

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.А. Насонов

Последовательный диодный ограничитель амплитуды

*Учебно-методическое пособие
по курсу «Физическая электроника»
для студентов направления
«Физико-математическое образование»,
профиль «Физика»*

ВОРОНЕЖ
ВГПУ
2009

УДК 53(045)
ББК 22.2
НЗ1

Издано по решению
учебно-методического совета ВГПУ.
Протокол № 6 от 16.04.09 г.

Рецензент

доцент кафедры общей физики *В.С. Еремин* (ВГПУ)

Насонов А.А.

НЗ1 Последовательный диодный ограничитель амплитуды : учебно-методическое пособие по курсу «Физическая электроника» для студентов направления «Физико-математическое образование», профиль «Физика» / А.А. Насонов. – Воронеж : ВГПУ, 2009. – 10 с.

Учебно-методическое пособие знакомит с теоретическими основами принципа действия ограничителей амплитуды, способствует его изучению с помощью измерительных приборов.

УДК 53(045)
ББК 22.2

© Насонов А.А., 2009
© Редакционно-издательское оформление.
Воронежский госпедуниверситет, 2009

Цель работы: ознакомиться с теоретическими основами принципа действия ограничителей амплитуды и их качественное изучение с помощью измерительных приборов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Ограничители амплитуды-устройства, напряжение на выходе которых $U_{\text{вых}}$ пропорционально входному напряжению $U_{\text{вх}}$ до тех пор, пока последнее не достигает некоторого уровня, называемого **порогом ограничения**, после этого $U_{\text{вых}}$ остаётся постоянным, несмотря на изменение $U_{\text{вх}}$.

Чтобы пропорциональность между $U_{\text{вых}}$ и $U_{\text{вх}}$ имела место только на некотором участке, характеристика ограничителя $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ обязательно должна быть нелинейной. Поэтому необходимой деталью ограничителя является нелинейный элемент - обычно полупроводниковый диод.

На рис. 1 показаны амплитудные характеристики ограничителей с разными порогами ограничения. Напряжение на выходе ограничителя с характеристикой, изображённой на рис. 1а, следует за входным напряжением, пока последнее не превысит уровня $V_{\text{огр}}$. Дальнейшее увеличение $U_{\text{вх}}$ не вызывает изменений $U_{\text{вых}}$. Такой вид ограничения называется **ограничением по максимуму или ограничением сверху**.

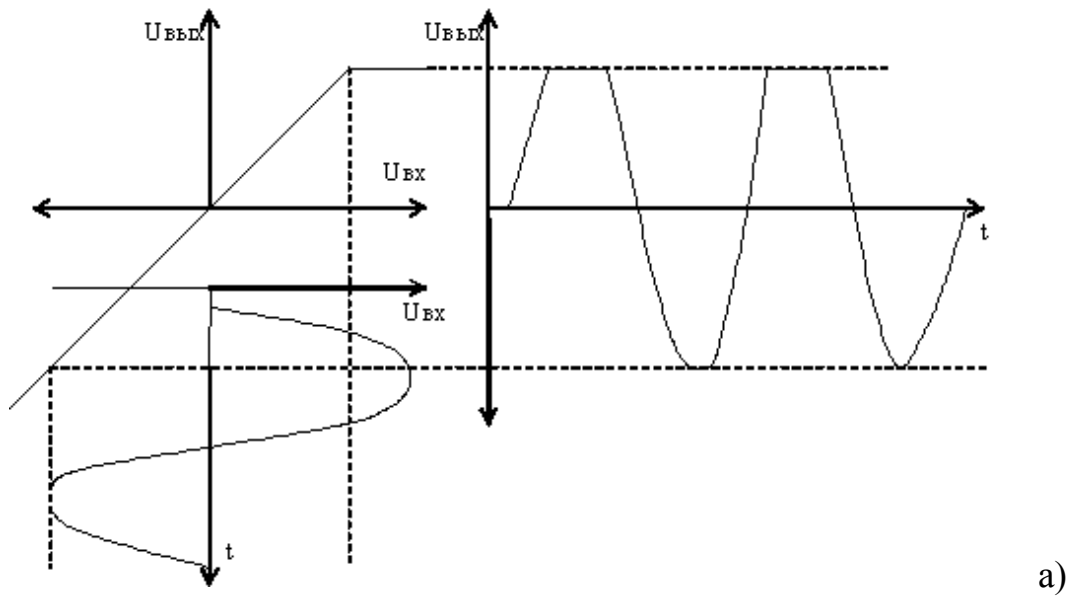
На рис. 1б и 1в показаны характеристики, обеспечивающие соответственно **ограничению по минимуму (снизу) и двустороннему с уровнями ограничения $V_{\text{огр1}}$ и $V_{\text{огр2}}$** .

