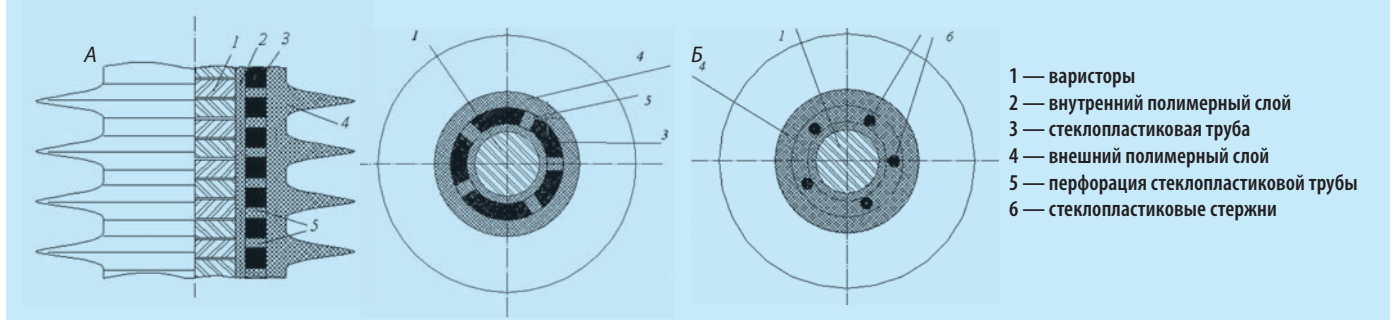


НЕЛИНЕЙНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ С ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Рис. 1. ОПН в полимерном корпусе на основе стеклопластиковой трубы (А) и ее стержневая конструкция (Б)



Ограничители перенапряжений (ОПН) в полимерной оболочке на разные классы напряжения сегодня применяются достаточно широко и выпускаются рядом производителей. Наиболее широко распространена конструкция полимерного ОПН, механическая жесткость которого основана на использовании стеклопластиковой трубы, внутри ее располагается колонка варисторов [1,2], (рис. 1). Требование обеспечения взрывобезопасности аппаратов вынуждает разработчиков выполнять стенку внутренней стеклопластиковой трубы перфорированной (для сброса дугового газа при проведении теста внутреннего короткого замыкания). Поскольку внешняя ребристая оболочка из трекингоустойкого кремнийорганического каучука не обладает значительной механической прочностью, то она не является существенным препятствием для выхода дугового газа, легко разрываясь по действию незначительного внутреннего давления. В то же время для обеспечения определенной сте-

пени перфорации несущей трубы аппарата должны быть выполнены вполне определенные требования. Размеры и частота перфорационных отверстий не должны быть слишком малы. В противном случае недостаточно быстрый выход дугового газа приведет к эскалации давления и взрыву. В то же время увеличение размера и плотности перфорационных отверстий приводит к ухудшению прочностных характеристик аппарата.

В предложенной разработке [3] стержневой конструкции ОПН (рис. 1Б, 2) обеспечивается достаточная жесткость.

Одновременно с этим боковая поверхность такого аппарата главным образом образована относительно малопрочным эластичным полимером (кремнийорганическим каучуком), что обеспечивает эффективный отвод дугового газа и высокую степень взрывобезопасности. Целесообразно сравнить некоторые свойства традиционной конструкции, основанной на использовании стеклопластиковой трубы и стержневой стеклопластиковой конструкции. Одним из таких свойств, имеющих весьма существенное значение для по-

лимерных аппаратов, является появление внутренних механических напряжений и деформаций при повышении температуры аппарата. Нагрев аппарата может быть связан как с нагревом варисторов при возрастании тока утечки, так и с внешними атмосферными условиями, а также комбинацией указанных факторов. В рамках данной работы рассмотрена плоская двумерная задача термоупругости, позволяющая анализировать механические напряжения и деформации в удаленном от торцов сечении аппарата. Чертежи расчетных областей для обеих исследуемых конструкций представлены на рисунке 3.

