Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра автоматики
Кафедра вычислительной техники

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Электроника», 4 семестр

1. Методика оценки

Выполнение контрольной работы является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа направлена на закрепление и проверку уровня владения учебным материалом по теоретическим темам и темам практических занятий, а также формирование навыков самостоятельного анализа процессов и явлений. Контрольная работа проводится по темам: Полупроводниковые диоды. ВАХ идеального диода. Биполярные транзисторы. Основные понятия и определения. Статические характеристики транзистора в различных схемах включения. Структура операционных усилителей, схемотехника операционных усилителей. Цифровой ключ. Статические и динамические режимы работы ключа на биполярном транзисторе. Базовые логические элементы. Генераторы прямоугольных импульсов на ЦИМС.

Номер индивидуального задания определяется по последней цифре порядкового номера фамилии студента в списке группы. Изменение варианта задания возможно только по согласованию с преподавателем.

Количество вариантов достаточно для обеспечения, каждого обучающегося заданием контрольной работы.

Структура контрольной работы:

1. Титульный лист (см. приложение)
2. Основная часть (задания к контрольной работы и результаты их выполнения).
3. Список литературы и источников.

Основная часть – это задания и ответы на задания контрольной работы. Он должен быть самостоятельным, развернутым и аргументированным. При необходимости основная часть может быть разбита на более мелкие вопросы. Она должна содержать ссылки на изученную литературу, нормативные акты и интернет-источники, оформленные в соответствии с библиографическими требованиями.

Список литературы оформляется в соответствии с библиографическими требованиями по мере упоминания в тексте и может включать до 5 источников (книг, статей разных авторов, интернет-источников, документов), которые были изучены при выполнении контрольной работы.

Рекомендуется излагать мысли по существу, кратко и логично.

Требования к оформлению:

Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. Контрольная работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилевых ошибок.

Контрольная работа предоставляется для проверки в электронном виде в срок, установленный преподавателем. При положительном результате оценивания контрольной работы студент её распечатывает, передает на кафедру и защищает на сессии в

назначенное в расписании время. По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

Контрольная работа включает 10 заданий. Выполняется письменно.

1. **Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций**

Общие правила выставления оценок текущей аттестации определяются балльно-рейтинговой системой, установленной локальным актом НГТУ.

Контрольная работа выполнена **на продвинутом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на продвинутом уровне. Оценка составляет *от 35 до 40 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на базовом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит единичные не принципиальные ошибки, исправленные после замечаний преподавателя. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 27 до 34 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на пороговом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит ошибки, неоднократно исправляемые после замечаний преподавателя. Части контрольной работы в целом согласованы. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 20 до 26 баллов*.

Контрольная работа считается **не выполненной,** если структура, содержание и оформление работы не соответствует требованиям, работа содержит существенные ошибки, не исправленные после замечаний преподавателя. Части контрольной работы не согласованы. Отсутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа не представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит множество существенных пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции не сформированы. Оценка составляет *от ... до ... баллов*.

2. **Шкала оценки**

Контрольная работа как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине

считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем ее заданиям составляет от 20 до 40 баллов включительно.

В общей оценке по дисциплине баллы за выполнение контрольной работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы и таблицей соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS, установленными в НГТУ.

3. Примерный перечень заданий и вариантов контрольной работы

Задача №1. Диодные ограничители

На вход заданной по номеру варианта схемы (рис. 8) подается напряжение синусоидальной формы амплитудой $U_{ВХ}$. Изобразить форму выходного напряжения $U_{ВЫХ}(t)$. Вид схемы, амплитуда входного напряжения, типы диодов и стабилитронов выбираются из рис.8 в соответствии со своим вариантом. Для всех схем (рис.8) действительно соотношение $R_н >> R_{огр}$.

Методические указания к задаче №1

При решении задачи №1 используется кусочно-линейная аппроксимация вольт-амперной характеристики (ВАХ) диода и стабилитрона. На рис.1 и рис.2 показаны участки идеализированных ВАХ (I,II,III) диода и стабилитрона, где динамические сопротивления диода $r_д$ и стабилитрона $r_{ст}$ остаются постоянными и равными $r_{ПР}$ или $r_{ОБР}$ в зависимости от участка. При этом также в рамках участков (I,II,III) будут неизменными и эквивалентные схемы замещения.

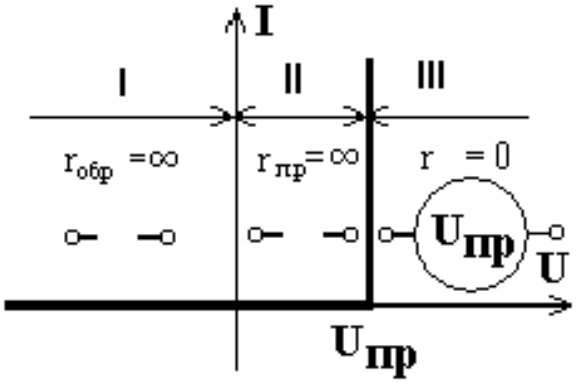


Рис. 1.
ВАХ диода. $U_{ПР}$ - прямое падение напряжения на диоде

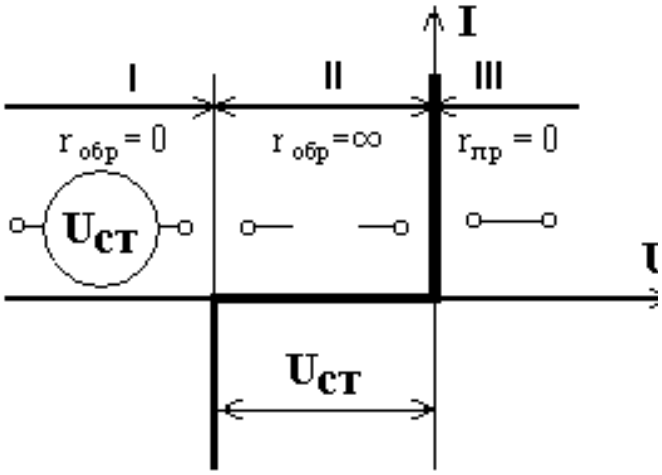


Рис. 2.
ВАХ стабилитрона. $U_{СТ}$ - напряжение стабилизации стабилитрона

Для решения задачи необходимо весь диапазон изменения величины $U_{вх}(t)$ разбить на ряд участков, в пределах которых динамические сопротивления диода $r_д$ и стабилитрона $r_{ст}$ остаются неизменными. Для каждого из этих участков эквивалентные схемы ограничителей имеют свои особенности:

