

единение должно быть отключено без выдержки времени. В этих условиях электробезопасность определяется сопротивлением заземляющего устройства, током ОЗЗ, длительностью существования режима ОЗЗ, уровнем напряжения прикосновения [9];

требований электробезопасности [12].

Высокочастотные коммутационные перенапряжения мало зависят от режима заземления нейтрали. Вместе с тем резистивное заземление нейтрали за счёт ограничения перенапряжений при ОДЗ позволяет использовать ОПН с параметрами, обеспечивающими более глубокий уровень ограничения коммутационных перенапряжений без опасения потери тепловой стабильности ОПН в режиме ОДЗ.

На основании перечисленного предлагается следующий комплексный подход к выбору средств ограничения перенапряжений в сетях 6 – 35 кВ.

1. Проведение детального анализа сети в различных режимах, определение ёмкостных токов ОЗЗ и режима ведения его компенсации, выполнение экспериментальных и расчётных исследований возможных перенапряжений.

2. Организация эффективной системы защиты от перенапряжений с помощью взаимно дополняющих друг друга мероприятий:

- оснащения нулевой точки сети высокоомным резистором (при больших ёмкостных токах ОЗЗ резистор устанавливается параллельно ДГР) в целях исключения опасных для всего оборудования сети перенапряжений при ОДЗ, эффективного подавления различных резонансных и феррорезонансных процессов, улучшения селективности работы РЗ от ОЗЗ;

- использования для заземления нейтрали сети низкоомного резистора при наличии достаточного резервирования и допустимости отключения повреждённого присоединения без выдержки времени;

- оснащения присоединений с двигателями и трансформаторами защитными аппаратами (ОПН или RC-цепями), устанавливаемыми, как правило, непосредственно у защищаемых объектов для обеспечения надёжной работы корпусной и витковой изоляции.

В процессе эксплуатации должно осуществляться грамотное техническое обслуживание электротехнического оборудования (в том числе и РЗ) с контролем всех требуемых настроек и параметров. Работы, проводимые с применением комплексного подхода к выбору средств ограничения перенапряжений, были выполнены на Сеgezском ЦБК, ОАО «Металлургический завод им. А. К. Серова», Нижнетагильском металлургическом комбинате, ООО «Томскнефтехим», Кемеровском ОАО «АЗОТ», подстанции Ферросплав (МРСК Урала) и многих других предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Защита сетей 6 – 35 кВ от перенапряжений* / Под ред. Ф. Х. Халилова, Г. А. Евдокунина, А. И. Таджикибаева. — СПб.: Изд-во ПЭИПК, 1997. — 216 с.

2. *Перенапряжения в электрических сетях 6 – 35 кВ* / Ф. А. Гиндуллин, В. Г. Гольдштейн, А. А. Дульзон, Ф. Х. Халилов. — М.: Энергоатомиздат, 1989.

3. *Беляков Н. Н., Кузьмичева К. И., Ивановски А.* Ограничение перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сети 6 кВ собственных нужд электростанций с помощью ОПН // *Электрические станции*. 1991. № 4.

4. *Базуткин В. В., Евдокунин Г. А., Халилов Ф. Х.* Ограничение перенапряжений, возникающих при коммутациях индуктивных цепей вакуумными выключателями // *Электричество*. 1994. № 2.

5. *Перенапряжения в электрических системах и защита от них* / В. В. Базуткин, К. П. Кадомская, М. В. Костенко, Ю. А. Михайлов. СПб.: Энергоатомиздат, 1995. — 320 с.

6. *Лихачев Ф. А.* Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью с компенсацией ёмкостных токов. — М.: Энергия, 1971.

7. *Кадомская К. П., Лавров Ю. А., Рейхердт А. А.* Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: Учебник для вузов. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. — 368 с.

8. *Поляков В. С.* Исследование феррорезонансных явлений и мер их предотвращения в цепи с трансформаторами напряжения: Дисс. ... канд. техн. наук. — ЛПИ, 1988. — 215 с.

