

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. академика С. П. КОРОЛЕВА

ДИОДНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ИМПУЛЬСОВ

Методические указания к лабораторной работе

САМАРА 1994

Составитель А. С. Капустин

УДК 621.374.2(075.8)

Диодные ограничители импульсов: Метод. указания к лаб. работе /Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. А.С. Капустин. Самара, 1994. 22 с.

Приводятся краткие теоретические сведения о построении различных схем диодных ограничителей. Указаны особенности этих схем. Дано описание экспериментальной установки для исследования работы схем диодных ограничителей, приведена методика проведения экспериментов, требования к отчету и контрольные вопросы для самоподготовки.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение физических основ, схемных решений и характеристик диодных ограничителей импульсов.

ВНИМАНИЮ СТУДЕНТОВ!

1. До выполнения лабораторных работ каждый студент должен во вне-аудиторное время изучить теоретические основы диодных ограничителей импульсов.

2. Каждый студент перед выполнением работ должен сдать зачет по теоретической части предстоящих экспериментов.

3. Приступать к выполнению работы студент должен только с разрешения преподавателя.

4. По окончании экспериментов студент должен представить результаты для проверки преподавателю и только после утверждения результатов работы выключить установку, аппаратуру и привести рабочее место в порядок.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Амплитудным ограничителем называют устройство, предназначенное для ограничения амплитуды или изменения формы сигнала. Различают ограничители по максимуму (ограничитель сверху) –

$$U_{\text{вых}} = E_0 = \text{const} \quad \text{при} \quad U_{\text{вх}}(t) > E_0 ,$$

$$U_{\text{вых}} = k U_{\text{вх}}(t) \quad \text{при} \quad U_{\text{вх}}(t) < E_0 ;$$

ограничители по минимуму (ограничитель снизу) -

$$U_{\text{вых}} = k U_{\text{вх}}(t) \quad \text{при } U_{\text{вх}}(t) > E_0,$$

$$U_{\text{вых}} = E_0 = \text{const} \quad \text{при } U_{\text{вх}}(t) < E_0,$$

и двухсторонние ограничители, имеющие два порога ограничения -

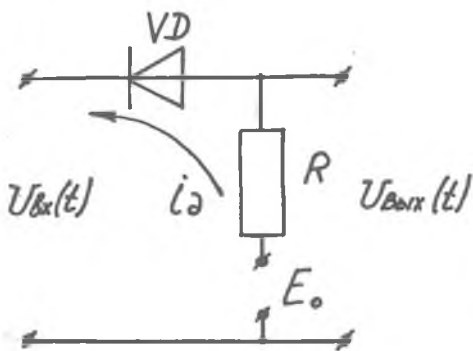
$$U_{\text{вых}} = E_{01} = \text{const} \quad \text{при } U_{\text{вх}}(t) < E_{01},$$

$$U_{\text{вых}} = E_{02} = \text{const} \quad \text{при } U_{\text{вх}}(t) > E_{02},$$

$$U_{\text{вых}} = k U_{\text{вх}}(t) \quad \text{при } E_{01} < U_{\text{вх}}(t) < E_{02},$$

где E_0 , E_{01} , E_{02} - порог ограничения, k - коэффициент пропорциональности.

Ограничители применяют для формирования импульсов с постоянной амплитудой, выравнивания вершины импульсов, получивших какие-либо искажения при передаче через импульсные цепи, и получения напряжения, по форме близкого к прямоугольному из синусоидального напряжения. Ограничители могут входить как составная часть в более сложные схемы, например, селекторы импульсов. В зависимости от способа включения диода ограничители делятся на последовательные, параллельные, параллельно-последовательные и операционные.



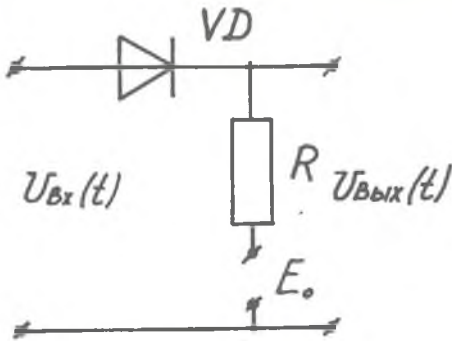
Р и с. 1. Последовательный ограничитель сверху

На рис. 1 и 2 представлены последовательные ограничители по максимуму и по минимуму (рис. 2). В этих схемах диод VD включен между источником входных сигналов $U_{\text{вх}}(t)$ и нагрузкой R , т.е. соединен последовательно с нагрузкой.