Часто ограничители используются для формирования трапецеидальных импульсов из синусоидального напряжения при двустороннем ограничении (рис. 1 в). Чем больше амплитуда V_m и частота f синусоидального напряжения, тем круче нарастает синусоида – тем меньше длительность фронтов t_f выходных импульсов.

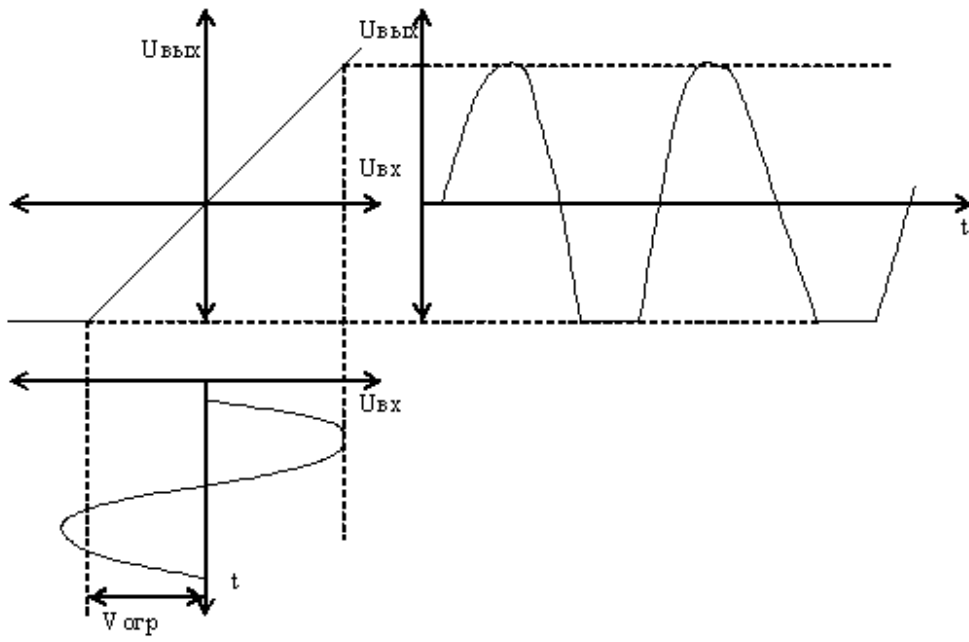
Она дополнительно уменьшается с уменьшением порога ограничения $V_{\text{огр}}$. Величину t_f обусловленную только тем, что импульс формируется из синусоиды можно определить (рис. 2).

При изучении диодных ограничителей следует исходить из того, что практически диод проводит ток, когда потенциал его анода выше потенциала катода. Работу диодных ограничителей будем рассматривать при воздействии на вход синусоидального напряжения.