9. *Глушко В., Ямный О., Ковалев Э.* Белорусские сети 6 – 35 кВ переходят на режим заземления нейтрали через резистор // *Новости электротехники*. 2006. № 3(39).

10. *Режимы заземления нейтрали сетей 3 – 6 – 10 – 35 кВ* // Доклады науч.-техн. конф. — Новосибирск: ГЦРО, 2000.

11. *Ограничители перенапряжений в электроустановках 6 – 750 кВ: Методическое и справочное пособие* / Под ред. М. А. Аронова. — М.: Знак, 2001.

12. *Материалы II Российской конф. по заземляющим устройствам: Сборник докладов* / Под ред. Ю. В. Целебровского. Новосибирск: Сибирская энергетическая академия, 2005.

13. *СТО 2-1.11-070–2006.* Методические указания по выбору режима заземления нейтрали в сетях напряжением 6 и 10 кВ дочерних обществ и организаций. — М.: Газпром, 2006.

14. *РД 13.260.00-КТН-166–08.* Технические решения на систему защиты электрооборудования ЗРУ 6 – 10 кВ НПС и линейной части МН от перенапряжений при замыканиях на землю в сетях 6 – 10 кВ, 2007.

Высоковольтные резисторы для сетей 3 – 35 кВ

ВАСИЛЬЕВА А. Ю., ПАВКИНА Е. М., инженеры, ООО «Болид»
nio_bolid@ngs.ru

Резисторы для заземления нейтрали ООО «Болид» выпускает более 10 лет. Приведена краткая технология производства резисторов, а также их основные технические характеристики и особенности.

Ключевые слова: резисторы для заземления нейтрали, технология производства, селективная релейная защита, перенапряжения при ОДЗ, коммутационные перенапряжения.

Главная деятельность ООО «Болид» связана с производством высоковольтных резисторов для заземления нейтрали сетей 3 – 35 кВ. К настоящему времени предприятием изготовлено и введено в эксплуатацию более 1000 резисторов, которые установлены в распределительных кабельно-воздушных сетях с различными режимами заземления нейтрали. Основные потребители продукции – дочерние общества и организации ОАО «Газпром», ОАО «Холдинг МРСК», заводы горнорудной и нефтедобывающей отраслей.

Технология производства

Современная рыночная экономика предъявляет высокие требования к качеству выпускаемой продукции — од-

ному из важнейших показателей деятельности предприятия, который определяет его выживаемость и успех в условиях рынка. Достойное качество выпускаемых резисторов достигается соблюдением основных принципов общего управления качеством (Total Quality Management):

- выработки и строгого следования стратегии;
- выбора надёжных поставщиков;
- обучения, управления и мотивации персонала;
- совершенствования производственной среды;
- использования многоуровневой системы сплошного контроля и пр.

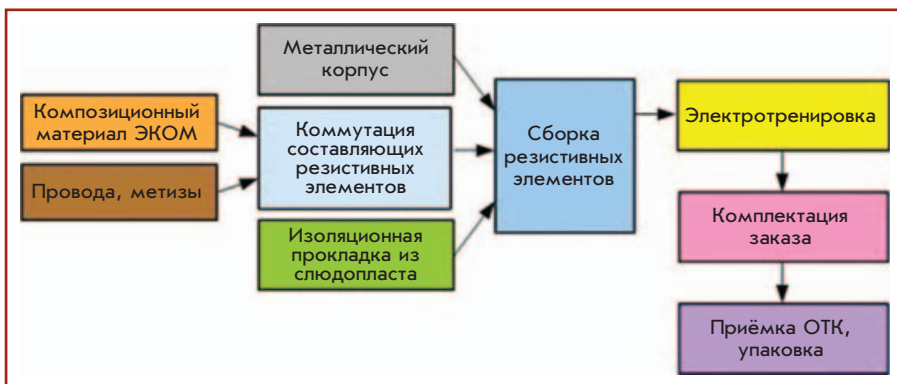


Рис. 1. Структурная схема производства высоковольтных резисторов для заземления нейтрали сети 3 – 35 кВ

Требования к технологии производства, качеству сырья и материалов, обеспечивающих производство высоковольтных резисторов, определяются назначением и условиями работы оборудования и регламентированы технологическими инструкциями для каждого его типа. Продукция, выпускаемая на предприятии согласно технологическим инструкциям, соответствует нормативной документации, устанавливающей основные технические требования к выполнению технических условий, чертежей, эскизов, договоров (контрактов).