Для представленных на рисунке 3 конфигураций были рассчитаны механические напряжения и деформации, возникающие при равномерном нагреве до 50 °С. Сравнение полей интенсивностей механических напряжений показывает, что в конструкции на основе трубы максимальная интенсивность механических напряжений примерно в 4 раза выше, чем в стержневой конструкции. При этом точка максимума интенсивности напряжений расположена

Рис. 2. Стержневая конструкция ОПН взрывобезопасного исполнения

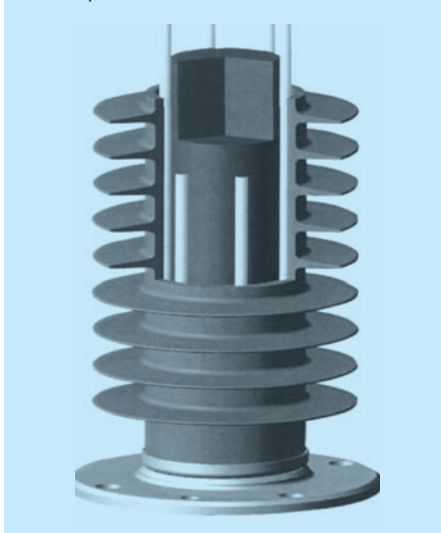
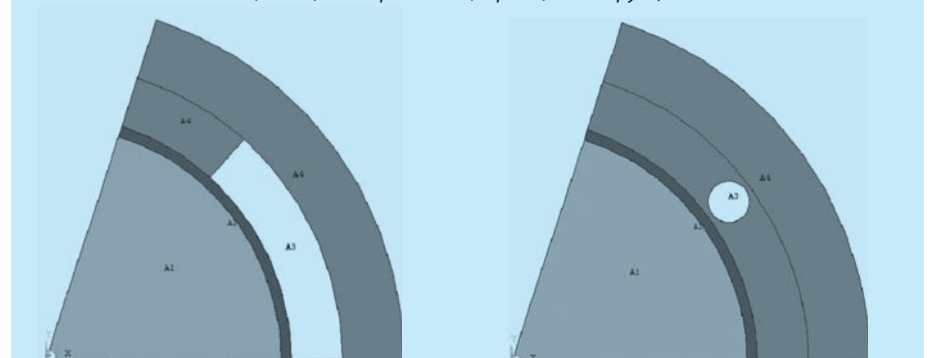
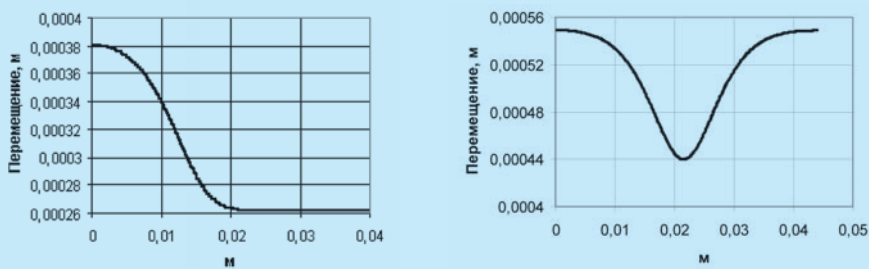


Рис. 3. Расчетные области сечения традиционной (слева) и стержневой (справа) конструкций



A1 — варисторная керамика; A2 — синтетический каучук СКТН (низкомолекулярный); A3 — стеклопластик; A4 — синтетический каучук СКТВ (высокомолекулярный)

Рис. 4. Распределение температурных перемещений по периметру расчетной области в аппарате с трубой (слева) и в стержневой конструкции (справа)



вблизи отверстия перфорации. Это может явиться причиной отслоения СКТВ от стеклопластика при термических циклах «нагрев — охлаждение». Радиальное температурное расширение исследуемых конструкций можно оценить с помощью кривых распределения радиальных перемещений вдоль периметра сечений аппаратов (рис. 4). Из рисунка 4 в частности видно, что температурные перемещения в боковой поверхности при нагревании до 50 °С не превосходят 0,6 мм. При этом несколько меньшие значения перемещений в конструкции с трубой обусловлены ограничивающим расширением присутствием самой трубы, материал которой имеет более низкий, чем СКТВ, коэффициент температурного расширения.

Одним из аргументов в пользу конструкции на основе трубы является представление о том, что сплошная конструкция прочнее, чем наборная (стержневая). Для проверки прочности стержневой конструкции были проведены механические испытания путем приложения к концу аппарата поперечной нагрузки, нормированной величины при жестком закреплении основания аппарата. В частности для макетов аппаратов длиной 505 мм (ОПН-35 кВ) и 1100 мм (ОПН-110 кВ) величина нормируемого усилия составляет 110 кГ. По результатам механических испытаний стержневой конструкции можно заключить, что максимальное поперечное смещение в первом случае составило 4 мм, а во втором — 12 мм. Деформации исчезают после снятия нагрузки в течение нескольких десятков секунд.