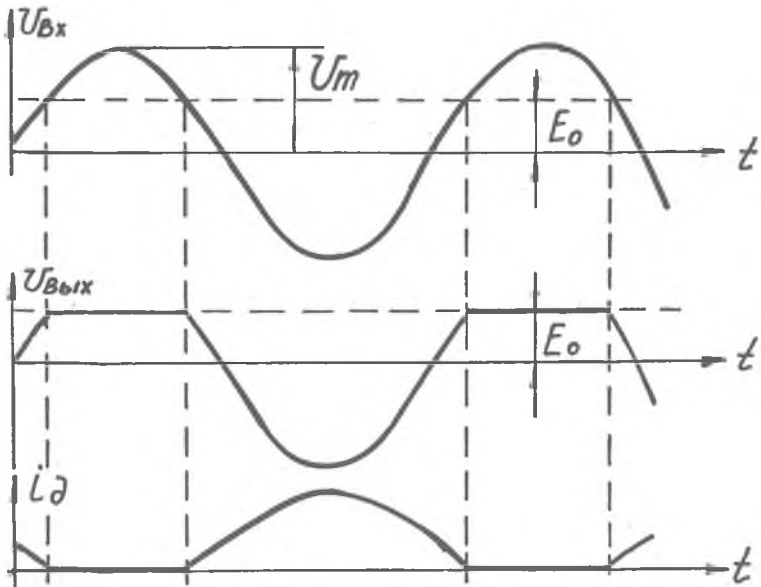
При подаче входного сигнала, например, синусоидального $U_{\text{вх}}(t) = U_m \sin \Omega t$ (рис. 3) на вход схемы (рис. 1), когда E_0 положительно и $U_{\text{вх}}(t) < E$, диод VD открыт, напряжение на нем близко к нулю. Через нагрузку R про-

текает ток и напряжение на ней определяется (без учета падения напряжения на открытом диоде) входным напряжением, т.е. $U_{\text{Вых}}(t) \approx U_{\text{Вх}}(t)$. При достижении входным напряжением амплитуды, большей E_0 , когда

$U_{\text{Вых}}(t) \geq E_0$, диод закрывается, ток через нагрузку и диод не протекает, и напряжение на выходе схемы определяется E_0 , т.е. $U_{\text{Вых}}(t) = E_0$. Произошло ограничение входного напряжения "сверху". Аналогично работает и схема ограничения "снизу" (рис. 2)

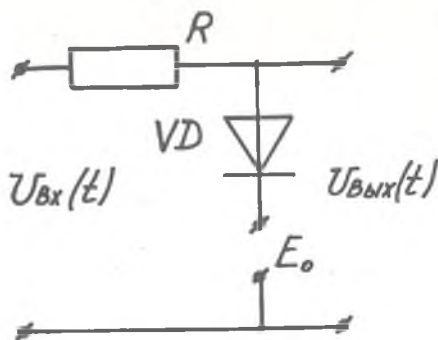


Р и с. 2. Последовательный ограничитель снизу

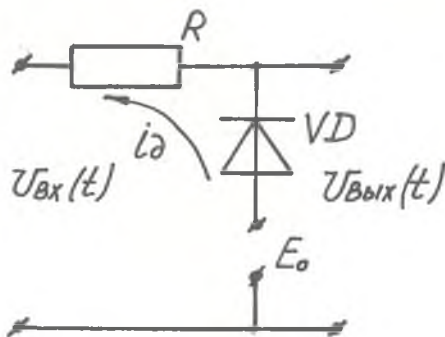


Р и с. 3. Эпюры токов и напряжений в последовательном ограничителе сверху

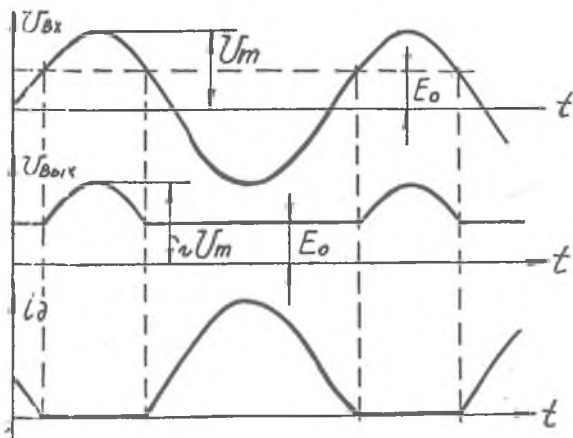
На рис. 4 и 5 представлены параллельные ограничители по максимуму и по минимуму (рис. 5). В этих схемах диод VD включен параллельно нагрузке, подключаемой к выходным клеммам схемы. Если на вход схемы (рис. 5) подать синусоидальный сигнал $U_{Bx}(t) = U_m \sin \Omega t$ (рис. 6), то при $U_{Bx}(t) < E_0$ диод VD открыт и через него и ограничивающий резистор R_0 протекает ток. При достижении на входе значений $U_{Bx}(t) \geq E_0$ диод закрывается, и напряжение на выходе определяется делителем, образованным резисторами R_0 и R_H (на схеме не показано), т.е.

$$U_{Bых}(t) = U_{Bx}(t) R_H / (R_0 + R_H) .$$


Р и с. 4. Параллельный ограничитель сверху

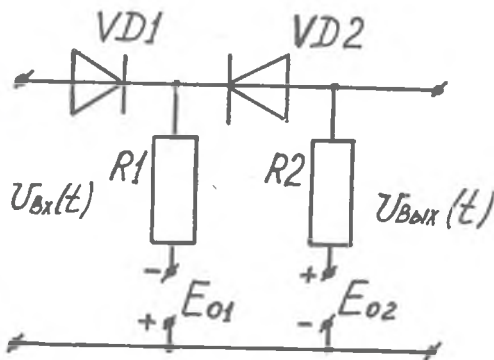


Р и с. 5. Параллельный ограничитель снизу



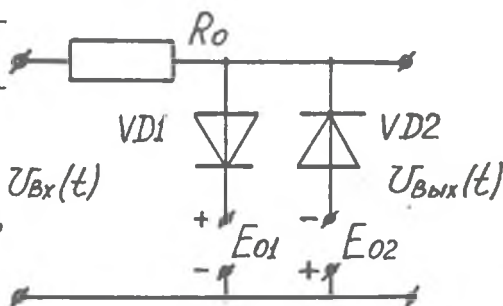
Р и с. 6. Эпюры напряжений и токов параллельного ограничителя снизу

Двухсторонние диодные ограничители могут быть построены по схеме последовательных ограничителей (рис. 7), параллельных ограничителей (рис. 8), а также по схеме последовательно-параллельных ограничителей (рис. 9). В этих схемах E_{O1} и E_{O2} - уровни ограничения соответственно "сверху" и "снизу". В параллельном двухстороннем ограничителе сопротивление R_o является балластным одновременно для ограничителей как "сверху", так и "снизу".



