

Варисторы и конденсаторы KeKo Varicon для автомобильных и промышленных применений

Константин ВЕРХУЛЕВСКИЙ
info@icquest.ru

Словенская компания KeKo Varicon, являющаяся одним из лидеров в производстве варисторов и керамических конденсаторов, предлагает широкую линейку компонентов, отличающихся высоким качеством изготовления и широкой номенклатурой выпускаемых изделий. В статье, посвященной прежде всего варисторам как основной группе продукции, помимо обзора ключевых характеристик и конструктивных особенностей отдельных семейств, приведены рекомендации по выбору устройств, нашедших применение в различных областях промышленности. Дополнительная информация о конденсаторах позволяет получить краткое представление о типах выпускаемых изделий.

Введение

Импульсные перенапряжения, вызванные электростатикой, грозowymi разрядами либо электромагнитными всплесками при коммутации в мощных индуктивных и емкостных элементах цепи, а также соответствующими им переходными процессами, становятся частой причиной выхода из строя электронного оборудования. Защита схем от их воздействия традиционно осуществляется путем применения RC- и LC-фильтров, ограничительных диодов, стабилизаторов или газонаполненных (искровых) разрядников, а целесообразность того или иного способа зависит от множества влияющих факторов: уровня рабочих напряжений, быстродействия схем, стоимости и т. д. Одним из наиболее популярных в настоящее время методов является использование варисторов, обладающих рядом достоинств и подходящих для широкого спектра применений [1]. Рассмотрим кратко, почему это так.

Газонаполненные разрядники характеризуются наиболее широким диапазоном напряжений срабатывания и высокими рабочими токами (десятки килоампер), но есть у них и недостатки:

- ярко выраженная зависимость напряжения срабатывания от скорости нарастания импульса. Данная особенность в ряде случаев может оказаться критической, так как защищаемое оборудование успевает выйти из строя еще до включения разрядника;

- связанное с предыдущим пунктом низкое быстродействие. На возникновение дуги в разряднике требуется значительное время, в течение которого защищаемые цепи должны выдерживать воздействие перенапряжений;
- длительный период восстановления, возникающий из-за необходимости рассеивания запасенной энергии и уменьшения числа ионизированных электронов после снятия воздействующего импульса;
- ограниченный срок службы. Возникновение дуги в обязательном порядке приводит к разрушению электродов, ухудшению параметров используемого газа. Также в некоторых случаях из-за малого напряжения горения газоразрядника в цепях постоянного тока он не гасится, поэтому возможен тепловой перегрев и разрушение разрядника за счет остаточного тока.

Допустимый импульсный ток кремниевых ограничительных диодов отличается небольшой величиной из-за малого объема *p-n*-перехода. Кроме того, вследствие несимметричной вольт-амперной характеристики (ВАХ) диоды имеют свойство однополярности. А потому для устранения импульсных напряжений любой полярности приходится включать два диода, что в комбинации с резисторами для ограничения тока и конденсатором для фильтрации приводит к увеличению стоимости и необходимой площади на печатной плате. Дополнительно в конструкции могут быть использованы разрядники для отвода той части энергии импульсного напряжения, которая не может быть рассеяна диодами.

Альтернативный вариант с одним многослойным варистором является более дешевым и конструктивно простым, при этом снижается общая вероятность сбоев в данном узле схемы. Применение варистора позволяет уменьшить количество компонентов (1 вместо 4) и затраты по монтажу, что приводит к экономии до 30% стоимости и до 75% площади на печатной плате (рис. 1).

Кратко о варисторах

Варисторы (Variable Resistors — изменяющиеся сопротивления) представляют собой нелинейные полупроводниковые резисторы, подключаемые параллельно защищаемому оборудованию и последовательно с внутренним сопротивлением источника помех (имеется

