VG – технология CITEL на защите оборудования по цепям питания переменного тока

В статье рассматривается элементная база устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), особенности характеристик отдельных ее элементов, их достоинства и недостатки. Показаны преимущества VG-технологии, применяемой компанией CITEL в производстве УЗИП.

Представительство CITEL в России и СНГ, г. Москва

В устройствах защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), предназначенных для защиты оборудования по цепям питания 220/380 В переменного тока, используются два элемента, основанные на разных физических принципах. Первый – на искровом разряде в газообразной среде. Линеаризованная вольт-амперная характеристика искрового промежутка, или разрядника, показана на рис. 1.

Чтобы лучше понять особенности работы устройств защиты, основанных на этом принципе, проведем эксперимент. Возьмем разрядник и подключим его к испытательной установке, на которой можно менять напряжение и ток. Начнем плавно поднимать напряжение на электродах разрядника и фиксировать ток, протекающий через него. До какого-то определенного напряжения, называемого статическим напряжением пробоя, тока практически нет, но после превышения этого уровня через разрядник начинает идти ток, определяемый мощностью нашей установки или токоограничением. До уровня тока примерно в 1–1,5 А напряжение на электродах промежутка будет составлять от 60 до 100 В. Это режим тления, который используется в газоразрядных лампах дневного света. Но, поскольку импульсы тока могут иметь амплитуду в десятки килоампер, нас этот режим не интересует. При увеличении тока, протекающего через разрядник, загорается дуга и наша система переходит в другой режим – режим горения дуги. У него есть свои особенности, а именно: напряжение на электродах практически не зависит от тока. И напряжение это маленькое – всего 20–25 В. А так как мощность, выделяемая на разряднике, равна произведению силы тока и напряжения, то маленькое падение напряжения позволяет пропускать очень большой ток без перегрева и теплового разрушения устройства. Для того чтобы этот ток прекратился, необходимо либо уменьшить напряжение так, чтобы оно стало ниже напряжения на электродах промежутка, либо изменить ток до уровня ниже тока гашения дуги. Из этого следуют три важных вывода.

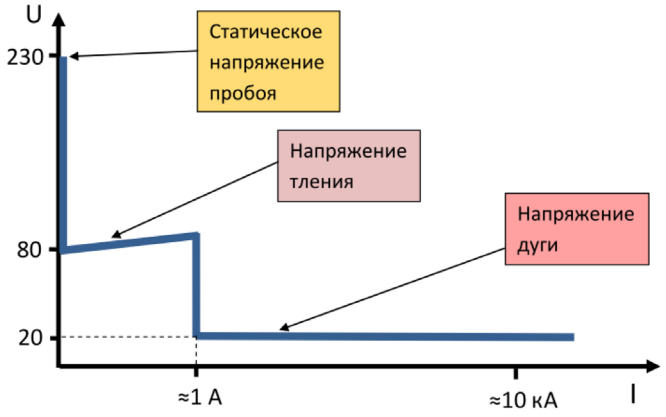

Рис. 1. Вольт-амперная характеристика искрового промежутка, или разрядника

1. До уровня статического напряжения пробоя разрядник является, по сути, идеальным изолятором и не имеет тока утечки.

2. Он может пропускать через себя очень большие токи при сравнительно небольшой выделяемой на нем энергии.

3. При срабатывании разрядника возникшая в нем электрическая дуга практически закорачивает не только импульс перенапряжения, но и цепь электропитания, к которой этот разрядник подключен. То есть после

