

## АМПЛИТУДНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ

### 1.1. Основные сведения об амплитудных ограничителях

Амплитудные ограничители используются для ограничения амплитуды импульсов, селекции импульсов по амплитуде, фиксации уровня сигналов и для решения других подобных задач.

#### *Диодные амплитудные ограничители*

Основным элементом диодных ограничителей является полупроводниковый диод, который может находиться в открытом или закрытом состоянии в зависимости от уровней напряжений на его аноде и катоде. С целью упрощения анализа работы различных схем диодных ограничителей предположим, что прямое и обратное сопротивления диода постоянны по величине. При анализе работы схемы в связи с нелинейными свойствами диода необходимо учитывать интервалы открытого или закрытого состояния диода. Диод будет открыт, если напряжение на аноде больше, чем на катоде, и закрыт при напряжении на аноде меньше, чем на катоде. Переход диода из одного состояния в другое будет происходить в моменты времени, когда эти напряжения становятся равными. Для упрощения анализа допустим, что прямое сопротивление диода мало по сравнению с другими сопротивлениями схемы, его можно принять равным нулю, а обратное сопротивление диода велико, поэтому можно считать, что  $R_{\text{обр}} \rightarrow \infty$ . Прямое и обратное сопротивления диода можно не учитывать в расчетах. Допустим также, что внутреннее сопротивление источника сигнала мало, его можно приближенно считать равным нулю. Рассмотрим примеры анализа работы некоторых схем диодных ограничителей.

#### **Пример 1**

Рассмотрим схему последовательного диодного ограничителя снизу с отрицательным порогом ограничения (рис. 1.1). Временные диаграммы входного и выходного напряжений ограничителя изображены на рис. 1.2.

Построение диаграммы выходного напряжения производится в следующей последовательности.

На диаграмме входного напряжения отметим точки, соответствующие границам интервалов открытого и закрытого состояния диода. Очевидно, что на интервале 1–2 диод будет открыт, так как напряжение на аноде будет выше, чем на катоде. Поэтому на интервале 1–2 выходное напряжение повторяет форму входного напряжения, а напряжение смещения не будет влиять на выходное, ввиду нулевого внутреннего сопротивления источника сигнала. На интервале 2–3 диод закрыт, так как напряжение на аноде будет ниже, чем на катоде, поэтому входное напряжение не может пройти на выход и выходное напряжение будет равно напряжению смещения  $E$ .

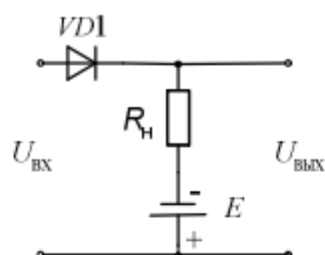


Рис. 1.1. Последовательный диодный ограничитель снизу с отрицательным порогом ограничения

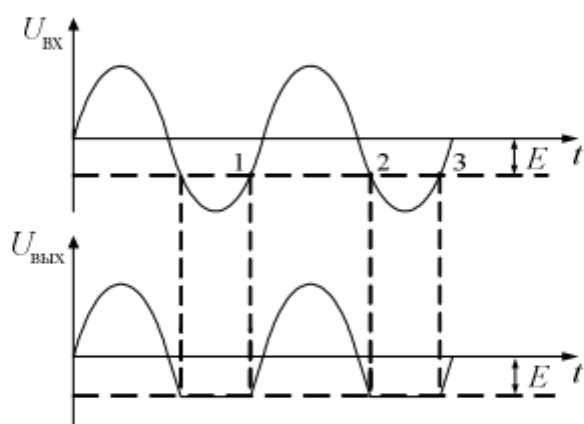


Рис. 1.2. Временные диаграммы работы последовательного ограничителя снизу с отрицательным порогом ограничения

### Пример 2

Схема параллельного диодного ограничителя с положительным порогом ограничения сверху изображена на рис. 1.3. Временные диаграммы работы ограничителя показаны на рис. 1.4.

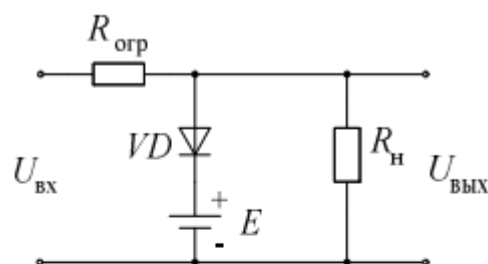


Рис. 1.3. Параллельный диодный ограничитель с положительным порогом ограничения сверху