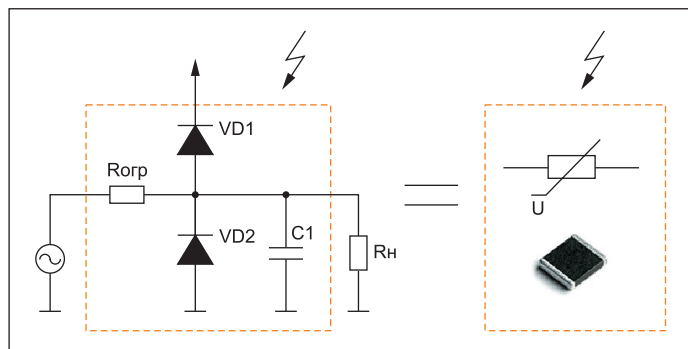


Рис. 1. Варианты защиты входных цепей от воздействия импульсных перенапряжений

в виду сопротивление линии передачи данных с учетом омического импеданса кабеля). Типовая ВАХ варисторов имеет ярко выраженную нелинейную симметричную форму, за счет которой они позволяют просто и эффективно решать задачи защиты различных устройств от воздействия помех (рис. 2).

При отсутствии импульсных напряжений варисторы обладают высоким сопротивлением — порядка 1000 МОм — и пренебрежительно малым током, поэтому в этих условиях их можно считать диэлектриками. При броске входного напряжения в силу нелинейности своей характеристики они резко уменьшают свое сопротивление до долей ома и шунтируют нагрузку, так что основной ток помехи протекает через них, а не через защищаемую аппаратуру. Поглощенная энергия помехи при этом рассеивается в виде тепла.

По сравнению с ограничительными диодами варисторы допускают значительно больший ток за счет рассеивания энергии в объеме кристалла, его величина может кратковременно достигать нескольких тысяч ампер. К достоинствам варисторов следует отнести и высокое быстродействие, позволяющее без задержек устранять перепады входного напряжения. Так же, как и газовые разрядники, варисторы являются элементами многократного действия, но вследствие своей безынерционности значительно быстрее восстанавливают сопротивление после гашения импульса помехи. Таким образом, малое время срабатывания, высокая надежность, отличные пиковые электрические характеристики в широком диапазоне рабочих температур при малых габаритах (особенно в чип-исполнении) помогают обеспечить длительный срок эксплуатации оборудования с исключением сбоев.

Определенным недостатком варистора считается его обычно высокая собственная емкость, ограничивающая возможность применения изделий на высоких частотах (из-за соответствующего шунтирования линии малым импедансом). В зависимости от конструкции, типа и номинального напряжения ее величина может составлять от 80 до 30 000 пФ. Впрочем, для некоторых применений это может быть и достоинством, например, в фильтрах совмещающих функцию ограничения напряжения (для таких применений существует отдельный класс варисторов с повышенной емкостью). Вторым недостатком является меньшая максимально допустимая рассеиваемая мощность по сравнению с разрядниками [2].

К основным характеристикам варисторов, позволяющим осуществить выбор подходящего компонента, относятся:

1. Номинальное напряжение (переменное V_{rms} или постоянное V_{dc}) — рекомендованное производителем напряжение, при котором варистор срабатывает и начинает выполнять свои защитные функции.
2. Импульсный ток перегрузки I_{max} — максимальное значение амплитуды импульса тока с формой 8/20 мкс, при котором варистор не выйдет из строя и обеспечит ограничение напряжения на заданном уровне.
3. W_{max} — максимально допустимая поглощаемая варистором энергия в джоулях при протекании через него одиночного импульса тока максимальной амплитуды с параметрами нарастания/спада 10/1000 мкс.
4. Рассеиваемая мощность P_{max} — максимально допустимое значение средней мощности пачки импульсов, которое может быть рассеяно компонентом на протяжении установленного периода времени без повреждения. Определяется размерами варистора и конструкцией выводов.
5. Максимальное напряжение ограничения V_c — напряжение, которое способен выдержать варистор без повреждения, оговаривается для конкретной величины протекающего тока I_c .
6. Классификационное напряжение V_n — статическое напряжение, при котором ток утечки варистора достигает значения 1 мА, представляет собой условный параметр, указываемый при маркировке элементов.
7. Время срабатывания t_r — интервал времени между приложением импульса перенапряжения и переходом варистора в проводящее состояние, обычно не превышает 25 нс.

