



ДЕПАРТАМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

ОБЗОР НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Выпуск 2



2008 г.



Знаете ли вы что... В 1720 году напечатана первая в России книга по истории науки и техники. Это были «Осьмь книг об изобретателях вещей» итальянского историографа П. Вергилия, переведенные ректором Московской духовной академии Ф. Лопатинским.

Новости февраля...

Мачтовые трансформаторные подстанции МТП Минского завода им. В.И. Козлова, Санкт-Петербург Основное принципиальное отличие мачтовых подстанций – это установка оборудования на опоре (двух опорах для трансформаторов мощностью 160 и 250 кВА). Это позволяет исключить нежелательное проникновение в подстанцию и сэкономить средства для ограждения подстанции.

Начались официальные продажи алюминиевых каналов 'In-Liner Aero'

Компания ДКС сообщает о начале официальных продаж алюминиевых кабельных каналов и мини-колонн «In-Liner Aero», которые стартуют 1 марта 2008 года. В настоящий момент продукция уже находится на тверском складе компании и готова к отгрузке по первому требованию.

Источник: www.dkc.ru

РУСЭЛТ: освоен серийный выпуск трехфазных стабилизаторов напряжения СТЭМ-2 IP54 Группой компаний «РУСЭЛТ» освоен серийный выпуск трехфазных стабилизаторов напряжения СТЭМ-2 IP54 наружной установки, снабженных грозозащитной системой

Источник: www.ruselt-spb.ru/news

Разработан пневматический аккумулятор электричества Компания Energetix из Великобритании разработала и изготовила первый коммерческий образец системы бесперебойного электропитания Pnu Power TC1 на основе сжатого воздуха. Компания считает это направление в UPS-системах простым и дешевым вариантом.

Образец был установлен на подстанции в сети энергоснабжения южноафриканской компании Eskom Holdings, входящей в десятку крупнейших

мировых производителей электроэнергии. Система Pnu Power TC1 использует баллоны со сжатым воздухом под давлением 300 атм и способна обеспечивать подачу энергии в течение 10 часов.

В основе Pnu Power TC1 - генерация электричества при протекании воздуха через камеру, аналогичной по устройству центробежному вентилятору. Роль ротора играет винт вентилятора.

Источник: www.rsci.ru

Вскоре улицы стран Европы смогут освещаться с помощью гелиоэнергетики. Недавно **прототип солнечного дерева** прошел финальную фазу тестов. Солнечные деревья 4 недели освещали главную улицу Вены - Рингштрассе. Их энергии было достаточно для освещения ночного города даже тогда, когда солнца не было 4 дня подряд.



Использование более энергосберегающего освещения в австрийском городе Грац (численность населения-300,000) сэкономило городу 524,000 киловатт энергии и 67,200 евро в 2007 году. Ветви солнечного дерева были украшены 10 солнечными лампами, каждая из которых содержит 36 солнечных элементов. Они также имеют перезаряжаемые батареи и электронные системы.

Источник: www.idh.ru

Новые разработки и технологии по повышению эффективности грозозащиты электросетевых объектов.

Ограничители перенапряжений.

В настоящее время в Российской Федерации, а также практически во всех технических развитых зарубежных странах мира прекращено производство вентильных разрядников, являющихся до последнего времени основным средством защиты от перенапряжений. Наличие искровых промежутков и шунтирующих сопротивлений, а также невысокая нелинейность рабочих сопротивлений делает эти защитные аппараты громоздкими и не обеспечивает высокой пропускной способности, необходимой для ограничения не только грозовых, но и внутренних перенапряжений.

Приблизительно 30 лет тому назад в России началось интенсивное развитие работ по созданию новых аппаратов – нелинейных ограничителей перенапряжений на основе высоконелинейных оксидно – цинковых варисторов. В те годы аналогичные работы велись только в США и Японии.

В настоящее время в стране осуществляется массовый переход от вентильных разрядников к ограничителям перенапряжений. Это продиктовано массовым старением вентильных разрядников, некоторые из которых эксплуатируются более 40 – 50 лет и выходом в свет некоторых директивных документов поддерживающих внедрение ОПН.

Чувствительные к перенапряжениям по характеристикам варисторы делают область применения ОПН весьма обширной, но в то же время и выбор этих характеристик становится ответственным. Основной проблемой использования ОПН стал необоснованный выбор характеристик устройства и их неправильная эксплуатация, что приводит к повреждению самих защитных аппаратов, вызывает серьезные аварии в энергосистемах и электрических сетях промышленных предприятий.