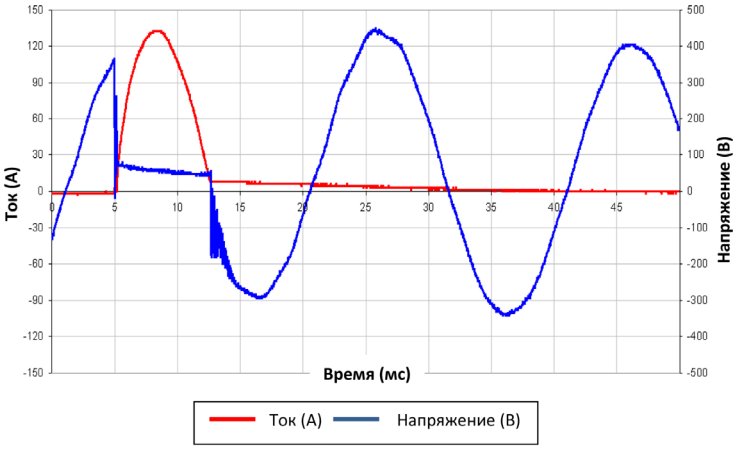

Рис. 2. Осциллограмма сопровождающего тока

прохождения импульса перенапряжения возникает сопровождающий ток If, поддерживаемый самой системой электропитания (фактически ток КЗ для системы электропитания, в которую включен разрядник). Обычно этот ток прекращается при прохождении волны переменного напряжения через ноль. Осциллограммы, иллюстрирующие это явление, показаны на рис. 2. Тестируемый разрядник подключен к сети переменного тока 220 В 50 Гц. Синим цветом изображена осциллограмма напряжения на клеммах разрядника, а красным показано среднеквадратичное значение тока через разрядник. От 0 до 5 мс ток через разрядник равен 0, а напряжение соответствует параметрам сети. В момент времени 5 мс в систему подается микросекундный импульс перенапряжения. Сам импульс на осциллограмме не виден, так как развертка выставлена на частоту 50 Гц. Зато очень хорошо видно, что происходит в сети после окончания микросекундного импульса. Напряжение в точках присоединения разрядника падает, а ток через разрядник возрастает. При этом напряжение равно сумме падений напряжения на самом разряднике и подсоединительных проводах, а ток близок к току короткого замыкания сети в точке подключения разрядника. Этот сопровождающий импульс ток прекращается только при переходе напряжения сети через 0.

Самое первое и самое простое устройство защиты, работающее по этому принципу, – воздушный открытый искровой промежуток. Устройство простое и дешевое, но обладает рядом серьезных недостатков. Поскольку напряжение пробоя такого промежутка зависит от многих внешних факторов (расстояния между электродами, химического состава газа, его давления, наличия в газе разного рода аэрозолей, характеристики поверхностей электродов, между которыми происходит пробой, и других), параметры напряжения пробоя получаются очень нестабильными. Чтобы исключить часть этих негативных факторов, искровой промежуток поместили в оболочку, тем самым создав закрытый искровой промежуток, или воздушный разрядник. Стабильность несколько увеличилась, но напряжение пробоя осталось все равно достаточно большим, так как обычный воздух при нормальном атмосферном давлении обладает хорошими изоляционными свойствами. Уменьшать расстояние между электродами можно только до определенного предела, так как возникают проблемы с гашением дуги и надежностью всего устройства. В дальнейшем для уменьшения напряжения пробоя стали использовать специальные триггерные устройства поджига, которые заставляют дугу быстрее зажигаться, но при этом не мешают ее гашению. Решение интересное, но оно значительно усложняет конструкцию и уменьшает надежность системы, поскольку триггер поджига сам подвергается воздействию высоковольтного импульса.

Но возможен и другой путь – сделать оболочку вокруг искрового промежутка герметичной и заполнить ее специальной смесью газов под пониженным давлением, да еще и поверхности электродов покрыть специальным составом, обладающим хорошей электронной эмиссией. Получится газовый разрядник, имеющий заданные и стабильные параметры. Но и у этой конструкции есть свои недостатки. Искра в газовом разряднике хорошо зажигается, но плохо гаснет, поэтому он не может