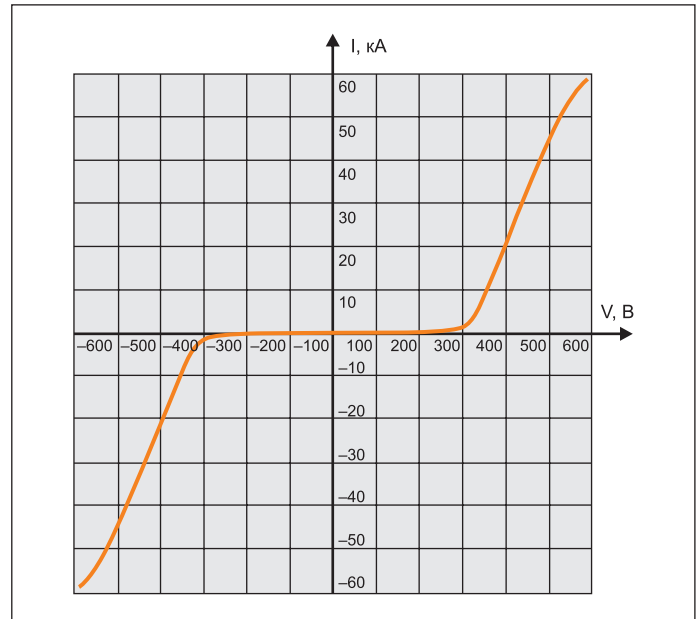


Рис. 2. Типовая ВАХ варистора

8. Емкость варистора C измеряется в закрытом состоянии, так как при работе ее величина в зависимости от приложенного напряжения и величины пропускаемого тока падает по нелинейному закону практически до нуля и оказывает минимальное влияние на параметры электрических цепей.

Основные параметры варисторов Keko Varicon

Словенская компания Keko Varicon в нынешнем виде возникла в октябре 1995 года, но свою историю ведет еще с 60-х годов прошлого века, когда она входила в корпорацию Iskra Group как подразделение, занимающееся разработкой и производством высококачественных варисторов. С учетом своего многолетнего опыта в данной области компания в настоящее время предлагает самый широкий ассортимент электронных компонентов, обеспечивающих защиту от перенапряжения [3]. Развитая техническая инфраструктура позволяет повысить гибкость разработки новых устройств и обеспечить технические характеристики в соответствии с требованиями заказчика. Диапазон напряжений от 2 до 680 В, высокий уровень поглощения энергии и защита от импульсных токов перегрузки (от 20 до 150 000 А, 8/20 мкс) позволяют использовать продукцию компании в самом широком спектре приложений, от низковольтных схем, телекоммуникационного оборудования и автомобильной электроники до сетевых фильтров, устройств подавления выбросов напряжения и высокоэнергетического промышленного оборудования (рис. 3).

Каждая серия состоит из множества компонентов с небольшим шагом рабочего напряжения, при отсутствии подходящего решения можно использовать ближайшие номиналы из ряда в сторону увеличения напряжения, а в случае необходимости — заказать изготовление

