

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВАРИСТОРІВ

Мета роботи: ознайомитися з принципом роботи варисторів, навчитися на практиці визначати основні експлуатаційні параметри варисторів за експериментальними даними.

Теоретичні відомості

Варистор (англ. *vari(able) (resi)stor* – змінний резистор) – резистор, опір якого залежить від прикладеної до нього напруги. Варистор має нелінійну симетричну вольтамперну характеристику (рис. 3.1).

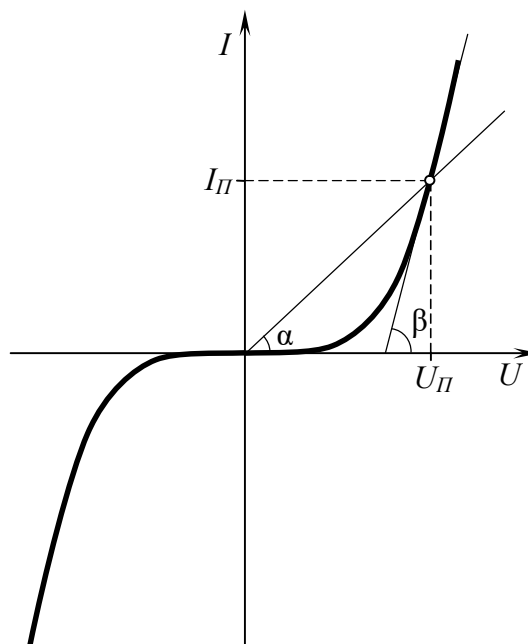


Рис. 3.1. ВАХ варистора

Виготовляють варистори спіканням напівпровідника при температурі близько 1700°C, використовують переважно порошкоподібний карбід кремнію (SiC) або оксид цинку (ZnO) і зв'язувальну речовину (глина, рідке скло, лаки, смоли та ін.). Потім поверхню отриманого елемента металізують і припаюють до неї виводи, для захисту від зовнішніх впливів елемент покривають електроізоляційним лаком.

На рис. 3.2 показано механізм провідності у варисторному елементі в спрощеному вигляді. Гранули оксиду цинку самі по собі мають високу провідність, у той час як оксиди інших металів, якими покриті гранули, мають високий опір. У місцях спікання гранул оксиду цинку утворюються «мікрочаристори» з рівнем захисту близько 3,5 В.

Нелінійність ВАХ варисторів обумовлена локальним розігрівом дотичних граней між численними кристалами напівпровідника. Опір контактних областей при цьому суттєво знижується, що приводить до зменшення загального опору варистора.

