

ОПС1: особенности проверки и применения

«Варисторные ограничители импульсных перенапряжений ОПС1 давно и с успехом используются для построения защит и предотвращения повреждений сетей электропитания и электроустановок от опасных перенапряжений. Прошу рассказать подробнее, каким образом работает эта защита и что представляет собой варистор?»

Олег КАЛИКА, г. Мариуполь, Украина



ОПС1 относится к устройствам защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) и применяется для защиты электросети от кратковременных, чрезвычайно высоких для данной электросети напряжений, возникающих между фазами либо между фазой и землей. Причины возникновения импульсных перенапряжений могут находиться как внутри электросети, так и вне нее. Внутренними источниками импульсных перенапряжения являются, как правило, коммутации реактивных нагрузок, электростатический разряд, пробой изоляции и т.п. Особенную опасность при этом представляют импульсы, возникающие при отключении индуктивной нагрузки, так как при коммутации вся запасенная энергия «выбрасывается» в сеть в виде высоковольтного импульса. Электростатический же разряд опасен главным образом тем, что при работе технологического оборудования он накапливается, и при достижении критической энергии может разрядиться в непредсказуемом месте, чем вызовет импульс перенапряжения.

Существует несколько типов устройств защиты от импульсных перенапряжений: разделительные трансформаторы, разрядники, защитные диоды. Если говорить о самом распространенном УЗИП для бытового применения в распределительных щитах, вводных распределительных устройствах жилых и промышленных помещений, то это, несомненно, устройства на базе варисторов. Основным преимуществом такого типа УЗИП являются небольшие габаритные размеры, отсутствие выброса горячего газа при срабатывании защиты, а так же простота применения.

Существует несколько типов устройств защиты от импульсных перенапряжений: разделительные трансформаторы, разрядники, защитные диоды. Если говорить о самом распространенном УЗИП для бытового применения в распределительных щитах, вводных распределительных устройствах жилых и промышленных помещений, то это, несомненно, устройства на базе варисторов. Основным преимуществом такого типа УЗИП являются небольшие габаритные размеры, отсутствие выброса горячего газа при срабатывании защиты, а так же простота применения.

Что такое варистор?



Варистор – это полупроводниковый резистор, сопротивление которого зависит от приложенного напряжения. Одна из особенностей варистора – это нелинейная симметричная вольт-амперная характеристика (ВАХ) (см. рис. 1). То есть при приложении к варистору небольшого напряжения, ток через варистор не протекает, но если постепенно повышать напряжение, то наступит момент, при котором ток через ва-

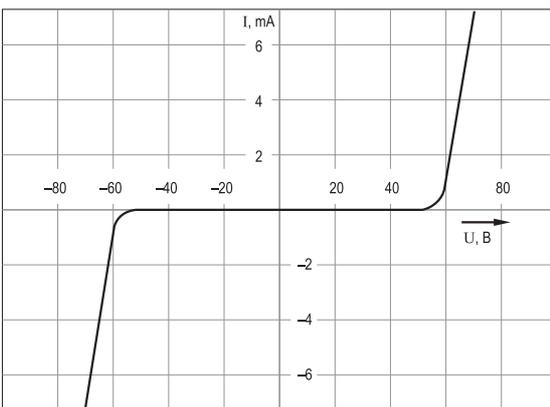


Рис. 1. Нелинейная вольт-амперная характеристика варистора

ристор начинает проходить. Именно эту особенность варистора и используют для защиты от импульсных перенапряжений.

Для изготовления варисторов используются полупроводниковые материалы с высокой стабильностью при повышенных температурах, так как при работе варистора вся мощность выделяется в малом объеме. Существуют несколько типов варисторов, однако самыми распространенными являются два типа: варисторы, изготавливаемые с применением карбида кремния SiC и варисторы, изготавливаемые с применением оксида цинка ZnO. Варисторы, изготовленные на основе оксида цинка, обладают вольт-амперной характеристикой с высокой нелинейностью, однако значительно более сложны в изготовлении по сравнению с варисторами на основе карбида кремния.