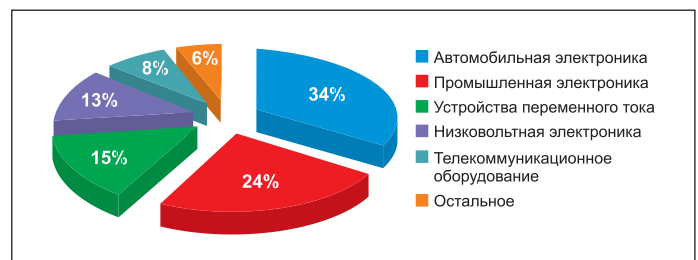


Рис. 3. Основные сферы применения устройств компании Keko Varicon

Таблица 1. Основные характеристики варисторов Keko Varicon

Серия	Рабочее напряжение		V_{dc} , В (при 1 мА)	W_{max} Дж (для 10/1000 мкс)	P_{max} , Вт	I_{max} А (для 8/20 мкс)	С, пФ (на $f = 1$ кГц)	Типоразмер
	V_{rms} , В	V_{det} , В						
ZOV	60–680	85–900	100–1100	90–4140	1–1,6	18000–80 000	460–12 000	23, 25, 32, 40, 60
ZOVR	60–680	85–900	100–1100	90–2590	1–1,4	15000–40 000	460–12 000	25, 32, 40
ZV	2–40	3–56	4–68	0,1–37,8	0,005–0,02	100–2000	315–17 000	5, 7, 10, 14, 20
ZV SMD	2–130	3–170	4–205	0,1–12,2	0,003–0,02	30–1200	160–19 500	0603, 0805, 1206, 1210, 1812, 2220
AV	14–40	16–56	24–68	1,6–76	0,01–0,3	400–2000	1100–29 000	6, 8, 11
AV SMD	14–40	16–56	24–68	0,3–21	0,008–0,04	120–2000	440–16 000	0805, 1206, 1210, 1812, 2220, 3225
CV	50–680	65–895	82–1100	2,7–620	0,1–1	400–6500	150–5000	5, 7, 10, 14, 20
CV+	60–550	85–745	100–910	9–627	0,25–1	1750–15000	170–4100	7, 10, 14, 20, 23
SV	60–550	85–745	100–910	4–815	0,1–1	6000–15 000	90–3400	5, 7, 10, 14, 20, 23
PV	11–300	14–385	18–470	0,6–30	0,01–0,25	100–1200	70–2500	3225, 4032
DV	11–300	14–385	18–470	0,6–30	0,01–0,25	100–1200	85–4300	2220, 3225, 4032
ZVX	2–30	3–38	4,1–51,7	0,1	0,003–0,008	30, 40	80–840	0603, 0805, 1206
ZVE	2–30	<18	22–28	0,05–0,1	0,003–0,004	20, 30	75–400	0603, 0805, 1206, 1210
OV	14–40	16–56	24–68	2,4–10,5	0,015–0,03	800–1200	470 000–4 700 000	8, 9, 1812, 2220
MV	2–130	3–170	4–150	0,1–2,5	0,01	150	10 000–1 000 000	5, 1210

нестандартных изделий. Многие варисторы Keko Varicon являются полноценными аналогами продукции известных мировых производителей, таких как Epcos и Vishay. С основными техническими параметрами варисторов можно ознакомиться в таблице 1, а их внешний вид представлен на рис. 4.

Всю продукцию Keko Varicon можно условно разделить на следующие группы:

- дисковые варисторы;
- многослойные варисторы для поверхностного монтажа;
- варисторы с двойной функцией (варисторы-конденсаторы);
- высокоэнергетические варисторы;
- защитные дисковые керамические конденсаторы.

Линейку высокоэнергетических варисторов составляют компоненты серий ZOV, ZOVR, ZOVS и ZOVBH [4]. Серия ZOV, рассчитанная на максимальное напряжение 680 В AC и 900 В DC, подразделяется на стандартные и заказные модели. Все характеристики в таблице 1 рассматриваются применительно к стандартным варисторам, выпускаемым

в корпусах с эпоксидным покрытием (пять типоразмеров с сечением квадратной формы). При разработке под заказ в соответствии с техническими условиями задаются значимые параметры: нестандартные AC и DC рабочие напряжения, ток утечки, напряжение ограничения, величина поглощенной энергии, а также форма и размеры корпуса, тип выводов и т. д. Стандартные изделия предназначены для эксплуатации при температурах от -40 до $+85$ °C, в то время как заказные имеют повышенную до $+125$ °C верхнюю границу диапазона. Погрешность классификационного напряжения для большинства моделей гарантируется в пределах ± 5 или $\pm 10\%$.

Компоненты серии ZOVR с аналогичными номинальными напряжениями V_{rms} и V_{dc} отличаются меньшими показателями максимального тока и уровня поглощенной энергии и доступны для потребителей в корпусах трех типоразмеров. Каждый варистор семейства ZOVBH и ZOVS представляет собой сборку из двух или четырех дисков, инкапсулированную в одном корпусе и предназначенную для улучшения энергетических

показателей серий ZOV и ZOVR. Данные изделия обладают повышенным до 150 кА (8/20 мкс) импульсным током перегрузки и одновременно меньшими габаритами, при этом изготавливаются исключительно под заказ. Среднеквадратичное значение рабочего напряжения находится в пределах от 150 до 440 В, тип и варианты корпусного исполнения определяются на основе требований заказчика.

