

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

А.О. Добродей

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Евминов Л.И.

Перенапряжения представляют собой любые превышения напряжения относительно амплитуды наибольшего рабочего напряжения. Перенапряжения подразделяются на грозовые (атмосферные) и внутренние и являются одной из наиболее частых причин выхода из строя элементов электрических сетей.

Защита и ограничение перенапряжений в электрических установках до экономически обоснованных значений производятся с помощью защитных аппаратов: искровых промежутков, трубчатых и вентильных разрядников, РС-цепочек, нелинейных ограничителей перенапряжений.

До середины 80-х годов основным средством защиты от перенапряжений в электрических сетях считались вентильные разрядники с искровыми промежутками и карбидокремневыми рабочими сопротивлениями, разработанные в период 50-60-х годов. Конструкция и принцип работы вентильных разрядников обуславливают их принципиальные недостатки, основные из которых заключаются в следующем:

- Наличие искровых промежутков определяет высокое импульсное пробивное напряжение, которое не позволяет использовать разрядники для борьбы с внутренними перенапряжениями.

- Присутствие сопровождающего тока промышленной частоты при затухании волны перенапряжения вызывает необходимость применения рабочего резистора с высоким сопротивлением для надёжного гашения сопровождающего тока, которое в свою очередь, определяет высокое остающееся напряжение разрядника (остающееся напряжение на вентильных разрядниках больше, чем на ОПН соответствующих классов напряжения на 20-30 %, что снижает уровень защиты).

- Конструкция разрядника предполагает наличие воздушных пустот внутри фарфорового корпуса и, следовательно, не исключает возможность перекрытия внутренней изоляции и возникновения взрыва.

- Ограниченная пропускная способность разрядников.

- В течение срока службы вольтамперные и вольт-секундные характеристики разрядников изменяются на 20-25 %, что в итоге ухудшает защиту от перенапряжений.

Принципиальный переворот в области борьбы с перенапряжениями в сетях произошёл в результате разработки высоконелинейных резисторов на основе окиси цинка. Высоконелинейный металлооксидный резистор представляет собой поликристаллическую структуру, состоящую из легированных кристаллов окиси цинка и полупроводящих барьеров между ними из окислов других металлов. Резисторы прессыются из этого порошка, спекаются в виде дисков разного диаметра. В корпусе они накладываются друг на друга, т. е. соединяются последовательно. Число дисков и их размеры зависят от номинального напряжения и допустимого импульсного тока.

Эффект нелинейной проводимости проявляется на границах зерен ZnO. В этих контактирующих друг с другом местах возникают потенциальные барьеры, препятствующие перемещению носителей заряда при малых напряжениях. При увеличении напряжения до критической величины происходит электрический пробой, и за счёт

резкого увеличения проводимости через резистор начинают протекать импульсные токи. При этом напряжение на нём меняется только за счёт сопротивления внутренних областей. При снижении приложенного напряжения потенциальные барьеры восстанавливаются, и резистор переходит в состояние низкой проводимости. В этом состоянии через него протекает в основном емкостный ток. Поэтому металлооксидные резисторы могут длительно находиться под рабочим напряжением.

Отсутствие у ОПН искровых промежутков исключает электрический разряд с присущей ему зависимостью разрядного напряжения от времени приложения напряжения. Поэтому исключается возможность роста импульсного пробивного напряжения при грозовых перенапряжениях с крутым фронтом.

Рабочие резисторы ОПН постоянно подключены к сети. Поэтому возможные повышения напряжения на фронте крутых импульсов обусловлены только инерционностью процессов перестройки структуры резистора при переходе от состояния низкой к состоянию высокой проводимости, конечной скоростью перемещения носителей заряда, образования и рассасывания объёмных зарядов. Длительность этих процессов порядка 10 нс. Повышение импульсного пробивного напряжения разрядников наблюдается при предразрядных временах до 1–5 мкс, в то время как резисторы ОПН переходят в проводящее состояние за время 10–50 нс, т. е. в 100 раз быстрее. Следовательно, ОПН значительно лучше защищает изоляцию от волн с крутым фронтом импульса.

Вольтамперная характеристика металлооксидного резистора обладает такой нелинейностью, что при повышении напряжения в 2 раза ток через него увеличивается на 7 порядков. Этот факт позволил создать защитные аппараты с глубоким ограничением коммутационных и грозовых перенапряжений без сложных искровых промежутков.

