

ВАРИСТОРЫ И РАЗРЯДНИКИ ФИРМЫ SIEMENS & MATSUSHITA

СОДЕРЖАНИЕ

ВАРИСТОРЫ

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ВАРИСТОРОВ 3

| | |
|--|---|
| Варисторы для поверхностного монтажа | 3 |
| Дисковые варисторы | 3 |
| Блочные варисторы | 3 |
| Накладные варисторы | 3 |
| Силовые варисторы | 3 |
| Блочные разрядники | 3 |

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВАРИСТОРОВ . . . 4

| | |
|--|---|
| Принцип действия | 4 |
| Конструкция | 4 |
| Эквивалентная схема | 4 |
| Вольт-амперные характеристики | 5 |
| Описание параметров | 7 |
| Рабочее напряжение | 7 |
| Ток перегрузки | 7 |
| Энергия абсорбции | 7 |
| Средняя рассеиваемая мощность | 7 |
| Напряжение варистора | 7 |
| Область защиты (максимальное напряжение ограничения) | 7 |
| Емкость конденсатора | 7 |
| Время отклика | 7 |
| Температурный коэффициент | 7 |
| Система обозначений | 8 |

ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИСТОРОВ 9

| | |
|--|----|
| Принципы выбора варисторов | 9 |
| Внутреннее перенапряжение | 9 |
| Внешнее перенапряжение | 9 |
| Принципы защиты | 9 |
| Области применения варисторов | 10 |
| Параллельное и последовательное подсоединение варисторов | 10 |
| Последовательное подсоединение варисторов | 10 |
| Параллельное подсоединение варисторов | 10 |

| | |
|---|----|
| Процедура выбора варистора | 11 |
| Рабочее напряжение | 11 |
| Ток перегрузки | 11 |
| Энергия абсорбции | 12 |
| Средняя рассеиваемая мощность | 12 |
| Максимальный уровень защиты | 13 |
| Пример применения | 13 |
| Рабочее напряжение | 13 |
| Ток перегрузки | 13 |
| Энергия абсорбции | 16 |
| Средняя рассеиваемая мощность | 16 |
| Максимальный уровень защиты | 16 |
| Электростатический разряд | 16 |
| Защита автомобильных электрических систем | 17 |
| Технические требования | 17 |
| Переходные процессы | 17 |
| Точно настроенная защита | 17 |
| Подавление радиочастотных помех | 18 |
| Модель варистора для программы моделирования PSpice | 18 |
| Комбинированные схемы защиты | 19 |

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ВАРИСТОРОВ . . . 20

| | |
|--|----|
| Варисторы для поверхностного монтажа | 20 |
| Варисторы для поверхностного монтажа CN-серии, стандартные | 20 |
| Варисторы для поверхностного монтажа CN-серии, автомобильные | 21 |
| Варисторы для поверхностного монтажа CN-серии, для телефонных применений | 22 |
| Варисторы для поверхностного монтажа CU-серии, стандартные | 22 |
| Варисторы для поверхностного монтажа CU-серии, автомобильные | 23 |
| Варисторы для поверхностного монтажа CU-серии, для телефонных применений | 24 |

| | |
|---|----|
| Дисковые варисторы | 24 |
| Дисковые варисторы SR-серии, стандартные | 24 |
| Дисковые варисторы SR-серии, автомобильные | 25 |
| Дисковые варисторы S-серии, стандартные | 25 |
| Дисковые варисторы S-серии, автомобильные | 30 |
| Дисковые варисторы S-серии, для телефонных применений | 31 |
| Дисковые варисторы высокой емкости, автомобильные | 32 |
| Блочные варисторы | 32 |
| Накладные варисторы | 34 |
| Силовые дисковые варисторы | 35 |
| Блочные варисторные разрядники | 35 |

ГРОЗОЗАЩИТНЫЕ И КОММУТАЦИОННЫЕ ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ РАЗРЯДНИКИ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 36 |
| КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ | 36 |
| КОНСТРУКЦИЯ РАЗРЯДНИКА | 36 |
| ОБЩАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ . . . 37 | |
| ТЕОРИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ | 37 |
| РАБОЧИЙ РЕЖИМ РАЗРЯДНИКА | 37 |
| ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ | 39 |
| ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ . . . 39 | |
| ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ РАЗРЯДНИКИ | 40 |
| ОСНОВНЫЕ СЕРИИ РАЗРЯДНИКОВ | 41 |
| СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РАЗРЯДНИКОВ | 46 |



СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ВАРИСТОРОВ

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ВАРИСТОРОВ

ВАРИСТОРЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

| Стандартные | CN0603 | CN0805 | CN1206 | CN1210 | CN1812 | CN2220 | CU3225 | CU4032 |
|----------------------------------|-----------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|------------|
| Страница | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 22 | 22 |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | 4...14 | 4...25 | 4...60 | 4...60 | 4...60 | 4...60 | 11...300 | 11...300 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | 0.03 | 0.08...0.12 | 0.15...0.2 | 0.25...0.4 | 0.5...0.8 | 0.8...1.2 | 0.1...0.4 | 0.25...1.2 |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | 0.1...0.2 | 0.1...0.3 | 0.3...1.1 | 0.4...2.3 | 0.8...5.8 | 1.4...12.0 | 0.3...9.6 | 0.8...23.0 |
| Автомобильные | | CN0805 | CN1206 | CN1210 | CN1812 | CN2220 | CU3225 | CU4032 |
| Страница | | | | | | | | |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14...30 | 14...30 | 14...30 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | | 0.12 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.2 | 0.1 | 0.25 |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | | 1.0 | 1.5 | 3.0 | 6.0 | 12.0...25.0 | 6.0 | 12.0 |
| Телефонные | | | | | CN1812 | | | CU4032 |
| Страница | | | | | | | | |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | | | | | 60...95 | | | 60...95 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | | | | | 0.25...0.4 | | | 1.2 |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | | | | | 5.0...6.0 | | | 4.8...7.6 |