Для тестирования серий ZOVS и ZOVBH в качестве устройств защиты от перенапряжений используется международный стандарт IEC-61643-1 (1998-02) «Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний», согласно которому все приборы в зависимости от места установки и способности пропускать через себя различные импульсные токи относятся к I, II или III классу. По своим характеристикам ZOVS- и ZOVBH-варисторы принадлежат к первому классу, позволяющему устанавливать их для защиты от прямых ударов молнии в здания, антенно-мачтовые сооружения и ЛЭП.

Каждая серия рассматриваемых далее устройств состоит как из однослойных дисковых варисторов, выпускаемых в выводных корпусах, так и из многослойных в SMD-исполнении (безвыводная конструкция для поверхностного монтажа). Выпуск многослойных чип-варисторов обусловлен необходимостью уменьшения времени срабатывания для надежной защиты электроники от статического электричества, при которой данный показатель не должен превышать 5 нс. Благодаря минимальной индуктивности контактов и применению многослойной структуры у SMD-варисторов Keko Varicon удалось добиться времени срабатывания менее 2 нс, что значительно меньше, чем у однослойных дисковых (25 нс). Из других пре-

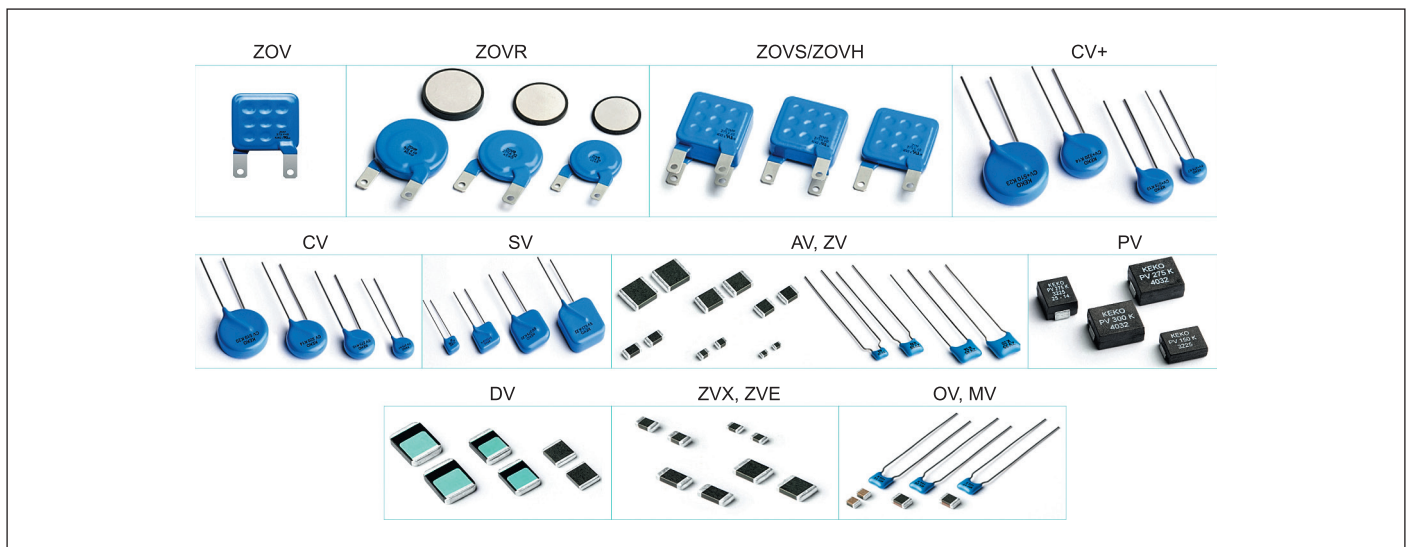


Рис. 4. Внешний вид отдельных серий варисторов Keko Varicon

имущества чип-варисторов компании можно отметить расширенный температурный диапазон от -55 до +125 °С, малые габариты и возможность автоматического монтажа.

