении в течение 6 ч и более, что позволяет обходиться без устройств защиты и автоматики для отключения резистора.

Для подключения резистора РЗ к нейтрали в общем случае не требуется модернизации существующей релейной защиты. Рекомендуется подключать резистор к нейтрали трансформатора со схемой соединения обмоток "звезда с выведенной нейтралью/треугольник". При отсутствии явно выведенной нейтрали подсоединение резисторов осуществляется к нейтрали фильтра нулевой последовательности типа ФМЗО производства Раменского электротехнического завода "Энергия".

Применение резисторов в сетях 6 – 35 кВ

В настоящее время в эксплуатации находится более 500 резисторов на номинальное напряжение 3, 6, 10, 35 кВ, которые установлены в распределительных сетях, в сетях электростанций, а также в сетях электроснабжения городов и предприятий с различными режимами заземления нейтрали. Резисторы РЗ эксплуатируются в распределительных устройствах генераторного напряжения, сетях собственных нужд (СН) и ГРУ 6 – 10 кВ ряда ТЭЦ Барнаула, Кемерово, Новосибирска, Саратова, а также на напряжениях 6 – 35 кВ ряда электростанций и подстанций Кузбассэнерго,



Общий вид унифицированного блока резистора защитного типа РЗ на напряжение 6 – 10 кВ

Омскэнерго, Вологдаэнерго, Ленэнерго, Якутскэнерго, Сведловэнерго, "Оренбургэнерго, Пермьэнерго, Иркутскэнерго, Сахалинэнерго, на Сеgezском 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 примерно 50 – 60 % стоимости ремонта одного двигателя в случае его повреждения.

Высоковольтные резисторы типа РЗ размещены в электрических сетях 10 кВ компрессорных газоперекачивающих станций на предприятиях "Мострансгаз", "Томсктрансгаз", "Уренгойгазпром", "Сургутгазпром", "Надымгазпром", в распределительных сетях 6 – 35 кВ крупных промышленных предприятий, таких как ОАО "Северсталь", а также Новокузнецкого, Магнитогорского, Белорусского, Серовского металлургических комбинатов. В последние годы резисторы РЗ стали активно применяться в сетях предприятий горнорудной и химической промышленности. Большинство эксплуатирующих организаций в своих отзывах отмечают их надежность:

в сетях ГРУ и СН Барнаульской ТЭЦ-2, Энгельской ТЭЦ-3, Кемеровской ТЭЦ и других в течение более 7 лет ни разу не были зафиксированы случаи перехода ОЗЗ в многоместные повреждения. При этом частота замыканий на землю снизилась в среднем на 25 – 30 %;

в кабельных сетях 6 – 35 кВ предприятий "Сибнефть – ОНПЗ", ТЭЦ КМК, Саратовской ГРЭС за 6 лет эксплуатации не было зафиксировано практически ни одного ОЗЗ с переходом в междофазные КЗ;

в воздушных сетях 35 кВ ряда ПС 110/35/10 кВ Кузбассэнерго, где резисторы работают уже 5 – 7 лет, напряжение на нейтрали не выходит за пределы допустимых значений. При этом за весь срок эксплуатации резисторов повреждений оборудования (ТН, ячейки, и пр.) не наблюдалось;

на ряде подстанций Кузбассэнерго путем применения резисторов достигнута эффективная координация средств защиты от перенапряжений, исключены повреждения ОПН при однофазных дуговых замыканиях на землю;

на объектах КС "Давыдовская", "Иршанский ГОК" и других уже в течение 5 – 8 лет обеспечена селективная работа релейных защит от ОЗЗ.