ДИСКОВЫЕ ВАРИСТОРЫ

| Стандартные | SR1210 | | SR2220 | S05 | S07 | S10 | S14 | S20 | | |
|----------------------------------|------------|--------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| Страница | 24 | | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | 4...8 | | 4...8 | 11...460 | 11...460 | 11...680 | 11...1100 | 11...1100 | | |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | 0.25...0.4 | | 1.0...1.2 | 0.1...0.4 | 0.25...1.2 | 0.5...2.5 | 1.0...6.0 | 2.0...10.0 | | |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | 0.4...1.0 | | 1.4...4.2 | 0.3...18 | 0.8...36 | 1.7...7.2 | 3.2...230 | 10...410 | | |
| Автомобильные | SR1210 | SR1812 | SR2220 | | S07 | S10 | S14 | S20 | SHCV-SR1 | SHCV-SR2 |
| Страница | 25 | 25 | 25 | | 30 | 30 | 30 | 30 | 32 | 32 |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | 14 | 14 | 14 | | 14 | 14...17 | 14...30 | 14...30 | 14...20 | 14...20 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | 0.4 | 0.8 | 1.2 | | 0.25 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 0.8 | 1.2 |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | 3.0 | 6.0 | 12.0 | | 12.0 | 25.0 | 50.0 | 100.0 | 6.0 | 12.0 |
| Телефонные | | | | | S07 | | | | | |
| Страница | | | | | 31 | | | | | |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | | | | | 60...95 | | | | | |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | | | | | 1.2 | | | | | |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | | | | | 4.8...7.6 | | | | | |

БЛОЧНЫЕ ВАРИСТОРЫ

| | B32 | B40 | B60 | B80 |
|----------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| Страница | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | 130...750 | 75...750 | 130...1100 | 130...1100 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | 25 | 40 | 70 | 100 |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | 210...800 | 190...1200 | 490...3000 | 660...6000 |

НАКЛАДНЫЕ ВАРИСТОРЫ

| | LS40 |
|----------------------------------|------------|
| Страница | 34 |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | 130...750 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | 40 |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | 310...1200 |

СИЛОВЫЕ ВАРИСТОРЫ

| | PD80 |
|----------------------------------|------|
| Страница | 35 |
| Рабочее напряжение V_{RMS} , В | 1100 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | 100 |
| Энергия абсорбции W_{MAX} , Дж | 6000 |

БЛОЧНЫЕ РАЗРЯДНИКИ

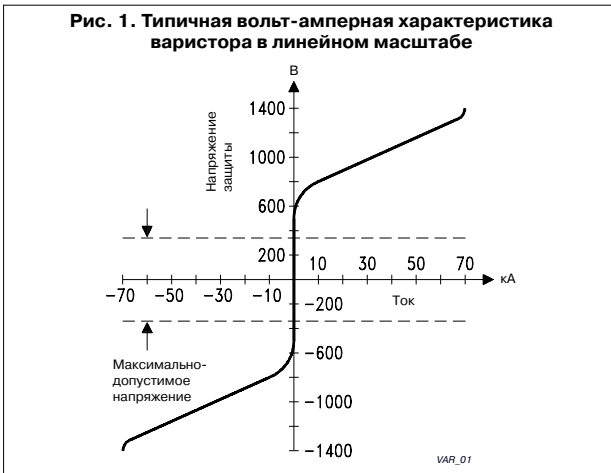
| | E32 |
|-----------------------------------|------|
| Страница | 35 |
| Номинальное напряжение V_R , кВ | 3; 6 |
| Ток перегрузки I_{MAX} , кА | 65 |

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВАРИСТОРОВ

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВАРИСТОРОВ

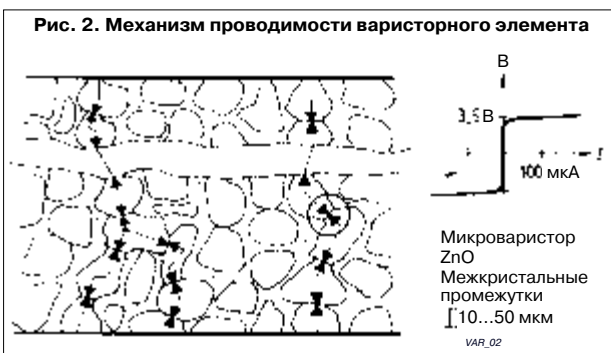
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Варистор — это резистор, сопротивление которого зависит от приложенного напряжения, поэтому его вольт-амперная характеристика нелинейная. На **Рис. 1** представлена типичная симметричная вольт-амперная характеристика варистора.



Подсоединенный параллельно к электронной схеме или прибору, варистор служит в качестве низкоомного шунта, защищая эти устройства от превышения напряжения.

При производстве варисторов фирмы S+M используется поликристаллическая керамика на основе высокотемпературного оксида (спекания) окиси цинка с добавками оксидов металлов. На **Рис. 2** представлен механизм проводимости варисторного элемента в упрощенном виде.



Кристаллы (зерна) окиси цинка имеют высокую проводимость. Межкристалльные промежутки, сформированные из оксидов металлов, имеют высокое сопротивление. Точечные контакты между кристаллами окиси цинка, возникающие при спекании, являются микроваристорами, похожими на симметричные зерновские диоды с напряжением пробоя около 3,5 В. Зависимость, приведенная на **Рис. 2**, является результатом последовательного и параллельного подсоединения микроваристоров. Таким образом, изменяя физические размеры варисторов и количество слоев керамики можно влиять на их электрические свойства:

— два слоя поликристаллической керамики обеспечивают защиту по напряжению в два раза выше одного слоя, так как микроваристоры подсоединяются последовательно;

— увеличение площади прибора в два раза увеличивает в два раза перегрузочные возможности по току, так как в два раза увеличивается число параллельных токовых каналов;

— увеличение объема в два раза приводит к увеличению в два раза энергии абсорбции в следствие двукратного увеличения числа кристаллов окиси цинка.

Кроме того в производстве, контролируя процесс спекания, можно изменять размеры кристаллов (15...100 мкм) и получать специфические градиенты напряжения варисторов (приблизительно 30...200 В/мм).

