

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВАРИСТОРОВ

Цель работы: ознакомиться принципом работы варисторов, научиться на практике определять основные эксплуатационные параметры варисторов по экспериментальным данным.

Теоретические сведения

Варистор (англ. *vari(able) (resi)stor* – переменный резистор) – резистор, сопротивление которого зависит от приложенного к нему напряжения. Варистор имеет нелинейную симметричную вольтамперную характеристику (рис.1).

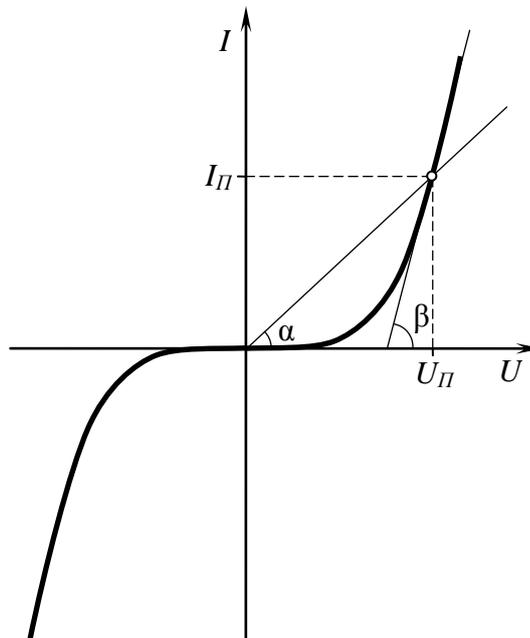


Рис.1. ВАХ варистора

Изготавливают варисторы спеканием полупроводника при температуре около 1700°C , используют преимущественно порошкообразный карбид кремния (SiC) или оксид цинка (ZnO) и связующее вещество (глина, жидкое стекло, лаки, смолы и др.). Затем поверхность полученного элемента металлизируют и припаивают к ней выводы, для защиты от внешних воздействий элемент покрывают электроизоляционным лаком.

На рис.2 показан механизм проводимости в варисторном элементе в упрощенном виде. Гранулы оксида цинка сами по себе обладают высокой проводимостью, в то время как оксиды других металлов, которыми покрыты гранулы, обладают высоким сопротивлением. В местах спекания гранул оксида цинка образуются "микроваристоры" с уровнем защиты около 3,5 В.

Нелинейность ВАХ варисторов обусловлена локальным разогревом соприкасающихся граней между многочисленными кристаллами полупроводника. Сопротивление контактных областей при этом существенно снижается, что приводит к уменьшению общего сопротивления варистора.