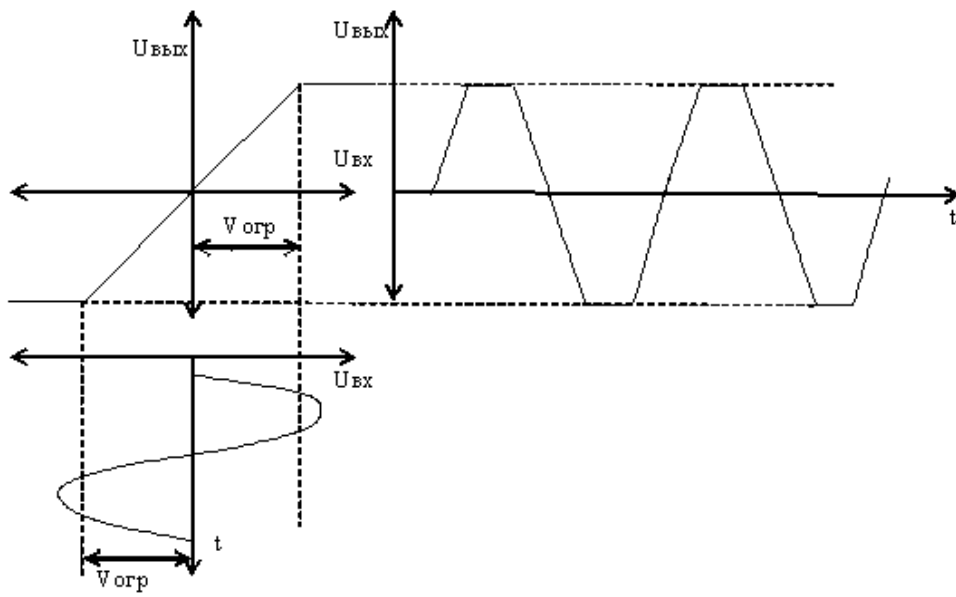
В зависимости от способа соединения нагрузки и диода различают последовательные и параллельные диодные ограничители.



a)



б)



в)

Рисунок 1

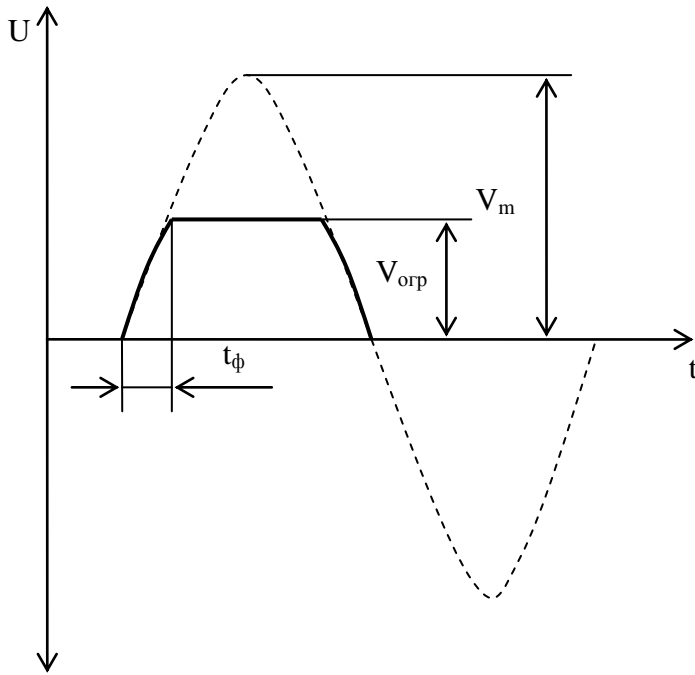


Рисунок 2

Она дополнительно уменьшается с уменьшением порога ограничения $V_{огр}$. Величину $t_{ф}$ обусловленную только тем, что импульс формируется из синусоиды можно определить (рис. 2).

При изучении диодных ограничителей следует исходить из того, что практически диод проводит ток, когда потенциал его анода выше потенциала катода. Работу диодных ограничителей будем рассматривать при воздействии на вход синусоидального напряжения.

В зависимости от способа соединения нагрузки и диода различают последовательные и параллельные диодные ограничители.

Ограничитель с нулевым порогом ограничения

Схема такого ограничителя приведена на рис. 3а. Из неё следует, что входное напряжение $U_{вх}$ распределяется между диодом VD_1 и резистором R_n . От соотношения их сопротивлений зависит, какая часть $U_{вх}$ выделяется на выходе.

Сопротивление диода в прямом (пропускном) направлении ($R_{пр}$) много меньше сопротивления резистора нагрузки (R_n). Поэтому положительная полуволна напряжения $U_{вх}^+$ практически полностью выделяется на выходе.