Соответствие выпускаемой продукции технологическим инструкциям контролируют отдел технического контроля (ОТК), производственный отдел, а также цеховой персонал в соответствии с точками пооперационного контроля, стандартами организации и должностными инструкциями. На рис. 1 приведена принципиальная структурная схема производства высоковольтных резисторов для заземления нейтрали.

Нормативная документация

В связи с отсутствием государственных стандартов Российской Федерации защитные резисторы для заземления нейтрали выпускают согласно техническим условиям (ТУ) производителя: ТУ 3414-001-73132086–2010 (для сетей 3 – 10 кВ), ТУ 3414-002-73132086–2010 (для сетей 35 кВ), ТУ 3414-003-73132086–2010 (для КРУ), ТУ 3414-004-73132086–2010 (защитный резистор РЗ2), ТУ 3414-010-50389285–2006 (элементы резистора РШЭ).

Выпускаемые ООО «Болид» высоковольтные резисторы полностью удовлетворяют требованиям надёжности, а также обеспечения всех технических характеристик не только российского, но и зарубежного рынка. В марте 2011 г. компания подтвердила соответствие серийно выпускаемых резисторов принятым международным нормам ANSI/IEEE-Std32-1972 «Стандартные требования, терминология, и процедура испытаний устройств заземления нейтрали», что удостоверяет Сертификат соответствия TÜV № МК69240804, выданный органом сертификации «TÜV Rheinland InterCert Kft.» (рис. 2).

Высокоомные резисторы для заземления нейтрали

Выпускаемые ООО «Болид» высоковольтные резисторы предназначены для установки в схемах выдачи мощностей, в сетях собственных нужд электро-

станций, на распределительных подстанциях, в сетях электроснабжения промышленных предприятий, на объектах городской инфраструктуры и пр. При размещении резисторов в нейтрали сети снижается повреждаемость оборудования и число аварийных отключений в 4 – 6 раз, что подтверждается опытом эксплуатации резисторов в сетях электроснабжения 6 – 35 кВ ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ», ОАО «Саратовэнерго» (ОАО «Волжская ТГК»), ОАО «Кузбассэнерго», ОАО «Газпром».

Кроме того, наблюдается положительный экономический эффект в результате снижения недоотпуска электроэнергии, а также уменьшения затрат на ремонт и замену повреждаемого оборудования. Как показывает опыт эксплуатации, срок окупаемости резистора составляет 3 – 3,5 года. Параметры резистора выбирают по трём основным критериям, обеспечивающим:



Рис. 2. Сертификат соответствия TÜV № МК69240804

- снижение уровня дуговых перенапряжений;
- гарантию протекания активного тока в повреждённом присоединении, достаточного для действия релейных защит на сигнал или отключение;
- соблюдение условия электробезопасности для людей при однофазном замыкании на землю (ОЗЗ) на подстанциях и в распределительных пунктах с учётом нормированного допустимого напряжения прикосновения [1].

В нейтраль сети 3 – 35 кВ необходимо устанавливать (параллельно дугогасящему реактору при необходимости компенсации ёмкостного тока) высоко-