КОНСТРУКЦИЯ

Конструктивное оформление варисторов может быть различным в зависимости от назначения и необходимых параметров:

Варисторы для поверхностного монтажа CN-серии — это варисторы прямоугольной формы, изготовленные методом многослойной керамической технологии, с тонкой торцевой поверхностью и серебряно-палладиевыми контактными поверхностями;

Варисторы для поверхностного монтажа CU-серии — это дискообразные керамические варисторы с покрытыми оловом контактными поверхностями и герметизированные в термостойкую пластмассу;

Дисковые варисторы — покрытые эпоксидной смолой керамические диски с лужеными медными выводами;

Блочные варисторы — силовые варисторы на токи от 10 до 100 кА в пластиковом корпусе и винтовым креплением для обеспечения электрического и механического подсоединения;

Накладные варисторы — керамические варисторы, покрытые эпоксидной смолой и имеющие специальные винтовые отверстия для крепления;

Силовые дисковые варисторы — мощные варисторы в дисковом диодном корпусе;

Блочные варисторные разрядники — цилиндрические варисторы с пассивированной стеклом поверхностью и напыленными электродами для прижимного контакта.

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА

На **Рис. 3а** представлена упрощенная эквивалентная схема металлоокисного варистора.

В зависимости от уровня тока эквивалентные схемы можно упростить.

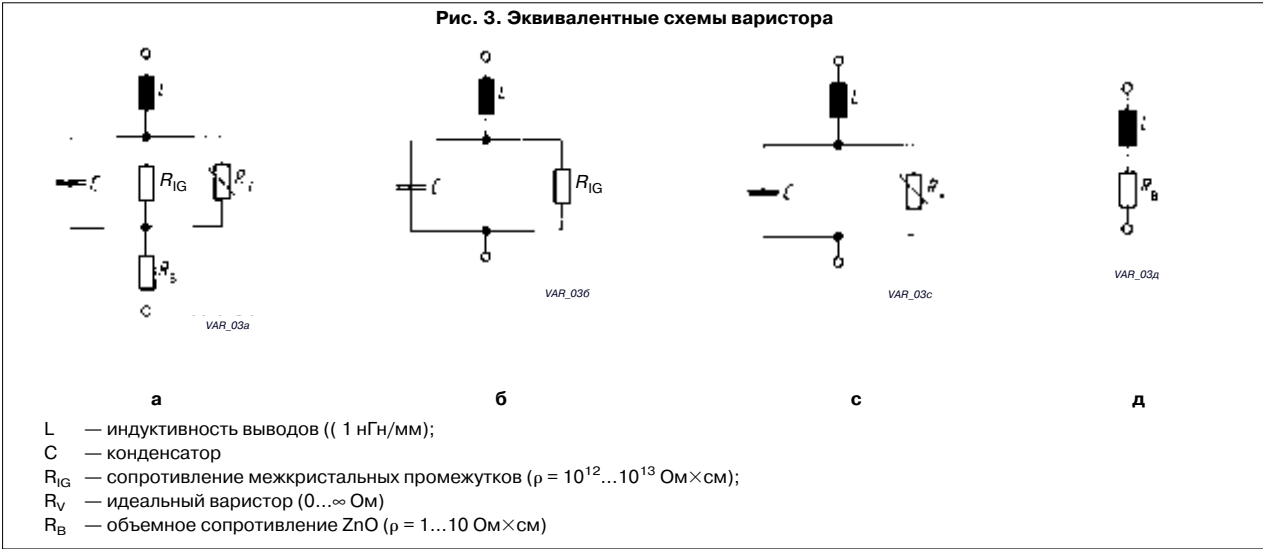
Область токов утечек ($< 10^{-4}$ А).

В области токов утечек сопротивление идеального варистора велико и им можно пренебречь. В то же время $R_B \gg R_{IG}$. Эквивалентная схема для этого случая приведена на **Рис. 3б**. Омическое сопротивление R_{IG} имеет определяющий характер в области малых токов и вольт-амперная характеристика изменяется от линейной до экспоненциальной (область загиба). R_{IG} имеет ярко выраженную температурную зависимость, что приводит к увеличению токов утечки с увеличением температуры.

Область нормальных рабочих токов ($10^{-5} \dots 10^3$ А).

Так как $R_V \ll R_{IG}$, $R_B \ll R_V$, то эквивалентная схема принимает вид, представленный на **Рис. 3с**. Вольт-амперная характеристика хорошо аппроксимируется экспоненциальной зависимостью с коэффициентом отклонения $\alpha > 30$ и прямой линией в логарифмическом масштабе.

Рис. 3. Эквивалентные схемы варистора



Область высоких токов (>10³ А).

В этой области сопротивление идеального варистора очень мало. Так как при этом $R_V \ll R_{IG}$, $R_V < R_B$, то эквивалентная схема имеет вид, представленный на **Рис. 3д**. Омическое сопротивление объема ZnO определяет линейный характер вольт-амперной характеристики в этой области.

Конденсатор.

Эквивалентные схемы на **Рис. 3б** и **Рис. 3с** имеют в своем составе конденсатор, типичные величины которого приводятся в справочных данных варисторов. С точки зрения защиты от перенапряжения конденсатор улучшает защитные свойства варистора, выравнивая фронты напряжений.

Индуктивность выводов.

Время отклика варисторов находится в пикосекундном диапазоне. Если варистор находится в корпусе, то из-за индуктивности выводов время отклика увеличивается до величины в несколько наносекунд. Учитывая сказанное, при монтаже надо по возможности уменьшать индуктивность, укорачивая выводы.

ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Вольт-амперная характеристика варистора представляет собой степенную зависимость. Так как кривая симметрична, то для первого квадранта выполняется соотношение (**Рис. 4а**):

$$I = K \times V^\alpha \tag{1}$$

где:

- I — ток через варистор;
- V — напряжение на варисторе;
- K — константа керамического материала (зависит от типа варистора);
- $\alpha > 1$ — показатель степени.

