

# Помехоподавляющие фильтры линий связи

**Алексей Находкин**, менеджер направления пассивных компонентов,  
ООО «Симметрон-Украина»  
E-mail: Nahodkin@symmetron.com.ua

**Развитие связи, автомобилестроения, отраслей электронной промышленности, требуют применения эффективных решений фильтрации электромагнитных помех.**

Основными источниками электромагнитных помех являются импульсные блоки питания (бытовая электронная техника, промышленные и медицинские аппараты), цепи нелинейных преобразователей мощности, мощные двигатели и аккумуляторы, генераторы, реле, газоразрядные лампы, системы зажигания. Сетевые фильтры предохраняют оборудование от помех, распространяющихся по проводам (бытовая двухпроводная либо трехфазная сеть). Сетевые помехоподавляющие фильтры - один из основных способов подавления кондуктивных помех в цепях электропитания, в сигнальных цепях интерфейса, на печатных платах, в проводах заземления. Ток и характер нагрузки, величина затухания, условия эксплуатации - основные параметры при выборе сетевых фильтров. Среди сетевых помехоподавляющих фильтров в последнее время нашли широкое распространение пассивные LC-фильтры, газоразрядные приборы (разрядники) и полупроводниковые ограничители напряжения.

Наиболее эффективным средством защиты аппаратуры от любых импульсных напряжений признаны оксидно-цинковые варисторы. Варисторы - это нелинейные резисторы, сопротивление которых зависит от приложенного напряжения. Отличительной чертой варистора является двухсторонняя симметричная вольтамперная характеристика (рис.1).

При больших напряжениях на варисторе и токах, плотность тока на контактах увеличивается. Разогрев точечных контактов приводит к уменьшению сопротивления и нелинейности ВАХ. Ма-

лые объемы активных областей обеспечивают малую инерционность тепловых процессов, что определяет высокое быстродействие. Следовательно, варисторы способны поглощать высокоэнергетические импульсы напряжения, так как тепловая энергия рассеивается на всем его объеме.

Особенностью ВАХ варистора является наличие участка малых токов, в котором находится рабочая точка варистора и участок больших токов, который определяет защитные свойства, применимо напряжение ограничения. В области малых токов ВАХ имеет вид:

$$I = AU^\beta,$$

где  $I$  - ток, А;  $U$  - напряжение, В;  $A$  - температурный коэффициент;  $\beta$  - коэффициент нелинейности, который характеризует крутизну ВАХ и определяется отношением статического сопротивления варистора ( $R = U/I$ ) к дифференциальному ( $r = dU/dI$ ) в определенной точке:

$$\beta = R/r = U/I \cdot dI/dU.$$

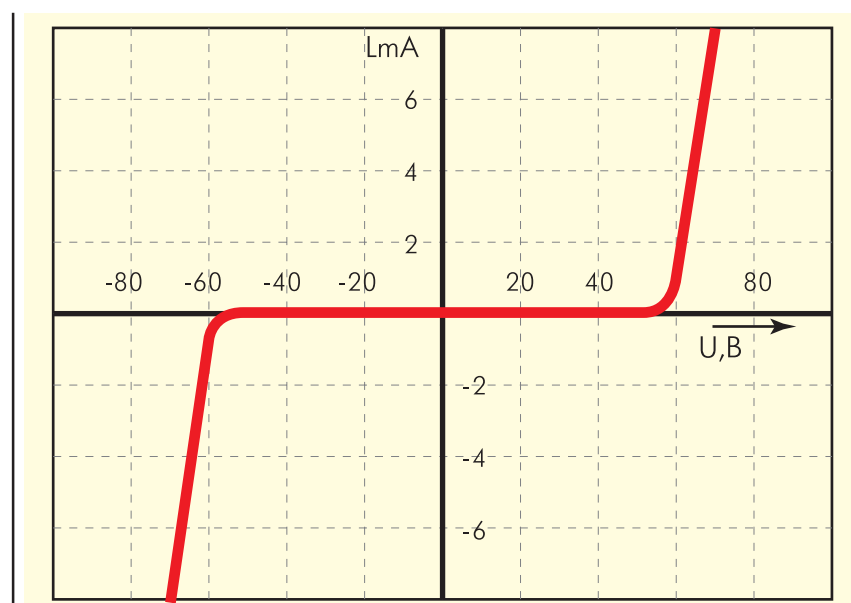
Экспериментально коэффициент нелинейности имеет вид:

$$\beta = \lg I_2 - \lg I_1 / \lg U_2 - \lg U_1 = \lg I_2 / I_1 / \lg U_2 / U_1.$$

Начальный коэффициент нелинейности определяется при токе 1 мА и 10 мА:

$$\beta = 1 / \lg U_2 / U_1.$$

Для варисторов на основе оксида цинка коэффициент нелинейности составляет 20-60. Варисторы имеют емкость (100-50000 пФ) в рабочем режиме (без импульсов напряжения), и в те-



**Рисунок 1** Двухсторонняя вольтамперная характеристика варистора.

чении воздействия импульса, емкость падает до нуля.

