

Ограничитель перенапряжений мультиградиентный **Кабанов С.О., Красавина М.А., Дмитриев М.В.** **(ЗАО «Завод энергозащитных устройств»)**

Необходимость эффективной защиты от перенапряжений оборудования сетей различных классов номинального напряжения не вызывает сомнения. В большинстве случаев для решения этой важной задачи применяются нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) типовой конструкции (например, рис.1). Однако иногда применение типовых ОПН в силу различных причин оказывается невозможным, тогда как задача защиты оборудования от перенапряжений по-прежнему остается актуальной. Среди мест, в которых требуется применение специальных ОПН, могут быть названы:

- подстанции и воздушные линии электропередач, расположенные на высоте более 1000 метров над уровнем моря;
- закрытые распределительные устройства, в том числе элегазовые, в которых предъявляются жесткие требования к минимизации габаритов оборудования и, в частности, защитных аппаратов типа ОПН.

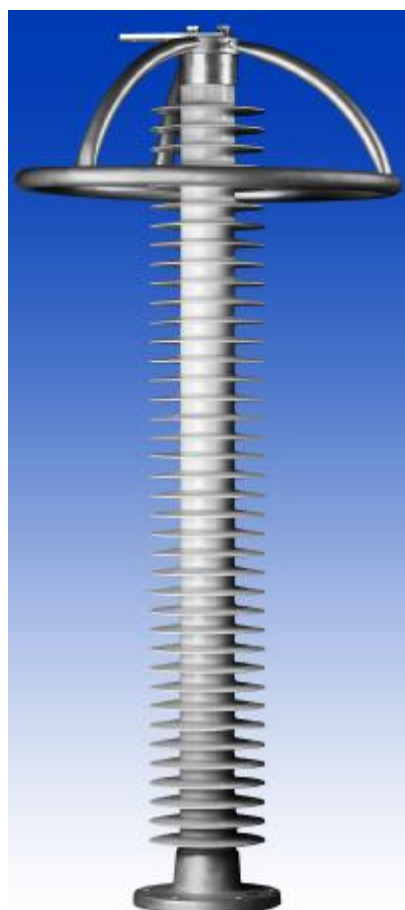


Рис.1. Внешний вид типового ОПН 110 кВ с экраном производства ЗАО «Завод энергозащитных устройств» (Санкт-Петербург)

Некоторое время назад Завод энергозащитных устройств взялся за разработку и внедрение специальных ОПН для работы в указанных выше

условиях. Однако, довольно быстро стало понятно, что невозможно эффективно и экономически оправдано решить подобную задачу без принципиально нового подхода.

Одной из серьезных проблем, требующих решения при создании и эксплуатации ОПН, является обеспечение равномерного распределения напряжения вдоль колонки варисторов. Причиной неравномерности распределения напряжения вдоль колонки варисторов является резкая неравномерность электрического поля, в которое помещается ОПН. Неравномерное поле (рис.2) создается высоковольтным электродом в виде провода, подходящего к ОПН, и заземленной опорной конструкцией в виде бетонной сваи совместно с поверхностью земли. Неравномерность электрического поля является причиной того, что потери активной мощности оказываются различными для варисторов, расположенных в разных частях колонки, что приводит к их неравномерному нагреву. Как правило, воздействие на единичные варисторы повышенного напряжения и их перегрев имеют место в верхней части колонки, что ведет к их преждевременному старению, и может явиться причиной выхода из строя ОПН.

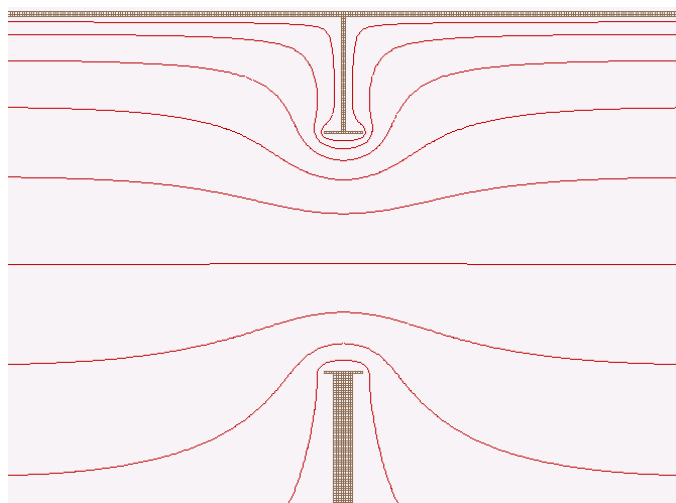


Рис.2. Эквипотенциальные поверхности поля.