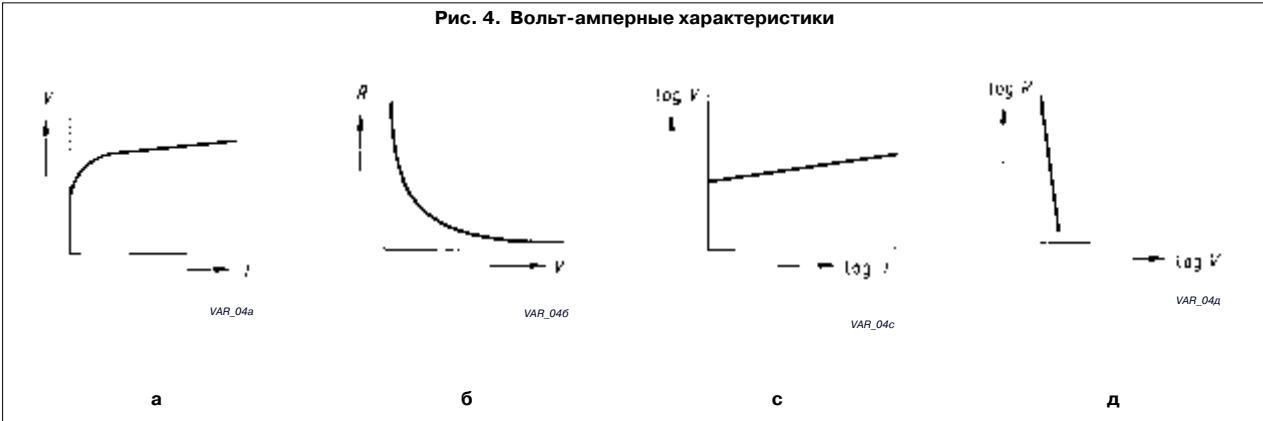
Для интерпретации физических принципов, лежащих в основе защитных функций варисторов приводится соотношение (**Рис. 4б**):

$$R = \frac{V}{I} = \frac{V}{K \cdot V^\alpha} = \frac{V^{1-\alpha}}{K} \tag{2}$$

Логарифмируя (1) и (2) получим соотношения (**Рис. 4с** и **Рис. 4д**):

$$\begin{aligned} \lg I &= \\ \lg K + \alpha \end{aligned}$$

Рис. 4. Вольт-амперные характеристики



ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВАРИСТОРОВ

$\times \ell$
(3)

g V

$-\ell$
(1 - α) \times
 ℓ

g K +

ℓ

g R =

g V (4)

Рис. 5. Вольт-амперная характеристика варистора SIOV-B60K250

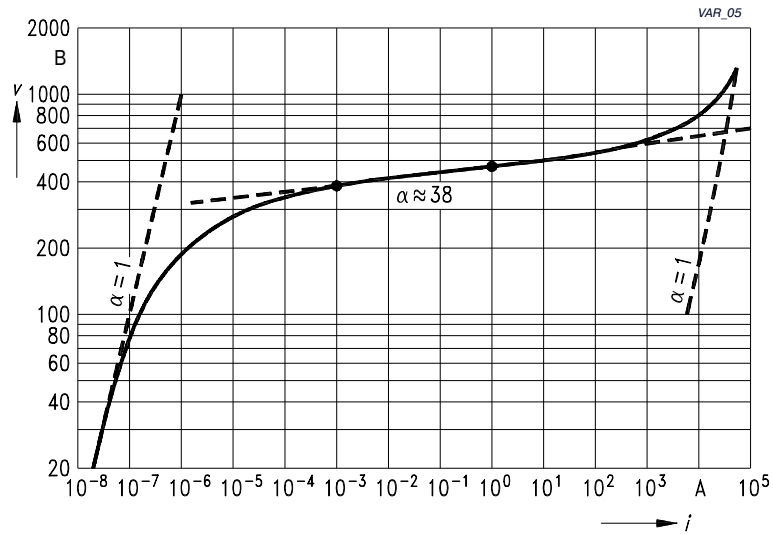
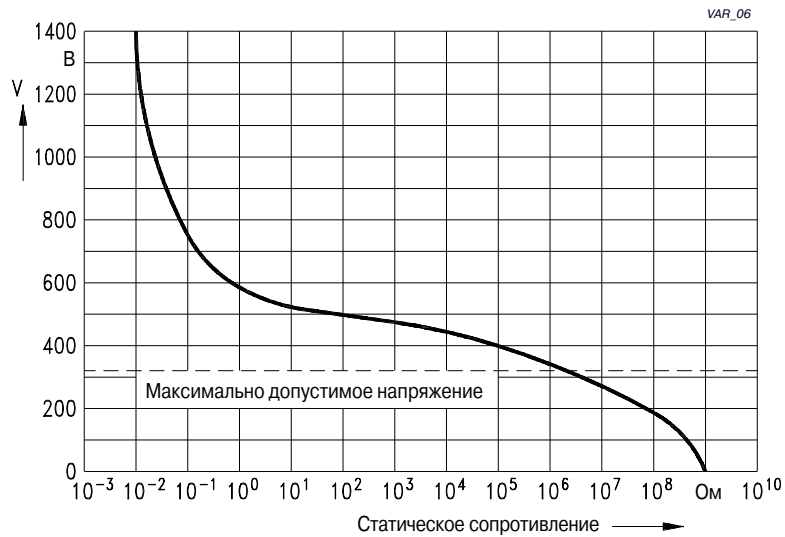


Рис. 6. Статическое сопротивление варистора SIOV-B60K250



Зная две пары величин напряжение/ток (V_1/I_1 и V_2/I_2) вольт-амперной характеристики можно определить, исходя из (3) коэффициент α :

$$\alpha =$$

$$\frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

$$\frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

$$\frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

(5)

На Рис. 5 и Рис. 6 приводятся реальные вольт-амперные характеристики прибора SIOV-B60K250

ОПИСАНИЕ ПАРАМЕТРОВ

Рабочее напряжение

В справочных данных варисторов приводятся максимальные значения переменного V_{RMS} , и постоянного V_{DC} рабочего напряжения.

Эти значения могут быть превышены при переходном процессе. Автомобильные типы варисторов предварительно выдерживаются при напряжении V_{JUMP} , превышающем рабочие (jump start), вплоть до 5 минут. Токи утечек при рабочих напряжениях незначительны.

Ток перегрузки

Кратковременный ток, возникающий при перенапряжении, определяется как ток перегрузки. Максимальное значение тока перегрузки зависит от амплитуды, длительности и числа импульсов. В справочных данных приводятся максимальное значение тока перегрузки I_{MAX} , 8/20 мкс в соответствии со стандартом IEC 60 при форме импульса 8/20 мкс (8 мкс передний фронт и 20 мкс длительность импульса полуспада).