- эквивалентные схемы диодов и стабилитронов не содержат источников напряжения,
- источник напряжения включён последовательно со входным сигналом $U_{вх}(t)$,
- источник напряжения включён параллельно нагрузке $R_н$.

В первом случае решение задачи сводится к анализу схемы делителя напряжения, изображённой на рис 3. Выходное напряжение для неё описывается выражением:

$$U_{ВЫХ}(t) = U_{ВХ}(t)\frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \qquad (1).$$

При решении следует исходить из допущений, что если $R_1 = \infty$ или $R_2 = 0$, то $U_{вых}(t) = 0$, а если $R_1 << R_2$, то $U_{вых}(t) = U_{вх}(t)$.

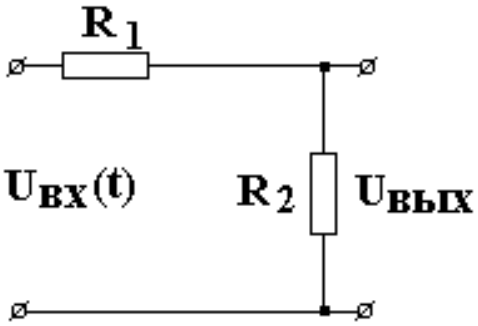


Рис. 3
Эквивалентная схема замещения без источников напряжения

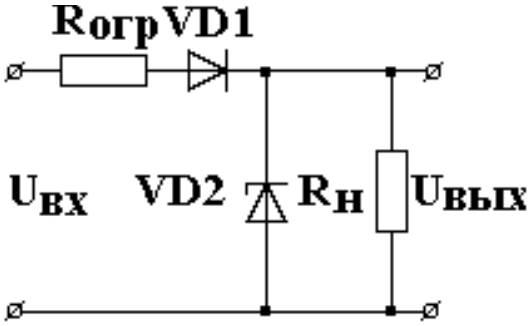


Рис. 4
Задача для примера

Во втором случае решение задачи отличается только тем, что в выражении (1) вместо $U_{вх}(t)$ подставляется значение [$U_{вх}(t) - E$] , где значение напряжения смещения E равно прямому падению напряжения на диоде $U_{пр}$ или напряжению стабилизации стабилитрона $U_{ст}$ в зависимости от вида схемы. Тогда:

$$U_{ВЫХ}(t) = \left[U_{ВХ}(t) - E\right] * \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \qquad (2).$$

В третьем случае $U_{вых}(t)$ определяется только источником напряжения в соответствии с эквивалентной схемой и не зависит от остальных элементов схемы.

В качестве примера рассмотрим решение задачи №1 для схемы, изображённой на рис.4. Для этой схемы $R_1 = R_{огр} + r_д$, а $R_2 = r_{ст} \,||\, R_н$. На рис. 5 приведены временные диаграммы $U_{вх}(t)$ и $U_{вых}(t)$ с указанием временных интервалов, на которых динамические сопротивления диода и стабилитрона ($r_д$ и $r_{ст}$) и их схемы замещения остаются постоянными.