Низковольтные выводные варисторы серии ZV с рабочими напряжениями от 3 до 56 В DC (от 2 до 40 В AC) и низким напряжением ограничения созданы для защиты чувствительных электронных устройств (транзисторов, микросхем) от переходных процессов, возникающих при работе с индуктивными нагрузками [5]. Компоненты этой же серии в чип-корпусах характеризуются увеличенным верхним порогом номинальных напряжений V_{rms} и V_{dc} . Они отличаются малыми габаритами и способны во многих приложениях успешно заменить защитные TVS-диоды. Относящаяся к группе варисторов автомобильного назначения серия AV адаптирована для работы со стандартными шинами питания 12, 24 и 42 В. Производителем рекомендуется применять SMD-устройства данной серии при уровнях энергии W_{max} менее 50 Дж, а дисковые — выше этого значения, все изделия сертифицированы на соответствие требованиям стандарта AEC-Q200.

Предназначенные для длительной эксплуатации в цепях переменного и постоянного тока с низким и средним значением напряжения, варисторы серии CV с дисковой конструкцией благодаря своей форме требуют минимального места для установки и монтажа. Выпускаются в выводных корпусах пяти типоразмеров, отличающихся диаметром: 5, 7, 10, 14 и 20 мм. Серия CV+ является усовершенствованным вариантом варисторов CV с повышенными значениями рабочего тока и максимальной поглощенной энергии и соответственно увеличенными габаритами. Предлагаются в качестве устройств защиты телекоммуникационного оборудования и высоковольтных линий переменного тока, по своим характеристикам устройства данной серии близки к высокоэнергетическим варисторам. Серия SV представляет собой малогабаритные варисторы с сечением прямоугольной или квадратной формы, идеально подходящие для работы в цепях переменного тока с напряжениями от 60 до 550 В. По своим характеристикам типовые изделия очень близки к ранее рассмотренному семейству CV+, также предлагается заказная разработка варисторов с максимальными размерами корпуса 23×23 мм, гарантированной плотностью тока более 5500 А/см² и диапазоном температур эксплуатации от -40 до +125 °С.

Изготавливаемая в корпусах для поверхностного монтажа линейка варисторов PV позиционируется для замены выводных компонентов типоразмеров 5 и 7 мм в низковольтных цепях [6]. В качестве материала корпуса применяется невоспламеняющийся пластик, протестированный по методам, изложенным в стандарте UL 94 V-0. Рассчитанные

на максимальный импульсный ток перегрузки от 100 до 1200 А, варисторы данной серии могут использоваться в схемах с рабочими напряжениями от 11 до 300 В AC и от 14 до 385 В DC.

Особенностью серии DV является низкопрофильный корпус, в остальном это практически полный аналог устройств семейства PV.

Маломощные варисторы серии ZVX с низким значением собственной емкости от 80 до 840 пФ используются в высокоскоростных линиях передачи данных для защиты от электростатических разрядов. Диапазон рабочих напряжений составляет от 3 до 38 В, миниатюрные габариты корпусов 0603, 0805 и 1206 позволяют применять их во многих портативных устройствах, например в качестве замены ограничительных TVS-диодов во входных цепях цифровых интерфейсов сотовых телефонов. Ключевое отличие изделий данного семейства — малое время срабатывания, менее 1 нс. Тестирование ESD-защиты осуществляется на основе методов, описанных в стандартах IEC1000-4-2, MIL-STD 883C и AEC-Q200-002.

Серия ZVE имеет функциональное назначение, аналогичное устройствам ZVX, и схожие характеристики, но рассчитана на еще более низкие номинальные напряжения (до 18 В DC). Малогабаритные чип-корпуса предназначены для применений с низким уровнем энергии помехи.

Помимо обычных варисторов, в модельном ряду Keko Varicon присутствуют также изделия двойной функциональности — варисторы-конденсаторы [7]. Эти модели имеют характеристики варисторов и повышенную до 4,7 мкФ емкость, что позволяет им устранять не только импульсные перенапряжения, но и высокочастотные шумы. Применяемые в фильтрах, они выступают в качестве замены конденсаторам и осуществляют функцию преобразования частоты сигнала, одновременно защищая цепи от импульсных воздействий. Данный способ, помимо всего прочего, позволяет сократить общее количество необходимых элементов схемы.

Варисторы серии OV представляют собой миниатюрные защитные устройства, предлагаемые для автомобильной промышленности и адаптированные под напряжения 12, 24 и 42 В. Конструктивно изготавливаются в двух стандартных корпусах как для поверхностного монтажа, так и для сквозного, номинальная емкость находится в пределах от 0,47 до 4,7 мкФ (большие значения возможны по запросу). Температурная зависимость соответствует параметрам диэлектрика X7R, эксплуатация допускается в диапазоне от -40 до +125 °С.