Принцип работы варистора

Чтобы лучше понять, как работает варистор, рассмотрим технологию его изготовления на примере карбид-кремниевых варисторов (так как, напомню, технология изготовления варисторов с оксидом цинка существенно сложнее). Для изготовления карбид-кремниевых варисторов используют полупроводниковый карбид кремния SiC с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Карбид кремния размалывают в порошок до размеров кристаллов в несколько десятков микрометров, и этот порошок используют в качестве основы варистора. Сам по себе порошок уже обладает нелинейной ВАХ, однако эта нелинейность крайне нестабильна, и сильно зависит от степени сжатия порошка, размера частиц порошка, меняется при тряске и т. п. Для стабилизации параметров порошок скрепляют связующим веществом – глиной, стеклом, смолой. Порошкообразный карбид кремния и связующее вещество запрессовывают в форму и спекают при высоких температурах. Поверхность прессованного образца металлизуют и припаивают к ней выводы. Внешне варисторы оформляются в виде стержней или дисков.

Нелинейность вольт-амперной характеристики варистора связана с процессами, происходящими при протекании тока в местах контактов поверхностей кристаллов карбида кремния. Поверхности кристаллов имеют разнообразную форму и расположены хаотично. При небольшом приложенном напряжении ток протекает только через участки кристаллов которые, соприкасаются друг с другом. При повышении напряжения пропорционально увеличивается ток, протекающий через эти соприкасающиеся участки, и начинает протекать ток между участками кристаллов с малыми зазорами между поверхностями, при этом участки пропускающие ток начинают разогреваться. Новые проводящие цепочки кристаллов включаются параллельно, их становится все больше. Чем выше напряжение, тем больший ток проходит через кристаллы, что влечет за собой еще больший разогрев в местах их соприкосновения. Повышение температуры полупроводникового карбида кремния приводит к уменьшению сопротивления, то есть при определенном приложенном напряжении сопротивление варистора уменьшится настолько, что через него начнет проходить ток.

Таким образом, при построении защиты от импульсных перенапряжений необходимо выбирать такие варисторы, которые не будут пропускать через себя ток при номинальном напряжении электроустановки. А при повышении напряжения будут «открываться», пропуская опасный импульс напряжения через себя, тем самым защищая установку.

При длительной работе варистора в составе ограничителя импульсных перенапряжений неизбежна деградация рабочих характеристик и изменения вольт-амперной характеристики.

Причинами таких изменений являются длительное приложение номинального напряжения и импульсные воздействия.

При режиме длительного приложения номинального напряжения изменение характеристик обусловлено длительной работой варистора на номинальном напряжении и номинальной частоте. За изменения характеристик варистора при таком режиме работы отвечает связующее вещество, которое связывает кристаллы карбида кремния.

Импульсные воздействия на варистор. В процессе эксплуатации ограничитель и входящий в состав варистор, неоднократно подвергаются грозовым и коммутационным воздействиям, что, несомненно, приводит к ухудшению вольт-амперной характеристики. При этом импульс напряжения не обязательно должен быть выше порога срабатывания варистора, практика показывает, что основное изменение ВАХ происходит на участках малых токов.

Испытание классификационного напряжения

Измерение классификационного напряжения является надежным способом отслеживания изменения вольт-амперной характеристики варистора. Классификационное напряжение U_k – это напряжение на выводах, при котором через варистор начинает протекать заданный ток. Как правило, для варисторов указывается классификационное напряжение, при котором через него проходит ток 1 мА. То есть то напряжение, при котором варистор «открывается» и пропускает через себя опасный импульс напряжения, к примеру, для ВАХ варистора, изображенной на рис. 1, классификационное напряжение будет составлять 60 В.

В измерении классификационного напряжения нет ничего сложного. К ограничителю прикладывают напряжение и постепенно поднимают его до значения, при котором через варистор начнет протекать ток 1 мА. Таким образом, измерение классификационного напряжения является контролем, не разрушающим работоспособности варистора. И проводить его можно как на новых варисторах, так и на варисторах в процессе эксплуатации.

Специалистами Технического департамента Группы компаний ИЭК были проведены статистические измерения классификационного напряжения для ограничителей ОПС1 торовой марки ИЭК®. Выборка составляла по 100 штук каждого типоразмера ОПС1: ОПС1-В, ОПС1-С, ОПС1-Д.

Измерение классификационного напряжения производилось двумя способами. Во-первых, на испытательном стенде для измерения классификационного напряжения ОПС1 завода-изготовителя. На этом стенде завод проводит стопроцентный контроль работоспособности всех изготавливаемых ограничителей перенапряжения. И, во-вторых, с помощью прибора Е6-24 производства НПФ «Радио-Сервис». Прибор представляет собой переносной мегаомметр с функцией измерения классификационного напряжения. Прибор производит измерение классификационного напряжения варисторов в автоматическом режиме, при подаче и плавном повышении постоянного напряжения и постоянном контроле тока, протекающего через варистор. Таким образом, при помощи Е6-24 можно проводить проверку работоспособности ОПС1 с минимальными трудозатратами.