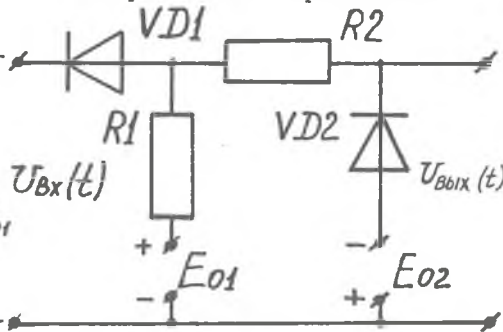
Р и с. 7. Двухсторонний последовательный ограничитель

Работу двухстороннего ограничителя рассмотрим для схемы комбинированного последовательно-параллельного ограничителя (рис. 9).



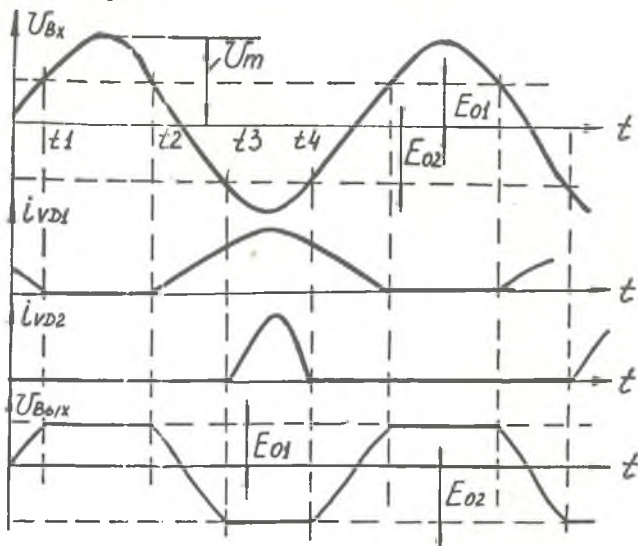
Р и с. 8. Двухсторонний параллельный ограничитель

В исходном состоянии, когда входной сигнал $U_{Bx}(t) = 0$ и включены источники E_{O1} и E_{O2} , диод $VD1$ открыт, падение напряжения на нем равно нулю, а диод $VD2$ закрыт. Напряжение на выходе схемы определяется делителем напряжения, образованным резистором $R2$ и сопротивлением нагрузки (на схеме не показано). В данном случае при $R_H \gg R2$ $U_{Bвых}(t) \approx 0$. При увеличении напряжения на входе выходное напряжение повторяет входное (рис. 10), а при $U_{Bx} = E_{O1}$ в момент времени t_1 $VD1$ закрывается, напряжение на выходе фиксируется и остается равным $U_{Bвых} = E_{O1}$. В момент времени $t = t_2$ $VD1$ вновь начинает пропускать ток, и напряжение на

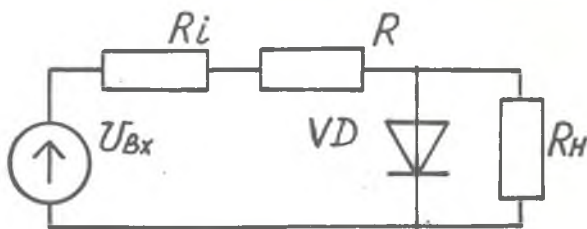


Р и с. 9. Двухсторонний последовательно-параллельный ограничитель

выходе при $U_{Bx} < E_{01}$ вновь повторяет входное напряжение. В момент времени $t = t_3$, когда напряжение на входе U_{Bx} станет равным E_{02} , открывается диод $VD2$, выходное напряжение фиксируется на уровне E_{02} и остается постоянным до тех пор, пока $|U_{Bx}| > |E_{02}|$, т.е. в интервале времени от t_3 до t_4 . В момент времени $t = t_4$ $VD2$ вновь закрывается и выходное напряжение повторяет входное. Далее процесс повторяется.



Р и с. 10. Эпюры токов и напряжений двухстороннего последовательно-параллельного ограничителя



Р и с. 11. Параллельный ограничитель с учетом R_i и R_H

Статические характеристики диодных ограничителей позволяют оценить влияние параметров ключевых элементов, нагрузки и внутреннего сопротивления источника сигнала на точность работы ограничителя, определяемую стабильностью передаточной характеристики. Определим статические