В результате проведенных исследований ОПН в полимерном корпусе двух различных конструкций можно заключить следующее:

- перфорация стеклопластиковой трубы не обеспечивает взрывобезопасность ОПН в процессе эксплуатации;
- увеличение размеров и частоты перфорации на теле стеклопластиковой трубы приводит к потере механической прочности конструкции ОПН;
- отслоение СКТВ от стеклопластика в перфорированных отверстиях при термических циклах «нагрев — охлаждение» приводит к существенному снижению электрической прочности покрышки ОПН и ее пробую;
- применение стержней в конструкции ОПН приводит:
 - а) к отказу от дорогостоящей стеклопластиковой трубы;
 - б) к увеличению теплопроводности изоляционного слоя на основе СКТВ в ≥ 4 раза ($\alpha = 0,8$ Вт/м·К) и тем самым улучшению условий охлаждения варисторов в процессе эксплуатации ОПН;
 - в) к снижению объемного температурного расширения в ≥ 3 раза ($\alpha = 300 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$), и тем самым сближению термоупругих свойств изоляционных материалов и ОЦВ;
 - г) к уменьшению количества полимера типа СКТВ за счет применения в составе композиции дешевого инертного наполнителя;
 - д) температурные деформации в аппарате стержневой конструкции распре-

делены более равномерно, при этом уровень поперечных температурных напряжений в стержневом аппарате более чем на порядок ниже по сравнению с конструкцией на основе стеклопластиковой трубы;

е) стержневая конструкция аппарата обеспечивает лучшие условия взрывобезопасности вследствие того, что боковая поверхность ОПН ограничена малопрочной эластичной полимерной стенкой, относительно легко разрывающейся при возникновении внутреннего давления дугового газа, в результате чего происходит эффективный сброс давления и удаление дуги из корпуса ОПН наружу;

ж) последствия при воздействии дуги короткого замыкания в среде силиконового каучука менее разрушительны, чем в стеклопластиковом цилиндре, — это объясняется тем, что при сгорании изоляции из силиконовой резины образуется непроводящий слой SiO_2 , благодаря чему активность процесса горения снижается, а при горении изоляции из эпоксидной смолы (связующее для стеклопластика) образующиеся продукты, в том числе кокс, поддерживают процесс горения с тяжелыми разрушительными последствиями;

з) стержневая конструкция выдерживает нормативные испытательные нагрузки на изгиб. ●

В. В. ТИТКОВ, д. т. н., профессор кафедры техники высоких напряжений электромеханического факультета, **Г. А. ГУСЕЙНОВ**, заведующий лабораторией, **Ч. Г. ГУСЕЙНОВ**, инженер лаборатории комплексной безопасности. ГОУ СПб ГПУ

Литература

1. Александров Г. Н., Гусейнов Г. А. и др. «Устройство для защиты от перенапряжений». Авторское свидетельство 1066424, 1983 г.
2. Гусейнов Г. А., Евдокунин Г. А. и др. «Изоляционная конструкция — ОПН». Авторское свидетельство 1108928, 1984 г.
3. Гусейнов Г. А., Иманов Г. М. «Устройство для защиты от перенапряжений». Патент РФ 2074428, 1997 г.

НОВОСТИ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

6 ноября 2008 г. компания «МОВЕН» приняла участие в конференции «Москва: проблемы и пути повышения энергоэффективности», которая проходила в здании правительства Москвы в рамках выставки «Москва — энергоэффективный город». Специалисты компании поделились своим опытом о некоторых источниках появления инновационных решений в сфере проектирования климатических систем. Более чем 70-летняя история Московского вентиляторного завода, на базе которого образована компания «МОВЕН», являет собой пример как типового, так и нестандартного подхода ко многим проблемным ситуациям в применении вентиляционного оборудования. Данные наработки могут стать интересными и полезными для профессионалов, работающих в отрасли.

ПЕРВЫЙ В РОССИИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НЕЙРОХИРУРГИИ

6 октября 2008 г. компания «Европа-Ллойд специальный транспорт» доставила первые медицинские модульные блоки для строительства Федерального центра нейрохирургии в г. Тюмени. Центр будет построен в рамках реализации национального проекта «Здоровье».

Первая партия из 25 медицинских модульных блоков была доставлена на строительную площадку в районе деревни Патрушево в Тюменской области. Полнокомплектные модульные блоки представляют собой помещения различной величины, оснащенные всем необходимым: водопроводной системой, тепло- и электрокоммуникациями, стеклопакетами и даже встроенной мебелью. Модули полностью готовы к монтажу, после которого достаточно будет лишь установить медицинское оборудование.