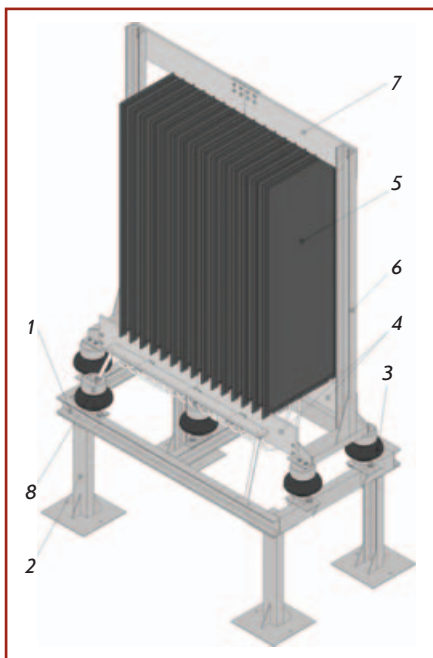


Рис. 3. Конструкция унифицированного резистивного блока:
1 — основание; 2 — опорные стойки; 3 — опорные изоляторы; 4, 7 — изоляционные пластины; 5 — элементы защитного резистора; 6 — вертикальные стойки; 8 — изолятор для подключения к нейтрали сети

омный резистор РЗ для защиты оборудования от перенапряжений при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ), а также для подавления резонансных, феррорезонансных явлений и устранения связанных с ними повреждений трансформаторов напряжения и другого оборудования.

Высокоомное резистивное заземление нейтрали используется в тех случаях, когда сеть должна длительно работать в режиме ОЗЗ до обнаружения места повреждения. Высокоомный резистор РЗ имеет универсальную конструкцию (рис. 3), позволяющую варьировать числом резистивных элементов и схемами их подключения, поэтому резистор можно изготовить практически на любые значения сопротивлений и рассеиваемой мощности. Конструкция резистора рассчитана на длительный режим работы в условиях естественного охлаждения. На рис. 4 и 5 показан общий вид двух высокоомных резисторов РЗ, эксплуатируемых в сети напряжением 10 и 35 кВ соответственно. Авторские права на разработку и производство резисторов РЗ подтверждены патентами Российской Федерации [2 – 4].

Технические характеристики высокоомных резисторов РЗ

Номинальное напряжение сети, кВ. 3, 6, 10, 35
Номинальная мощность, кВт. До 200
Ток резистора, А. От 1 до 2000
Допустимое время протекания номинального тока, ч. Не менее 6
Допустимая температура нагрева на поверхности резистивного элемента, °С. 120

Низкоомные резисторы для заземления нейтрали

Если ОЗЗ должно быть отключено селективно и за минимально возможное время (при обеспечении необходимой степени резервирования и автоматизации распределительных электрических сетей, а также систем электроснабжения и технологических процессов),

целесообразно применение низкоомного резистивного заземления нейтрали. В таком случае можно воспользоваться резисторами РЗ1 или РЗ2 производства ООО «Болид».

Резисторы типа РЗ1 предназначены для установки в ячейку комплектного распределительного устройства (КРУ). В настоящее время ими комплектуют ячейки серии К-104М производства Московского завода «Электроцит» и завода «ГК Электроцит-ТМ Самара». Резисторы типа РЗ1 предлагаются двух типов в зависимости от габаритных размеров ячейки КРУ (рис. 6).

Технические характеристики резисторов РЗ1

Номинальное напряжение сети, кВ. . . 3, 6, 10
Номинальное сопротивление, Ом. От 50 до 1500
Допустимое время протекания номинального тока. Кратковременно
Климатическое исполнение. УХЛ и Т, категория 2, 3

Зачастую возникает необходимость в ограничении перенапряжений при ОДЗ и организации селективной релейной защиты с действием на отключение повреждённого присоединения посредством резисторов наружного исполнения. В таком случае нейтраль сети заземляется через резистор РЗ2. Данный тип резистора предусматривают в проектах подстанций, где предполагается эксплуатация (или уже введены в работу) кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ).

В статье [5] приведены аргументы в пользу применения резисторов РЗ2 при эксплуатации кабелей с изоляцией СПЭ, поскольку последние обуславливают необходимость выполнения релейной защиты от ОЗЗ с действием на отключение. Положительный опыт эксплуатации резисторов РЗ2 имеется на ряде подстанций в Республике Беларусь. Его конструкция похожа на исполнение резистора РЗ [6].