Рассмотрим ряд существующих разработок.

1. Ограничитель перенапряжений мультиградиентный.

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, которое (рис. 1) 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.

Для выравнивания распределения напряжения вдоль колонки варисторов в настоящее время используют тороидальные экраны (рис. 2). Установка экранов является традиционным способом выравнивания распределения напряжения вдоль ОПН

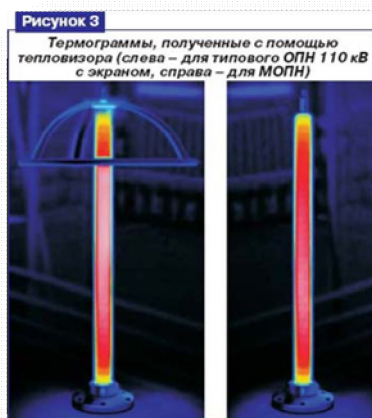


и направлена на устранение причины возникающей неравномерности, т.е. основана на перераспределении величин емкостей варисторов на землю и на провод. Однако существует альтернативный способ облегчения условий работы варисторов в условиях неравномерного распределения напряжения, который реализован в новом типе защитного аппарата, получившем название «ограничитель перенапряжений мультиградиентный» или МОПН.

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 $\pm (5 \div 25)\%$. Именно естественное отличие вольтамперных характеристик единичных варисторов использовано для выравнивания распределения напряжения вдоль варисторов в МОПН.

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. 3 даны результаты измерений теплового поля (так называемые термограммы), полученные с помощью тепловизора. На рис. 3 показан типовой ОПН по 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.



Распределение потерь активной мощности варисторов по высоте колонки для аппарата 110 кВ приведено на рис. 4. 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.

МОПН является защитным аппаратом нового поколения и будет находить все более широкое применение в энергетике, в том числе там, где применение

типовых решений невозможно. В качестве основных преимуществ МОПН, которые были доказаны исследованиями, проведенными в ЗАО «Завод энергозащитных устройств», можно назвать следующие:

- Уникальная способность перераспределения тепла за счет программируемого выстраивания свойств полупроводниковых материалов;

- Повышенная устойчивость при квазистационарных перенапряжениях;

- Расширенные возможности адаптации защитного аппарата к конкретным местам установки;

- Снижение массогабаритных характеристик защитного аппарата за счет уменьшения экрана, вплоть до полного отказа от него

2. Интеграция ОПН в защищаемые устройства.

К свойствам ограничителей можно отнести защиту устройств в пределах некоторого расстояния, называемого защитным. Величина этого расстояния зависит от уровня остаточного напряжения (т. е. от уровня защиты) и крутизны фронта бегущей волны перенапряжения. Защитное расстояние рассчитывается по эмпирически, в предположении наиболее не благоприятного варианта - полного отражения волны от разомкнутого конца линии.

Поскольку остаточные напряжения у разных ОПН различны, защитное расстояние также оказывается различным. При сравнении различных марок производителей ОПН видно, что остаточное напряжение ниже всего у полимерных ОПН типов MWK и POLIM-D. Соответственно, защитное расстояние у них больше, чем у остальных ОПН, выпускаемых промышленностью (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение ОПН разной конструкции

Диапазон значений U сети, кВ	Отношение $U_p(8...20 \text{ мкс}) / U_c(\text{пик})$			
	POLIM'D	MWK	Остальные класса 1	Остальные класса 2
3..24	2,48		2,7..3,3	
4...36		2,17		2,5..3

1.

Чем ближе к защищаемому объекту расположен ОПН, тем более надежную защиту он обеспечивает. Отсюда следует, что для обеспечения наиболее надежной защиты ОПН следует устанавливать как можно ближе к защищаемому оборудованию или даже встраивать в него.



Рис. 1 ОПН, установленный параллельно гирлянде изоляторов ЛЭП напряжением 400 кВ. Слева (на высоковольтном конце) виден разъединитель.