Низковольтные малогабаритные устройства серии MV отличаются широким диапазоном рабочих напряжений (от 3 до 125 В DC) и номинальной емкостью от 10 нФ до 1 мкФ. Доступны для заказа

Таблица 2. Типовые области применения варисторов Keko Varicon

Сегмент рынка	Типовые применения	Серии
Низковольтная электроника	Портативные устройства	ZVE
	Компьютеры и системы сбора данных	ZV
	Порты ввода/вывода, интерфейсы	
	Контроллеры	PV
	Промышленное оборудование	
	Медицинская электроника	
	Интегрированные схемы и транзисторы	MV
	Устройства мобильной связи	
	Микроконтроллеры	CV, CVF
	Реле и двигатели постоянного тока	
Клавиатуры, модемы		
Датчики, системы сигнализации		
Автомобильная электроника	Оптические устройства и LCD-мониторы	AV
	Пьезоэлектроника	
	Система зажигания и АБС	OV, MV
	Система контроля подушек безопасности	
	Система кондиционирования	
Схема центральной автоблокировки		
Телекоммуникационные устройства	Управление стеклоочистителями и стеклоподъемниками	ZV, ZVE, MV, PV, CV, CVF, CV+, CVF+, SV, ZOV
	Регулятор положения сидения	
	Антенны	
Устройства переменного тока	Банкоматы	PV, CV, CVF, CV+, CVF+, SV, ZOV
	Мобильные телефоны и телефонные станции	
	Бытовая техника	
	Концертное оборудование	
Промышленная электроника	Системы освещения	CV+, CVF+, ZOV
	Защита двигателей	
	Системы контроля моторов	
	Источники питания для транспорта	
	Линии электропередачи	
	Лифты и эскалаторы	

в корпусах: для монтажа в отверстия в окуленном с радиальными выводами размером 6×9 мм, а для поверхностного — стандартные чип-корпуса с типоразмером 1210.

Рекомендации по выбору варисторов Keko Varicon

При необходимости выбора оптимального варистора в первую очередь следует обратиться к рекомендациям самой компании по применению различных серий. В большинстве случаев каждая серия имеет вполне определенные области применения (табл. 2).

Если предполагается использование варистора в специфической области, то для выбора конкретного устройства можно обратиться к формализованному алгоритму, состоящему из следующих шагов:

1. По рабочему напряжению защищаемой цепи определить U_{rms} (или U_{dc}). Необходимо выбирать максимальное длительное напряжение с некоторым запасом (обычно добавляют от 10 до 15% к номинальному значению). В противном случае есть вероятность, что при высоком рабочем напряжении варистор откроется и выйдет из строя от перегрева. Кроме того, следует учитывать, что варисторы имеют тенденцию к старению, то есть со временем при многих срабатываниях его классификационное напряжение начинает снижаться.

2. Уточнить необходимую энергию поглощения W_{\max} .
3. Выбрать максимальное напряжение ограничения варистора (величину перенапряжения). При этом нужно учитывать, что выбор завышенного значения перенапряжения влечет за собой увеличение тока утечки варистора.

Следует отметить еще один момент. Для увеличения суммарной рассеиваемой мощности зачастую используют параллельное соединение варисторов. Но поскольку 100% одинаковых варисторов не существует (даже в одной партии они разные), всегда один из них окажется самым слабым звеном и выйдет из строя при импульсе перенапряжения. При последующих же импульсах выйдут из строя друг за другом и остальные варисторы, так как они уже не будут обеспечивать требуемую мощность рассеяния. Поэтому лучше отказаться от применения подобного способа.

Керамические конденсаторы

Помимо широкого спектра варисторов, Keko Varicon занимается выпуском керамических конденсаторов, предназначенных для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного тока (табл. 3).

Дисковые конденсаторы серии KM применяются для подавления радиопомех в цепях переменного тока с напряжением до 300 В и частотой 50 Гц, а также в радиопередающих устройствах. Они имеют малые размеры, низкую рассеиваемую мощность и высокую стойкость независимо от изменения температуры вплоть до +125 °С. В соответствии с номинальной емкостью от 1 до 10 нФ конденсаторы выпускаются в корпусах девяти различных размеров с диаметром от 7 до 18 мм [8]. Они разработаны и сертифицированы на основе требований международных стандартов EN 132400 и IEC 60384-14.