Энергия абсорбции

Энергия абсорбции варистора коррелирует с током перегрузки в соответствии с зависимостью (6):

$$W = \int_{t_0}^{t_1} V(t) \times I(t) dt \quad (6)$$

При этом $V(t)$ — представляет собой напряжение на варисторе во время протекания тока. В справочных данных приводится максимальная энергия абсорбции W_{MAX} (2мс), измеряемая при токе перегрузки длительностью 2 мс (2 мс измеряются по уровню 90% от максимального значения импульса тока).

Средняя рассеиваемая мощность

В справочных данных для варисторов приводится максимально допустимое рабочее напряжение, при этом максимальная мощность незначительна. Несмотря на это максимальная мощность зависит от числа и длительности импульсов, вошедших в диапазон перегрузки, чтобы соблюсти условия охлаждения варистора. Поэтому при применении надо учитывать максимальную энергию абсорбции, длительность и количество импульсов перегрузки, а в справочных данных приводится средняя рассеиваемая мощность варистора P_{MAX} .

Напряжение варистора

Напряжение на варисторе V_V — это падение напряжения при токе 1 мА. Допуск на напряжение приводится при температуре окружающей среды 25°C.

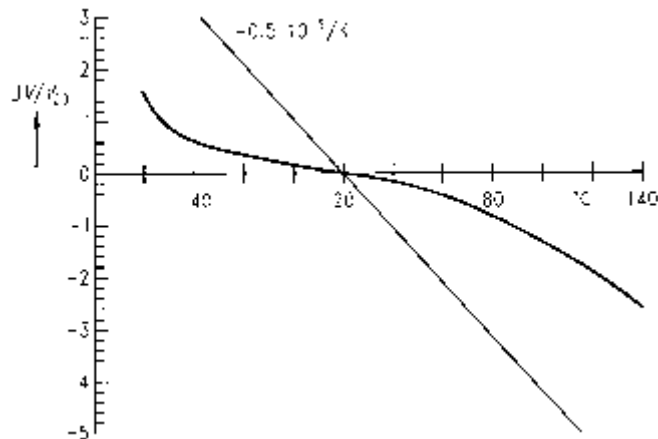
Область защиты (максимальное напряжение ограничения)

Область защиты варистора — это область при токах перегрузки > 1 мА. Вольт-амперные характеристики в области перегрузки определяются при импульсном токе при форме импульса 8/20 мкс.

Емкость конденсатора

В справочных таблицах приводится типичная емкость конденсатора C_{TYP} (1КГц) на частоте 1 КГц. Емкость конденсатора варистора пропорциональна площади диска (то есть величине тока ограничения) и обратно пропорциональна расстоянию между электродами

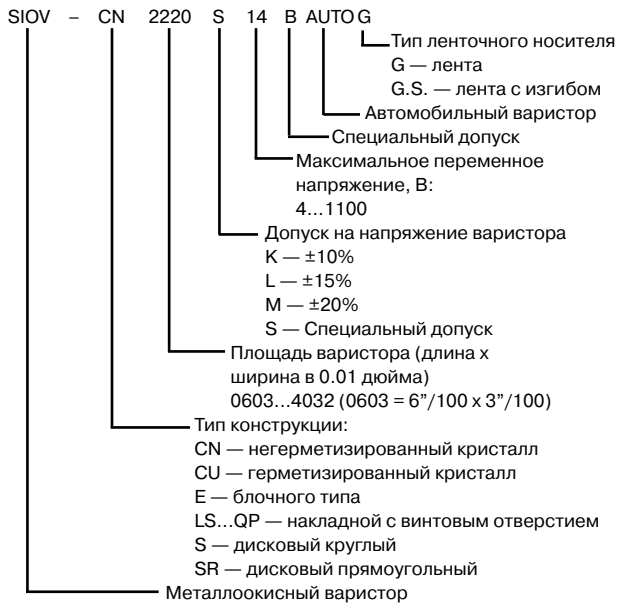
Рис. 7. Температурный коэффициент напряжения при токе 1 мА для SIOV-S20K275



VAR_07

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВАРИСТОРОВ

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ



ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИСТОРОВ

ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ВАРИСТОРОВ

Процедура выбора варистора определяется видом перенапряжения, возникающего в системе. Различаются внутреннее и внешнее перенапряжение.

Внутреннее перенапряжение

Внутреннее перенапряжение, требующее решения вопросов защиты, возникает в системе, например, при индуктивных типах нагрузки, искрении, непосредственном подсоединении к высокому напряжению, при взаимоиндукции или взаимном влиянии емкостей, при электростатических зарядах и разрядах. Внутреннее перенапряжение необходимо рассчитать для наихудших условий эксплуатации, проверить на тестовой схеме и оптимизировать схему защиты при перенапряжении.

Внешнее перенапряжение

Внешнее перенапряжение, тоже приводящее к необходимости решать вопросы защиты от перенапряжения, возникает в результате помех по сети, сильных электромагнитных полей, молний и электростатических разрядах. В большинстве случаев при этом форма, амплитуда и частота переходного процесса или неизвестны, или о них имеются очень скудные данные, и разработка целесообразной схемы защиты представляет собой достаточно затруднительную задачу. Поэтому даже при использовании типичных систем питания (промышленных, муниципальных, сельских), надо учитывать назначение системы и, выбирая степень защищенности, проектировать систему с большим запасом прочности. Например, в силовой линии 230 В возможны перегрузки амплитудой до 6 кВ при длительности импульса от 0.1 мкс до 1 мс.

Принципы защиты

Принципы защиты от перенапряжения при помощи варисторов базируются на последовательном подсоединении резисторов, один из которых имеет зависимость сопротивления от напряжения, а другой не имеет. В реальном применении источник напряжения имеет конечный независимый от напряжения положительный импеданс. Независимый от напряжения импеданс Z_{SOURCE} , изображенный на Рис. 8, может представлять собой омическое сопротивление кабеля, индуктивное сопротивление катушки или комплексный характеристический импеданс линии передачи данных. При переходном процессе ток протекает через Z_{SOURCE} и варистор, при этом $V_{SOURCE} = Z_{SOURCE} \times I$, что вызывает падение напряжения, пропорциональное независимому от напряжения импедансу. В противоположность этому, падение напряжения на варисторе почти не зависит от протекающего тока.

