

ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ СЕРИИ ОПНП

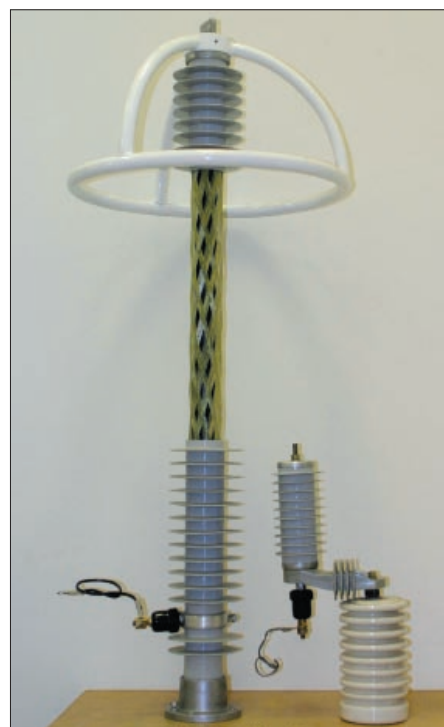
Ограничение коммутационных и грозовых перенапряжений в электрических сетях имеет большое значение для обеспечения надежной работы электротехнического оборудования. Широко применяемые в электрических сетях разрядники серий РВС, РВМ, РВМГ не позволяют обеспечить глубокое ограничение перенапряжений из-за наличия искровых промежутков, отделяющих рабочее нелинейное сопротивление разрядника от сети при отсутствии перенапряжений.

Одним из путей решения поставленной задачи является создание принципиально новых видов защитных аппаратов — ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН) на основе оксидно-цинковых варисторов (ОЦВ) без искровых промежутков. Степень нелинейности их рабочих сопротивлений такова, что они выдерживают длительное воздействие рабочего напряжения, пропуская ток, измеряемый долями миллиампера. При перенапряжениях ток увеличивается до сотен и тысяч Ампер, что и приводит к ограничению перенапряжений. Эта особенность ОПН определяет возможность значительно более глубокого

ограничения перенапряжений, чем при использовании разрядников [1].

Современные ОПН позволяют ограничить коммутационные перенапряжения до уровня (1,6–1,8) U ф. н. р. (U ф. н. р. — наибольшее рабочее фазовое напряжение), а грозовые перенапряжения — до уровня (2–2,2) U ф. н. р. При таком глубоком ограничении могут быть сокращены изоляционные расстояния на линиях и подстанциях, а надежность работы внутренней изоляции всего высоковольтного оборудования резко возрастает [1–3].

За последнее десятилетие наблюдается существенный прогресс в разработке новых видов и конструкций ОПН [1–6]. Существенно увеличена допустимая плотность тока при грозовых и внутренних перенапряжениях: до 800–850 А/кв. см — при грозовых и до 40 А/кв. см — при коммутационных импульсах [4, 5]. Такие характеристики варисторов при высокой степени нелинейности их вольтамперной характеристики (ВАХ) обеспечивают возможность значительного уменьшения размеров и массы ОПН, в частности, путем применения варисторов большего диаметра. Такие варисторы заменяют несколько параллельных колонок из варисторов диаметром



28 мм. Это обеспечивает возможность создания одноколонок ОПН на все классы напряжения. При одноколоночном исполнении обеспечивается максимальная сте-



Знак Golden Club Prisma -

гарантия качества,
подтвержденного
ЗАО «Шнейдер Электрик».

Golden Club Prisma (Золотой клуб Призма) - это объединение сертифицированных российских партнеров компании Schneider Electric по производству НКУ типа Prisma Plus.

Сотрудничество с сертифицированными партнерами ЗАО «Шнейдер Электрик» - это:

- Полная техническая и сервисная поддержка ЗАО «Шнейдер Электрик»
- Разработка проектов в строгом соответствии с российскими нормативами
- Регулярная сертификация производства
- Комплексное обучение технологии сборки Schneider Electric на заводах компании
- Сборка по отработанной технологии в соответствии с ПУЭ и требованиями заказчика
- Постоянный контроль качества сборки
- Высочайшее качество сборки шкафов, подтвержденное компанией-производителем

Как результат, сохранение «фирменного» качества сборки, подтвержденного лицензионным знаком ЗАО «Шнейдер Электрик».