Защитные керамические дисковые конденсаторы серии KZ подключаются непосредственно к линиям, в которых возникают перенапряжения и переходные процессы, способные повредить эти конденсаторы, например, могут использоваться для гальванической развязки входов антенн в радио- и телевизионных приемниках. К ним предъявля-

Таблица 3. Основные характеристики конденсаторов Keko Varicon

Серия	Номинальная емкость, нФ	Тангенс угла потерь	Рабочее напряжение, В	Диаметр, мм	Диапазон рабочих температур, °С
KM	1–10	<0,025	300 (V_{rms})	7–18	–40...+125
KZ	0,33–4,7	<0,025	300/500 (V_{rms})	6–16	–40...+125
KV	0,33–10	<0,025	1–6 (V_{dc})	6–18	–25...+85

ются особые требования, которые отражены в соответствующих стандартах безопасности, в частности EN 132400.

Существует два типа конденсаторов данного назначения: X и Y. Первые из них применяются в приложениях, где неисправность конденсатора не приведет к опасному удару электрическим током, они разделены на три подкласса в зависимости от пикового импульсного напряжения тестирования. Эти пиковые напряжения могут быть вызваны молнией или коммутационными процессами в соседнем оборудовании и в самом устройстве, где установлен помехоподавляющий конденсатор. Y-компоненты имеют ограниченную емкость, чтобы исключить КЗ в конденсаторе, а также повышенную электрическую и механическую надежность, так как применяются в местах непосредственной угрозы поражения электрическим током.

Серия KZ подразделяется на две группы: KZL, состоящую из компонентов класса Y2 и X1 с тестовым напряжением 2,5 кВ, и KZH — Y1 и X1 с тестовым напряжением 4 кВ. Все конденсаторы рассчитаны на максимальные напряжения переменного тока: 300 В для класса Y2; 500 В для классов Y1 и X1. В зависимости от класса изделий номинальная емкость составляет от 330 до 4700 пФ.

Высоковольтные дисковые керамические конденсаторы образуют серию KV, предназначенную для применения в высоковольтных источниках питания, умножителях, фильтрах и т.д. Для производства данных компонентов используют ферроэлектрические материалы на основе титаната бария с высокой диэлектрической постоянной ($K > 8000$). Основными особенностями этого класса конденсаторов являются нелинейные температурные характеристики, значительно зависящие от напряжения и частоты, и предсказуемое изменение емкости со временем. Они имеют диапазон рабочего напряжения от 1 до 6 кВ DC, соб-

ственную емкость 330 пФ до 10 нФ и изготавливаются в корпусах размером от 7 до 18 мм с радиальными выводами.

Заключение

Применение варисторов компании Keko Varicon позволяет эффективно и просто реализовать функции ограничения перенапряжений и импульсных помех, сократить габаритные размеры устройств в целом и обеспечить длительный срок безаварийной эксплуатации оборудования. Широкий спектр типов выпускаемых варисторов поможет сделать обоснованный выбор с учетом как энергетических показателей, так и необходимого типа корпусного исполнения. Большинство выпускаемых керамических дисковых конденсаторов компании также ориентировано на решение защитных задач.

Литература

1. Трегубов С. В., Пантелеев В. А., Фрезе О. Г. Общие принципы выбора варисторов для защиты от импульсных напряжений. www.komi.com/progress/product/varistor/manual/index.htm
2. Шелестов И. П. Радиолюбителям: полезные схемы. Книга 2. М.: Солон-Р, 1998.
3. Keko Varicon. Protective devices. Catalogue 2015. www.keko-varicon.si/solutions/catalogue
4. High energy varistors. Catalogue 2015. www.keko-varicon.si
5. Leaded varistors. Catalogue 2015. www.keko-varicon.si
6. SMD varistors. Catalogue 2015. www.keko-varicon.si
7. Dual function varistors. Catalogue 2015. www.keko-varicon.si
8. Ceramic disc capacitors. Catalogue 2015. www.keko-varicon.si