Рис. 4. Резистор РЗ-500-67-10 номинальным сопротивлением 500 Ом в сети 10 кВ подстанции Шёлковая филиала ОАО «МРСК Волги» — Оренбургэнерго



Рис. 5. Резистор РЗ-2700-151-35 номинальным сопротивлением 2700 Ом в сети 35 кВ (подстанция Трубная) схемы электроснабжения ОАО «Первоуральский новотрубный завод»

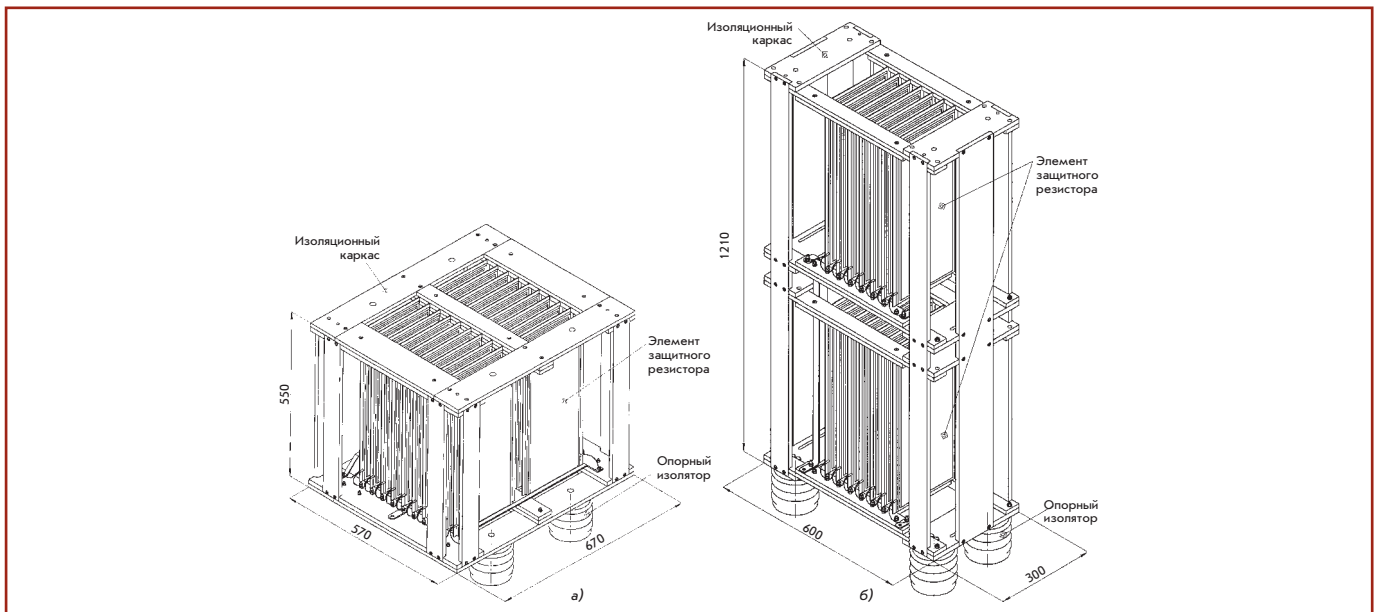


Рис. 6. Конструкция защитного резистора РЗ1 исполнения А (а) и Б (б)

Технические характеристики резисторов РЗ2

Номинальное напряжение сети, кВ 6, 10
 Номинальное сопротивление, Ом От 30 до 300
 Допустимое время протекания номинального тока. Кратковременно
 Климатическое исполнение УХЛ, категория 1

Технические характеристики резисторов РШЭ

Номинальное напряжение сети, кВ. От 6 до 48,5
 Номинальное сопротивление, Ом От 10 до 200
 Длительность приложения предельно допустимого напряжения 85 кВ, с От 0,05 до 3
 Климатическое исполнение. У, категория 1

Резисторы типа РШЭ

Данные резисторы используются для шунтирования дугогасящих контактов воздушных выключателей ВВН и прочего оборудования, а также в комплектации токоограничивающих устройств ТОУ-Н-100 для заземления нейтрали трансформаторов и автотрансформаторов мощных электростанций или распределительных подстанций 110 – 500 кВ в целях снижения токов однофазных коротких замыканий (рис. 7, а).