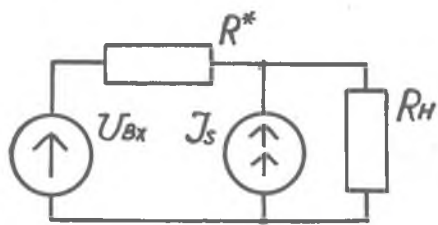
параметры параллельного ограничителя (рис. 11), в схеме которого учтено внутреннее сопротивление генератора импульсов R_i и сопротивление нагрузки R_H . Используя кусочно-линейную аппроксимацию ВАХ диода, ограничитель можно представить эквивалентными схемами в режиме пропускания (рис. 12) и в режиме ограничения (рис. 13), где $R^* = R_i + R$, I_S - обратный ток диода в запертом состоянии, e_0 - напряжение смещения на диоде в открытом состоянии, r_{np} - прямое сопротивление диода в открытом состоянии. В режиме ограничения выходное напряжение определяется в основном падением напряжения на открытом диоде:

$$U_{\text{Вых } 1} = e_0 + \frac{U_{\text{Вх}} \frac{R_H}{R_H + R^*} - e_0}{r_{np} + \frac{R_H R^*}{R_H + R^*}} \quad r_{np}$$

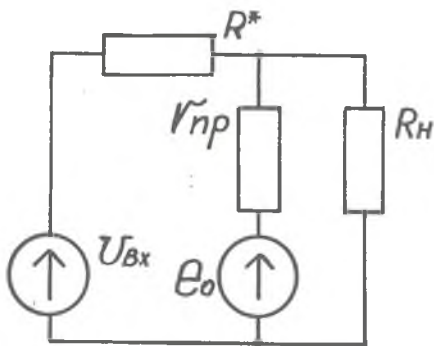
при $R_H \gg R_i + R = R^*$ и $r_{np} \ll R$, $U_{\text{Вх}} \approx e_0$.

В режиме пропускания выходное напряжение определяется как

$$U_{\text{Вых } 2} = U_{\text{Вх}} \frac{R_H}{R^* + R_H} + I_S \frac{R_H R^*}{R_H + R^*} = (U_{\text{Вх}} + I_S R^*) \frac{R_H}{R_H + R^*}$$

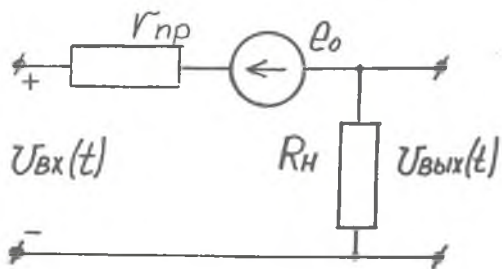


Р и с. 12. Эквивалентная схема ограничителя в режиме пропускания

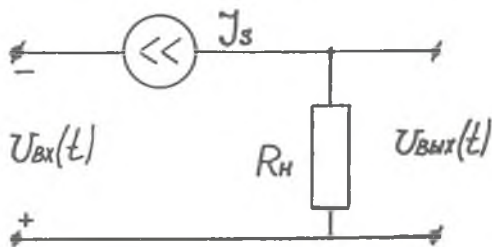


Р и с. 13. Эквивалентная схема ограничителя в режиме ограничения

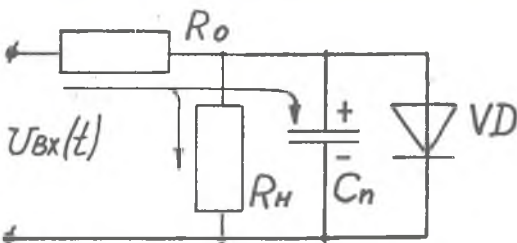
Таким образом, при учете параметров диода и источника сигнала видно, что по сравнению с идеальным ограничителем уровни выходного сигнала сдвинулись в режиме пропускания на величину $I_S R^*$, а в режиме ограничения — на e_0 .



Р и с. 14. Эквивалентная схема последовательного ограничителя снизу в режиме пропускания



Р и с. 15. Эквивалентная схема последовательного ограничителя снизу в режиме ограничения



Р и с. 16. Эквивалентная схема параллельного ограничителя с учетом паразитных емкостей

Статические параметры последовательного диодного ограничителя (см. рис. 2) определяются по эквивалентным схемам в режиме пропускания (рис. 14) и в режиме ограничения (рис. 15). Уровень входного сигнала в режиме пропускания определяется как

$$U_{Вых} = (U_{Вх} - e_0) \frac{R_H}{R_H + r_{np}}$$

Если $r_{np} \ll R_H$, то $U_{Вых} = U_{Вх} - e_0 \approx U_{Вх}$. В режиме ограничения выходной сигнал равен $U_{Вых} = -I_S R_H$. Таким образом, в реальных условиях при конечных значениях r_{np} , e_0 , I_S оба уровня стали ниже: в первом случае на e_0 ; во втором — на $I_S R_H$.

Статические выходные сигналы двухсторонних ограничителей в зависимости от схемы построения определяются уровнями параллельного или последовательного ограничителей.

Динамические характеристики определяются, в основном, переходными процессами в схемах, которые зависят от величины барьерных емкостей диодов, и наличием емкостей нагрузки.

Для параллельного диодного ограничителя барьерная емкость диода и емкость нагрузки включаются параллельно и образуют общую паразитную емкость $C_n = C_d + C_H$ (рис. 16).

Переходные процессы в параллельном диодном ограничителе рассмотрим при воздействии на его вход напряжения прямоугольной формы типа "меандр".