Одной из важнейших характеристик варистора является классификационное напряжение -  $U_{кл}$  - напряжение на варисторе при токе, равном 1 мА. Иногда приводится коэффициент защиты варистора — отношение напряжения на варисторе при токе 100А к напряжению при токе 1 мА (то есть к классификационному напряжению). Он характеризует способность варистора ограничивать импульсы перенапряжения и для варисторов на основе оксида цинка находится в пределах 1.4-1.6, с увеличением напряжения в 1.4-1.6 раза, соответственный ток возрастает в 100000 раз.

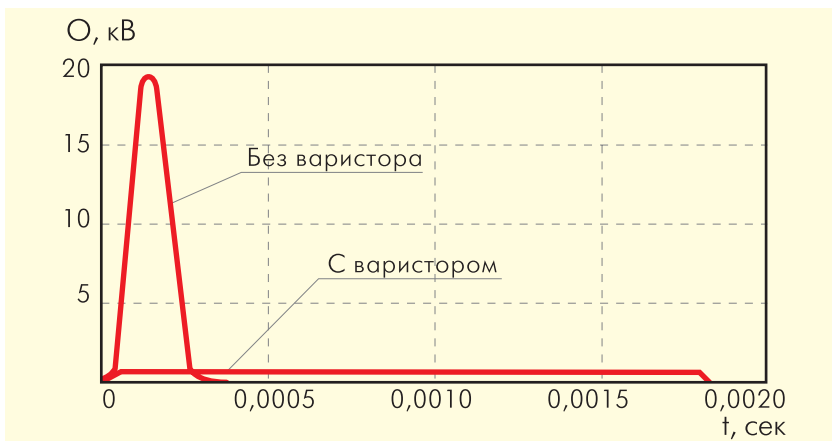
Важной характеристикой варистора является допустимая мощность рассеивания, определяемая его геометрическими размерами и конструкцией выводов. Для увеличения мощности рассеивания часто применяют массивные выводы, применимо к радиаторам.

При возникновении высоковольтного импульса сопротивление варистора резко уменьшается до долей Ома и шунтирует нагрузку, защищая и рассеивая поглощенную энергию в виде тепла. При этом через варистор может протекать импульсный ток, достигающий нескольких тысяч ампер. После исчезновения помехи, сопротивление увеличивается, таким образом, включение варистора параллельно защищаемому устройству не влияет на работу последнего в нормальных условиях, но уменьшает импульсы паразитного напряжения (рис.2).

Импульсные помехи можно условно разделить на внутренние и внешние. Внутренние импульсные помеховые напряжения, как правило, возникают при коммутации реактивных (емкостных, индуктивных) нагрузок, при пробое и импульсы напряжения, возникающее при отключении индуктивной нагрузки. В этих ситуациях оптимальный выбор варистора сводится к расчету (или экспериментальному определению) формы и длительности импульсов помех. Из-за случайности и разносторонности причин, вызывающих появление внешних импульсных помех точный расчет последних не представляется возможным. К примеру, выберем серию варисторов EPCOS для бытовых сетей напряжением 220 В следующие значения внешних импульсных напряжений:

- амплитуда - до 6 кВ;
- частота - 0.05-5 МГц;
- длительность - 0.1- 100 мкс.

Выбор типа используемого варистора осуществляется на основе анализа его работы в двух режимах:



**Рисунок 2** График работы варистора в импульсном режиме

- рабочем;
- импульсном.

Рабочий режим обуславливает выбор классификационного напряжения  $U_{кл}$ . (напряжение варистора обусловленного тока в 1 мА), а импульсный - выбор рассеиваемой энергии, для этого рекомендуется, чтобы рабочее постоянное напряжение не превышало 0.85  $U_{кл}$ , соответственно, на переменном токе действующее значение рабочего напряжения не превышало 0.6  $U_{кл}$ .

В импульсном режиме через варистор протекает большой ток, вследствие чего необходимо опасаться выхода его из строя из-за перегрева. С этой целью необходимо использовать варисторы с рассеиваемой энергией ( $W_{max}$ ) большей, чем энергия, рассчитанная по формуле:

