

ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИСТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Богданова Екатерина Андреевна

магистрант, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

Одним из существенных рисков при эксплуатации электронного оборудования является его повреждение в результате резкого повышения напряжения в сети электропитания, так называемых «скачков» напряжения.

В последнее время для защиты электронного оборудования широкое распространение получили варисторы. Варистор — это нелинейный полупроводниковый резистор [3], или как его еще называют нелинейное полупроводниковое сопротивление [2].

Варисторы обладают нелинейной вольт-амперной характеристикой. Варистор подключается параллельно защищаемому оборудованию, и пока напряжение в сети в пределах нормы варистор имеет очень большое электрическое сопротивление, практически это изолятор. При превышении некоего порогового значения сопротивление варистора резко падает, причем становится существенно ниже сопротивления защищаемого оборудования. В результате основной ток в сети проходит через варистор, который принимает на себя и рассеивает излишек энергии.

По внешнему виду варисторы бывают: пленочные, дисковые, в виде таблеток, стержней и чипов.

Варисторы изготавливают из смеси полупроводниковых материалов на основе многофазных структур из порошка карбида кремния с размерами кристаллитов 20 – 180 мкм и специальных наполнителей, связующих отдельные зерна порошка (от 10 до 40% от общей массы). В качестве связки применяются глины, жидкое стекло, кремнийорганические лаки и т.д. Смесь подвергают термической обработке, в результате которой зерна порошка карбида кремния покрываются слоем окиси кремния толщиной 10^{-5} см, а наполнитель спекается. При небольшом напряжении удельное сопротивление такого слоя составляет $10^6 - 10^8$ Ом·см. Практически это изолятор между отдельными зернами порошка. С учетом того, что удельное сопротивление самих зерен карбида кремния невелико (около 1 Ом·см), при низких напряженностях электрического поля пленки окиси кремния являются запорными слоями, и все приложенное к материалу напряжение приходится на эти запорные слои [3].

Варистор с глинистой связкой называют тиритом. Варисторы со связкой в виде керамической массы на основе жидкого стекла называют вилитами и тервитами. Тервит получают при более высокой температуре термической обработки (свыше 1000 °C) по сравнению с вилитом (около 300 °C).

После спекания заготовки на ее контактные поверхности наносится металлизированный слой серебра, к которому припаивают выводы варистора. Готовый варистор помещается в фарфоровый или металлический корпус для защиты от механических и атмосферных воздействий, покрывается лаком [1].

Применение варисторов для защиты оборудования обусловлено особенностями их вольт-амперной характеристики – зависимости силы электрического тока от приложенного к данному элементу напряжения.

Простейшая вольт-амперная характеристика идеального проводника, имеющего электрическое сопротивление, не зависящее от силы тока, определяется законом Ома, и представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат. Поскольку сопротивление реальных проводящих сред меняется при изменении условий, их вольт-амперная характеристика, как правило, нелинейна [4]. Вольт-амперная характеристика варистора при изменении напряженности электрического поля может меняться радикально.

Когда напряжение, приложенное к выводам варистора, превысит определенный порог, происходит пробой покрывающей кристаллы карбида кремния изолирующей пленки [5], и кристаллы электрически соединяются между собой. При этом между выводами варистора образуется большое количество параллельных проводящих цепочек кристаллов. В результате сопротивление варистора резко падает, а сила проходящего через него тока резко возрастает. При снижении напряжения ниже порогового значения изоляция кристаллов карбида кремния восстанавливается [3].

Таким образом, варисторы имеют симметричную высоконелинейную (практически пороговую) вольт-амперную характеристику. Типичная вольт-амперная характеристика варистора представлена на рисунке.