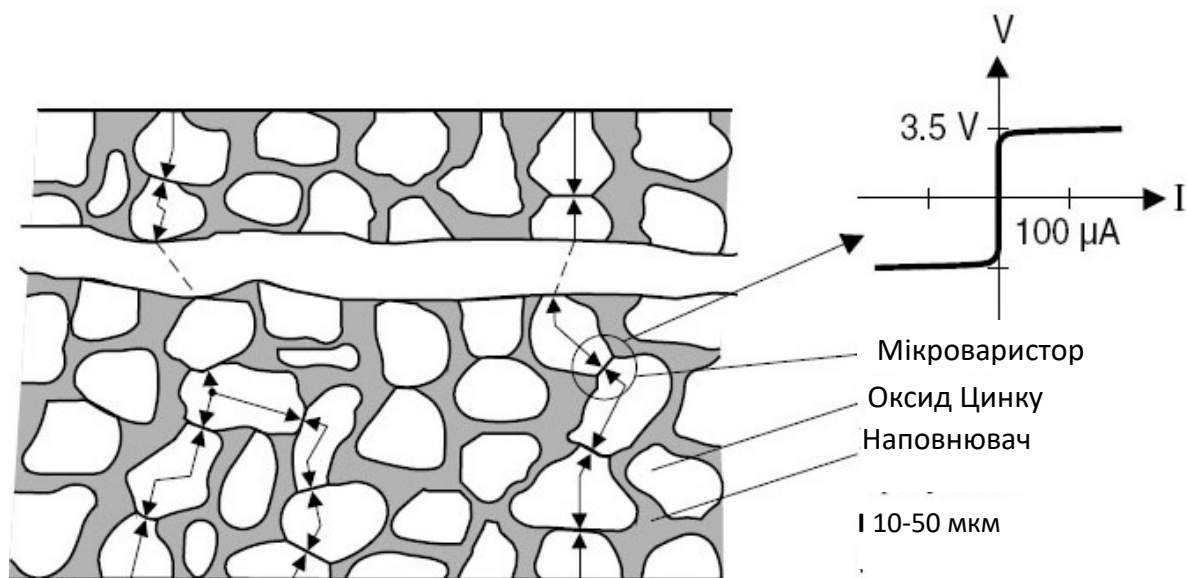


Рис. 3.2. Структура кристала варистора

Як видно з рис. 3.2 металево-оксидний варистор утворюється з безлічі мікрочаристорів, з'єднаних паралельно й послідовно. Звідси випливає, що електричні властивості варистора можна конфігурувати за допомогою фізичних розмірів варистора.

Збільшення товщини варистора у два рази дозволяє вдвічі збільшити максимальну напругу захисту через подвоєння послідовно розташованих мікрочаристорів. Збільшення площі – збільшує максимальний струм через варистор, тому що число гранул, розташованих паралельно, подвоюється. Збільшення обсягу у два рази подвоює енергію, що поглинається, тому що у два рази збільшується кількість гранул, що абсорбують енергію.

Параметри варисторів

Класифікаційна напруга, В – напруга при певному струмі (звичайно при 1 мА). Іноді приводять *коефіцієнт захисту варистора* – відношення напруги на варисторі при струмі 100 А до напруги при струмі 1 мА. Він характеризує здатність варистора обмежувати імпульси перенапруги (для варисторів на основі оксиду цинку коефіцієнт захисту становить 1,4...1,6). Таким чином, при росту напруги в 1,4...1,6 рази струм варистора зростає в 100000 раз.

Робоча напруга (Operating voltage), В (V_{dc} для постійного струму й V_{rms} – для змінного) – максимальна напруга, яка повинна бути прикладена до варистора в робочому режимі, вона може бути перевищена тільки (короткочасним) імпульсом перенапруги (діапазон від декількох В до декількох десятків кВ).

Робочий струм (Operating Current), А – діапазон від 0,1 мА до 1 А.

Максимальний імпульсний струм (Peak Surge Current), А.

Допустима потужність розсіювання (Power Dissipation), Вт – визначає кількість тепла, яке варистор встигає розсіювати, залежить від геометричних розмірів варистора й конструкції виводів.

Енергія абсорбції (поглинання) (Absorption energy), Дж – енергія, що розсіюється варистором при протіканні через нього імпульсу струму заданої амплітуди й тривалості.

Коефіцієнт нелінійності – визначається відношенням статичного опору варистора $r_{ст}$ до його динамічного опору $r_{д}$

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

Статичний і диференціальний опір для заданого режиму роботи, обумовленого положенням робочої точки, можна визначити по ВАХ нелінійного елемента (рис. 3.1).

$$\text{Статичний опір варистора} - r_{ст} = \frac{U_{п}}{I_{п}} = \frac{m_U}{m_I} \cdot \text{ctg } \alpha;$$

де m_U і m_I – масштаб вісей напруги і струму.

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

Температурні коефіцієнти (статичного опору, напруги, струму) – для всіх типів варисторів не перевищують 0,1%/°С.

Застосування варисторів

Основна область застосування варисторів – це захист схем споживачів від імпульсів перенапруги (імпульсних перешкод і швидких перехідних процесів). Завдяки симетричній ВАХ і високій швидкодії, варистори мають переваги перед обмежувальними діодами й термісторами. При паралельному підключенні до електронного пристрою, що потребує захисту або схеми (рис. 3.3), варистор при перевищенні заданого рівня напруги утворює низькоомний шунт, запобігаючи, таким чином, подальшого зросту напруги.