Сопротивление диода в обратном (непропускном) направлении $R_{обр}$ много больше R_n . Поэтому отрицательная полуволна $U_{вх}^-$ практически полностью выделяется на диоде и $U_{вых} \approx 0$.

Из сказанного следует, что диодный ограничитель можно рассматривать как устройство с переменным коэффициентом передачи ($K_{пер}$) входного напряжения на выход. Пока $U_{вх}$ не достигает порога ограничения, т.е. $U_{вых} \approx U_{вх}$. После достижения порога ограничения, т.е. $U_{вых} \approx 0$.

На рисунке 3 изображены кривые напряжений $U_{вх}$ и $U_{вых}$, иллюстрирующие работу ограничителя (рис. 3 а). Сопротивление $R_{пр}$ имеет небольшое значение ($R_{пр} \ll R_n$), но не равно нулю; поэтому незначительная часть $U_{вх}^+$ всё-таки выделяется на диоде и $U_{вых}^+$ несколько меньше $U_{вх}^+$. Неравенство $R_{обр} \gg R_n$ является более сильным; поэтому при действии $U_{вх}^-$ напряжение $U_{вых}$ на рис. 3 б показано равным нулю.

Ограничение сверху с нулевым порогом можно получить, изменив направление включения диода (рис. 3 в, г).