Современная защита от бросков напряжений основывается на использовании не удаленных, а встроенных ОПН. Это дает ряд очевидных преимуществ, которые не исчерпываются повышением эффективности и надежности защиты, особенно в случае волн перенапряжения с крутыми фронтами. Дело в том, что интеграция ОПН удешевляет системы, поскольку уменьшается размер занимаемого ими пространства и снижаются затраты на монтаж и мероприятия по их приобретению и доставке. Интеграцию ОПН уже удалось успешно реализовать, например, в трансформаторах, где ОПН погружается в масло, залитое в бак трансформатора. Известны также сочетания с высоковольтными разъединителями и мегавольтными блоками "плавкий предохранитель разъединитель". В таком блоке, показанном на рис. 5, один из опорных изоляторов заменен ОПН MWK. Это обеспечило более надежную защиту от бросков напряжений, уменьшило потребное пространство и облегчило монтаж системы. К числу других возможностей относится интеграция в линейные изоляторы и измерительные трансформаторы.

Рис. 5 Блок "плавкий предохранитель - разъединитель". В изолятор-подвеску встроен ОПН типа MWK (слева). Справа - обычный изолятор.

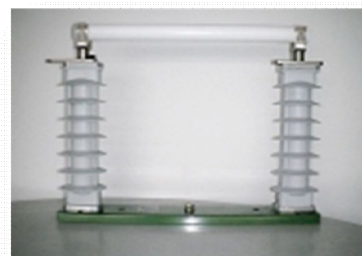
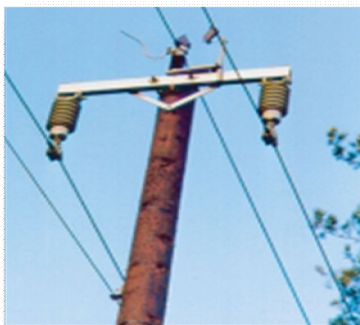


Рис. 6 Подвесные линейные

изоляторы с ОПН, сочетающие в себе функции механического опорного элемента и защиты от бросков напряжения.



На рис. 6 показана комбинация подвесного линейного изолятора с ОПН типа POLIMS, сочетающая в себе функции механической опоры и защиты от бросков напряжений. Известны случаи применения системы в виде близко расположенных

ОПН и высоковольтных проходных изоляторов, что позволило повысить надежность защиты трансформаторов и высоковольтных вводов с элегазовой изоляцией. Полностью интегрированная система, показанная на рис. 7, состоит из обычного мегавольтного ОПН класса 2 и проходного изолятора наружной установки, объединенных в общий вставной блок. Такое решение оказалось осуществимым благодаря появлению трубчатых МО

Выпуск 2, 2008 г.

элементов, обеспечивающих возможность весьма компактной коаксиальной интеграции без ущерба для работы как устройства защиты, так и изолятора. Поскольку описанная интеграция элементов серьезно сказывается на свойствах электрического поля, возникающего вокруг оборудования, этот вопрос при конструировании интегральных систем следует подвергать особому анализу. В частности, нужно тщательно исследовать взаимное влияние соседних элементов системы на картину электрического поля.

Рис. 7 Возможности интеграции: ОПН на напряжение 24 кВ (слева в центре) и проходной изолятор наружной установки (слева) можно объединить в общий блок (справа в центре), вставляемый в кабельный ввод стандарта DIN (справа).



Рис. 8 Распределение электрического поля в кабельном вводе на рабочее напряжение 24 кВ, интегрированном с ОПН.

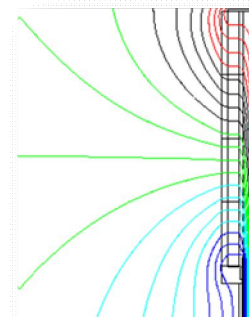
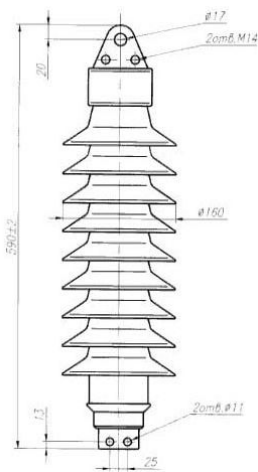


Рис. 9 Общий вид и габаритные размеры ограничителя перенапряжений типа ОПН-П-35 УХЛ1 подвесное исполнение.