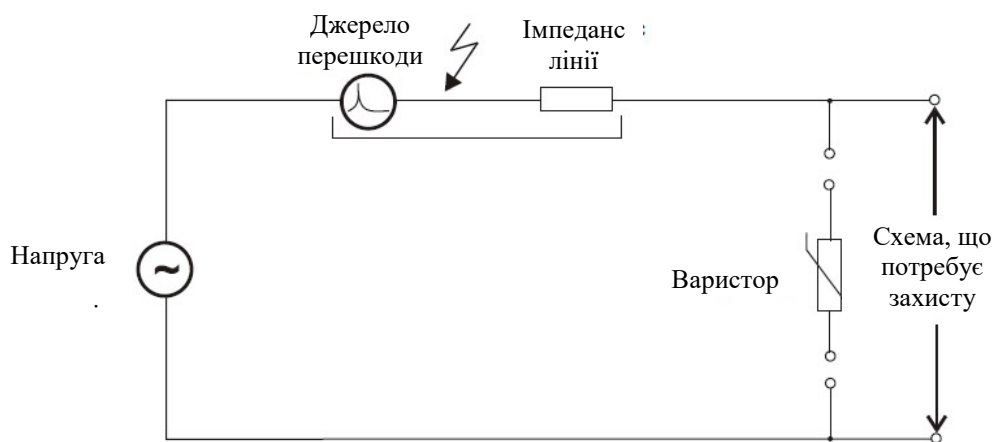


Рис. 3.3. Схема застосування варистора

Вибір конкретного варистора здійснюють за наступними параметрами кола:

- за номінальною (робочою) напругою кола визначають V_{dc} або V_{rms} (з урахуванням допуску напруги мережі, наприклад $+10\%$);
- визначають необхідну потужність, що розсіюється, P_{max} ;
- вибирають максимальну напругу обмеження (величину перенапруги).

Перегрів варистора, за рахунок протікання через нього струму надмірної тривалості, може привести до необоротних змін його ВАХ. Для забезпечення надійного захисту обладнання, коли перешкода проявляється у вигляді частих перепадів напруги великої амплітуди, доцільно застосовувати комбінаційну схему з декількох захисних елементів (рис. 3.4).

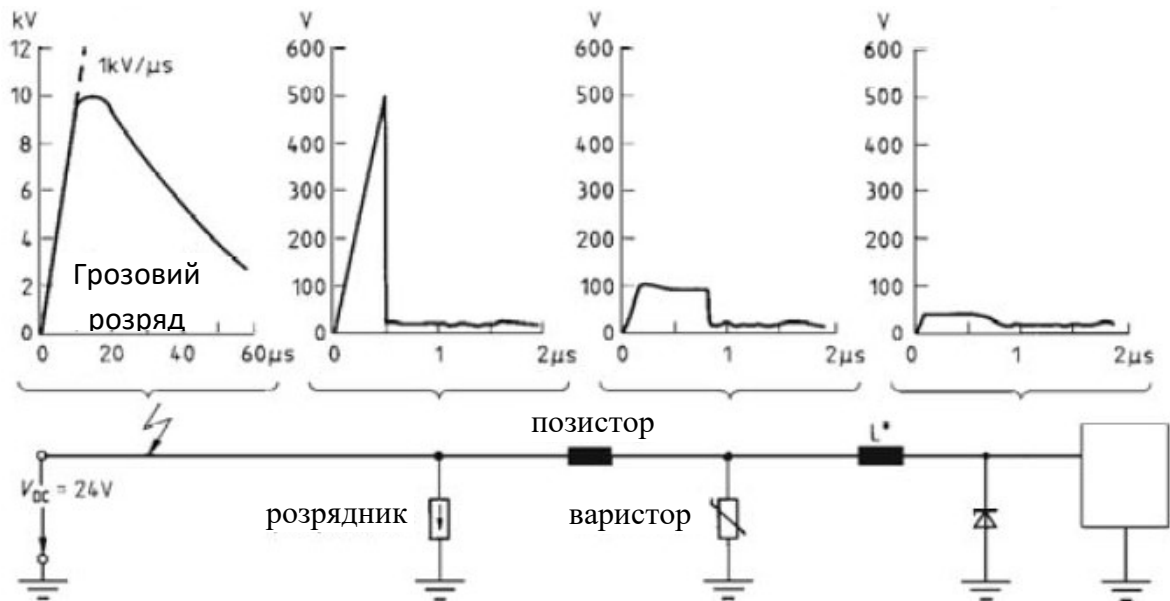


Рис. 3.4. Комбінаційна захисна схема

Деяким недоліком варисторів є велика власна ємність, що обмежує можливість їх застосування на високих частотах. Ємнісний фактор має суттєве значення тільки під час відсутності струму через варистор, оскільки зі збільшенням прикладеної напруги ємність варистора знижується. При максимально допустимому спаданні напруги на варисторі його ємність близька до нуля.