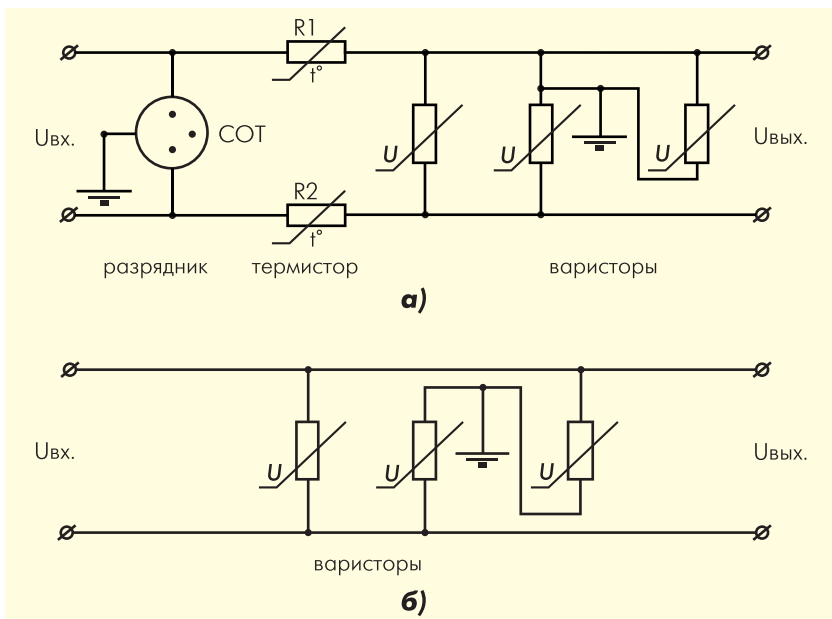
$$E = P \times \text{tg} \phi / 2\pi \times f \times \eta,$$

где  $E$  - максимальная мгновенная энергия в джоулях,  $P$  - номинальная мощность нагрузки, приходящаяся на одну фазу (Вт),  $f$  - частота переменного напряжения (Гц),  $\eta$  - КПД защищаемой нагрузки,  $\phi$  - сдвиг фазы между током и напряжением в нагрузке. Следует отметить, что такой расчет должен проводиться для нагрузок мощностью больше 1 кВт.

Варистор - должен соответствовать применению:

- току перегрузки;
- энергии поглощения;
- средней рассеиваемой мощности;

При выборе варистора на соответствие току перегрузки и энергии поглощения необходимо учесть число повторений импульсов. Для обеспечения защиты выбранное максимально напряжение на варисторе необходимо сравнить



**Рисунок 3** Принципиальная схема применяемая для защиты телекоммуникационных портов

с максимально допустимыми параметрами компонентов схемы.

## ВЫВОД

Варисторы корпорации EPCOS производятся по многослойной технологии путем спекания зерен оксида цинка SIOV. Выбор в качестве материала оксида цинка обусловлен высокой и устойчивой автоэлектронной эмиссией, за счет испускания электронов под действием внешнего электрического поля. Наряду с этим данный материал обладает хорошей способностью поглощать высокоэнергетические импульсы напряжения, благодаря тому, что тепловая энергия рассеивается не на отдельных зернах оксида цинка, а на всем объеме материала. Достигается это путем обеспечения высокого термального контакта между отдельными зёрнами материала. В заключении следует отметить еще одно достоинство варисторов корпорации EPCOS: ограничение по количеству срабатываний из-за деградации материала для варисторов, выполненных по технологии SIOV сводится к минимуму, т.е. их выход из строя из-за потери автоэлектронной эмиссии будет происходить не чаще, чем выход из строя других элементов схемы.

Для защиты телекоммуникационных портов рекомендуется использовать схему (рис.3), обеспечивающую двухступенчатую защиту:

- первая ступень – трехэлектродный газоразрядник,
  - вторая ступень - SIOV варисторы, включенные по дельта-схеме.
- Между стадиями защиты, для размыкания цепи во время действия импульсной помехи, включаются термисторы.
- Рассмотрим функциональность двухступенчатой защиты:
- Первая функция обеспечивает соединения трёхэлектродных газоразрядников с быстродействующими варисторами. При такой комбинации происходит ослаблении импульсной помехи, требуется время для ионизации газа и включение газоразрядника, далее включается варистор, который ограничивает выходное напряжение, рассеивая энергию на короткий промежуток времени. Разница между входным и выходным напряжением приходится на термисторы.
  - Вторая функция между варисторами, ограничивающими симметричные интерференционные наводки.

- Третья функция обусловлена влиянием фильтра, образованного сопротивлением термистора и ёмкостью варистора.

## Литература:

1. Пантелеев В.А. Вольтамперные характеристики силовых варисторов. В кн.: Проблемы освоения природных ресурсов Европейского Севера. Ухта: Изд. УИИ, 1996. с. 12 – 17.
2. ГОСТ 21342.10-76 Варисторы. Метод измерения коэффициента нелинейности.
3. ГОСТ 21342.9-76 Варисторы. Метод измерения напряжения и тока.
4. ГОСТ 21342.12-76 Варисторы. Метод измерения температурного коэффициента напряжения и тока.
5. ГОСТ 30264-95 Варисторы. Общие требования при измерении электрических параметров.
6. БЭК. Выпуск 12. Варисторы и разрядники фирмы Siemens and Matsushita. серия "Библиотека электронных компонентов", изд. "Додэка", 2000.
7. БЭК. Выпуск 22. Epcos: пассивные компоненты силовой электроники, серия "Библиотека электронных компонентов", изд. "Додэка", 2001.
8. Варисторы. Радио, №4 за 1961 год.