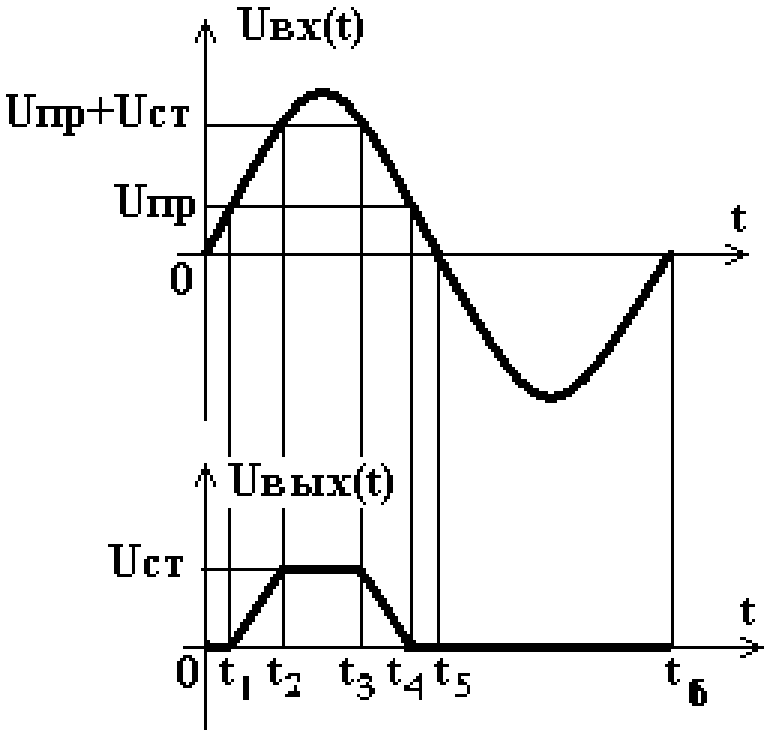


Рис.5 Временные диаграммы входных и выходных сигналов диодного ограничителя

При положительной полуволне $U_{вх}(t)$ диод включён в прямом направлении (участки II,III на рис. 1) , а стабилитрон в обратном (участки I,II на рис. 2). В этом случае положительная полуволна $U_{вх}(t)$ может быть разбита на 5 временных интервалов: $(0 \div t_1)$, $(t_1 \div t_2)$, $(t_2 \div t_3)$, $(t_3 \div t_4)$ и $(t_4 \div t_5)$. На интервалах $(0 \div t_1)$ и $(t_4 \div t_5)$ диод и стабилитрон находятся на II участке ВАХ (рис. 1,2) и характеризуются внутренними сопротивлениями $r_д = r_{пр} = \infty$, $r_{ст} = r_{обр} = \infty$. В результате $R_1 = \infty$, а $R_2 = R_н$, источники напряжения в схемах замещения отсутствуют и в соответствии с (1) $U_{вых}(t) = const = 0$. На интервалах $(t_1 \div t_2)$ и $(t_3 \div t_4)$ диод находится на III участке (рис. 1). В этом случае $r_д = r_{пр} = 0$ и диод замещается источником напряжения $U_{пр}$. Стабилитрон находится на II участке (рис. 2) и характеризуется $r_{ст} = r_{обр} = \infty$. Тогда схема замещения ограничителя имеет вид, показанный на рис. 6. В этом случае $U_{вых}(t)$ определяется по выражению (2). С учётом того, что $R_1 = R_{огр}$, $R_2 = R_н$, $R_н >> R_{огр}$, имеем $U_{вых}(t) = [\, U_{вх}(t) - U_{пр}]$. На интервале $(t_2 \div t_3)$ диод находится на III участке (рис. 1), а стабилитрон – на I участке (рис. 2) ,

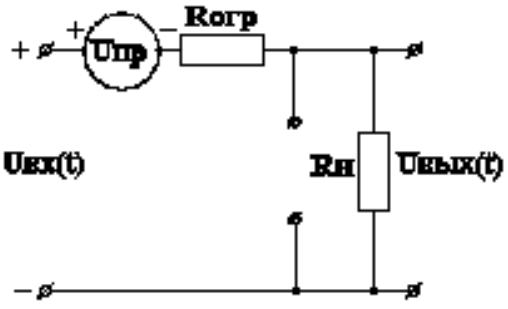


Рис. 6

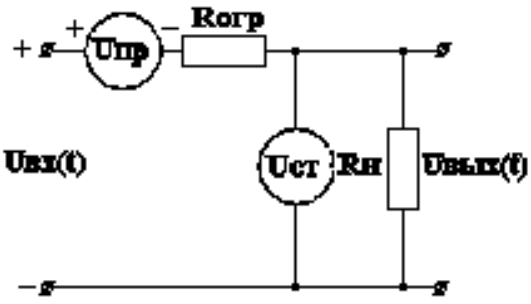
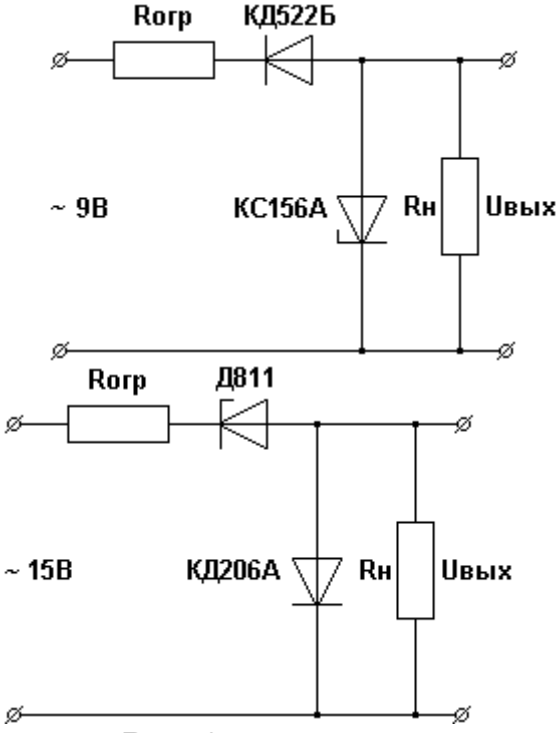


Рис. 7

где $r_{ст} = r_{обр} = 0$ и стабилитрон замещается источником напряжения $U_{ст}$. Схема замещения ограничителя для этого случая показана на рис. 7 . Из неё следует, что $U_{вых}\ (t) = const = U_{ст}$.

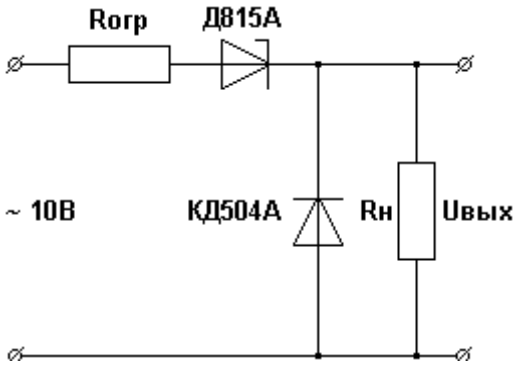
При отрицательной полуволне $U_{вх}\ (t)$ на интервале ($t_5 \div t_6$) диод включён в обратном направлении (участок I на рис.1). В схемах замещения отсутствуют источники напряжения и $U_{вых}\ (t)$ определяется выражением (1).В этом случае $R_1 = \infty$, $R_2 = 0$ и $U_{вых}(t) = const = 0$.