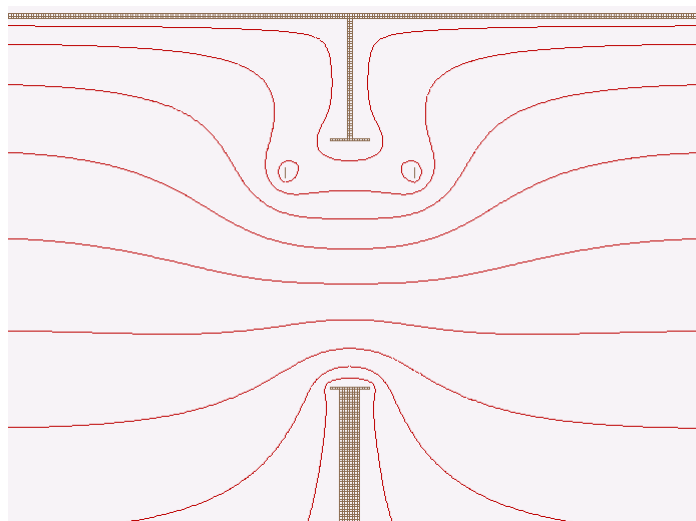


Рис.3. Эквипотенциальные поверхности поля в случае установки экрана.

Для выравнивания распределения напряжения вдоль колонки варисторов в настоящее время используют тороидальные экраны (рис.1,3). Установка экранов является традиционным способом выравнивания распределения напряжения вдоль ОПН и направлена на устранение причины возникающей неравномерности, т.е. основана на перераспределении величин емкостей варисторов на землю и на провод.

Наличие экранов заметно снижает расстояние от верхнего фланца ОПН до заземленных конструкций. Снижения отмеченного габарита допустимо на высоте до 1000 метров над уровнем моря, но недопустимо на более возвышенных территориях, для которых характерно пониженное давление, а значит – снижение разрядных характеристик изоляции и увеличение риска перекрытия ОПН (с экраном) по поверхности. А в компактизированных закрытых распределительных устройствах в большинстве случаев применение экранов типовой конструкции и вовсе невозможно.

Для решения поставленной задачи был разработан, испытан и внедрен защитный аппарат нового поколения, получивший название «ограничитель перенапряжений мультиградиентный» (МОПН), в котором применен альтернативный способ облегчения условий работы варисторов в условиях неравномерного распределения напряжения.

При сборке ОПН традиционной конструкции производитель контролирует сумму напряжения на единичных варисторах колонки так, чтобы она обеспечила требуемые характеристики по напряжению целого ОПН. Вместе с тем, вольтамперные характеристики единичных варисторов отличаются друг от друга: при одних и тех же строительной высоте варистора и токе в нем остающееся на варисторе напряжение может варьироваться в диапазоне до $\pm(5\div 25)\%$. Для создания мультиградиентного ОПН изготавливаются варисторы с заданными различиями вольтамперных характеристик, градиента растекания тока, с контролем тангенса угла диэлектрических потерь, что позволяет выстроить ВАХ собранного аппарата в соответствии с заданной программой, исходя из конкретных условий установки.

Конструкция МОПН позволяет эффективно решать задачу выравнивания распределения температуры вдоль колонки варисторов, которая является более общей по сравнению с традиционной задачей выравнивания распределения напряжения. Техническое решение, реализованное в МОПН, можно применять как единственное средство повышения эксплуатационных качеств ОПН, так и использовать его совместно с традиционными способами (установка экранов).

В качестве иллюстрации на рис.4 даны результаты измерений теплового поля (так называемые термограммы), полученные с помощью тепловизора. Слева на рис.4 показан типовой ОПН 110 кВ с экраном, а справа – мультиградиентный ограничитель перенапряжений МОПН. Ярко белый цвет ОПН с экраном на левом рисунке свидетельствует о локальном перегреве варисторов в средней части аппарата, тогда как на правом рисунке для МОПН без экрана перегрева нет.

