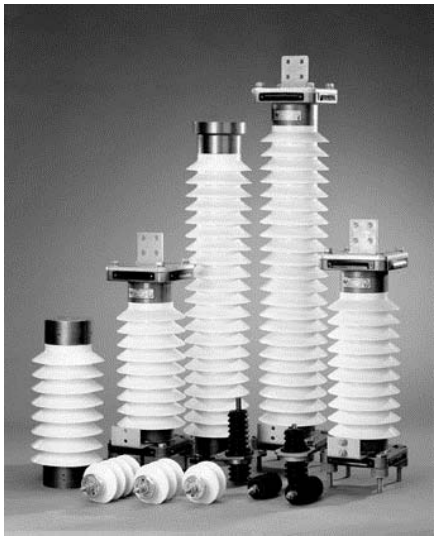
ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ И ОПОРНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ ЗАО «ФЕНИКС-88»

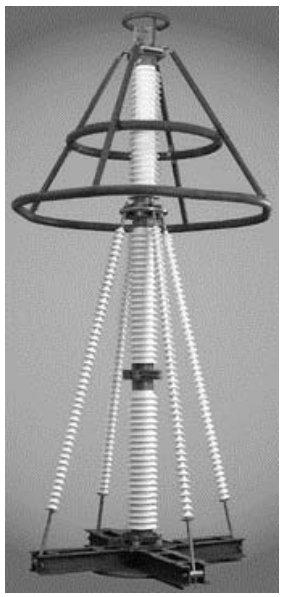
В.В. Власов, Сухар В.М., к.т.н. **г. Новосибирск**



Разработка и освоение серийного производства ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН) предприятием ЗАО «ФЕНИКС-88» началась в начале 90-х годов прошлого тысячелетия. В частности, в 1990 году начался выпуск ограничителей перенапряжений нелинейных типа ОПН для сетей классов напряжения 3÷35 кВ, в 1993 году – ОПН на классы напряжения 110÷500 кВ и опорных изоляторов до 110 кВ включительно. За время работы предприятия потребителями продукции стали 49 энергосистем, 8 железных дорог, 6 атомных электростанций, предприятия нефтегазодобывающего и угольного комплексов, другие крупные промышленные предприятия. К настоящему времени выпущено и поставлено на объекты энергетики России более 80 тысяч ОПН класса напряжения 0,4÷500 кВ, в том числе более 400 фаз ОПН-500, а так же около 70 тысяч опорных полимерных изоляторов на классы напряжения 35÷110 кВ.

Конструкция ОПН на классы напряжения 25÷500 кВ в настоящее время унифицирована и представляет собой комбинированную изоляционную покрышку из стеклопластикового цилиндра (несущего механическую нагрузку), покрытого оребренным чехлом из кремнийорганической резины, концевые фланцы выполнены из стали, снабжены устройством аварийного сброса давления при ненормированных воздействиях и имеют защитное атмосферостойкое покрытие. Внутри оболочки в одну колонку последовательно размещены нелинейные элементы (варисторы) ведущего мирового производителя – корпорации General Electric (США), относящееся к категории «нестарящихся», которые обеспечивают необходимый защитный уровень аппарата. Данный тип конструкции позволяет оперативно разработать и изготовить ОПН на разные уровни по защитным характеристикам и категории по длине пути утечки наружной изоляции в соответствии с требованиями Заказчиков и техническим заданием на проектирование. Технология изготовления позволяет обеспечить необходимые требования к герметичности оболочки и уровню остающихся напряжений на аппарате.