При воздействии отрицательной полуволны напряжение на выходе определяется выражением

$$U_{\text{вых}}^- = -U_{\text{вх}} \frac{R_H}{R_0 + R_H} \approx -U_{\text{вх}}.$$

При изменении входного сигнала скачком с $-U_{\text{вх}}$ до $+U_{\text{вх}}$ напряжение на емкости, а значит, и на выходе, не может измениться скачком. Емкость

C_n начинает перезаряжаться по цепи от источника сигнала через резистор R_0 и емкость C_n на корпус (рис. 16). При этом диод остается закрытым, т.к. на него действует отрицательное напряжение заряженной в предыдущем полупериоде емкости. Передний фронт формируется с постоянной времени

$$\tau_{\phi} = C_n \frac{R_H R_0}{R_H + R_0}.$$

Емкость C_n перезаряжается, и напряжение на ней стремится к уровню

$$+U'_{\text{вх}} = +U_{\text{вх}} \frac{R_H}{R_H + R_0} \approx +U_{\text{вх}}.$$

Как только уровень напряжения на емкости превысит нулевой уровень, диод открывается, и выходное напряжение зафиксировано $U_{\text{вых}}^+ = e_0$. Учитывая, что $+U_{\text{вх}} \approx U_{\text{вх}}$, $+U_{\text{вх}} \gg e_0$, получим (рис. 17)

$$t_{\phi} = \tau_{\phi} \ln 2 \approx 0,7 C_n R_0.$$

Формирование среза импульса начинается тогда, когда входной сигнал меняет свою полярность с положительной на отрицательную. Емкость

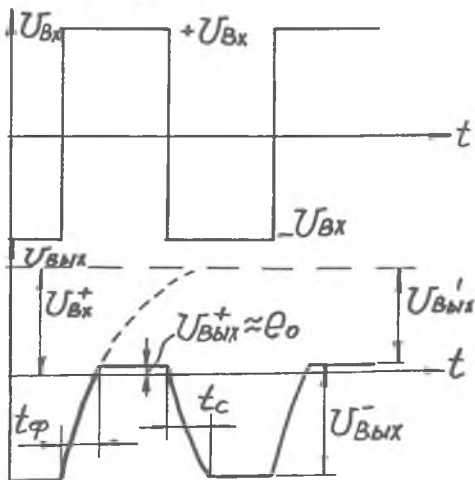
C_n в начале процесса заряжена до напряжения $+e_0$ очень малой величины, т.е. $U_C = e_0 \approx 0$. При воздействии отрицательного сигнала диод быстро запирается, и начинается заряд емкости C_n , который стремится к статическому уровню

$$U_{\text{вых}}^- = -(U_{\text{вх}} - I_S R_0) \frac{R_H}{R_H + R_0} \approx -U_{\text{вх}},$$

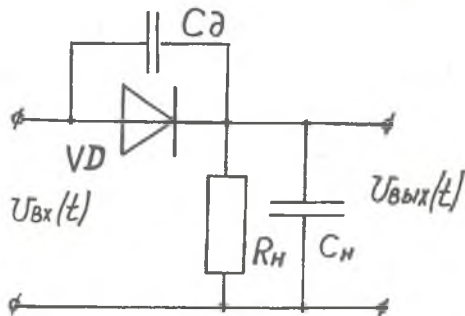
т.е. с постоянной времени

$$\tau_c = C_n \frac{R_0 R_H}{R_0 + R_H} \approx C_n R_0.$$

Формирование среза заканчивается через $t_c \approx (3-5) \tau_c$, т.е. длительность среза t_c больше, чем длительность фронта (в данном случае $t_c \approx 4,3 t_\phi$).



Р и с. 17. Эпюры напряжений параллельного ограничителя с учетом паразитных емкостей



Р и с. 18. Эквивалентная схема последовательного ограничителя с учетом паразитных емкостей

Для последовательного диодного ограничителя динамические характеристики определяются переходными процессами, определяемыми паразитной емкостью и емкостью нагрузки C_H , а также барьерной емкостью диода C_δ (рис. 18).

Оценка длительности фронта и среза импульса на выходе ограничителя будет производиться при воздействии на входе биполярного напряжения типа "меандр" (рис. 19). Пусть на входе действует отрицательная полуволна меандрового напряжения. На выходе ограничителя устанавливается уровень напряжения $U_{Вых}^- = I_S R_H$, близкий к нулю. Емкость C_H заряжена до этого напряжения. Напряжение на входе скачком изменяет полярность и становится равным $+U_{Вх}$. Диод VD имеет конечное время установления и в первый момент не проводит ток. В этих условиях новое значение напряжения входного сигнала $+U_{Вх}$ воздействует на емкостный делитель $C_\delta C_H$. Начинается быстрое перераспределение напряжений на этих емкостях, приводящее к начальному скачку выходного напряжения

$$\Delta_H = U_{Вх} \frac{C_\delta}{C_\delta + C_H}.$$

После этого по второму закону Кирхгофа входное напряжение будет равно сумме напряжений на емкостях C_a и C_H :

$$+ U_{вх} = U_{Ca} + U_{CH}, \quad \text{где } U_{CH} = \Delta_H; \quad U_{Ca} = U_{вх} - \Delta_H.$$

Положительное напряжение U_{Ca} быстро включает диод, его сопротивление становится равным $r_{пр}$. При этом паразитная емкость C_n становится равной сумме емкостей $C_a + C_H$ и начинает заряжаться от напряжения