Конструкция резистора РШЭ отличается от исполнения резистора РЗ. Резистор РШЭ имеет активную часть, состоящую из дисков, которые изготовлены из электропроводного материала ЭКОМ. Активная часть помещена в фарфоровый изолятор, закрытый верхней и нижней крышками. На нижней крышке резистора установлен предохранительный клапан и силикагелевый патрон, предназначенный для связи внутренней камеры резистора с атмосферой (рис. 7, б).

Выводы

1. Выбор режима заземления нейтрали в сетях 3 – 35 кВ – исключительно важный вопрос, рассматриваемый при проектировании электрических сетей. От его решения зависят уровень аварийности в сети, правильная работа защит от замыканий на землю, автоматизация поиска повреждённого фидера и последствия от возникновения ОЗЗ.
2. Применение в сетях 3 – 35 кВ резисторов производства ООО «Болдид» позволяет существенно повысить надёжность работы высоковольтного оборудования, исключить поиск повреждённого фидера вручную и снизить аварийность при ОЗЗ, что было подтверждено множеством натурных экспериментов и опытом эксплуатации резисторов на ряде объектов ОАО «Газпром», ОАО «Холдинга МРСК» и пр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушко В., Ямный О., Ковалев Э., Бохан Н. Белорусские сети 6 – 35 кВ переходят на режим заземления нейтрали через резистор // Новости электротехники. 2006. № 3 (39).
2. Патент на изобретение № 2176832. Высоковольтный резистор для заземления нейтрали.
3. Патент на изобретение № 2237333. Устройство для защиты от перенапряжений.
4. Патент на промышленный образец № 59625. Высоковольтный резистор.
5. Резистивное заземление нейтрали в сетях 6 – 35 кВ с СПЭ-кабелями / А. Ширковец, Л. Сарин, М. Ильиных, В. Подъячев, А. Шапин // Новости электротехники. 2008 г. № 2 (50).
6. Режимы заземления нейтрали сетей 3 – 6 – 10 – 35 кВ / Сб. докл. науч.-техн. конф. — Новосибирск: ГЦРО, 2000. — 200 с.

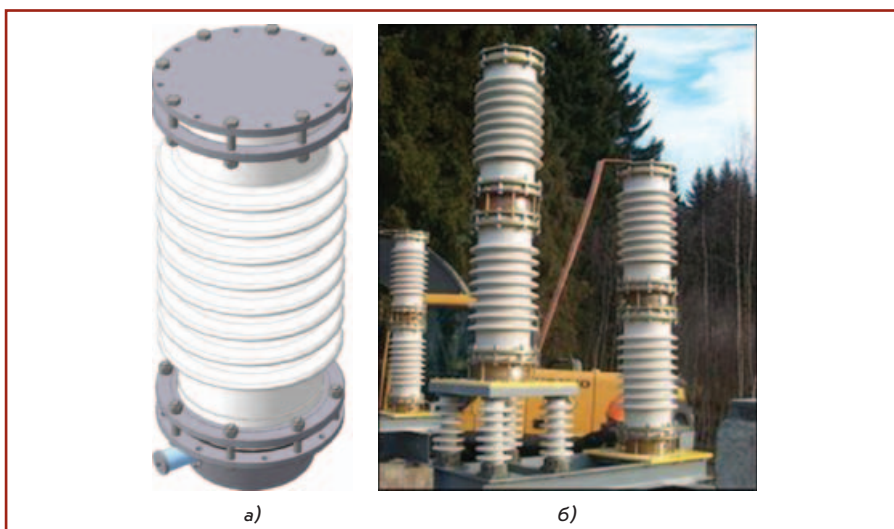


Рис. 7. Резистор РШЭ:

а — общий вид; б — в составе токоограничивающего устройства