ОПН-500



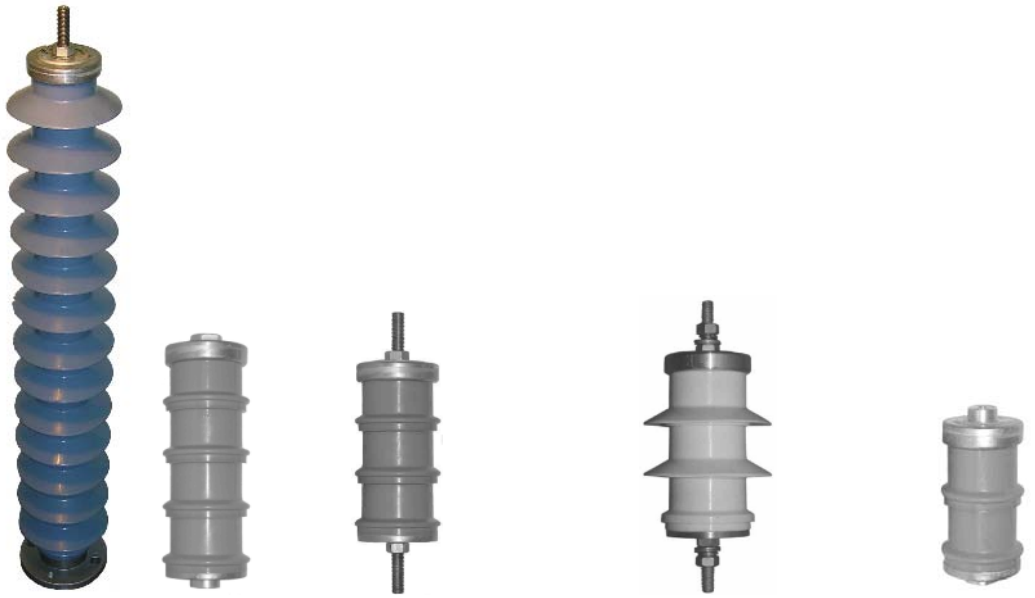
ОПН-330
(выпускается также одноколонковое исполнение ОПН-500)

ОПН-220

ОПН-110

На основании проведенных расчетов, запас механической прочности позволяет выполнить трёхколонковый ограничитель ОПН-500 в качестве шинных опор, а также опоры контакта подвесного разъединителя класса напряжения 500 кВ (по согласованию с проектными организациями).

Конструктивной особенностью ограничителей классов напряжения 3-35 кВ пропускной способности классов 1 и 2 является применение корпуса на основе стеклонаполненного полиамида, оребренного кремнийорганической резиной как для изделий наружной установки (категория размещения УХЛ1), так и для аппаратов внутренней установки категории размещения УХЛ2. Массивные электроды и оконцеватели из алюминиевых сплавов позволяют повысить тепловую устойчивость ограничителей в условиях квазистационарных перенапряжений.



ОПН-35 ОПН-10 ОПН-6 УХЛ2 ОПН-6 УХЛ1 ОПН-3

В процессе сотрудничества с предприятиями и железными дорогами МПС России были разработаны специализированные ОПН для защиты контактной сети железных дорог и электрооборудования подвижного состава на классы напряжения 0,66÷25 кВ. Конструкции аппаратов, выполненные в полимерной покрышке, успешно зарекомендовали себя в жестких условиях эксплуатации, где постоянно присутствуют повышенные механические на-

грузки (вибрация, одиночные удары) и высокая степень загрязнения. Опыт эксплуатации ограничителей в условиях очень сильных загрязнений (алюминиевое и угольное производство, выхлопы ТЭЦ, металлургических комбинатов) подтверждают сохранение гидрофобности внешней изоляции и отсутствие перекрытий, даже без проведения дополнительной обработки поверхности изоляции.

Изоляторы изготавливаются на основе высокопрочной стеклопластиковой трубы с высоким модулем упругости на изгиб. Тем самым труба обеспечивает достаточно высокую жёсткость изолятора при изгибе и кручении, что особенно важно при применении их в разъединителях, в частности, в разъединителях старых типов при замене фарфоровых изоляторов на полимерные. Внешняя защитная оболочка изготавливается из кремнийорганической резины, отпрессовываемой из современных смесей с высокими потребительскими свойствами. Фланцы изоляторов выполняются, как из стали с антикоррозионным покрытием, так из литьевого алюминиевого сплава с повышенными механическими и антикоррозионными свойствами.

Основные преимущества опорных полимерных изоляторов ЗАО «ФЕНИКС-88»:

1. Достаточно высокая механическая прочность при изгибе и кручении.
2. Отсутствие склонности к хрупкому разрушению.
3. Повышенная жёсткость на изгиб и кручение по сравнению со стержневыми системами.
4. Существенно меньшая масса по сравнению с фарфоровыми изоляторами.

Высокие электрические, трекингостойкие и гидрофобные свойства современных кремнийорганических (силиконовых) резиновых смесей обусловили достаточно широкое применение их в полимерных оболочках как ОПН, так и изоляторов. В испытательном центре высоковольтного электрооборудования ИЦ ГУП ВЭИ (г. Москва) выполнены испытания трёх изоляционных оболочек на трекингоэрозионную стойкость, которые выдержали без заметного повреждения 1000 часов под напряжением в загрязняющей среде $CaCl_2$ при нормируемой длительности 500 часов для 3-4 степени загрязнения атмосферы по ГОСТ Р 52082-2003 и только после выдержки 1400 часов появились признаки критических повреждений.