Список компаний, входящих в состав Golden Club Prisma смотрите на сайте www.schneider-electric.ru в разделе Партнеры.

Центр поддержки клиентов т. 8 800 200 6446 (многоканальный) т. (495)7973232, ф. (495)7974002 ru.osc@ru.schneider-electric.com

Schneider
Electric

пень использования объема корпуса ОПН, что определяет значительное снижение их массы по сравнению с многоколонковыми конструкциями.

Дальнейшее уменьшение массогабаритных показателей (и тем самым повышение удельных характеристик ОПН) возможно при заливке боковой поверхности варисторов полимерной композицией и при замене фарфоровой покрывки на стеклопластиковую с покрытием из трекинго-атмосферостойких материалов.

Стеклопластик имеет высокую механическую прочность и малый удельный вес в отличие от фарфора. Прочность на изгиб стеклопластиковых цилиндров достаточно высока и составляет около 50 кН/кв. см, удельный вес — около 2 г/кв. см, одноминутная электрическая прочность при переменном напряжении — на уровне 60 кВ/см [4–6]. При таких технических характеристиках разрушение стеклопластикового корпуса практически невозможно, т. к. необходимая толщина стенки корпуса определяется допуском на изгиб при нормированных горизонтальных нагрузках (примерно 1% на каждый метр высоты корпуса) и составляет 4–12 мм при изменении высоты корпуса от 1 до 8 м [2–4]. Кроме того, технология производства стеклопластиковых покрывок различного сечения и нанесение на них защитного покрытия не огра-

ничивают длины покрывки, что позволяет изготавливать ОПН подвесного и опорного исполнения без технологических ограничений по высоте.

ОПН подвесного исполнения имеет существенное преимущество перед аппаратами опорного исполнения. Корпус подвесного ОПН работает только на растяжение и имеет минимальное сечение. Это приводит к существенному улучшению массогабаритных показателей ОПН. Кроме того, подвесной ОПН устанавливается на определенной высоте, при этом паразитные емкости на землю по столбу варисторов минимальные. Это приводит к более равномерному распределению напряжения по высоте аппарата.

ОПН подвесного исполнения могут подвешиваться к проводам воздушных линий непосредственно под поддерживающими гирляндами изоляторов, с креплением заземляющего спуска к стойке опоры, к траверсам опор параллельно гирляндам изоляторов, либо вместо гирлянд изоляторов при условии обеспечения достаточно высокой несущей способности, что вполне реально. ОПН могут также устанавливаться между фазами ЛЭП или подвешиваться к несущим металлоконструкциям подстанций непосредственно вблизи выводов трансформаторов и шунтирующих реакторов, что обеспечивает наиболее глубокий уровень ограничения перенапряжений. При

этом площадь поперечного сечения столба варисторов определяется исходя из требуемой и допустимой энергоемкости, с учетом длины импульсов тока и совместной работы ОПН при ограничении всех видов перенапряжений [2–4].

Незначительная толщина стеклопластикового корпуса и возможность повышения теплопроводности полимерных материалов обеспечивают значительное уменьшение теплового сопротивления корпуса и, соответственно, увеличение срока службы ОПН. Стеклопластиковый цилиндр изготавливается методом намотки на соответствующую металлическую оправку пропитанного связующим стеклонаполнителя в виде ткани или жгута.

Длина стеклопластикового цилиндра, изготовленного на базе стеклоткани, ограничивается шириной последнего — около 1 м. Это в свою очередь определяет количество отдельных модулей ОПН выше 110 кВ и препятствует изготовлению таких аппаратов в одноэлементном исполнении.