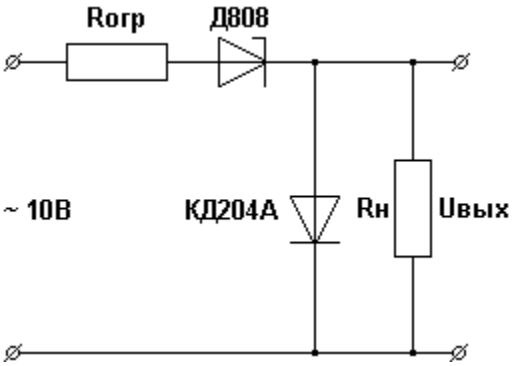
Варианты заданий к задаче №1



Вар. 0

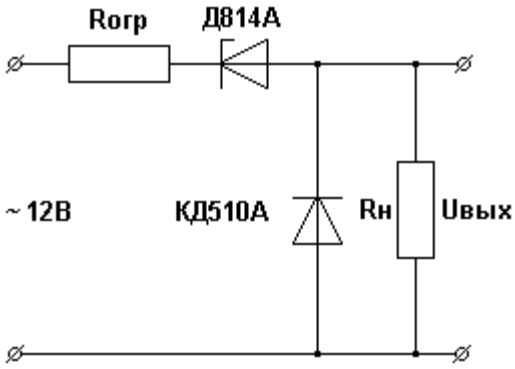
Вар. 1

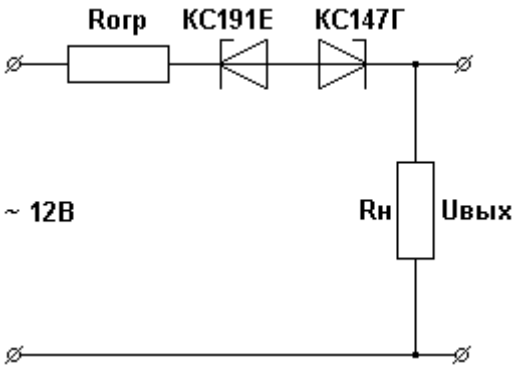




Вар. 2

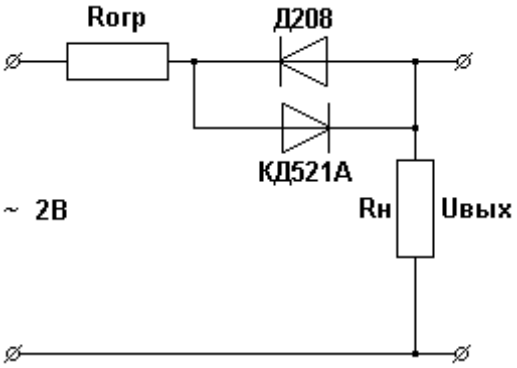
Вар. 3

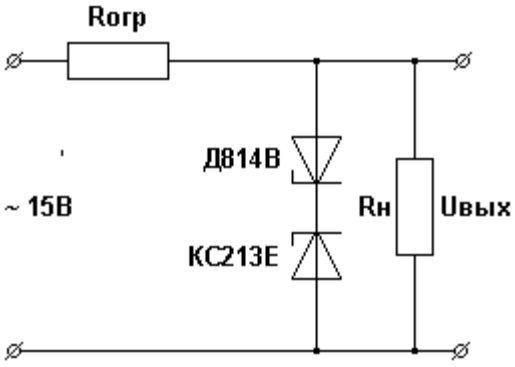




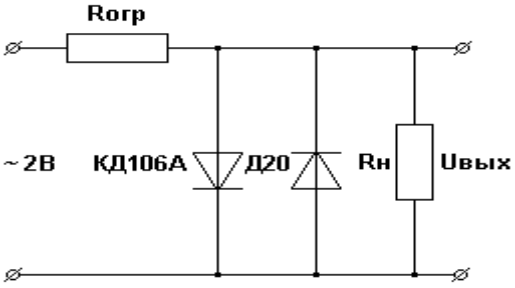
Вар. 4

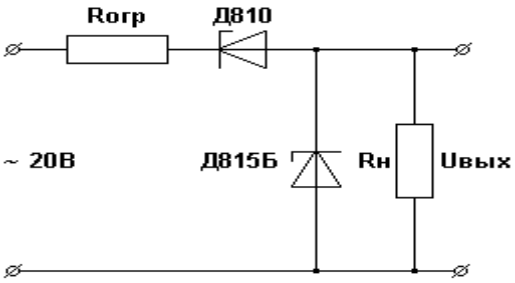
Вар. 5





Вар. 6 Вар. 7





Вар. 8 Рис.8 Вар. 9

Задача №2 Определение режима работы транзистора

Определить режим работы транзистора. Величину входного и выходного напряжения, тип транзистора, номиналы резисторов, направления

токов и величину двух из них следует брать из рис.9, в соответствии со своим вариантом.