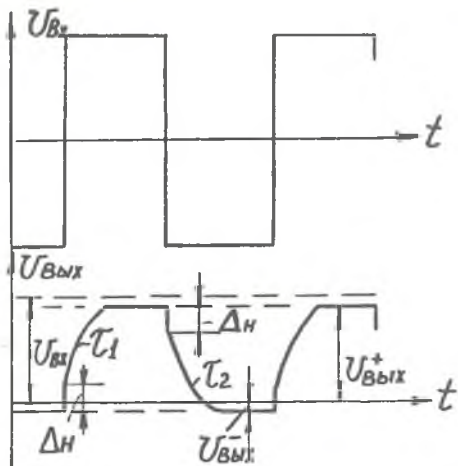
$$-I_S R_H + \Delta_H \approx \Delta_H \quad \text{до } U_{вых}^+$$

с постоянной времени

$$\tau_1 = C_n \frac{r_{пр} R_H}{r_{пр} + R_H} \approx (C_a + C_H) r_{пр}$$

Установление выходного напряжения происходит через время, равное $3\tau_1$, и достигает значения $U_{вых}^+$. Таким образом, длительность фронта выходного импульса $t_\phi = 3\tau_1 = 3r_{пр}(C_a + C_H)$

После завершения формирования фронта импульса напряжение на диоде VD и его емкости C_a равно $U_{пр} \approx E_0$. Напряжение на нагрузке, а следовательно, на емкости C_H имеет вид $U_{вых}^+ = U_{вх} + E_0 \approx U_{вх}$. Теперь напряжение на входе скачком изменяется от $+U_{вх}$ до $-U_{вх}$. Процесс формирования



Р и с. 19. Эпюры напряжений последовательного ограничителя с учетом паразитных емкостей

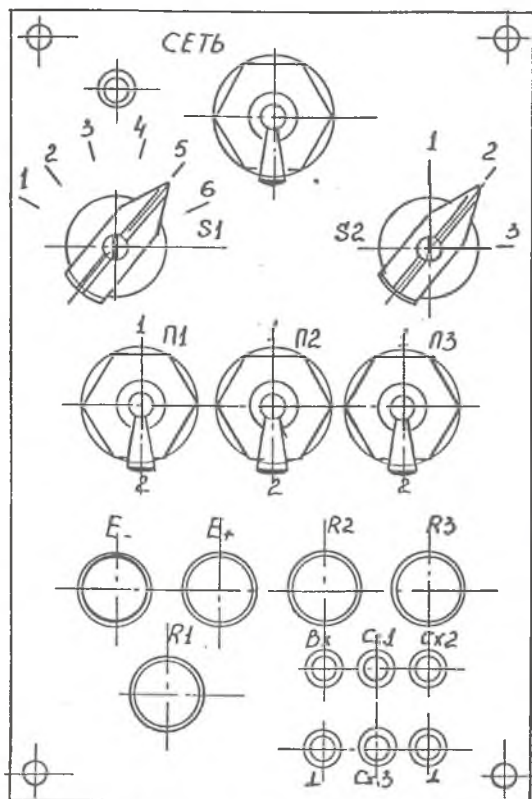
среза выходного импульса начинается со скачка Δ_H , вызванного делением скачка входного импульса на емкостном делителе C_a и C_H . Отрицательное напряжение, возникающее при формировании этого скачка, выключает диод VD . После этого начинается разряд емкости C_H через сопротивление нагрузки R_H . Емкость диода C_a по переменной составляющей включена параллельно емкости C_H и увеличивает постоянную времени цепи $\tau_2 = (C_a + C_H) R_H$. Длительность среза импульса $t_c = 3\tau_2 = 3R_H(C_a + C_H)$. Таким образом ясно, что $t_\phi < t_c$.

Динамические характеристики двухсторонних ограничителей при ограничении напряжения с малой длительностью фронта и среза входного сигнала определяются из тех соображений, что и при рассмотрении односто-

роинного последовательного и параллельного ограничителей. Если сигнал на входе имеет небольшую скорость нарастания, то длительность фронта и среза определяется, в основном, скоростью изменения входного сигнала в интервале между порогами ограничения, а не паразитными емкостями нагрузки и диодов.