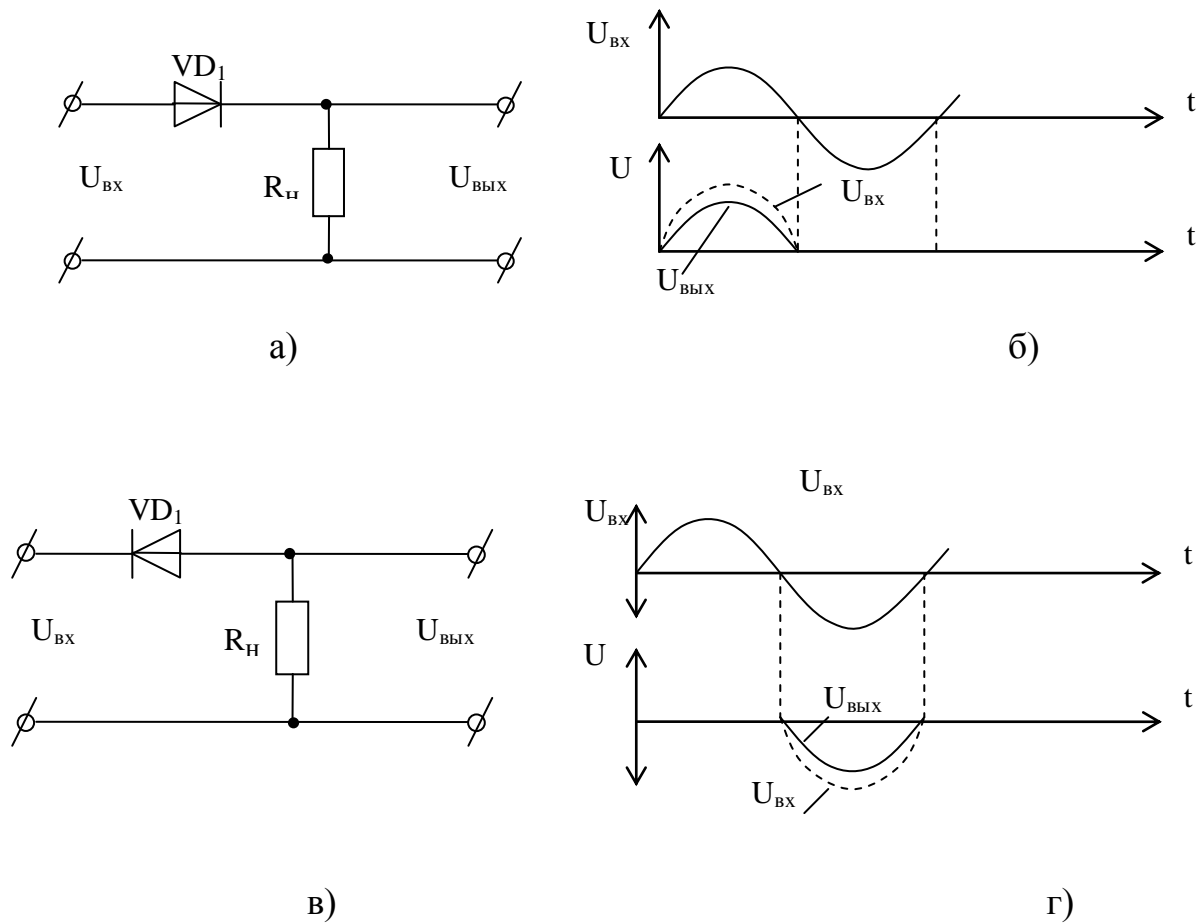


Рисунок 3

Ограничитель с ненулевым порогом ограничения

Для получения порога ограничения, отличного от нуля, последовательно с нагрузкой включают источник постоянного напряжения E (рис. 4).

В схеме, изображённой на рис. 4а при отсутствии входного сигнала источник E так, что сообщает катоду диода VD_1 отрицательный потенциал, анод диода через источник входного напряжения соединяется с положительным зажимом E , так что диод смещается в прямом направлении. В результате до поступления входного напряжения диод открыт и через резистор $R_н$ протекает ток, создавая на нём напряжение с полярностью, указанной на рисунке.

Если пренебречь сопротивлением источника и по-прежнему считать $R_н \gg R_{пр}$, то основным сопротивлением в цепи будет $R_н$, поэтому до момента действия $U_{ВХ}$ напряжение $U_{RH} \approx E$ и $U_{ВЫХ} = U_{RH} - E \approx 0$.

Положительная полуволна $U_{ВХ}$ действует согласно E и почти целиком ($R_н \gg R_{огр}$) выделяется на резисторе $R_н$. Поэтому $U_{RH} = E + U_{ВХ}$ и $U_{ВЫХ} = U_{RH} - E = U_{ВХ}$, т.е. выходное напряжение, начиная нарастать от нуля, повторяет все изменения входного напряжения.

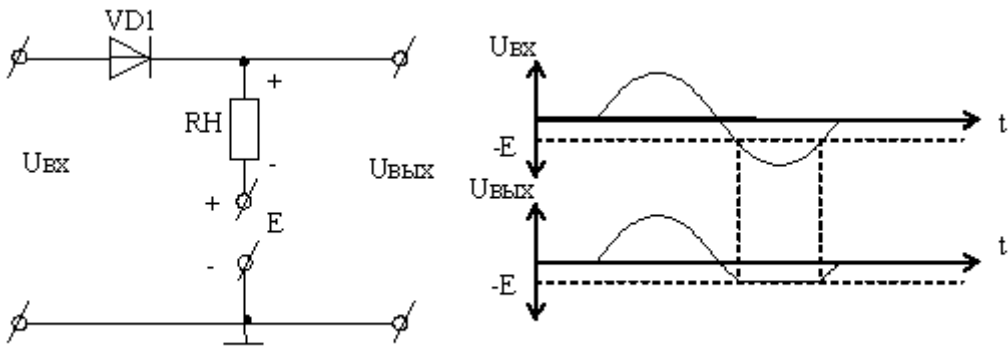
При действии отрицательной полуволны $U_{ВХ}$ источники E и $U_{ВХ}$ оказываются включёнными встречно, так что результирующее напряжение в цепи $U = E - U_{ВХ}$

Пока напряжение $E - U_{\text{вх}}$ положительное, диод смещён в прямом направлении, он проводит ток и напряжение на выходе равно входному.