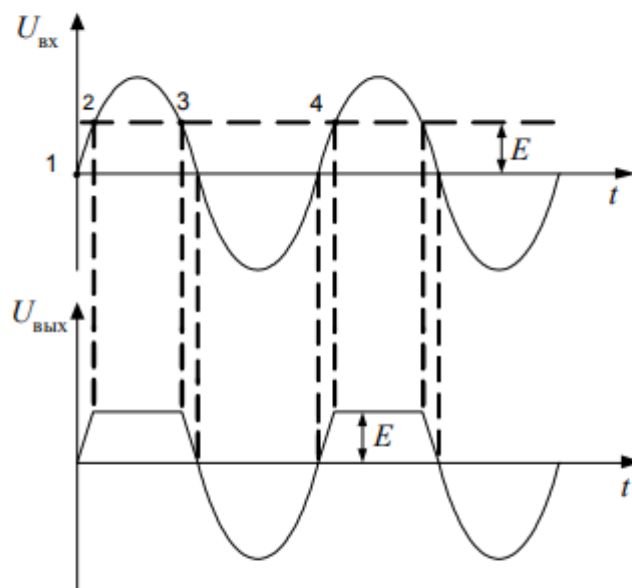


Рис. 1.4. Временная диаграмма процессов в параллельном диодном ограничителе с положительным порогом ограничения сверху

На интервале 1–2 величина входного напряжения меньше, чем напряжение смещения  $E$ , диод закрыт, и на выход поступает входное напряжение. На интервале 2–3 величина напряжения на аноде диода становится больше напряжения смещения, диод открывается, и выходное напряжение поддерживается на уровне напряжения смещения. Входное напряжения при этом на выход не проходит, так как сопротивление  $R_{огр}$  выбирается значительно больше, чем прямое сопротивление диода и внутреннее сопротивление источника смещения. На интервале 3–4 диод снова переходит в закрытое состояние, так как на этом интервале входное напряжение меньше, чем напряжение смещения, а выходное напряжение повторяет форму входного напряжения. Далее процесс повторяется.

Аналогично вышерассмотренным примерам следует проводить анализ работы и других схем диодных ограничителей. В рассмотренных случаях было принято допущение об идеальных выпрямительных свойствах полупроводниковых диодов. Если учитывать реальные прямое и обратное сопротивления диодов, то анализ значительно усложняется, но исходные принципы те же самые.

#### *Амплитудные ограничители на кремниевых стабилитронах*

Во многих случаях удобно использовать в схемах амплитудных ограничителей стабилитроны. Вольтамперная характеристика стабилитрона изображена на рис. 1.5. Для ограничения используется участок А–В на обратной ветви ВАХ стабилитрона, соответствующий явлению лавинного (электрического) пробоя. На этом участке напряжение на стабилитроне практически остается постоянным и равным напряжению стабилизации  $U_{ст}$ . Величина  $U_{ст}$  задается в паспортных данных для конкретного типа стабилитрона. При схемной реализации амплитудных ограничителей на стабилитронах следует учитывать также и напряжение на стабилитроне при его прямом включении, которое можно принимать равным 1 В.

Преимущество амплитудных ограничителей на кремниевых стабилитронах заключается в том, что не требуется использование в схемах источников смещения, а недостаток – в том, что уровни ограничения фиксированы по величине и определяются типом стабилитрона.

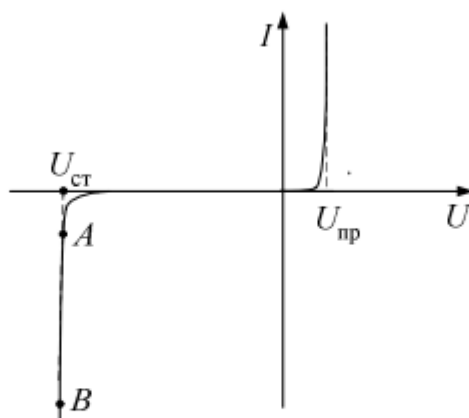


Рис. 1.5. Вольтамперная характеристика кремниевого стабилитрона

Рассмотрим работу некоторых схем ограничителей на стабилитронах. На рис. 1.6 приведена схема параллельного ограничителя сверху с положительным порогом ограничения, а на рис. 1.7 временная диаграмма его работы.

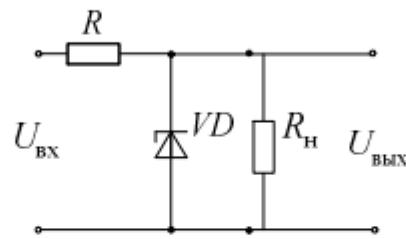


Рис. 1.6. Параллельный ограничитель сверху с положительным порогом на стабилитроне

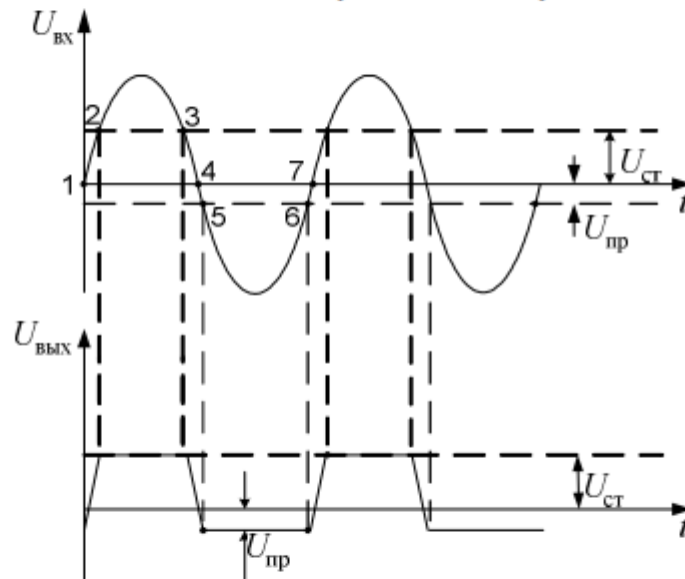


Рис. 1.7. Временная диаграмма входного и выходного напряжения амплитудного ограничителя, выполненного по схеме, приведенной на рис. 1.6