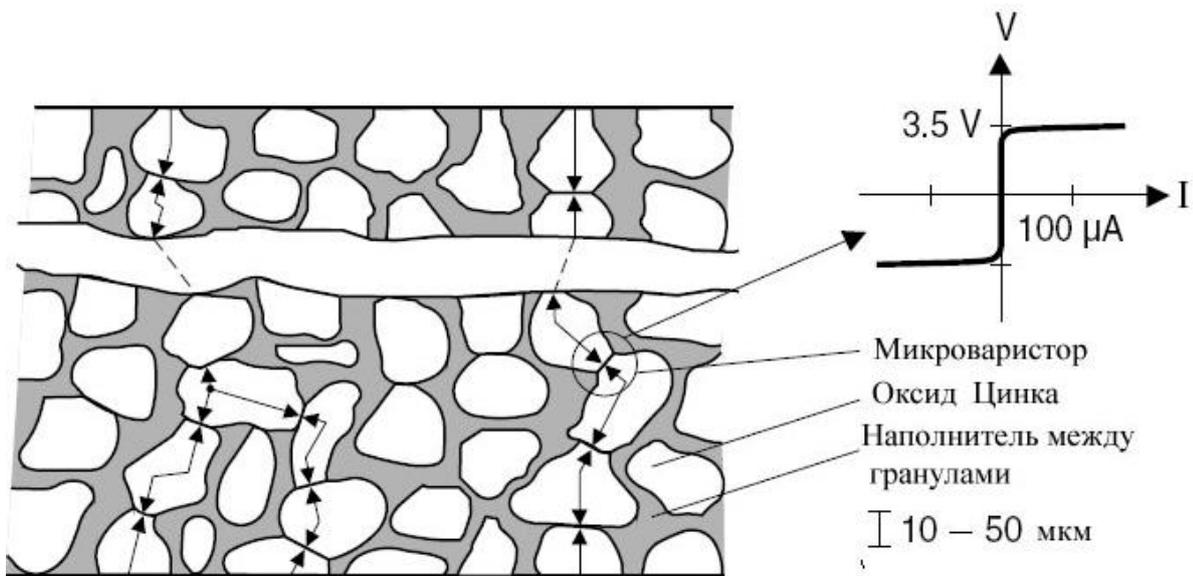


Рис.2. Структура кристалла варистора

Как видно из рис.2 метало-оксидный варистор образуется из множества микроваристоров, соединенных параллельно и последовательно. Отсюда следует, что электрические свойства варистора можно конфигурировать с помощью физических размеров варистора.

Увеличение толщины варистора в два раза позволяет вдвое увеличить максимальное напряжение защиты из-за удвоения последовательно расположенных микроваристоров. Увеличение площади – увеличивает максимальный ток через варистор, т.к. число гранул, расположенных параллельно, удваивается. Увеличение объёма в два раза удваивает поглощаемую энергию, так как в два раза увеличивается количество гранул, поглощающих энергию.

Параметры варисторов

Классификационное напряжение, В – напряжение при определённом токе (обычно при 1 мА). Иногда приводят *коэффициент защиты варистора* – отношение напряжения на варисторе при токе 100 А к напряжению при токе 1 мА. Он характеризует способность варистора ограничивать импульсы перенапряжения (для варисторов на основе оксида цинка коэффициент защиты составляет 1,4...1,6). Таким образом, при росте напряжения в 1,4...1,6 раза ток варистора возрастает в 100000 раз.

Рабочее напряжение (Operating voltage), В (V_{dc} для постоянного тока и V_{rms} – для переменного) – максимальное напряжение, которое должно быть приложено к варистору в рабочем режиме, оно может быть превышено только (кратковременным) импульсом перенапряжения (диапазон от нескольких В до нескольких десятков кВ).

Рабочий ток (Operating Current), А – диапазон от 0,1 мА до 1 А.

Максимальный импульсный ток (Peak Surge Current), А.

Допустимая мощность рассеивания (Power Dissipation), Вт – определяет количество тепла, которое варистор успевает рассеивать, зависит от геометрических размеров варистора и конструкции выводов.

Энергия абсорбции (поглощения) (Absorption energy), Дж – энергия, рассеиваемая варистором при протекании через него импульса тока заданной амплитуды и длительности.

Коэффициент нелинейности – определяется отношением статического сопротивления варистора $r_{ст}$ к его динамическому сопротивлению $r_{д}$

$$\lambda = \frac{r_{ст}}{r_{д}} = \frac{U \cdot dI}{I \cdot dU}$$

Статическое и дифференциальное сопротивление для заданного режима работы, определяемого положением рабочей точки, можно определить по ВАХ нелинейного элемента (рис.1).

$$\text{Статическое сопротивление варистора} - r_{ст} = \frac{U_{\Pi}}{I_{\Pi}} = \frac{m_U}{m_I} \cdot \text{ctg } \alpha;$$

где m_U и m_I – масштаб осей напряжения и тока.

$$\text{Динамическое сопротивление варистора} - r_{д} = \frac{dU}{dI} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{m_U}{m_I} \cdot \text{ctg } \beta.$$

Температурные коэффициенты (статического сопротивления, напряжения, тока) – для всех типов варисторов не превышает $0,1\%/^{\circ}\text{C}$.

Применение варисторов

Основная область применения варисторов – это защита схем потребителей от импульсов перенапряжения (импульсных помех и быстрых переходных процессов). Благодаря симметричной ВАХ и высокому быстродействию, варисторы имеют преимущество перед ограничительными диодами и термисторами. При параллельном подключении к защищаемому электронному устройству или схеме (рис.3), варистор при превышении заданного уровня напряжения образует низкоомный шунт, предотвращая, таким образом, дальнейший рост напряжения.