Рис. 3. Газовые разрядники CITEL

Рис. 4. Внешний вид варисторов

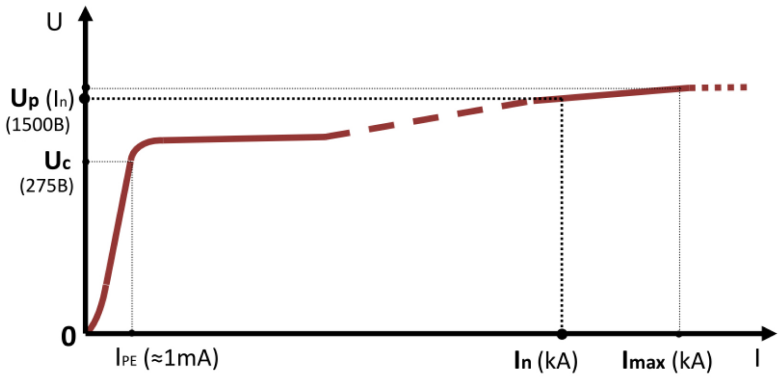

Рис. 5. Вольт-амперная характеристика оксидно-цинкового варистора

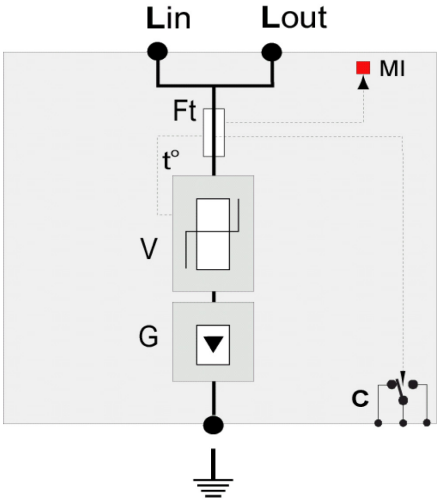

Рис. 6. Схема УЗИП, сконструированного по технологии VG: V – варистор; G – газовый разрядник CITEL

гасить большие сопровождающие токи. В связи с этим газовые разрядники используются в основном для подключения между нейтралью и землей, где не может быть больших сопровождающих токов.

Внешний вид газовых разрядников производства CITEL показан на рис. 3.

Второй элемент, используемый в устройствах защиты от импульсных перенапряжений, – варистор (рис. 4). Физически это специальная керамика, обладающая нелинейной электрической вольт-амперной характеристикой (рис. 5).

Варистор не является идеальным изолятором и при подключении к напряжению питания 220 В имеет некоторый ток утечки. При максимально допустимом рабочем напряжении Uc ток утечки составляет около 1 мА. Если напряжение поднимается выше этого значения, варистор переходит на другую ветвь характеристики, где его ток значительно увеличивается при незначительном увеличении напряжения на его зажимах. Таким образом, всю лишнюю энергию, которая попала в сеть и может поднять напряжение до опасного уровня, варистор пропускает через себя.

Из этой характеристики видно, что:

- во-первых, варистор не имеет сопровождающего тока, так как при прохождении импульса и возврате напряжения к уровню ниже Uc он автоматически переходит на другую ветвь характеристики и ток через него уменьшается до тока утечки;
- во-вторых, энергия, выделяемая на варисторе при прохождении импульса тока, значительно больше, чем при прохождении того же импульса через разрядник;
- в-третьих, варистор имеет некоторый ток утечки, который вызывает постоянный подогрев этого устройства, что, в свою очередь, способствует его старению и дальнейшему увеличению тока утечки. Поэтому срок службы варистора, постоянно находящегося под напряжением, ограничен даже при отсутствии импульсов перенапряжения.

Чтобы исключить сопровождающий ток и ток утечки, а также уменьшить остаточное напряжение и выделяемую на устройстве энергию, фирмой CITEL была разработана технология VG, при которой варистор и разрядник соединены последовательно, а характеристики этих устройств специально подобраны (рис. 6).

Рис. 7. УЗИП CITEL серии DS250VG-300

При такой конструкции варистор исключает сопровождающий ток, разрядник исключает ток утечки, а их совместная работа уменьшает остаточное напряжение и энергию, выделяющуюся на УЗИП. Таким образом, VG-технология объединяет в себе достоинства обоих физических принципов, уменьшая или совсем устраняя недостатки. Примерами подобных устройств могут служить УЗИП CITEL серий DS250VG-300 (рис. 7), DS130VG-230 класса (1+2+3) и DS40VG-230 класса (2+3).

Благодаря применению VG-технологии срок службы устройств защиты от импульсных перенапряжений CITEL значительно превышает срок службы обычных варисторных УЗИП, а их характеристики обеспечивают соответствие сразу нескольким классам испытаний. Так, УЗИП серии DS250VG-300 соответствует сразу всем трем классам испытаний, предусмотренным гостами. На практике это означает, что, установив такой УЗИП во вводной щит, где необходим первый класс, мы надежно защищаем оборудование, стоящее внутри здания на расстоянии как минимум 20 метров по кабелю без установки дополнительных устройств 2-го и 3-го классов.

А.В. Васин, технический директор представительства CITEL в России и СНГ,
г. Москва,
тел. +7 (495) 669-3270,
e-mail: info@citel.ru,
www.citel.ru