По результатам проведенных измерений классификационного напряжения были построены графики плотности вероятности значения классификационного напряжения для каждого типа ОПС1 (рис. 2). Различия в измеренных значениях классификационного напряжения двух приборов не превышает 1 процента и обуславливается погрешностями измерительного оборудования, входящего в состав приборов. Усредняя полученные данные и упрощая проведение проверки работоспособности ОПС1 для потре-

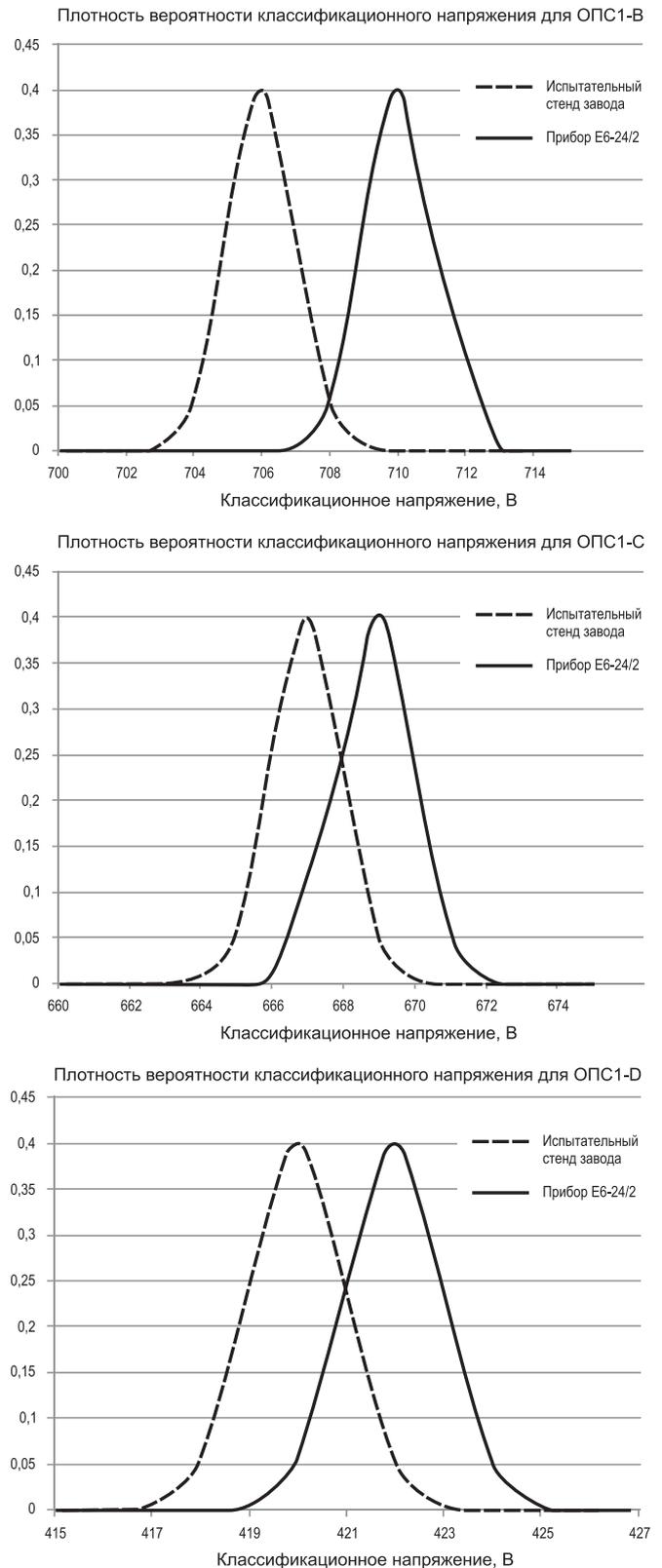


Рис. 2. Плотность вероятности классификационного напряжения

бителя, можно принять следующие значения классификационного напряжения: ОПС1-В – 710 В, ОПС1-С – 670 В и ОПС1-Д – 420 В.

Александр ИЛИНИЦКИЙ