Так как

$$V_{SIOV} = \frac{V \times Z_{SIOV}}{Z_{SOURCE} + Z_{SIOV}} \quad (8),$$

то уровень перераспределения напряжения сдвигается, так что перенапряжение почти полностью прикладывается к Z_{SOURCE} , и схема, включенная параллельно с варистором (напряжение V_{SIOV}), называется защищенной.

На Рис. 9 демонстрируются принципы защиты от перенапряжения при помощи варисторов. Точка пересечения "нагрузочной линии" при перенапряжении с вольт-амперной характеристикой варистора в "рабочей точке" определяет ток перегрузки и уровень защиты.

Рис. 8. Эквивалентная схема с Z_{SOURCE} , характеризующим импеданс независимого от напряжения источника

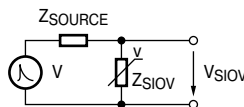
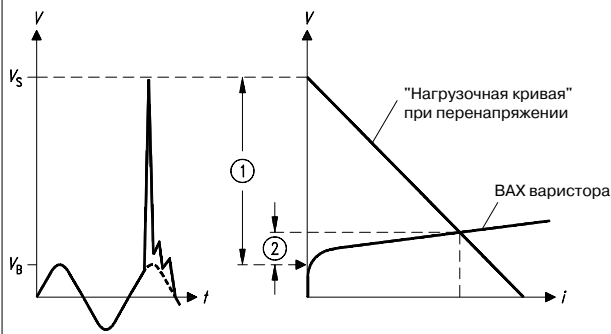
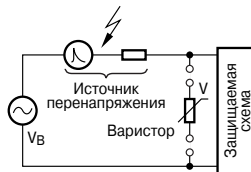


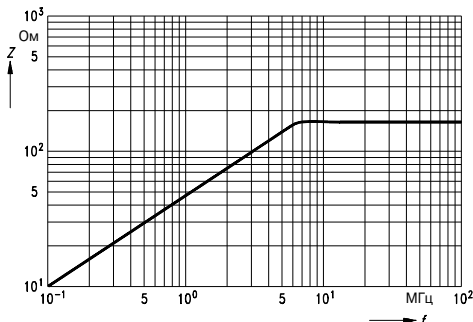
Рис. 9. Принципы варисторной защиты при перенапряжении



Примечание
Перенапряжение (1) ограничивается до уровня (2) варистором.
 V_B — рабочее напряжение
 V_S — напряжение перегрузки

Для выбора наиболее подходящего элемента защиты необходимо знать форму кривой тока перегрузки при переходном процессе. Часто при расчетах ошибочно занижают значения импеданса источника, так как исходят из низкой частоты напряжения сети. Это приводит к нереалистичным значениям амплитуд токов перегрузки. Необходимо помнить, что ток перегрузки может иметь значительные высокочастотные составляющие, что может привести к относительно высоким характеристическим значениям импеданса кабелей, и, следовательно, к высоким значениям напряжения. На Рис. 10 представлена примерная кривая характеристического импеданса линии питания при высокочастотных перегрузках. При этом в нормальных условиях значение характеристического импеданса составляет около 50 Ом.

Рис. 10. Импеданс линии питания при высокочастотных перегрузках



ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИСТОРОВ

Области применения варисторов

Широкий выбор варисторов фирмы S+M позволяет сделать выбор компонентов соответствующей мощности для различных уровней защиты. Варисторы широко применяются в электроэнергетике и электронике. Ниже приведена таблица применения варисторов.

| | |
|--------------------------------|---|
| Техника связи | <ul style="list-style-type: none"> ♦ офисные телефонные станции с выходом в общую сеть ♦ абонентское телефонное оборудование ♦ кнопочные телефоны ♦ телетайпы ♦ автоответчики ♦ источники питания ♦ передающие системы ♦ факсы ♦ модемы ♦ мобильные телефоны ♦ дополнительные трубки |
| Системы промышленного контроля | <ul style="list-style-type: none"> ♦ телеметрические системы ♦ системы дистанционного управления ♦ станки с числовым управлением ♦ системы аварийной сигнализации ♦ бесконтактные переключатели ♦ светотехническая аппаратура ♦ источники питания ♦ устройства защитного отключения (УЗО) ♦ электронные блоки газового отопления ♦ электронные балласты |
| Силовая электроника | <ul style="list-style-type: none"> ♦ мостовые выпрямители электросварка ♦ электрооборудование ♦ импульсные источники питания ♦ мощные преобразователи ♦ DC/AC-преобразователи |
| Электроэнергетика | <ul style="list-style-type: none"> ♦ трансформаторы ♦ дроссели ♦ обмотки моторов и генераторов ♦ защита линий электропередачи от атмосферных перенапряжений |
| Светосигнальное оборудование | <ul style="list-style-type: none"> ♦ дорожные знаки и светофоры ♦ светосигнальное оборудование взлетно-посадочной полосы ♦ сигнальные маячные огни |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Медицинская техника | <ul style="list-style-type: none"> ♦ диагностическое оборудование ♦ терапевтическое оборудование ♦ источники питания |
| Информационные системы | <ul style="list-style-type: none"> ♦ информационные шины ♦ источники питания ♦ персональные компьютеры ♦ интерфейсы |
| Ступенчатые защиты | <ul style="list-style-type: none"> ♦ микроэлектроника ♦ подавление ЭМИ и радиопомех ♦ защита от электромагнитного импульса |
| Электроника зрелищных мероприятий | <ul style="list-style-type: none"> ♦ видео оборудование ♦ телевизоры ♦ слайд-проекторы ♦ источники питания ♦ HiFi-оборудование |
| Бытовая электроника | <ul style="list-style-type: none"> ♦ схемы управления моечными машинами ♦ регуляторы света ♦ лампы ♦ кварцевые часы ♦ управление электромоторами ♦ термостаты |
| Автомобильная электроника | <ul style="list-style-type: none"> ♦ центральная защита электрической системы автомобиля ♦ защита при снятии нагрузки ♦ антиблокировочные системы торможения ♦ радио ♦ системы управления двигателем ♦ генераторные выпрямители ♦ системы центральной блокировки ♦ автомобильные компьютеры ♦ мотор стеклоочистителя ♦ электроника подушки безопасности (системы пассивной безопасности автомобиля) ♦ автомобильные телефоны |