Для выхода газов в случае повреждения (внутреннего замыкания) варисторов в процессе эксплуатации и снижения механических напряжений во внутренней полости аппарата при естественных термических циклах «нагрев/охлаждение» на теле стеклопластикового цилиндра выполняются специальные отверстия (перфорация) [6]. Эти отверстия заполня-



ЭНЕРГИЯ НОВОГО, СИЛА ТРАДИЦИИ

ELECTROFF

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ



Экспертиза от 4 до 8 Я

- Низковольтное оборудование
- Промышленное и силовое оборудование
- Системы автоматизации производства
- Электроустановочные изделия
- Промышленные силовые разъемы и комплектные устройства
- Кабель-каналы, лотки и трубы для монтажа
- Электромонтажное и распределительное оборудование
- Кабельно-проводниковая продукция



Системы питания для всего мира



Прочность до 2000

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СБОРКА ЭЛЕКТРОЩИТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ







Москва, 1-й Дорожный проезд, дом 6.
www.electroff.ru, E-mail: info@electroff.ru

тел./факс: +7 (495) 780 00 38

ются силиконовой резиной при формировании внешнего ребристого защитного покрытия. Количество указанных отверстий и их размеры определяют степень взрывобезопасности конструкции ОПН и возможность снижения механической напряженности во внутренней полости ОПН при естественных термических циклах «нагрев/охлаждение». Узкая полость между варисторами и корпусом (около 1,5 мм), как и пустоты в нижней и верхней частях ОПН, заполняется эластичной полимерной композицией на основе кремнеорганической резины. Поэтому ограничитель перенапряжений полностью герметичен, проникновение влаги внутрь ОПН невозможно, что исключает вероятность искровых перекрытий по внутренней поверхности стеклопластиковой трубы и по поверхности варисторов. Это обстоятельство значительно повышает надежность работы ОПН, а также увеличивает пропускную способность колонок варисторов.

Толщина стенки стеклопластиковых цилиндров не превышает 5–15 мм, обеспечивая необходимую механическую прочность ОПН. Толщина сплошного покрытия из кремнеорганической резины — 5 мм. Поэтому диаметр ОПН на межреберной части корпуса немного превышает диаметр варисторов (максимальное превышение — 35 мм). Малый диаметр корпуса

определяет относительно низкую его стоимость. Однако при опорном исполнении таких ограничителей большой высоты необходимо применение изоляционных оттяжек в трех направлениях под углом 120° для обеспечения устойчивости конструкции под воздействием тяжести проводов, ветровых и гололедных нагрузок. Наиболее благоприятны условия работы таких ограничителей при подвесном исполнении, когда корпус ОПН подвергается воздействию только растягивающих усилий, по отношению к которым полимерные корпуса имеют большие запасы прочности.

Все ограничители до 110 кВ выпускаются в цельном корпусе высотой около 1 м [1]. Ограничители на более высокие напряжения выпускаются сборными из двух и более модулей (из-за ограниченности длины стеклопластиковой трубы из стеклоткани). Каждый модуль имеет необходимую высоту, полностью герметизирован, транспортируется и складывается отдельно. Сборка ОПН из отдельных модулей производится на месте установки. При этом соединительным элементом является цилиндрическая муфта с внутренней резьбой, которая наворачивается на стыкуемые оконцеватели модулей. Для обеспечения электрического соединения модулей предусмотрен розеточный контакт, надежно изолированный от металлического оконцевателя. Поэтому токи утечки по поверхности кор-

пусов ОПН при увлажнении их поверхности не могут попасть в столб варисторов, что опасно в связи с возможным перегревом варисторов и преждевременным повреждением.

Выравнивание распределения напряжения вдоль столба варисторов при рабочем напряжении производится с помощью торoidalных экранов — большого диаметра со стороны высокого напряжения и малого диаметра со стороны заземленного конца. Этот способ значительно дешевле, чем способ выравнивания распределения напряжения с помощью шунтирующих варисторы керамических конденсаторов, применяемых в ряде конструкций ОПН. Вместе с тем он обеспечивает значительно большую надежность работы ОПН, поскольку полностью исключает использование конденсаторов, надежность работы которых не высока [1,4].

