

## 25-26 Нелинейные электрические цепи постоянного тока (начало)

Общие сведения о нелинейных элементах и цепях. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов.

Нелинейные электрические цепи являются одной из разновидностей электрических цепей. Под нелинейными электрическими цепями понимают электрические цепи, содержащие хотя бы один нелинейный элемент. Нелинейный элемент – это элемент, вольт-амперная характеристика которого нелинейная. Зависимость тока, проходящего через нелинейный элемент, от напряжения на этом элементе принято называть *вольт-амперной характеристикой (ВАХ)*. У нелинейного элемента (это может быть резистор, катушка индуктивности, конденсатор) его параметры (соответственно сопротивление, индуктивность, емкость) изменяются в зависимости от величины приложенного напряжения или протекающего по нему тока. Соответственно это нелинейные вольт-амперные, вебер-амперные и кулон-вольтные характеристики.

Нелинейные элементы, в отличие от линейных, не могут быть описаны при помощи линейных уравнений (постоянных коэффициентов). Их характеризуют нелинейные уравнения, коэффициенты которых являются нелинейными функциями одной или нескольких переменных. Электрическое сопротивление линейного элемента является постоянной величиной, поэтому связь между током и напряжением на нем выражается линейным уравнением, и ВАХ линейного элемента есть прямая линия. Электрическое сопротивление нелинейного элемента зависит от значений или от направлений токов и напряжений на нем, и поэтому ВАХ нелинейного элемента выглядит в виде кривой.

Цепи, содержащие нелинейные элементы (нелинейные цепи), обладают рядом свойств, которые отсутствуют у линейных цепей. Эти свойства позволяют создать основанные на них автоматические системы управления и регулирования, устройства для преобразования электромагнитной энергии, передачи информации, вы-

числительные машины и др. На нелинейных эффектах основаны выпрямление, инвертирование и стабилизация напряжения, умножение и деление частоты, усиление мощности, получение модулированных колебаний различной формы, релейный эффект, запоминание сигналов и другие явления.

Электрические нелинейные цепи разделяют на цепи постоянного и переменного тока. При подключении цепи с любым нелинейным элементом к синусоидальному напряжению ток будет изменяться по периодическому, но несинусоидальному закону.

## 17.2. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Вольт-амперные характеристики нелинейных резисторов

В цепях постоянного тока в установившихся режимах индуктивные элементы не оказывают сопротивления, а емкостные элементы представляют собой сопротивление, равное бесконечности, и не пропускают постоянный ток. Поэтому в нелинейных электрических цепях постоянного тока рассматривают только резистивные элементы, которые описывают нелинейными вольт-амперными характеристиками. Нелинейность ВАХ различных резистивных элементов могут определять такие факторы, как температура, напряжение, ток и другие, а также скорость их изменения. Примеры ВАХ некоторых нелинейных резистивных элементов приведены на рисунке 17.1.

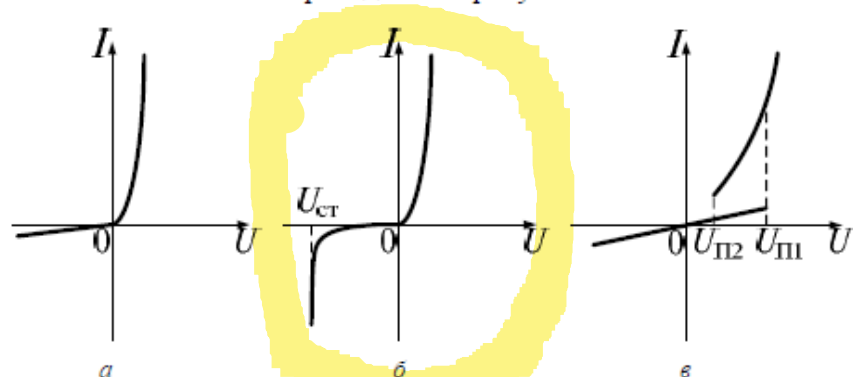


Рис. 17.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов:  
а – диода; б – стабилятора; в – династора

*Полупроводниковый диод* обладает малым сопротивлением в проводящем направлении и большим сопротивлением при обратной полярности приложенного напряжения. Его вольт-амперная характеристика несимметрична, и в том и в другом направлениях нелинейна (рис. 17.1, а).

*Стабилитрон* – полупроводниковый диод с уменьшенной шириной  $p$ - $n$ -перехода. В прямом направлении его вольт-амперная характеристика (рис. 17.1, б) подобна характеристике диода. В обратном направлении при напряжении источника, равном напряжению стабилизации  $U_{ст}$ , наступает пробой перехода. После пробоя ток возрастает, но напряжение на стабилитроне остается практически постоянным. На этом свойстве стабилитрона основано построение схем стабилизаторов напряжения на постоянном токе.

*Динистор* – полупроводниковый прибор с релейным характером изменения сопротивления в прямом направлении (рис. 17.1, в). При одной полярности приложенного напряжения и монотонном возрастании этого напряжения от нуля ВАХ динистора до напряжения пробоя  $U_{п1}$  подобна характеристике полупроводникового диода в непроводящем направлении. При напряжении  $U_{п1}$  наступает пробой переходов динистора, сопротивление его резко уменьшается и вольт-амперная характеристика подобна характеристике диода в проводящем направлении. С уменьшением напряжения этой же полярности сопротивление динистора при пороговом напряжении  $U_{п2}$  вновь резко возрастает, и его вольт-амперная характеристика возвращается на прямолинейный участок (см. рис. 17.1, в). При другой полярности приложенного напряжения ВАХ динистора аналогична ВАХ полупроводникового диода в непроводящем направлении.

Примеры графических и буквенных обозначений некоторых нелинейных резисторов в электрических схемах приведены на рисунке 17.2.

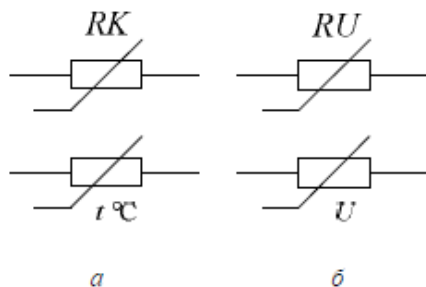


Рис. 17.2. Варианты (вверху или внизу) графического и буквенного обозначений нелинейных резисторов, сопротивление которых зависит от температуры (а), от напряжения (б)

При решении электротехнических задач по расчету нелинейных электрических цепей принципиально не важна причина нелинейности ВАХ резистивных элементов. Поэтому применяют их буквенное обозначение в схемах в виде, показанном на рисунке 17.3. При этом вместо буквенных обозначений  $R_1$ ,  $R_2$  допускается обозначать нелинейные резисторы НС1, НС2 (нелинейное сопротивление) или НЭ1, НЭ2 (нелинейный элемент).

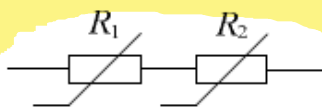


Рис. 17.3. Графическое и буквенное обозначение нелинейных резисторов

Нелинейные резисторы постоянного тока подразделяют на две группы: неуправляемые и управляемые. Управляемые нелинейные резисторы (транзисторы, тиристоры, трехэлектродные электронные лампы и т. п.), в отличие от неуправляемых (лампы накаливания, бареттеры, тиритовые сопротивления, полупроводниковые выпрямительные диоды и др.), имеют, как правило, вспомогательные или управляющие цепи, воздействуя на ток или напряжение которых можно изменять ВАХ основной цепи.