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ВАРИСТОРОВ

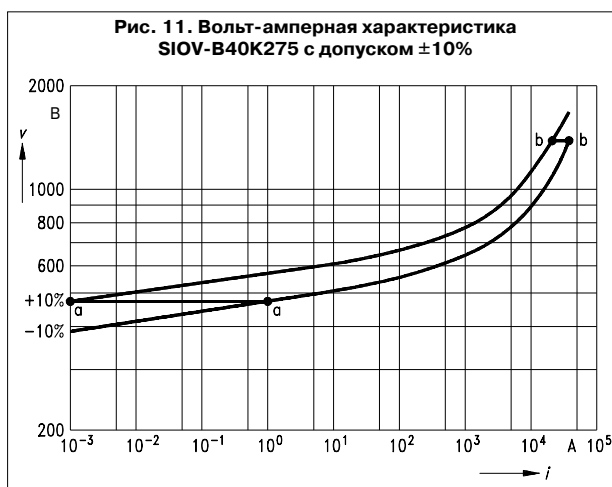
Последовательное соединение варисторов

Варисторы можно соединять последовательно для получения более точного значения уровня напряжения защиты, при этом надо следить, чтобы варисторы были одинакового диаметра. Максимально возможное рабочее напряжение при последовательном соединении варисторов складывается из максимальных постоянных или переменных напряжений варисторов.

Параллельное соединение варисторов

Варисторы можно соединять параллельно для достижения более высоких, чем у одного варистора, нагрузочной способности и энергии абсорбции. При параллельном соединении варисторов надо учитывать следующие соображения. На **Рис. 11** изображена вольт-амперная характеристика (ВАХ) варистора SIOV-B40K275 с допуском $\pm 10\%$.

Расположение рабочей точки варисторов в области средних токов (вплоть до тока 1 кА) вследствие нелинейности ВАХ может привести к нежелательным эффектам. Например, при токе 1 А на **Рис. 11** так



как имеется 10%-ый разброс, то в наихудшем случае первый варистор может иметь ток 1 мА, а второй 1 А. То есть ток и энергия абсорб-

ции варисторов соотносятся как 1000:1, и параллельное соединение варисторов не имеет смысла. Для того чтобы достичь желаемого результата, необходимо точно подбирать напряжение и ток предполагаемой рабочей точки варистора.

В области высоких токов ВАХ (Рис. 11, область б) через варистор может протекать ток от 15 до 40 кА, что значительно лучше результата в области средних токов. То есть через два параллельных варистора В40К275 может протекать ток 55 кА.

Графический метод, представленный на Рис. 11, из-за нелинейности ВАХ не применяется. На практике, при параллельном соединении варисторов, каждый прибор следует индивидуально измерять в области предполагаемой работы. Область максимальных токов перегрузки распространяется на 2 декады, поэтому для обеспечения срока службы варистора, измерения следует проводить на уровне 1% максимального тока. Например, В40К275 имеет максимальный ток перегрузки 40 кА. Измерения следует проводить на токе 400 А (импульс 8/20 мкс, 8мкс — передний фронт, 20 мкс — время полуспада, амплитуда 400 А).

ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА ВАРИСТОРА

Выбор варистора предполагает три основных шага:

1. Выбранный варистор должен соответствовать рабочему напряжению.
2. Варистор должен соответствовать применению по:
 - а) току перегрузки;
 - б) энергии абсорбции;
 - в) средней рассеиваемой мощности.
 (причем для а и б требуется учесть число возможных повторов импульсов).
3. Выбранное максимально возможное напряжение на варисторе при перенапряжении, следует сравнить для обеспечения защиты с максимально допустимыми параметрами компонентов схемы.

При этом максимальные значения тока перегрузки, энергии абсорбции и средней рассеиваемой мощности варистора должны быть меньше или равны максимально допустимым значениям, указанным в справочных данных.

Рабочее напряжение

Максимально допустимое постоянное (DC) и переменное (AC) рабочее напряжение указывается в справочных данных на варисторы. Для обеспечения защиты, максимально допустимое рабочее напряжение выбранного варистора должно быть выше рабочего напряжения при применении. Несинусоидальное переменное напряжение необходимо сравнить с максимально допустимым постоянным напряжением так, чтобы пиковое или амплитудное значение приложенного напряжения не превышало максимально допустимое DC-напряжение. При выборе надо учитывать допуск на рабочее напряжение (Например, по Европейскому стандарту IEC 38: 230 В + 6% = 244 В, а с 2003 года: 230 В + 10% = 253 В), так как рассеиваемая на варисторе мощность резко увеличивается с увеличением рабочего напряжения. При выборе типа варистора можно взять варистор с высоким значением максимально допустимого рабочего напряжения. Но надо учитывать, что если необходим предельно низкий уровень тока утечки, то требуется и варистор с максимально низким уровнем допустимого напряжения, что в свою очередь увеличивает срок службы варистора. Так что при выборе варистора нужно очень внимательно подходить к величине максимального рабочего напряжения, по возможности снижая номер используемого типа варистора по напряжению.

Ток перегрузки

После выбора максимально допустимого рабочего напряжения на варисторе необходимо изучить схему применения с точки зрения нагрузочной способности. Нагрузочную способность варистора характеризует ток перегрузки. Ток перегрузки необходимо рассчитать (моделирование с помощью программы PSpice) и проверить по тестовой схеме. Графически ток перегрузки можно определить по пересечению нагрузочной линии и ВАХ варистора (Рис. 12 и 13)