В промышленности выпускаются ограничители перенапряжений нескольких типов исполнения на каждый класс напряжения. Эти типовые исполнения отличаются длительностью допустимым рабочим напряжением и расчетным током коммутационных перенапряжений. Основной тип ОПН имеет наибольшее длительно допустимое напряжение, равное наибольшему рабочему напряжению сети. Дополнительный тип ОПН допускает длительно воздействие напряжения, на 5% большее, что определяется особенностями условий эксплуатации

Официальный дистрибутор:



Проволочные лотки



Перфорированные лотки



Лестничные лотки



Силовые кабели и провода напряжением до 1 кВ

Все трассы ведут к нам



Москва, Электролитный проезд, 5Б, стр. 8
Тел.: +7 495 223-22-95, 775-25-10
Факс: +7 495 775-41-60
E-mail: info@index.ru www.lindex.ru
Санкт-Петербург, тел. +7 812 335-91-16
E-mail: spb@index.ru

Краснодар, тел. +7 861 271-55-71
E-mail: krasnodar@index.ru

Алматы, Казахстан, тел. +7 727 311-04-15
E-mail: info@index.kz
www.lindex.kz

Lindex

участков сети. Однако следует иметь в виду, что повышение длительно допустимого напряжения промышленной частоты приводит к повышению уровня перенапряжений, ограничиваемых ОПН. Поэтому без специального обоснования не следует применять этот дополнительный тип ОПН [1].

Различие расчетного тока коммутационных перенапряжений определяется, как правило, местом установки ОПН. При установке ОПН на выводах (вблизи выводов) силовых трансформаторов, реакторов, измерительных трансформаторов напряжения целесообразно ориентироваться на облегченное их исполнение, поскольку в этих условиях воздействие перенапряжений воспринимается одновременно несколькими ограничителями. Напротив, при установке ограничителей на шинах подстанций на входе линий на подстанцию следует ориентироваться на исполнение повышенной пропускной способности. При этом следует учитывать, что повышение пропускной способности ОПН достигается за счет применения варисторов большего диаметра, стоимость которых увеличивается пропорционально квадрату диаметра варисторов (и даже значительно быстрее, что связано с технологическими трудностями производства варисторов большого диаметра) [1, 7, 8].

Полимерная крышка не только позволяет значительно снизить вес ОПН, но и значительно облегчает условия работы варисторов в ОПН, что в конечном счете значительно повышает надежность работы ОПН. Дело в том, что кремниорганическая резина по своим технологическим и прочностным свойствам (как механическим, так и электрическим) позволяет создавать ребра малой толщины (около 7 мм в основании и 2 мм у конца). Поэтому необходимую длину пути тока утечки можно обеспечить большим количеством ребер с небольшим вылетом. При этом повышается эффективность использования длины пути тока утечки и значительно уменьшается напряжение на подсушенном межреберном участке крышки. Уменьшение напряжения на подсушенных зонах поверхности крышки приводит к уменьшению дополнительных токов смещения, протекающих через варисторы и вызывающих дополнительный разогрев и ускоренное старение. Поэтому полимерные крышки определяют значительное преимущество ОПН перед ограничителями с фарфоровыми крышками. В связи с этим не требуется увеличения длины пути тока утечки ОПН с полимерными крышками по сравнению с рекомендуемыми для высоковольтного оборудования, как это принято для ОПН в фарфоровых корпусах [1,9].

Высокая механическая прочность и малая масса ОПН в полимерных крышках позволяет изготавливать их в подвесном

и опорном исполнении и устанавливаются не только на подстанциях, но и непосредственно на линиях, и не только между фазой и землей, но и между фазами. Последнее обстоятельство обеспечивает возможность ограничения междуфазовых перенапряжений до того уровня, что и перенапряжений относительно земли. При этом площадь поперечного сечения столба варисторов определяется исходя из требуемой и допустимой энергоемкости, с учетом длины импульсов тока и совместной работы ОПН при ограничении всех видов перенапряжений.

ОПН могут подвешиваться к вводам воздушных линий непосредственно под поддерживающими гирляндами изоляторов с креплением заземленного спуска к стойке опоры либо к траверсам опор параллельно гирляндам изоляторов, либо вместо гирлянд изоляторов при условии обеспечения достаточно высокой несущей способности, что вполне реально. Они могут также подвешиваться к несущим металлоконструкциям подстанции непосредственно вблизи вводов трансформаторов и шунтирующих реакторов, что обеспечит наиболее глубокий уровень перенапряжений.