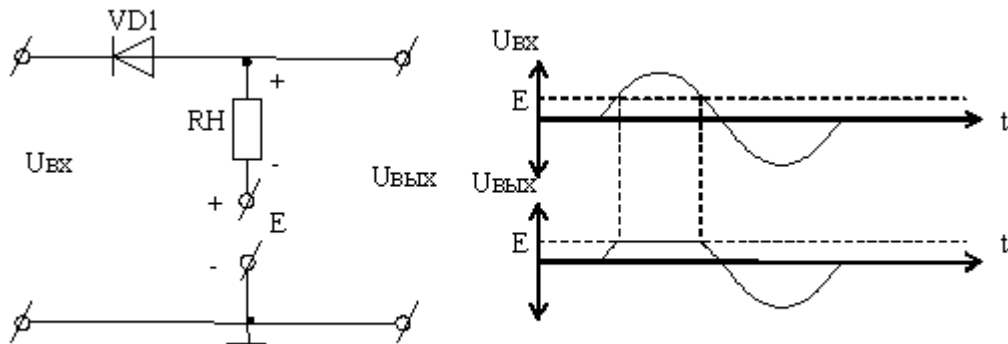
В некоторый момент напряжение нарастающей отрицательной полуволны $U_{\text{вх}}$ достигает значения равного E . При этом диод запирается и дальнейшее увеличение $U_{\text{вх}}$ не влияет на выходное напряжение.

Сказанное иллюстрируется кривыми (рис.4а). На них предельные значения потенциала катода (ниже которого он не может быть) $U_{\text{пр}} = -E$. Поэтому как только потенциал анода $U_{\text{вх}}$ окажется ниже $U_{\text{пр}}$, диод заперётся и на выходе установится напряжение $U_{\text{вых}} = -E$. Таким образом, рассмотренная схема обеспечивает ограничение снизу с отрицательным порогом $V_{\text{огр}} = -E$.

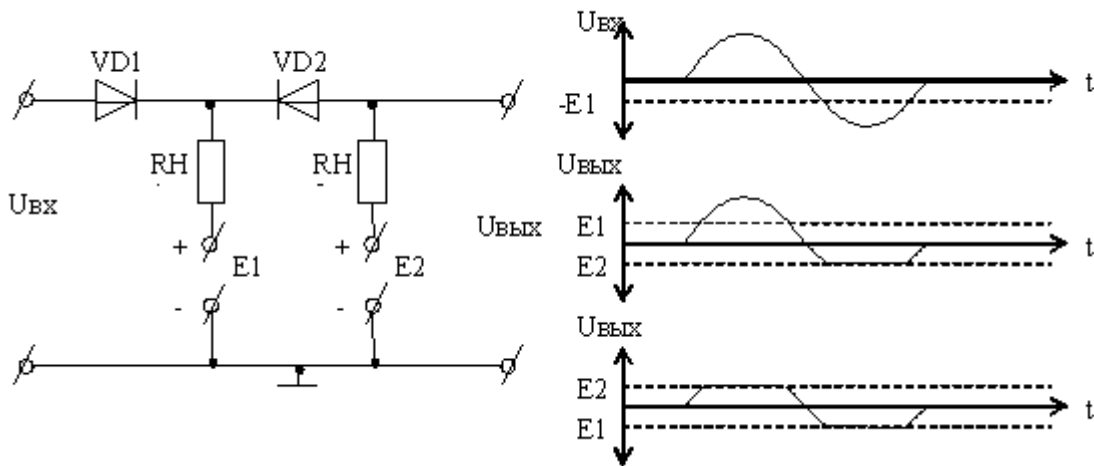
Если в схеме (рис. 4 а) изменить полярность источника E и направление включения диода, то получается схема, приведённая на рис. 4 б. Как и в предыдущей схеме, здесь до момента действия $U_{\text{вх}}$ напряжение на выходе равно нулю. Предельное значение потенциала анода (после запираения диода), выше которого оно не может быть, в этом случае составляет $U_{\text{пр}} = E$.



а)



б)



в)

Рисунок 4

Имея в виду, что потенциал катода равен $U_{вх}$, легко прийти к выводу, что входное напряжение, превышающее $U_{пр}$, на выход передаваться не будет (см. кривые рис. 4 б).

Рассмотрение других соотношений полярности источника E и направления включения диода несложно.