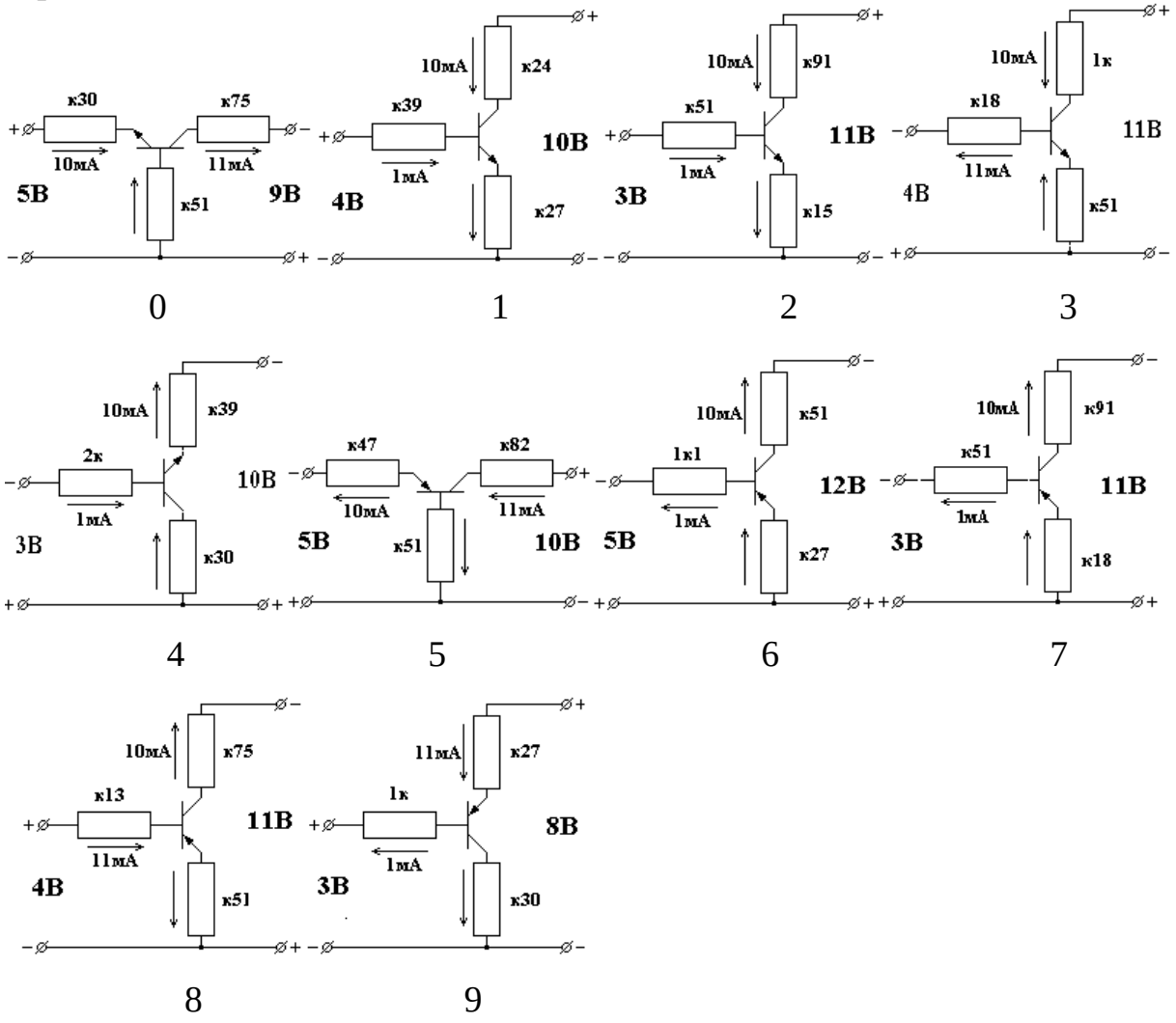
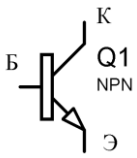
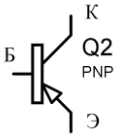


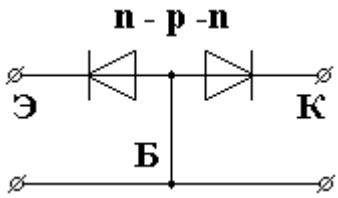
Рис.9 Варианты заданий для задачи №2

Методические указания к задаче № 2

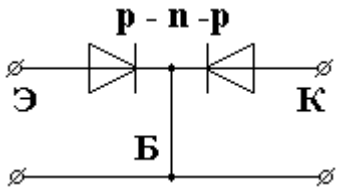
Режим работы транзистора определяется состоянием его переходов (переход эмиттер-база $П_{эб}$ и переход коллектор - база $П_{кб}$). Всего может быть 24 варианта режимов работы транзистора: 2 типа структур транзистора (обратной проводимости *n-p-n* и прямой проводимости *p-n-p*), существует 3 схемы включения транзистора (схема с общей базой - ОБ, общим эмиттером - ОЭ, и общем коллектором - ОК) и 4 режима работы (активный - АР, насыщения - РН, отсечки - РО и инверсный активный - $АР_I$). Вид режима работы транзистора в зависимости от состояния переходов (открыт - О или закрыт - З) и полярности напряжений $U_{бэ}$ и $U_{бк}$ приведён в таблице № 1. Для облегчения определения режима работы транзистора на рис.10 а, б приведены упрощённые эквивалентные схемы транзисторов структур *n-p-n* и *p-n-p*.

Таблица № 1

 *n – p – n*					 *p – n – p*				
$U_{эб}$	$П_{эб}$	$U_{кб}$	$П_{кб}$	Режим	$U_{эб}$	$П_{эб}$	$U_{кб}$	$П_{кб}$	Режим
>0	З	>0	З	РО	<0	З	<0	З	РО
<0	О	>0	З	АР	>0	О	<0	З	АР
<0	О	<0	О	РН	>0	О	>0	О	РН
>0	З	<0	О	$АР_I$	<0	З	>0	О	$АР_I$



а)



б)

Рис.10 Упрощенные эквивалентные схемы транзисторов структур *n-p-n* и *p-n-p*

Расчёт напряжений на переходах транзистора следует вести по следующему алгоритму:

1. Рассчитать один из неизвестных токов (или $I_э$, или $I_к$, или $I_б$,) по первому закону Кирхгофа: сумма токов втекающих в узел (транзистор) равна сумме вытекающих токов.
2. Обозначить знаки падений напряжения на резисторах (ток всегда течет от точки с более высоким потенциалом к точке с более низким потенциалом).
3. Рассчитать напряжения на электродах транзистора ($U_э$,$U_к$,$U_б$) относительно общей точки (общей шины) по второму закону Кирхгофа и закону Ома с учетом знаков падений напряжения на резисторах и знаков внешних источников напряжения (в тех цепях, где они присутствуют).