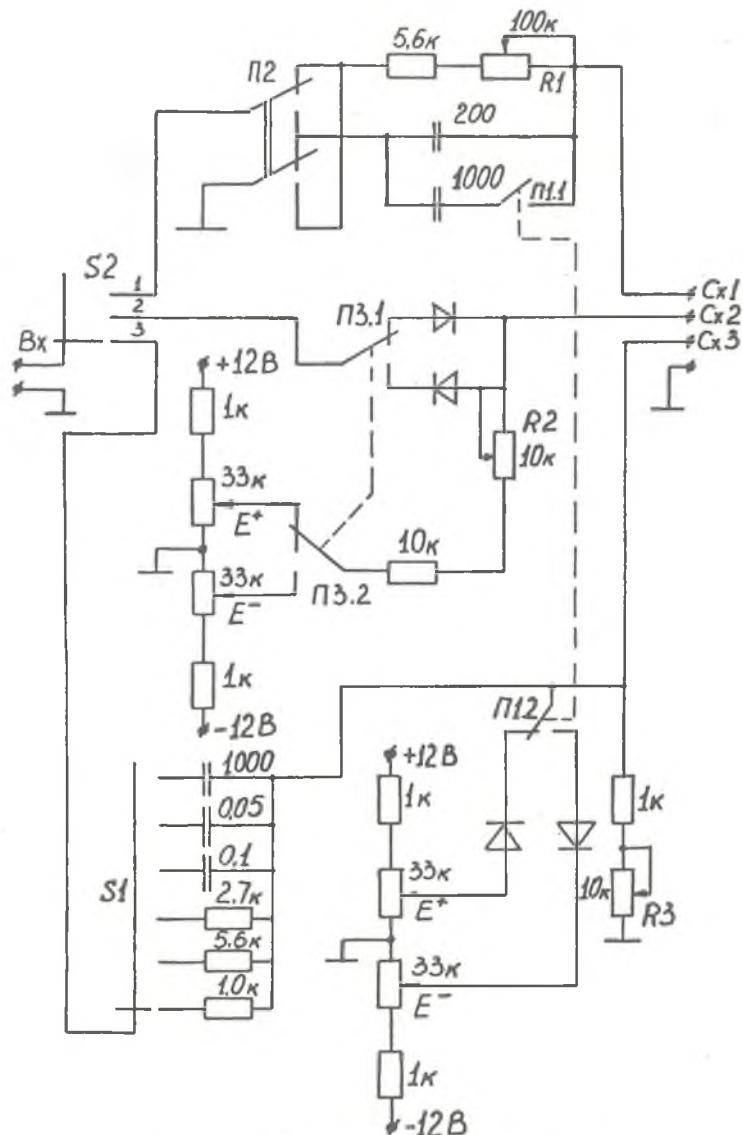
2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Лабораторный макет по исследованию диодных ограничителей выполнен в общем блоке с лабораторным макетом по исследованию формирующих *RC*-цепей и фиксаторов уровня.



Р и с. 20. Лицевая панель лабораторного макета

На лицевой панели (рис. 20) расположены: ручка переключения разделительных конденсаторов и ограничивающих резисторов *S1*, ручка переключения исследуемых схем *S2*, тумблер переключения дифференцирующей и интегрирующей цепей *П2*, тумблер переключения режима ограничения последовательного ограничителя *П3*, потенциометры регулирования смещения $-E$ и $+E$, переменные резисторы нагрузки последовательного ограничителя *R2* и параллельного ограничителя *R3*, переменный резистор *RC*-цепи *R1*, гнезда "Bx" и "1" для подключения входных сигналов, гнезда "Cx.1", "Cx.2", "Cx.3" для подключения осциллографа на входы исследуемых схем. Кроме того, на передней панели есть тумблер для под-



Р и с. 2I. Принципиальная схема лабораторного макета

ключения питания "СЕТЬ" и контрольная лампа. Переключатель $S1$ имеет 6 положений и в соответствии со схемой лабораторного макета (рис. 2I) в первых трех положениях изменяет величину конденсаторов в схеме фиксаторов уровней, а в трех последующих положениях изменяет величину ограничивающего резистора в схеме параллельного ограничителя. Переключатель $S2$ имеет 3 положения: 1 - ко входным гнездам подключается схема формирующей RC -цепи, 2 - подключается схема последовательного ограничителя и 3 - подключаются схемы фиксаторов уровней импульсов и параллельного ограничителя. Тумблер П1 осуществляет изменение схемы параллельного ограничителя, фиксатора уровней и величины конденсатора в RC -цепи. В одном положении получается схема ограничения по "низам" и малая емкость RC -цепи, во втором положении схема ограничения по "верхам" и большая величина емкости RC -цепи. Тумблер П2 осуществляет изменение схемы формирующей RC -цепи: 1 - реализуется интегрирующая цепь, 2 - дифференцирующая цепь. Тумблер П3 изменяет вид последовательного ограничителя: 1 - ограничитель по "низам", 2 - ограничитель по "верхам". Одновременно меняется полярность смещающего напряжения с положительного на отрицательное. Питание схемы осуществляется от автономных вторичных источников питания +12 В и -12 В.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с описанием лабораторного макета и его работой.
2. Включить тумблеры "Сеть" на блоке питания и на самом макете.
3. Включить генератор импульсов Г5-54 и осциллограф СИ-72.
4. Установить на генераторе импульсы положительной полярности формы "меандр" амплитудой 6 В и $f = 10$ кГц.
5. Выход генератора подключить к гнезду "Вх" и "1", а выход осциллографа к гнездам "Сх.2" и "1".
6. Переключатель $S2$ поставить в положение 2, П3 - в положение 1.
7. Исследовать последовательный ограничитель, для чего необходимо сделать следующее.
 - 7.1. Снять зависимость выходного сигнала от входного при фиксированном значении смещения +Е и сопротивления нагрузки $R2$ (зависимость снять для трех значений +Е и трех значений $R2$). Результаты измерений занести в табл. I. Зарисовать характерные осциллограммы.

7.2. Снять зависимость выходного сигнала от сопротивления нагрузки R_2 при фиксированном значении напряжения смещения $+E$ и амплитуды выходного сигнала. Результаты занести в табл. 2.

7.3. Для исследования последовательного ограничителя отрицательных импульсов надо изменить полярность импульсов с генератора и переключатель П3 перевести в положение 2. Далее эксперимент проводить по пп. 7.1 и 7.2 с соответствующими изменениями полярности и смещения.

Т а б л и ц а 1

		$U_{ВХ}$												
		$U_{ВЫХ}$	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$E_{см1},$ 0В	$R_{Н1}$													
	$R_{Н2}$													
	$R_{Н3}$													
$E_{см2},$ 1В	$R_{Н1}$													
	$R_{Н2}$													
	$R_{Н3}$													
$E_{см3},$ 2В	$R_{Н1}$													
	$R_{Н2}$													
	$R_{Н3}$													

Т а б л и ц а 2

R_2													
$U_{ВЫХ}$													

8. Исследовать параллельный ограничитель, для чего надо сделать следующее.