Высокие защитные характеристики, простота и надежность конструкции, значительное улучшение массогабаритных показателей обеспечивают технически рациональное и экономически эффективное решение ряда проблем передачи и распределения электрической энергии, в том числе значительное сокращение габаритов линии электропередачи и подстанции, а также уменьшение испытательных напряжений высоковольтных аппаратов и трансформаторов.

Наряду с преимуществами, получаемыми у потребителя в энергосистемах, внедрение новых защитных аппаратов с полимерной изоляцией обеспечивает значительные технико-экономические выгоды предприятию-изготовителю ОПН: замена фарфора более дешевым материалом, экономия цветных металлов, сокращение производственных площадей, повышение производительности труда.

Сравнение технико-экономических показателей показало, что стоимость одноколлекторных ОПН в полимерных корпусах меньше стоимости ОПН в фарфоровых корпусах, причем это различие возрастает при увеличении класса напряжения.

Актуальность представленной в статье проблемы создания принципиально новых видов защитных аппаратов — одноколлекторных ОПН с полимерной изоляцией — очевидна. Наиболее значимые аспекты этой проблемы, новые возникающие вопросы и их решения докладываются и обсуждаются в течение 35 лет на многочисленных международных, всесоюзных и российских кон-

ференциях, симпозиумах, семинарах, совещаниях. Последний доклад по данной теме был сделан на Международной научно-технической конференции «Полимерные изоляторы и изоляционные конструкции высокого напряжения», организованной совместно с Исполнительным комитетом электроэнергетического совета СНГ, а также «ФСК ЕЭС», «НИИПТ» и Петербургским энергетическим институтом повышения квалификации (ПЭИПК) 16 — 19 июня 2008 г. в Санкт-Петербурге.

Результаты исследований по новому типу ОПН уже внедрены на различных отечественных и зарубежных предприятиях по производству ОПН, полимерных изоляторов и изоляционных конструкций аппаратов высокого напряжения. Изготовленные согласно разработкам ОП, изоляторы и изоляционные конструкции электрических аппаратов различных типов и классов напряжений широко эксплуатируются начиная с середины 70-х годов в различных энергосистемах Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья. ●

Г. А. ГУСЕЙНОВ, заведующий лабораторией факультета комплексной безопасности ГОУ СПб ГПУ

Литература

1. Александров Г. Н., Гусейнов Г. А. «Нелинейный ограничитель перенапряжений серии ОПНП». Сборник трудов Второго международного симпозиума по транспортной триботехнике «Транстрибо-2002». — Санкт-Петербург: Изд. «Нестор», 2002 г., с. 152–157
2. Александров Г. Н., Гусейнов Г. А. «Оптимизация конструкции ОПН для работы в районах с повышенным загрязнением атмосферы». // «Электротехника», №3, 1988 г.
3. Гусейнов Г. А. и др. «Устройство для защиты от перенапряжений». А. с. 1066424, НО1Т1/16, НО1С 7/12, 1983 г.
4. Гусейнов Г. А. и др. «Устройство для защиты от перенапряжений». Патент на изобретение 2313842, НО1С 7/12, НО1Т 4/02, 2008 г.
5. Гусейнов Г. А. и др. «Ограничение коммутационных и грозовых перенапряжений одноколлекторными ограничителями перенапряжений». // «Энергетика», №9, 1986 г.
6. Титков В. В. «Проблемы взрывобезопасности полимерных ограничителей перенапряжений». Тезисы докладов на Международной научно-технической конференции «Перенапряжения и надежность эксплуатации электрооборудования», выпуск 5, ПЭИПК, 2006 г.
7. Гусейнов Г. А. и др. «Способ изготовления устройства для защиты от перенапряжений». А. с. 1015782, НО1С 7/12, НО1Т 1/16, 1983 г.
8. Гусейнов Г. А. и др. «Устройство для защиты от перенапряжений». А. с. 1032931, НО1С 7/12, НО1Т 1/16, 1983 г.
9. Гусейнов Г. А. и др. «Устройство для защиты от перенапряжений». А. с. 1066424, НО1Т 1/16, НО1С 7/12, 1983 г.