Расчет наводимых полей и экспериментальные исследования показали практическую реализуемость оптимизированных полностью интегрированных конструкций. Так, на рис. 8 показано распределение электрического поля, создаваемого кабельным вводом со встроенным ОПН. Видно, что электрическое поле вблизи МО элементов не имеет больших неоднородностей, что делает показанное интегральное устройство пригодным как для выравнивания поля, так и для защиты от бросков напряжения. Одним из потенциальных недостатков интеграции является то, что перегрузка ОПН может ухудшить функциональные характеристики устройства, содержащего этот ОПН.

Однако вероятность такого события можно уменьшить путем применения ОПН с более высокой энергоемкостью, например путем замены ОПН класса 1 по стандартам МЭК на ОПН класса 2. В примере, показанном на рис. 6, для радикального уменьшения вероятности повреждений и обеспечения максимального коэффициента безотказности системы даже в условиях высокой грозовой активности был выбран ОПН класса 3. Встроенный ОПН влияет, разумеется, и на результаты испытаний изоляции, поэтому для таких испытаний требуется выработка новых критериев. Данный вопрос рассмотрен, в частности, в стандарте IEC60694.

Возможный путь снижения параметров изоляции в такой интерактивной или динамической конфигурации в направлении "нового основного уровня прочности".

Напряжение никогда не превысит остаточного напряжения на интерактивной изоляции, а следовательно, уйдет в прошлое и проблема защитного расстояния. По мере развития интеграции граница между понятиями изоляции и защиты будет постепенно

размываться, и со временем функцию защиты от бросков напряжения неизбежно начнет выполнять сам изоляционный материал.

Такой ход событий представляется реалистичным, и исследования в этом направлении уже ведутся. Например, новые полимерные композиты на основе микроконтакты и структур, подобранных с таким расчетом, чтобы обеспечить сильную нелинейность характеристик в области больших токов, необходимую для защиты от импульсов тока. Такой вариант может стать первым шагом на пути к созданию динамической самозащищающейся изоляции, способной коренным образом изменить нынешний подход к координации изоляции.

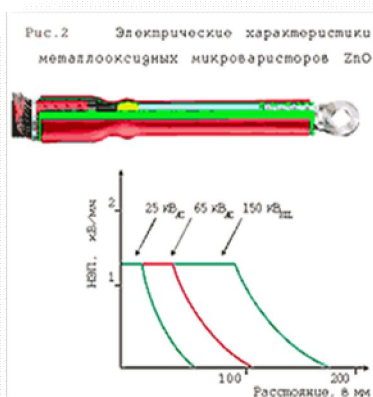
3. Применение интегрированных микроваристоров в производстве кабельных муфт.

Неравномерное распределение напряженности электрического поля (НЭП) арматуры среднего и высокого напряжения.

Проводящий экран высоковольтных кабелей коаксиальной конструкции обеспечивает однородное радиальное распределение электрического поля по изоляции кабеля и предопределяет соответствие рабочей и проектной НЭП. Это соответствие нарушается, когда кабельный экран удаляется во время разделки кабеля и срез экрана остается необработанным.

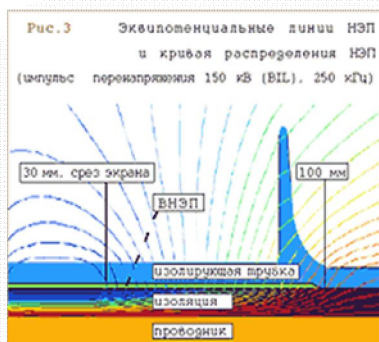
3.1 Система металлооксидной матрицы

В соответствии с керамической технологией компаунд для «ВНЭП» изготавливается из полимера и керамической пудры, каждая частица которой после специального обжига становится сферическим варистором. Его центр обладает электрической проводимостью, а периферия (или оболочка) – тонкий пограничный слой является изоляционным и управляет электрическим током керамики. Каждый слой между двумя частицами представляет собой микроваристор с определенным уровнем порогового напряжения. Множество микроваристоров составляют объемную структуру, электрические свойства которой обязаны качествам цинкооксидной пудры и технологии ее обжига. Рис.1 показывает зависимость объемного сопротивления керамической пудры от НЭП: пудра демонстрирует нелинейное поведение и имеет пороговое напряжение аналогично тому, как это происходит в диодах и варисторах. Эти характеристики хорошо известны в полупроводниковой технике.