Комбинируя ограничения сверху и снизу (рис. 4 а, б), можно получить двусторонний ограничитель (рис. 4 в), который используется для формирования из синусоидального напряжения трапецеидальных импульсов. Диод VD_1 пропускает положительную полуволну входного напряжения, но ограничивает отрицательную полуволну на уровне E_1 , подобно схеме рис.4, а. Диод VD_2 пропускает с нагрузки $R_{Н1}$ на выход схемы отрицательную полуволну и ограничивает на уровне E_2 положительную полуволну (подобно схеме рис. 4 б).

Временные диаграммы на рис. 4 соответствуют идеальному диоду $R_{пр} = 0$, $R_{обр} = \infty$.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Последовательный ограничитель с нулевым порогом ограничения

1. Включить звуковой генератор ГЗ-33, осциллограф С1-73 и дать им прогреться в течение 10 минут.
2. Собрать схему по рис.3а.
3. На генераторе установить параметры: $R_{вых} = 600 \text{ Ом}$, $f = 1 \text{ кГц}$, $U_{вых} = 10 \text{ В}$ и выводы подключить к клеммам схемы $U_{вх}$. Включить внутреннюю нагрузку.
4. Подключить выводы осциллографа к клеммам $U_{вых}$ схемы.
5. Выводы «общего провода» (\perp) обоих приборов должны быть включены вместе.
6. Получить на экране устойчивое изображение не менее двух полупериодов $U_{вых}$ и зарисовать в тетрадь.

7. Измерить значения амплитуд $U_{вх.}$ и $U_{вых.}$ с помощью осциллографа и записать их значения.

Примечание: вольтметр генератора измеряет не амплитудное, а действующее значение напряжения, которое меньше в 1,4 раза ($U_a = \sqrt{2} U_d$).

8. Поменять местами выводы диода и сделать аналогичные измерения (Рис. 3 в), так же сделать рисунки с осциллографа.

Последовательный ограничитель с ненулевым порогом ограничения

1. Собрать схему по рис. 4 а .

2. Установить регулятор напряжения E в нулевое положение (против часовой стрелки до упора).

3. Подать сигнал с генератора на вход схемы и на осциллографе получить устойчивое изображение.

4. Плавно увеличивая напряжение E , наблюдать за изменением ограничения амплитуды.

5. Зарисовать ограниченный сигнал.

6. Поменять выводы диода местами и полярность источника E . (рис. 4 б)

7. Сделать аналогичные наблюдения и рисунок.

8. Собрать схему по рис. 4 в.

9. Изменяя напряжения E_1 и E_2 произвольно, наблюдать за формой ограниченного сигнала.

10. Зарисовать два разных (произвольно) вида ограниченного сигнала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение ограничителей амплитуды сигнала?

2. Что такое порог ограничения сигнала?

3. Как осуществляется ограничение «сверху» и «снизу»?

4. Какие факторы влияют на величину t_{ϕ} ?

5. Принцип действия ограничителя последовательного типа с нулевым порогом.

6. Принцип действия ограничителя последовательного типа с ненулевым порогом.

7. Применение ограничителей амплитуды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гершензон Е.М. Радиотехника / Е.М. Гершензон, Г.Д. Полянина, Н.В. Соина. – М.: Просвещение, 1986.

2. Степаненко И.П.. Основы микроэлектроники / И.П. Степаненко. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004.

3. Харченко В.М. Основы автоматики и электронно-вычислительной техники / В.М. Харченко. – М.: Просвещение, 1991.

Учебное издание

НАСОНОВ Алексей Альбертович

Последовательный диодный ограничитель амплитуды
*Учебно-методическое пособие по курсу «Физическая электроника»
для студентов направления «Физико-математическое образование»,
профиль «Физика»*

Изготовление оригинала-макета: *Ю.С. Топоркова*

Подписано в печать 30.10.2009. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печать трафаретная. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 0,6. Уч.-изд. л. 0,6.
Заказ 299. Тираж 15 экз.

Воронежский государственный университет.
Отпечатано в Воронежском государственном университете.
394043, г. Воронеж, ул. Ленина, 86.