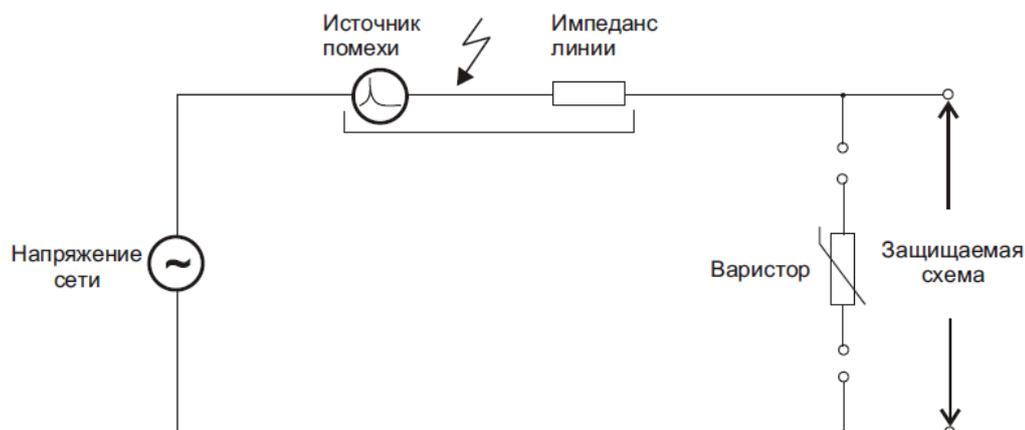


Рис.3. Схема применения варистора

Выбор конкретного варистора осуществляют по следующим параметрам цепи:

- по номинальному (рабочему) напряжению цепи определяют V_{dc} или V_{rms} (с учетом допуска сетевого напряжения, к примеру +10%);
- определяют требуемую рассеиваемую мощность P_{max} ;
- выбирают максимальное напряжение ограничения (величину перенапряжения).

Перегрев варистора, за счет протекания через него тока чрезмерной длительности, может привести к необратимым изменениям его ВАХ. Для обеспечения надежной защиты устройства, когда помеха проявляется в виде частых перепадов напряжения большой амплитуды, целесообразно применять комбинационную схему из нескольких защитных элементов (рис.4).

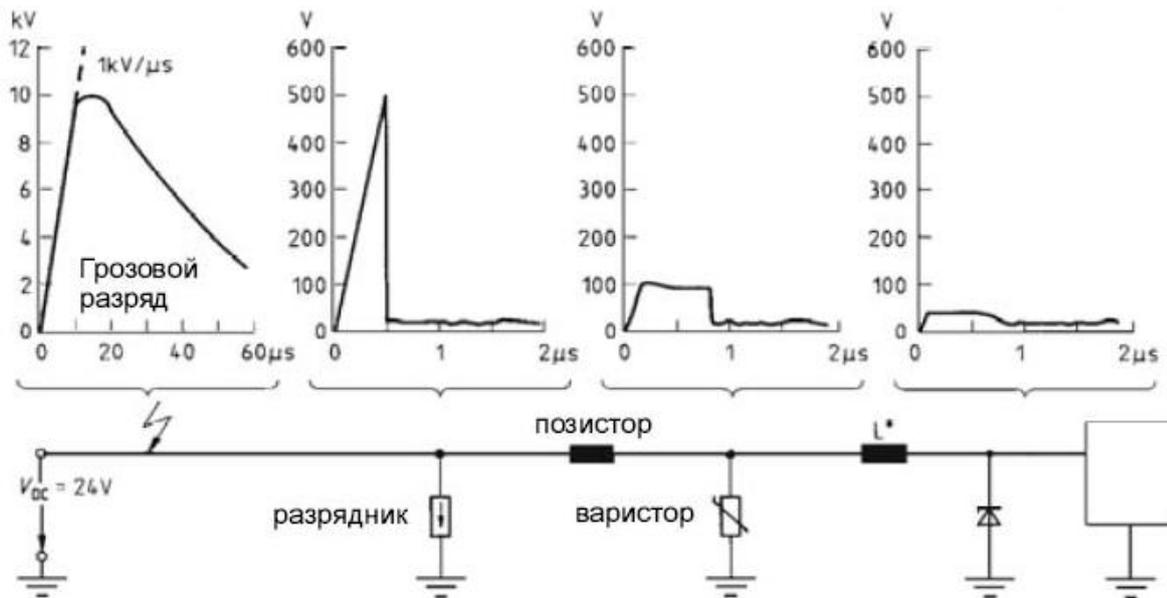


Рис.4. Комбинационная защитная схема

Некоторым недостатком варисторов является большая собственная емкость, ограничивающая возможность их применения на высоких частотах. Емкостной фактор существенен только в отсутствие тока через варистор, поскольку с увеличением приложенного напряжения емкость варистора снижается. При максимально допустимом падении напряжения на варисторе его емкость близка к нулю.