4. Определить величины и знаки напряжений на переходах транзистора:
   $U_{эб} = U_э - U_б$, $U_{кб} = U_к - U_б$
5. Определить режим работы транзистора по таблице № 1. .

Задача №3 Реализация функции на ОУ

На одном операционном усилителе (ОУ) реализовать функцию:

$$U_{вых} = a_{I1} \cdot U_{I1} + a_{I2} \cdot U_{I2} + a_{N1} \cdot U_{N1} + a_{N2} \cdot U_{N2}.$$

Значения коэффициентов выбрать из таблицы №2 в соответствии со своим вариантом, принять R_{min}= 10 кОм.

Требуется выбрать схему включения ОУ и рассчитать номиналы резисторов обрамления.

Таблица № 2

№вар	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_{I1}	- 4	- 2,5	- 3	- 0,5	- 1	- 1,5	- 4,5	- 3,5	- 2	- 0,5
a_{I2}	- 6,5	- 7	- 5	- 8	- 6	- 2,5	- 6,5	- 7	- 5,5	- 8
a_{N1}	0,5	1	2,5	3,5	2	4	0,5	1	1,5	2,5
a_{N2}	2	4,5	5,5	5,5	8,5	9	3	5	7,5	6

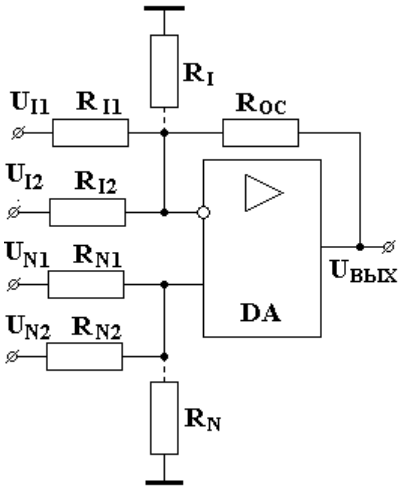


Рис.11

Методические указания к задаче № 3

В общем случае требуемая функция реализуется схемой, изображённой на рис.11, где U_{I1}, U_{I2} – входные напряжения, соответствующие отрицательным коэффициентам, U_{N1}, U_{N2} – входные напряжения, соответствующие положительным коэффициентам. Наличие или отсутствие балансировочных резисторов R_I и R_N следует из необходимости обеспечения равенства эквивалентных сопротивлений, подключённых к инвертирующему (R^-_Σ) и к неинвертирующему (R^+_Σ) входам и определяется величиной и знаком балансировочного коэффициента:

$a_R = (|a_{I1}|+|a_{I2}|+1) - (a_{N1}+a_{N2})$:
$a_R = 0$, тогда R_I , $R_N = \infty$;
$a_R < 0$, тогда $R_N = \infty$, R_I = const;
$a_R > 0$, тогда $R_I = \infty$, R_N = const.

Если условие $R^-_\Sigma = R^+_\Sigma$ выполняется, то при $U_{I1} = U_{I2} = U_{N1} = U_{N2} = 0$ имеем $U_{вых} = 0$ и $a_i = R_{oc} / R_i$. В противном случае $U_{вых} \neq 0$ и $a_i \neq R_{oc} / R_i$.

После выбора окончательного вида схемы расчёт следует вести по следующему алгоритму:

1. Рассчитать балансировочный коэффициент:
   $a_R = (|a_{I1}|+|a_{I2}|+1)- (a_{N1}+a_{N2})$.
2. Включить в цепь, соответствующую максимальному коэффициенту, R_{min} = 10 кОм.
   $a_{max} = \max \{|a_{I1}|, |a_{I2}|, a_{N1}, a_{N2}, |a_R|\}$.
3. Рассчитать $R_{oc} = a_{max} \cdot R_{min}$.
4. Рассчитать остальные резисторы, используя выражение $R_i = R_{oc} / |a_i|$.
5. Произвести проверку правильности выбора и расчёта схемы из

условия $R^-_\Sigma = R^+_\Sigma$, где

$R^-_\Sigma = R_{I1} \| R_{I2} \| R_{oc}$ или $R^-_\Sigma = R_{I1} \| R_{I2} \| R_{oc} \| R_I$,

$R^+_\Sigma = R_{N1} \| R_{N2} \| R_N$ или $R^+_\Sigma = R_{N1} \| R_{N2}$.

Задача № 4 Исследование инвертирующего интегратора

На вход инвертирующего интегратора, изображённого на рис. 12, поступает последовательность из четырёх прямоугольных импульсов различной полярности, амплитуды и длительности с паузами 1 мкс.

Требуется рассчитать форму выходного сигнала, изобразить форму входного и выходного сигналов, сформулировать требования к ОУ и выбрать марку ОУ из ИМС серии 140. Варианты исходных данных выбираются из таблицы №3.

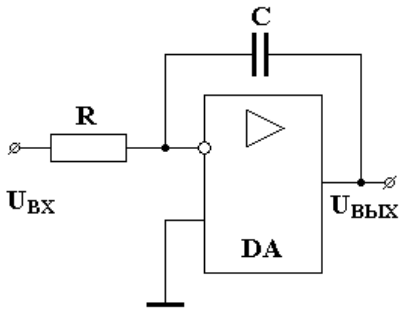


Рис.12 Инвертирующий интегратор

Таблица № 3 Варианты заданий

№ вар	R, кОм	C, нФ	U_1, В	U_2, В	U_3 В	U_4 В	t_1, мкс	t_2, мкс	t_3, мкс	t_4, мкс
0	10	1,8	-5	7	10	3	3	5	4	2
1	10	1,3	5	-9	4	10	4	1	2	2
2	10	1,6	-4	-5	7	-10	1	3	4	5
3	10	1,6	-4	-6	-8	10	3	4	5	1
4	10	1,3	6	-7	-9	-2	1	2	4	3
5	10	1,5	-7	-8	2	-5	3	5	2	1
6	10	1,5	-7	-9	-10	6	5	1	3	2