ОПН в настоящее время широко применяются в мировой практике для борьбы с перенапряжениями в электрических сетях всех классов напряжений и на ближайшие годы альтернативы не имеют.

По сравнению с вентильными разрядниками ОПН обладают следующими неоспоримыми преимуществами:

- Более высокий уровень защиты (меньшее остающееся напряжение и более пологая вольтамперная характеристика и, благодаря этому, более широкий диапазон защиты).
- Глубокий уровень ограничений всех видов импульсных перенапряжений.
- Отсутствие сопровождающего тока после затухания волны перенапряжения, благодаря чему не происходит старения материала токоограничивающего сопротивления и защитные характеристики остаются стабильными после многократного срабатывания ОПН.
- Способность к перегрузке и рассеиванию больших энергий.
- Непрерывное подключение к защищаемой сети.
- Простота конструкции и надёжность в эксплуатации.
- Малые габариты и вес.
- Большой срок службы (25-30) лет.

Основным недостатком ОПН является наличие тока утечки (порядка 5 мА), что при высоком напряжении вызывает большие потери мощности и электроэнергии.

И всё же, в виду большого количества достоинств ОПН, их применение является целесообразным в сетях энергосистемы Республики Беларусь.

Но разрядники на основе ОПН имеют большую стоимость, что сдерживает их повсеместное внедрение. Нами разработана конструкция разрядника на напряжение

10 кВ на основе ОПН с применением фарфоровых корпусов от старых (отслуживших свой срок) вентильных разрядников.

Данная конструкция предполагает удаление из фарфорового корпуса вентильного разрядника искровых промежутков и вилитовых дисков и установку в этот корпус нелинейного резистора на основе окиси цинка и специальной втулки из токопроводящего материала. Эта разработка в настоящее время внедряется на Речицком предприятии электрических сетей.

На данный момент разрядники на основе ОПН выпускаются в корпусах меньших габаритов, чем старые вентильные разрядники, что предполагает изготовление специальной крепёжной арматуры.

Нашу конструкцию разрядника изготовить дешевле, чем купить аналогичный разрядник у какой-либо фирмы и не требуется изготовления специальной крепёжной арматуры, так как данный разрядник устанавливается обратно на своё штатное место.

На кафедре «Электроснабжение» ведутся дальнейшие исследования нелинейных ограничителей перенапряжений.

Литература

1. Перенапряжения в электрических сетях. Проблемы и опыт эксплуатации. Рекомендации по выбору и применению нелинейных ограничителей перенапряжения. – Промышленная группа «ТАВРИДА ЭЛЕКТРИК», 2000.
2. Руководство по выбору высоковольтных ограничителей перенапряжений производства фирмы АББ.
3. Техника высоких напряжений /Под ред. Д.В. Разевига. М.–Л.: Энергия, 1963.
4. Юриков П.А. Средства защиты изоляции от атмосферных перенапряжений. – М.–Л.: Энергия, 1964.

АНАЛИЗ ТАРИФОВ НА ЭНЕРГИЮ В БЕЛАРУСИ

О.Ю. Пухальская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Прокопчик Г.А.

Электроэнергетика является одной из ведущих отраслей белорусской экономики. Развитие нашей энергетики в период 1991-2002 гг. шло на фоне спада промышленного производства, обусловленного развалом СССР, разрывом экономических связей, ростом цен на топливо. В течение рассматриваемого периода усилилось влияние энергетики на экономику предприятий в большинстве отраслей промышленности. Доля энергетической составляющей в себестоимости продукции возросла в несколько раз.

В настоящее время электроэнергетика страны находится в состоянии глубокого кризиса. Основными проблемами отрасли являются:

- низкая энергетическая эффективность;
- жесткая тарифная политика, влекущая за собой низкую рентабельность;
- неплатежи потребителей и сохранение внешних долгов;
- недостаток инвестиций, обусловленный проводимой тарифной политикой;
- перекосы в тарифах и перекрестное субсидирование.

Беларусь обладает небольшими собственными запасами топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и удовлетворяет покрытие в их потребности только на 15 %, имеет низкую энергетическую эффективность. Об этом свидетельствует сравни-