Порядок выполнения работы

1. Исследование характеристики варистора 14K180:

1.1 Подготовить источник питания к работе:

- ручки регуляторов напряжения и тока 1 и 2 канала повернуть против часовой стрелки до упора;

- кнопки «СИНХРОНИЗАЦИЯ» установить в режим «НЕЗАВИСИМО»;
 - включить источник питания (кнопка «POWER»);
 - соединить клеммы «+» и «-» 1-го канала проводником;
 - повернуть ручку «НАПРЯЖЕНИЕ» по часовой стрелке приблизительно на 90° ;
 - переключатель индикатора установить в положение «АМР»;
 - ручкой «ТОК» выставить значение 0,1 А;
 - снять проводник и вернуть переключатель индикатора в положение «VOLT»;
 - ручкой «НАПРЯЖЕНИЕ» сбросить напряжение питания в 0;
 - аналогичным методом настроить 2 канал на ток 0,1 А.
- 1.2 Собрать схему, приведенную на рис.5. Предъявить схему на проверку преподавателю.
- 1.3 Постепенно увеличивая напряжение питания варистора фиксировать протекающий ток. Данные занести в таблицу 1.
- 1.4 Ручкой «НАПРЯЖЕНИЕ» сбросить напряжение питания в 0.

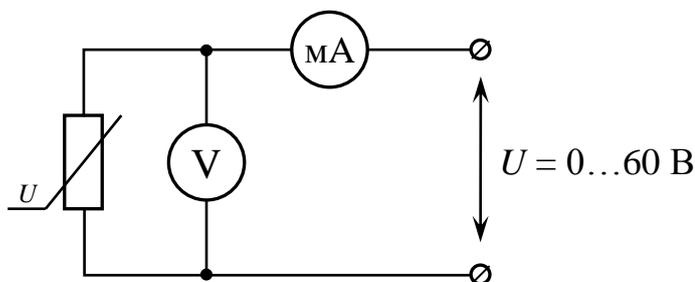


Рис.5. Схема для исследования характеристик варистора

Таблица 1. Для исследования характеристик варистора 14К180

I_1 , мА	0,1	1	2	3	5	10	15	20	25	30
U , В										
R_1 , Ом										

2. Исследование характеристики варистора 20К470:

- 2.1 Подготовить источник питания к работе:
- не изменяя настроек 1 и 2 каналов установить кнопки «СИНХРОНИЗАЦИЯ» в режим «ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО».
- 2.2 Собрать схему, приведенную на рис.5, питание взять с клемм «+» 1 канала и «-» 2 канала. Предъявить схему на проверку преподавателю.
- 2.3 Постепенно увеличивая напряжение питания варистора фиксировать протекающий ток. Данные занести в таблицу 2.
- 2.4 Ручкой «НАПРЯЖЕНИЕ» сбросить напряжение питания в 0.

Таблица 2. Для исследования характеристик варистора 20К470

I_2 , мА	0,1	1	2	3	5	10	15	20	30	40	50	60
U_2 , В												
R_2 , Ом												

3. Для каждой точки измерения рассчитать сопротивление варистора.
4. По экспериментальным данным, в одной координатной плоскости, построить ВАХ $I=f(U)$ для обоих образцов варисторов. Определить классификационное напряжение и коэффициент нелинейности на линейном участке характеристики варисторов.
5. По расчетным данным, в одной координатной плоскости, в логарифмическом масштабе, построить графики зависимости $R=f(U)$ для обоих образцов варисторов.
6. В одной координатной плоскости, в логарифмическом масштабе, построить ВАХ для обоих образцов варисторов линейно продлив их до значения тока 10^3 А. Определить коэффициент защиты варисторов.
7. Сравнить полученные результаты со справочной информацией (приложение 1).

Приложение 1