Общие отличительные свойства стеклопластиковых корпусов и полимерных оболочек ОПН и изоляторов следующие:

1. Повышенная стойкость к загрязнению, повышенная трекингоэрозионная стойкость и гидрофобность.
2. Ударопрочность при транспортировке, сейсмостойкость и устойчивость к актам вандализма.
3. Хорошая электрическая прочность и влагоразрядные характеристики.

Требования к разработкам современных опорных изоляторов на основе полимерных материалов изложены в России в новом действующем уже ГОСТ Р 52082-2003 «Изоляторы опорные полимерные наружной установки на напряжение 6-220 кВ. Общие технические условия». Требования ГОСТ достаточно жёсткие в части приёмочных (квалификационных) и приёмо-сдаточных испытаний. В частности, наиболее жёстким видом испытаний представляется цикл приёмочных испытаний на термомеханическую прочность, куда включена следующая последовательность, выполняемая для одних и тех же изоляторов:

- определение среднего разрядного напряжения промышленной частоты;

- испытание четырьмя 24 часовыми циклами охлаждения и нагрева от минус 60 до плюс 50 градусов с приложением механической силы на изгиб, равной 50% от нормируемой разрушающей;
- испытание на проникновение воды путём погружения изоляторов на 42 ч. в ёмкость с кипящей деминерализованной водой, в которую добавлено 0,1% (по массе) NaCl;
- испытание импульсным напряжением с крутым фронтом;
- определение среднего разрядного напряжения промышленной частоты;
- испытание напряжением промышленной частоты, равным 80% от среднего разрядного в течение 30 минут;
- испытание изгибающей силой до разрушения изоляторов.

В соответствии с упомянутым ГОСТ Р переработаны технические условия и выпущены ТУ 3494-026-06968694-2004. В начале 2005 г. успешно закончен объём приёмочных испытаний в ИЦ ГУП ВЭИ на соответствие требованиям ГОСТ Р и ТУ.

Испытания ОПН на безопасность и соответствие заявленным параметрам проводились и проводятся в независимых испытательных центрах, аккредитованных Госстандартом на проведение соответствующих испытаний: НИЦ ВВА и ГУП ВЭИ им. Ленина (г. Москва), СИБЭНЕРГОТЕСТ (г. Новосибирск). Первые (и пока единственные) из Российских производителей выполнили испытания на взрывобезопасность модулей ОПН 110, 150, 220, 330 и 500 кВ током короткого замыкания 63 кА в испытательном центре CESI (г. Милан, Италия). Комплекс очередных испытаний завершён в начале 2006 г.

ЗАО «ФЕНИКС-88» имеет полный пакет необходимых разрешительных документов (сертификаты, лицензии, согласованные редакции технических условий, акты приёмки межведомственной комиссии - МВК, аккредитацию) по РАО «ЕЭС России», ФСК «ЕЭС России», МПС, РосАтом. Основные особенности конструкции ОПН и изоляторов защищены патентами.

В условиях нашего предприятия проводится комплекс испытаний по входному контролю комплектующих, приемке серийной и вновь разрабатываемой продукции, в частности, проверка герметичности оболочек, измерение остающегося и классификационного напряжения ОПН, полного и активного тока, проверка пропускной способности, проверка электрической прочности аппаратов и элементов конструкции, проверка трекингостойкости, механические испытания, и ряд других испытаний. На основании результатов испытаний проводятся необходимые доработки конструкции ОПН и изоляторов, совершенствование технологии изготовления.

На настоящий момент, испытательная база ЗАО «Феникс-88» оснащена комплексом испытательных установок для проведения приемосдаточных испытаний варисторов, ограничителей и изоляторов.