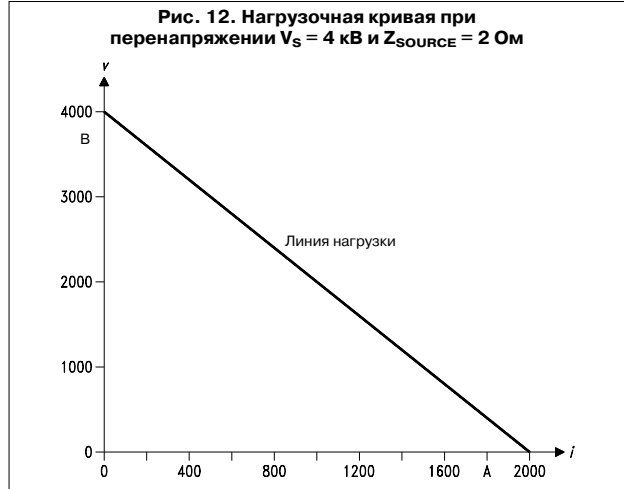


Рис. 12. Нагрузочная кривая при перенапряжении V_s = 4 кВ и Z_{source} = 2 Ом

Математически ток перегрузки можно выразить зависимостью (9)

$$I = \frac{V_s - V_{SiOV}}{Z_{SOURCE}} \tag{9}$$

При работе с индуктивной нагрузкой ток перегрузки следует определять так:

Ток, протекающий через индуктивность, не может резко измениться, поэтому сразу после выключения через варистор протекает рабочий ток, далее спадающий по экспоненте. Постоянная времени $t = L/R$, характеризующая процесс спада, равна времени за которое ток уменьшится в e раз (~37%) и вычисляется из соотношения (10):

$$\tau = \frac{L}{R_{Cu} + R_{SiOV}} \tag{10}$$

Где L — индуктивность [Н];

R_{Cu} — сопротивление катушки [Ом];

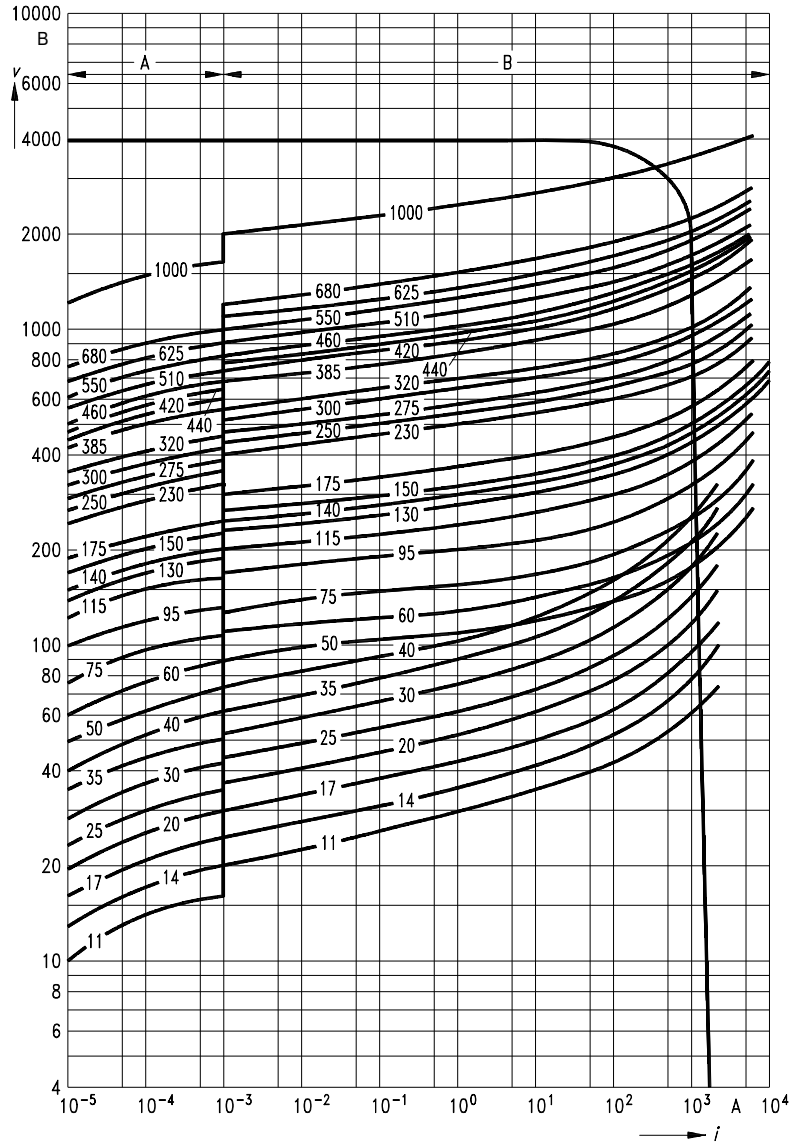
R_{SiOV} — сопротивление варистора при рабочем токе [Ом].

R_{SiOV} увеличивается при уменьшении тока, так что t не является постоянной величиной процесса спада. Тем не менее, эта зависимость игнорируется во время расчетов.

Максимально допустимый ток перегрузки зависит от длительности протекающего тока и числа повторений процесса.

При повторяющихся процессах перенапряжения происходит ухудшение значений тока перегрузки и энергии абсорбции. Для определения кривых ухудшения ток перегрузки варистора измеряется при прямоугольных импульсах длительностью t_R и периодом T при различном числе повторяющихся импульсов. Кривые ухудшения тока перегрузки не приводятся в данной книге (имеются в подробном каталоге фирмы S+M на все типы варисторов).

Рис. 13. Вольт-амперная характеристика S10V-S20 и нагрузочная кривая при перенапряжении $V_S = 4 \text{ кВ}$ и $Z_{\text{SOURCE}} = 2 \text{ Ом}$ в логарифмическом масштабе



Энергия абсорбции

При протекании тока перегрузки в варисторе абсорбируется энергия. Энергия абсорбции вычисляется по формуле (6).

При индуктивной нагрузке ток источника питания прерывается в индуктивности. Энергия абсорбции варистора при этом может быть больше энергии индуктивности:

$$W = 0.5 \times L \times I^2 \quad (11)$$

Поэтому при расчетах индуктивной нагрузки необходимо учитывать некоторый запас прочности на энергию абсорбции.

При повторяющихся процессах максимальная энергия абсорбции вычисляется следующим образом:

$$W_{\text{MAX}} = V_{\text{MAX}} \times I_{\text{MAX}} \times t_{\text{RMAX}} \quad (12)$$

Средняя рассеиваемая мощность

Эффективная рассеиваемая мощность варистора состоит из основной мощности P_0 , вызванной рабочим напряжением, и средней за период энергии абсорбции. Величина P_0 , выбранная в справочных данных в соответствии с максимально допустимым рабочим на-