Если НЭП (или приложенное напряжение) ниже порогового уровня, то материал работает как диэлектрик (линейная часть вольт-амперной характеристики). При увеличении НЭП и достижении порогового напряжения отдельные керамические частицы (варисторы) переключаются и начинают проводить электрический ток. Таким образом, дальнейшее увеличение НЭП будет ограничиваться и поддерживаться практически на одном уровне. Эта технология компенсирует избыточную НЭП в материале, вызванную переходными процессами и импульсами перенапряжений, существующих в электрических сетях и вызванных молниевыми разрядами, коммутациями и пр. (см. рис.2)

Пороговое напряжение может быть подобрано в соответствии с требованиями для «ВНЭП» кабельной арматуры (для выбранного напряжения).



Поведение системы «ВНЭП», построенной на металлооксидной матрице (МОМ), будет проиллюстрировано на расчетах электрического поля, выполненных на уровне импульса перенапряжения 150 кВ (BIL) в соответствии со стандартом IEE 48-1996 (см. рис.3).

Для перенапряжений электрической сети НЭП ограничивается до уровня примерно 1,4 кВ/мм в соответствии с вольт-амперной характеристикой микроваристоров. Данная технология исключает перенапряжения в материале, уменьшая уровень НЭП и обеспечивая ее плавное распределение по поверхности.

4. ОПН внутренней установки типа DA. (Кабель и арматура г. Екатеринбург)



Эта серия ОПН была создана специально для установки в условиях ограниченного пространства, например, в ячейках выключателей.

4.1 Тип RDA/VDA



Современный элегазовый выключатель, присоединенный к воздушно-кабельной распределительной сети, восприимчив к таким эффектам, как удвоение напряжения при переходных процессах. ОПН, установленный непосредственно на конце кабеля, будет ограничивать (срезать) напряжение до безопасного для выключателя уровня. ОПН типа RDA / VDA вместе с системой присоединения RICS фирмы Райхем для элегазовых выключателей позволяет выполнить герметичное подключение ОПН и концевой кабельной муфты к выключателю. Компактная конструкция и легкость монтажа являются особенностью этого типа изделий.

4.2 Тип SPA/SNA

Компактный ОПН обладает высокой механической прочностью. Даже без применения юбок материал корпуса полностью исключает образование проводящих дорожек и способен противостоять дуговому перекрытию в условиях сырых помещений.

ОПН типа SPA имеет также исполнение с встроенным хорошо изолированным линейным выводом, что позволяет значительно уменьшить расстояние между ОПН и заземленными частями ячеек. ОПН типа SPA-I представляет собой идеальное техническое решение для установки ОПН при модернизации компактных ячеек.



4.3 Тип МРА

ОПН разработан для специфических требований к условиям работы электродвигателей. Прочный, трекингоустойчивый корпус в сочетании с высокой энергопоглощающей способностью семейства ОПН фирмы Райхем.

5. Металлоксидные ограничители перенапряжения (ОПН) и крепежная арматура

Низковольтные ОПН монтируются в местах соединения СИП до 1кВ с подземными или абонентскими кабелями и на подстанциях. Металлоксидные варисторы, встроенные в ОПН, надежно защищают сеть и подключенное оборудование от всех видов перенапряжения.

Набор крепежной арматуры, например, изолированный проводник и монтажные кронштейны, отвечает индивидуальным требованиям заказчиков.

Металлоксидные ОПН без искровых промежутков с длительно-допустимым напряжением 280 В и 440 В. Испытаны в соответствии с IEC 61643-1 + Прил.1 / EN 61643-11 Класс II. Номинальный ток разряда I_n 10кА, максимальный ток разряда I_{max} 40кА. Высокое быстродействие на крутой фронт: надежно справляются с токовым импульсом 100 кА, 4/10 мкс (IEC 99-4). Энергопоглощающая способность 4,1 Дж/В Ус.

Испытаны для эксплуатации при температурах от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$. Испытаны на герметичность напряжением 6 кВ в течение 30 мин. под водой. При перегрузке встроенный разъединитель отключает ОПН от сети, например, при близком ударе молнии. Заземляющий проводник остается подключенным, а легко видимая цветная круглая табличка выпадает из ОПН и остается висеть на нем. Изолированный адаптер подходит ко всем прокалывающим зажимам на сечение 25 мм² (диаметр изолированного проводника 9 мм). Прочный влагостойкий полимерный корпус обеспечивает надежную работу при любых погодных условиях и загрязнении. Металлические части выполнены из коррозионно стойкого алюминия или нержавеющей стали.