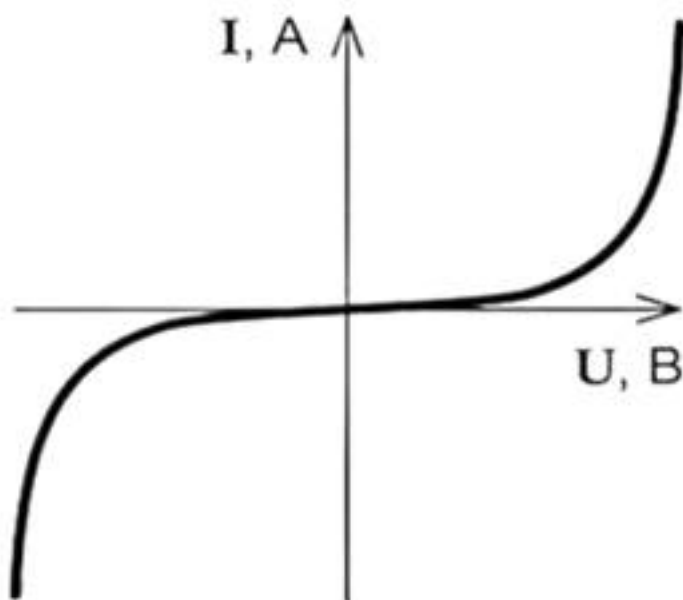


Рисунок. Вольт-амперная характеристика варистора

где I сила тока;

U напряжение на варисторе.

Коэффициент нелинейности варистора (α) – параметр, характеризующий нелинейность вольт-амперной характеристики, который вычисляется по формуле:

$$\alpha = \frac{\lg \frac{I_2}{I_1}}{\lg \frac{U_2}{U_1}}$$

где $I_1 = 1 \text{ мА}$, $I_2 = 10 \text{ мА}$;

U_1 и U_2 напряжения на варисторе при токах I_1 и I_2 .

Перегиб вольтамперной характеристики не имеет вид резкого излома, а носит квадратичный характер. Это обусловлено тем, что слои пленки между зернами имеют несколько разные толщины и, следовательно, пробиваются при различном напряжении электрического поля [3].

Варисторы можно использовать в цепях, как постоянного тока, так и переменного с частотой до нескольких килогерц. Использованию варисторов при более высоких частотах препятствует их заметная собственная емкость [2]. Варисторы включают в сеть электропитания после предохранителя параллельно электропотребляющим устройствам для их защиты от кратковременных перенапряжений, иногда возникающих в сети [5].

Варисторы относительно недороги в изготовлении, надежны в эксплуатации, способны многократно выдерживать высокие нагрузки [1], могут включаться в цепь в любой полярности. Этими преимуществами обусловлено их широкое применение в качестве компонентов защиты сложных и дорогостоящих полупроводниковых систем различного назначения:

- бытовая электроника (телевизоры, микроволновые печи);
- устройства промышленной электроники (электродвигатели, схемы защиты);
- аппаратура средств связи;
- устройства обработки данных;
- оборудование передачи электроэнергии (газоразрядники);
- индикаторные средства (автомобильная электроника, железнодорожный транспорт) и другие области применения [1].

Измерения параметров варисторов проводятся согласно:

- ГОСТ 21342.0-75 «Резисторы. Общие требования при измерении электрических параметров»;
- ГОСТ 21342.9-76 «Варисторы. Метод измерения напряжения и тока»;
- ГОСТ 21342.10-76 «Варисторы. Метод измерения коэффициента нелинейности»;
- техническому регламенту на изделия.

Список литературы:

1. Деревяго Т. М., Терешко Д. А. Особенности конструкции и применения варисторов в электрических цепях // Актуальные проблемы энергетики: Материалы 73-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Минск, 2017. — С. 878-883.
2. Жеребцов И. П. Основы электроники. 5-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1989. — 352 с.
3. Касаткин Г. С., Федотов, В. В. Варисторы, их свойства и применение: Учебное пособие. – М.: МИИТ, 2010. — С. 40.
4. Кудрявцев А. А. Вольт-амперная характеристика // Большая российская энциклопедия. Электронная версия. URL: <https://bigenc.ru/physics/text/1927979?> (дата обращения: 09.12.2023).
5. Москатов Е. А. Электронная техника. Начало. 3-е изд., перераб. и доп. – Таганрог, 2010. — 204 с.