7	10	1,6	8	10	-9	5	2	4	1	5
8	10	1,6	8	9	-3	-6	4	5	2	1
9	10	1,8	-10	1	-5	-8	4	5	3	2

Методические указания к задаче № 4

Для инвертирующего интегратора выходной сигнал рассчитывается по известной формуле:

$$U_{вых}(t) = -\frac{1}{\tau}\int U_{вх}(t)dt + U_{вых}(0),$$

где $\tau = RC$ - постоянная времени интегратора. Так как $U_{вх}$ на каждом временном интервале постоянно, то

$$U_{вых}(t) = -\frac{U_{вх}}{\tau}\cdot t + U_{вых}(0).$$

Для каждого i-го интервала из таблицы

$$U_{вых.кон}(t_i) = -\frac{U_{вх.i}\cdot t_i}{\tau} + U_{вых.кон}(t_{i-1}),$$

где $U_{вх.i}$ – постоянное входное напряжение на i-том временном интервале;

$U_{вых.\ кон}\ (t_{i-1})$ – уровень выходного напряжения в конце предыдущего временного интервала;

$U_{вых.\ кон}\ (t_i)$ – уровень выходного напряжения в конце i –го временного интервала.

В паузах до первого входного импульса, между входными импульсами и после последнего входного импульса $U_{вх} = 0$. Время паузы $t_п = 1$ мкс.

ОУ выбирается по максимальному входному и выходному напряжениям и максимальной скорости нарастания выходного напряжения:

$$U_{вх.ОУ} \geq |U_{вх}|_{max};\ U_{вых.ОУ} \geq |U_{вых}|_{max};\ V_{U_{вых.ОУ}} \geq (V_{U_{вых}})_{max};$$

$$(V_{U_{вых}})_{max} = \frac{|U_{вх}|_{max}}{\tau}.$$

Для выбранного типа ОУ необходимо привести его параметры, показать возможный вариант включения корректирующей цепи, и цепи

балансировки нуля.

В графическом материале требуется привести схему идеального интегратора, интегратора на реальном ОУ со всеми вспомогательными цепями и обозначением номеров выводов ОУ (цоколёвка), изобразить форму входного и выходного напряжения.

Задача № 5 Расчет насыщенного транзисторного инвертора

Проверить выполнение условий работоспособности, рассчитать амплитуду выходного импульса и временные интервалы насыщенного транзисторного инвертора – НТИ (Рис.13). Исходные данные выбираются из таблицы № 4.

Таблица № 4

№ вар	$E_к$,В	$E_{см}$,В	$U^1_{вх}$, В	$U^0_{вх}$,В	$R_к$	$R_б$	$R_{см}$	$R_н$	β	f_α, МГц
1	10	3	2,7	0,7	к68	1к5	3к6	1к	30	10
2	10	3	2,6	0,6	к24	к62	1к5	1к	50	8
3	15	3	2,5	0,5	к51	к51	1к1	1к	40	9
4	15	3	2,4	0,4	к24	к47	1к5	1к	70	6
5	20	3	2,7	0,7	к43	к39	к82	1к	60	7
6	20	3	2,6	0,6	к24	к24	к47	1к	80	5
7	10	3	2,5	0,5	к68	к62	1к8	1к	30	10
8	10	3	2,4	0,4	к24	к82	2к2	1к	50	8
9	15	3	2,7	0,7	к51	к56	1к	1к	40	9
0	15	3	2,6	0,6	к24	к56	1к5	1к	70	6

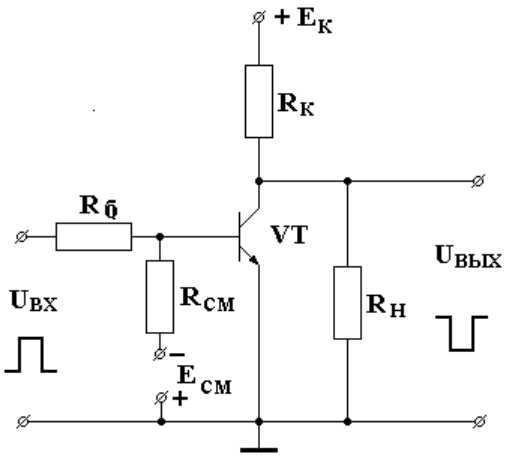


Рис.13 Принципиальная схема транзисторного инвертора

Требуется описать работу НТИ по временным диаграммам $U_{вх}(t)$, $I_б(t)$, $I_к(t)$, $U_{вых}(t)$, определить условия работоспособности транзистора по предельно - допустимым параметрам транзистора, определить условия работоспособности НТИ, рассчитать амплитуду и временные интервалы выходного импульса НТИ.

Методические указания к задаче № 5

Определение условий работоспособности транзистора по предельно-допустимым параметрам транзистора:

1. $U_{к\,доп} \geq E_к$, где $E_к$ - напряжение питания.

2. $P_{к\,доп} \geq P_{к\,max}$; $P_{к\,max} = \frac{E_к^2}{8R_к}$, где $P_{к\,max}$ - максимальная мощность рассеивания на коллекторе транзистора в импульсном режиме.

3. $I_{к\,доп} \geq I_{кн}$; $I_{кн} = \frac{E_к}{R_к}$, где $I_{кн}$ – ток коллектора насыщения НТИ.