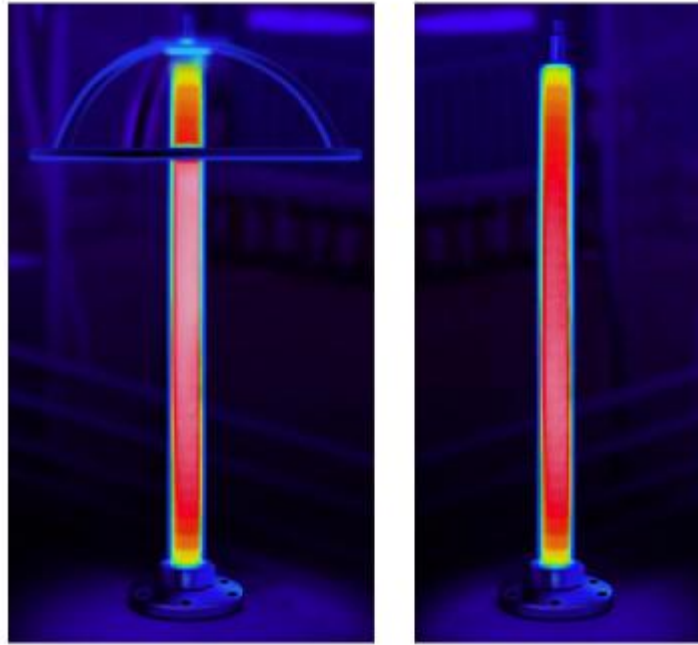


Рис.4. Термограммы, полученные с помощью тепловизора (слева – для типового ОПН 110 кВ с экраном, справа – для МОПН).

Распределение потерь активной мощности варисторов по высоте колонки для аппарата 110 кВ приведено на рис.5. По горизонтальной оси откладывается номер варистора в колонке (считая от верхнего фланца), а по вертикальной оси – потери активной мощности в милливаттах. Как видно, для МОПН потери мощности в различных варисторах практически одинаковы, что является его несомненным преимуществом.

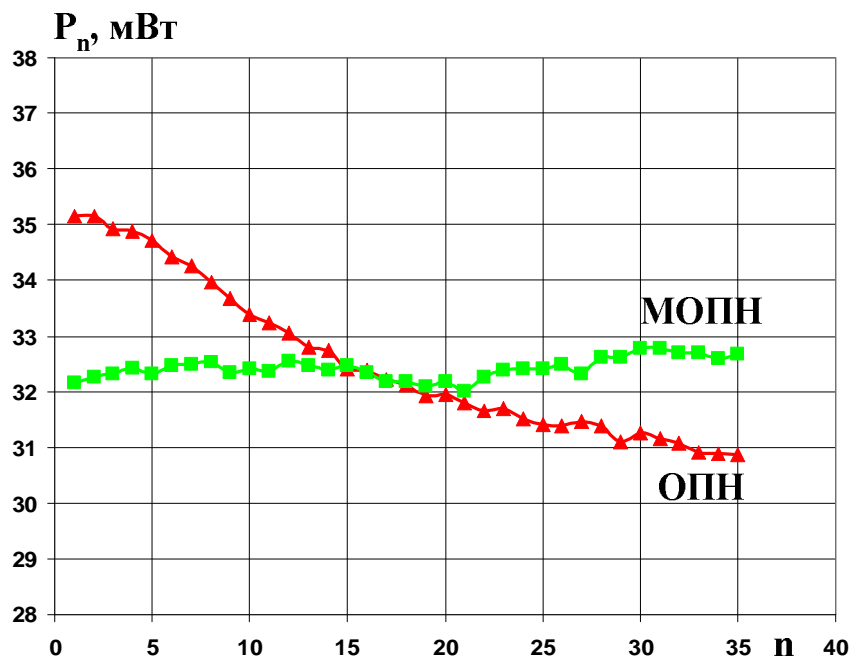


Рис.5. Распределение активных потерь мощности в варисторах для типового ОПН 110 кВ с экраном и МОПН без экрана.

МОПН, разрабатываемый как защитный аппарат для особо тяжелых условий работы может быть эффективно использован в обычных условиях с существенным увеличением надежности. В качестве основных преимуществ МОПН, которые были доказаны исследованиями, проведенными в ЗАО «Завод энергозащитных устройств», можно назвать следующие:

1. уникальная способность перераспределения тепла за счет программируемого выстраивания свойств полупроводниковых материалов;
2. повышенная устойчивость при квазистационарных перенапряжениях;
3. расширенные возможности адаптации защитного аппарата к конкретным местам установки;
4. снижение массогабаритных характеристик защитного аппарата за счет уменьшения экрана, вплоть до полного отказа от него.