Порядок виконання роботи

1. Дослідження характеристики варистора 14K180:

1.1 Підготувати джерело живлення до роботи:

- ручки регуляторів напруги і струму 1 і 2 каналу повернути проти годинникової стрілки до упору;
- кнопки «СИНХРОНИЗАЦІЯ» встановити в режим «НЕЗАВИСИМО»;
- включити джерело живлення (кнопка «POWER»);
- з'єднати клеми «+» і «-» 1-го каналу провідником;
- повернути ручку «НАПРЯЖЕНИЕ» за годинниковою стрілкою приблизно на 90° ;
- перемикач індикатору встановити в положення «АМР»;

- ручкою «ТОК» виставити значення 0,1 А;
- зняти провідник і повернути перемикач індикатору в положення «VOLT»;
- ручкою «НАПРЯЖЕНИЕ» скинути напругу живлення до 0;
- аналогічним методом налаштувати 2 канал на струм 0,1 А.

1.2 Зібрати схему, яку наведено на рис. 3.5. Пред'явити схему на перевірку викладачеві.

1.3 Поступово збільшуючи напругу живлення варистора фіксувати струм, що протікає. Дані занести в таблицю 3.1.

1.4 Ручкою «НАПРЯЖЕНИЕ» скинути напругу живлення до 0.

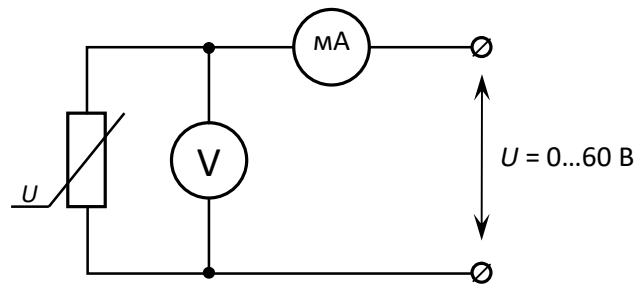


Рис. 3.5. Схема для дослідження характеристик варистора

Таблиця 3.1. Для дослідження характеристик варистора 14К180

$I_1, \text{мА}$	0,1	1	2	3	5	10	15	20	25	30
$U, \text{В}$										
$R_1, \text{Ом}$										

2. Дослідження характеристики варистора 20К470:

2.1 Підготувати джерело живлення до роботи:

- не змінюючи налаштувань 1 і 2 каналів встановити кнопки «СИНХРОНИЗАЦІЯ» у режим «ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО».

2.2 Зібрати схему, яку наведено на рис.3.5, убрати живлення з клем «+» 1 каналу й «-» 2 каналу. Пред'явити схему на перевірку викладачеві.

2.3 Поступово збільшуючи напругу живлення варистора фіксувати струм, що протікає. Дані занести в таблицю 3.2.

2.4 Ручкою «НАПРЯЖЕНИЕ» скинути напругу живлення до 0.

Таблиця 3.2. Для дослідження характеристик варистора 20К470

$I_2, \text{мА}$	0,1	1	2	3	5	10	15	20	30	40	50	60
$U_2, \text{В}$												
$R_2, \text{Ом}$												

3. Для кожної точки виміру розрахувати опір варистора.

4. За експериментальними даними, в одній координатній площині, побудувати ВАХ $I = f(U)$ для обох зразків варисторів. Визначити класифікаційну напругу й коефіцієнт нелінійності на лінійній ділянці характеристики варисторів.

5. За розрахунковими даними, в одній координатній площині, у логарифмічному масштабі, побудувати графіки залежності $R=f(U)$ для обох зразків варисторів.

6. В одній координатній площині, у логарифмічному масштабі, побудувати ВАХ для обох зразків варисторів лінійно продовживши їх до значення струму 10^3 А. Визначити коефіцієнт захисту варисторів.

7. Порівняти отримані результати з довідковою інформацією.