Основными испытательными установками лаборатории являются:

- испытательный комплекс переменного напряжения промышленной частоты 400 кВ для исследовательских и приемосдаточных испытаний.
- испытательный комплекс переменного напряжения промышленной частоты 240 кВ для приемосдаточных испытаний ограничителей перенапряжений, опорных и проходных изоляторов и для измерения уровня частичных разрядов;
- импульсная установка «АДУН-2200» для испытаний варисторов и ограничителей прямоугольным импульсом тока 2000 мкс;
- импульсная установка «ВИНИТУ-99» для испытаний варисторов импульсом тока 8/20 мкс амплитудой до 750 А;
- импульсная установка для испытаний варисторов импульсами тока 8/20 мкс амплитудой до 10 кА, импульсом тока 30/60 мкс амплитудой до 1500 А;

- испытательная установка переменного и постоянного напряжения до 25 кВ для проверки вольтамперной характеристики варисторов и ограничителей в области малых токов;
- испытательная установка по проверке энергоемкости варисторов на переменном токе;
- испытательная установка для проверки класса трекингостойкости кремнийорганической резины;
- установка для определения электрической прочности материалов;
- испытательные установки для проведения механических испытаний изоляционных оболочек ограничителей, а также опорных изоляторов на изгиб и кручение.

Большая часть проведения испытаний и обработки результатов измерения проводится в автоматизированном режиме с применением персональных компьютеров, оснащенных АЦП. С помощью применения импульсных установок, а также автоматизированной испытательной установки по проверке энергоемкости варисторов разработана уникальная методика подбора варисторов для обеспечения параллельной работы более 200 нелинейных резисторов. Эта методика выполнена в рамках опытно-промышленной разработки устройства гашения поля (УГП) энергоемкостью 1,2 МДж для защиты изоляции роторов мощных турбо- и гидрогенераторов.

При постановке продукции на серийное производство основной упор делается на обеспечение надлежащего качества продукции. На предприятие разработана и внедрена система менеджмента качества (СМК), основу которой составляют 6 процессов, ориентированных на потребителя:

- ответственность руководства;
- взаимосвязь с потребителем;
- проектирование и разработка;
- закупки;

- производство продукции;
- измерение, анализ, улучшение.

Для получения информации о работе ОПН и изоляторов потребителям рассылаются опросные листы, проводятся телефонные опросы, специалисты выезжают к потребителям, принимают участие в совещаниях и специализированных выставках. Вся полученная информация анализируется и оперативно учитывается при разработке и совершенствовании изделий.

Действующая на предприятии система качества соответствует требованиям государственного стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001, что подтверждено соответствующим международным сертификатом TUV NORD.

В настоящее время номенклатурный перечень типов ограничителей перенапряжений, серийно выпускаемых ЗАО «ФЕНИКС-88», составляет более 140 позиций. На каждый класс напряжения выпускается от 6 до 12 типов ограничителей с разным уровнем ограничения перенапряжений, энергоемкостью и устойчивостью к внешним воздействующим факторам (СЗА, категория размещения, сейсмостойкость и др.). В настоящее время проводятся работы по проектированию ОПН подвесного исполнения, как для защиты подстанционного оборудования, так и изоляции ЛЭП классов напряжения 110-500 кВ, разрабатываются специализированные аппараты для нужд железнодорожного транспорта.

Номенклатура выпускаемых изоляторов практически полностью охватывает типоразмеры изоляторов на 35 кВ по ГОСТ 25073-81 и 110 кВ по этому же ГОСТ до маркировок по нормируемой механической прочности на изгиб 12,5 кН (1250 кг) включительно. Изготавливаются также полимерные изоляторы на замену более старых фарфоровых, или по задаваемым потребителем индивидуальным габаритно присоединительным размерам

Специалисты нашего предприятия готовы взять на себя решение вопросов, связанных с выбором ОПН, и консультации по применению полимерных изоляторов, при предоставлении необходимых исходных данных.

Мы готовы решить проблемы координации изоляции у заказчика от проведения необходимых исследований в условиях эксплуатации и расчетов перенапряжений, разработки рекомендаций и технических требований к защитным аппаратам, определения мест их установки и до их изготовления и профилактического обслуживания. В частности, такие работы были проведены на Саяногорском, Братском и Новокузнецком алюминиевых комбинатах, ряде электрических подстанций энергосистем и нефтяников. Опыт успешной эксплуатации полимерных изоляторов и ОПН превышает 10 лет.

Положительные результаты выполненных приёмочных и периодических испытаний, а также регламентные испытания по программам входного и технологического контроля, опыт производства и эксплуатации позволяют быть уверенным в качестве и высоких потребительских свойствах ОПН и полимерных опорных изоляторов ЗАО «ФЕНИКС-88», и прогнозировать их успешное применение в электрических сетях.