- 8.1. Переключатель $S2$ перевести в положение 3, вход осциллографа подключить к гнездам "Сх.3" и "1".
- 8.2. Переключатель $S1$ поставить в одно из положений 4,5 или 6. Переключатель П1 - в положение I (ограничение положительных импульсов).
- 8.3. Снять зависимость выходного сигнала от входного для трех значений ограничивающего сопротивления $R4$, $R5$ и $R6$ при фиксированном значении сопротивления нагрузки $R3$ и трех значений напряжения смещения $+E$. Результаты занести в табл. 3. Зарисовать характерные осциллограммы.

Т а б л и ц а 3

	$U_{вых}$	$U_{вх}$											
		0	I	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$E_{см1}$ 0,5 В	R4												
	R5												
	R6												
$E_{см2}$ 1 В	R4												
	R5												
	R6												
$E_{см3}$ 2 В	R4												
	R5												
	R6												

8.4. Снять зависимость выходного сигнала от сопротивления нагрузки R_3 при фиксированных значениях напряжения смещения $+E$ и ограничивающего сопротивления. Результаты занести в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

R_3									
$U_{\text{Вых}}$									

8.5. Для исследования параллельного ограничителя отрицательных импульсов необходимо изменить полярность импульсов с генератора и переключатель П1 поставить в положение 2. Эксперименты проводить согласно пп. 8.3 и 8.4 с соответствующим изменением полярности смещения.

9. Исследовать динамические характеристики диодных ограничителей, для чего необходимо сделать следующее.

9.1. Установить на генераторе импульсы положительной полярности формы "меандр" с амплитудой 6 В и частотой $f = 10$ кГц.

9.2. При исследовании ограничителей положительных импульсов (последовательного и параллельного) установить напряжение смещения $+E$, равное половине входной амплитуды, т.е. $E_{\text{см}} = 3$ В.

9.3. Снять зависимость длительности переднего и заднего фронтов выходных импульсов от сопротивления нагрузки R_2 (последовательный ограничитель) и R_3 (параллельный ограничитель). Для параллельного ограничителя для двух значений ограничивающего сопротивления (переключатель S1 в положениях 4 и 6). Измеренные значения длительности фронтов занести в табл. 5. Зарисовать осциллограммы переходных процессов для последовательного и параллельного ограничителей.

Ограничители	$R2$					
	t_{φ}					
	$t_{ср}$					
Параллельный	$R3$					
Параллельный	$R4$	t_{φ}				
		$t_{ср}$				
	$R6$	t_{φ}				
		$t_{ср}$				

Коммутацию последовательного и параллельного ограничителей осуществлять по пп. 5, 6, 8.1, 8.2 разд 3.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется индивидуально каждым студентом на отдельном двойном листе из тетради. Он включает в себя:

1. Титульный лист, выполненный по ГОСТу, на котором указывается название работы, Ф.И.О., номер группы студента, выполнившего отчет, дата выполнения, Ф.И.О. преподавателя, принявшего отчет.
2. Цель работы.
3. Принципиальные схемы, выполненные по ГОСТу, исследуемых ограничителей.
4. Таблицы с экспериментальными данными.
5. Графики экспериментальных зависимостей для каждого ограничителя, построенные по табличным данным.
6. Необходимые осциллограммы, поясняющие суть эксперимента.
7. Выводы о проделанной работе и установленных закономерностях.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Типы ограничителей, их назначение и применение.
2. Принцип работы различных ограничителей, включая и двухстороннее.
3. Переходные процессы, которые протекают в схемах ограничителей
4. Вид сигналов на выходах ограничителей при воздействии на входы различных по форме и амплитуде сигналов.
5. Влияние диода на выходной сигнал.
6. Требования, предъявляемые к диодам, используемым в схемах ограничителей.
7. Влияние нагрузки на выходной сигнал в различных схемах ограничителей.
8. Влияние напряжения смещения на выходной сигнал.
9. Выбор ограничивающего резистора в параллельном диодном ограничителе.
10. Сравнительный анализ последовательной и параллельной схем ограничителей.

Рекомендуемый библиографический список

- Е р о ф е е в Ю.И. Основы импульсной техники: Учеб. пособие для вузов. М: Высш. шк., 1979. 383 с.
- Г о л ь д е н б е р г Л.М. Импульсные устройства: Учебник для вузов. М: Радио и связь, 1981. 224 с.
- Ф р о л к и н В.Т., П о п о в Л.Н. Импульсные устройства: Учебник для вузов. М: Сов. радио, 1980. 368 с.

ДИОДНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ИМПУЛЬСОВ

Составитель К а п у с т и н Александр Степанович

Редактор Т.И. К у з н е ц о в а

Техн. редактор Н.М. К а л е н ю к

Корректор Н.С. К у п р и я н о в а

Подписано в печать 31.0.94. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,2. Усл. кр.-отт. 1,3. Уч.-изд. л. 1,1.

Тираж 100 экз. Заказ 351. Арт. С-77 мр /94.

Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева

443086 Самара, Московское шоссе, 34

ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета им. академика С.П. Королева

443001 Самара, ул. Ульяновская, 18