При участии компании "ПНП Болид" разработаны нормативные документы о применении различных режимов заземления нейтрали, в том числе резистивного, для сетей 6 – 10 кВ ОАО "Газпром" и ОАО "АК Транснефть". Опыт эксплуатации резисторов РЗ на

объектах ОАО "Газпром" показал, что их применение позволяет избежать повреждения оборудования при ОЗЗ, а также возникновения феррорезонансных процессов и связанных с ними повреждений трансформаторов напряжения (ТН). Надежная работа резисторов для заземления нейтрали, как отмечают в эксплуатации, обеспечивает более длительный межремонтный срок службы мощных электродвигателей компрессорных станций и технологических производств газовой промышленности. Благодаря положительному опыту эксплуатации резисторов РЗ, последние включены в перспективные планы модернизации и реконструкции объектов ОАО "Газпром".

Для комплектации шкафов КРУ резистивного заземления нейтрали разработаны компактные резисторы (габаритный размер 670 × 570 × 550 мм, масса 79 – 95 кг) на номинальное сопротивление 100 – 300 Ом. Такие резисторы работают в комплексе с релейной частью. Они рассчитаны на кратковременную (15 – 20 с) работу при ОЗЗ и должны отключаться.

Выводы

1. Многолетний (с 1998 г.) успешный опыт эксплуатации резисторов в элек-

трических сетях различного назначения свидетельствует, что при переходе к резистивному или комбинированному заземлению нейтрали можно решить целый ряд проблем:

— кардинально ограничить перенапряжение высокой амплитуды при дуговых ОЗЗ и, как следствие, исключить многоместные повреждения в сети;

— в сетях с ДГР обеспечить напряжение смещения нейтрали в допустимых пределах при нормальном режиме (если это необходимо) согласно требованиям нормативных документов;

— исключить феррорезонансные и резонансные явления, а также связанные с ними повреждения ответственного электрооборудования;

— выполнить чувствительные и селективные релейные защиты от ОЗЗ, основанные на токовом или фазном принципе.

2. Ограничение перенапряжений при дуговых ОЗЗ с помощью резистивного заземления нейтрали обеспечивает эффективную координацию ОПН с более глубоким уровнем ограничения перенапряжений и меньшими энергетическими характеристиками.

Применение комбинированных электромагнитных экранов для обеспечения электромагнитной совместимости электрических реакторов

МИСРИХАНОВ М. Ш., доктор техн. наук, РУБЦОВА Н. Б., доктор биол. наук, ТОКАРСКИЙ А. Ю., канд. техн. наук, МЭС Центра — филиал ОАО "ФСК ЭЭС", НИИ медицины труда РАМН

Т ооограничивающие, фильтровые и другие электрические (воздушные, т.е. без ферромагнитного сердечника) реакторы, последовательно установленные в силовую электрическую цепь, создают в окружающем пространстве интенсивное магнитное поле (МП), в ряде случаев превышающее предельно допустимый уровень. Рассмотрим один из реакторов, содержащий 27 витков высотой 2 см и шириной 6,4 см, радиус витков 0,55 м, шаг намотки в ряду 3,85 см. В обмотке реактора протекает электрический ток $I_p = 2500$ А, который создает в пространстве МП.

Над реактором на высоте 2 м напряженность МП в точке D на оси реактора достигает $H_p = 658$ А/м (рис. 1). Если реактор (или группа реакторов) расположены на первом этаже технического здания электрической станции или подстанции, а на втором этаже раз-

мещена аппаратура релейной защиты и автоматики, то МП с высоким уровнем напряженности может привести к ее сбою, ложному срабатыванию и аварийному отключению.

Для снижения уровня МП, создаваемого реактором, можно использовать электромагнитные экраны, каждый из которых представляет собой замкнутый медный виток. С этой целью на расстоянии 0,35 м от верхнего и нижнего торцов обмотки реактора размещаются короткозамкнутые экранирующие витки ЭВ1 и ЭВ2 радиусом 0,9 м, высотой 5 см и шириной 4 см.

В экранирующих витках (ЭВ) магнитный поток наводит электродвижущие силы (ЭДС) $\dot{E}_{ЭВ} = 5,57e^{-j90}$ В, которые создают в них токи $\dot{I}_{ЭВ} = 3762e^{-j178}$ А. Токи ЭВ в окружающем пространстве наводят МП, направленное встречно МП реактора. В точке D напряженность