При поступлении положительной полуволны входного напряжения (интервал 1–4) стабилитрон включается в обратном направлении и находится в закрытом состоянии на участке 1–2. В точке 2 входное напряжение достигает напряжения стабилизации, рабочая точка стабилитрона выходит на участок пробоя, и выходное напряжение на интервале времени 2–3 будет равно напряжению стабилизации  $U_{ст}$ . В точке 3 стабилитрон выходит из режима пробоя, поэтому выходное напряжение будет повторять форму входного. При поступ-

лении отрицательной полуволны входного напряжения (интервал 4–7) стабилитрон включается в прямом направлении.

В промежуток времени 4–5 стабилитрон закрыт, так как входное напряжение меньше порогового, равного прямому напряжению  $U_{пр}$ , поэтому выходное напряжение повторяет форму входного напряжения. На участке 5–6 входное напряжение превысит пороговый уровень, рабочая точка выходит на крутой участок прямой ветви вольтамперной характеристики, следовательно, выходное напряжение практически будет равно величине  $U_{пр}$ , т. е. около 1 В. Наконец, на интервале 6–7 стабилитрон снова закрыт, и выходное напряжение повторяет форму входного напряжения. Уровни напряжений на рис. 1.9 примерно соответствуют стабилитрону КС133, для которого напряжение стабилизации составляет около 3,3 В.

На рис. 1.8 приведена схема ограничителя, в которой стабилитрон включен последовательно по отношению к источнику сигнала. Временная диаграмма работы такого ограничителя изображена на рис. 1.9.

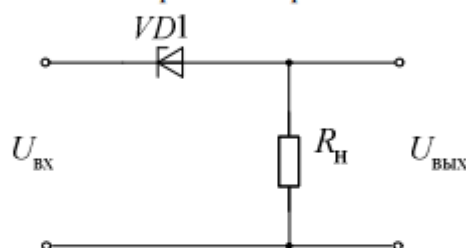


Рис. 1.8. Последовательный ограничитель на стабилитроне

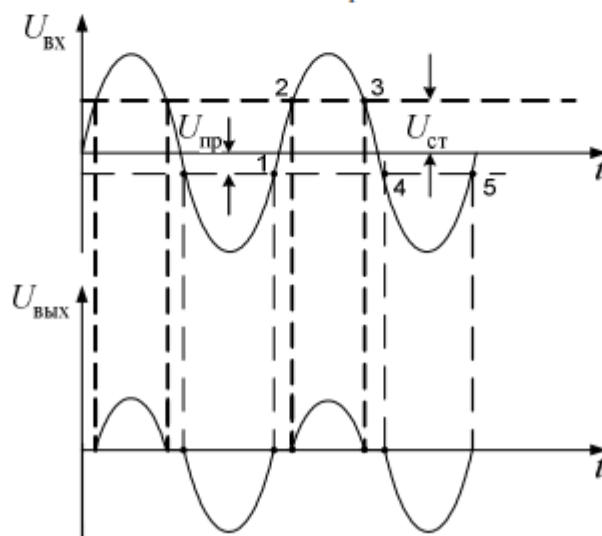


Рис. 1.9. Временная диаграмма работы ограничителя, изображенного на рис. 1.8

Ограничитель работает следующим образом. При поступлении положительной полуволны входного напряжения стабилитрон закрыт до тех пор, пока напряжение на входе не достигнет величины напряжения стабилизации (интервал 1–2). При дальнейшем нарастании входного напряжения стабилитрон пробивается, и на выход поступает вершина положительной полуволны (интервал 2–3). На интервале времени 3–4 стабилитрон закрыт. Когда поступает отрицательная полуволна входного напряжения, диод откроется при величине напряжения, равной  $U_{пр}$ , так как для отрицательной полуволны стабилитрон включен в прямом направлении. Амплитуда отрицательного напряжения на интервале 4–5 будет равна разности амплитуды входного напряжения и прямого напряжения стабилитрона.

Часто на практике применяют последовательное согласное или встречное соединение нескольких стабилитронов. В таких случаях анализ работы схем ограничителей должен учитывать суммарное напряжение, при котором цепочка из стабилитронов будет переходить из закрытого состояния в открытое или наоборот, а в остальном анализ не отличается от методики, рассмотренной выше.