Определение условий работоспособности НТИ:

1.Ток базы, отпирания транзистора $I_{Б1} = \frac{U'_{вх}}{R_Б} - \frac{|E_{см}|}{R_{см}}$

2. Ток базы насыщения транзистора $I_{БН} = \frac{I_{кн}}{\beta}$

3. Условие насыщения НТИ $I_{Б1} > I_{БН}$

4. Коэффициент насыщения НТИ (0…..5) - $N = \frac{I_{Б1}}{I_{БН}} - 1$

5. Напряжение запирания транзистора в режиме глубокой отсечки (0,1÷0,7 В)

$$|U_{БЭзап}| = \frac{|E_{см}| * R_Б}{R_{см} + R_Б} - \frac{U^0{}_{вх} * R_{см}}{R_{см} + R_Б}$$

6. Ток базы запирания транзистора $|I_{Б2}| = \frac{|E_{см}|}{R_{см}} - \frac{U^0{}_{вх}}{R_Б}$

7. Определение амплитуды выходного импульса напряжения на нагрузке

$$U^1{}_{вых} = \frac{E_К * R_Н}{R_К + R_Н}$$

Определение временных интервалов НТИ:

1. Предельная частота транзистора в схеме включения ОЭ - $f_\beta = \frac{f_\alpha}{1+\beta}$

2. Постоянная времени транзистора в схеме включения ОЭ - $\tau_\beta = \frac{1}{2\pi f_\beta}$

3. Фронт выходного импульса при отпирании транзистора -

$$t^{-}ф = \tau_\beta \ln(1 + \frac{1}{N})$$

4. Время рассасывания избыточного заряда в базе транзистора

$$t_р = \tau_\beta * \ln(1 + \frac{N}{1 + \frac{|I_{Б2}|}{I_{БН}}})$$

5. Фронт выходного импульса при запирании транзистора -

$$t^{+}ф = \tau_{\beta} * ln(1 + \frac{I_{БН}}{|I_{Б2}|})$$

6. Время включения НТИ - $t_{вкл} = t_{ф}^{-}$

7. Время выключения НТИ - $t_{выкл} = t_{р} + t_{ф}^{+}$

Задача № 6 Расчет формирователя коротких импульсов

Для формирователя коротких импульсов (ФКИ), обобщённая схема которого приведена на рис. 14, выбрать номенклатуру ИМС –DD1 (155ЛН2, ЛН5), DD2 (155ЛИ1, ЛА3, ЛЛ1, ЛЕ1) и номиналы R1, R_2 и С.

Номенклатура ИМС определяется по временным диаграммам, а номиналы элементов - исходя из длительности выходного импульса и предельных параметров инверторов.

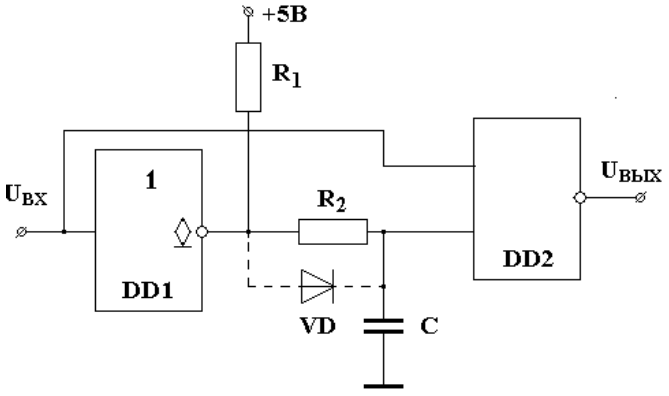


Рис. 14 Принципиальная схема ФКИ

Форма выходного сигнала и длительность выходного импульса даны в таблице № 5 .

Форма входного сигнала – меандр с частотой 10 кГц.

Приоритеты схем – ЛН2 без диода, ЛН5 без диода, ЛН2 с диодом, ЛН5 с диодом. Параметры диода принять идеальными ($E_{пр}$ = 0, $r_{пр}$ = 0, $r_{обр}$ = ∞).

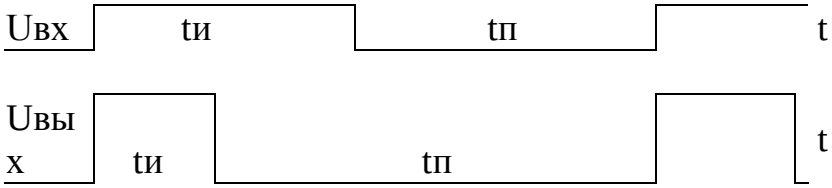
Методические указания к задаче № 6

Реализация заданной временной диаграммы основана на использовании эффекта «гонок». При этом время задержки задаётся с помощью интегрирующей R-C -цепи на интервале заряда или разряда ёмкости. Прямой и задержанный инверсный сигналы поступают на входы элемента – «сборщика» DD2 и в соответствии с его функцией на выходе формируется короткий импульс требуемой полярности и длительности. При решении этой задачи возможны варианты ФКИ, работающие на разряде и заряде емкости.

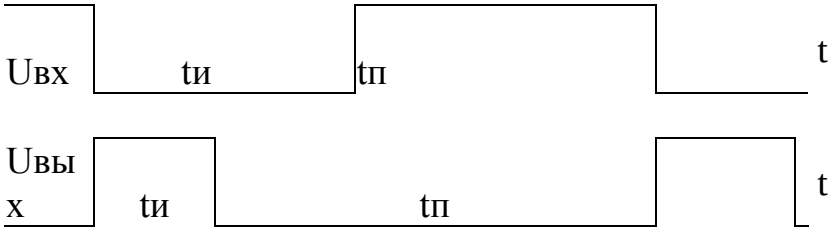
Таблица № 5

№	№ вр.д.	tи вых,мкс
0	1	15
1	2	20
2	3	15
3	4	20
4	1	18
5	2	22
6	3	18
7	4	22
8	1	20
9	2	25

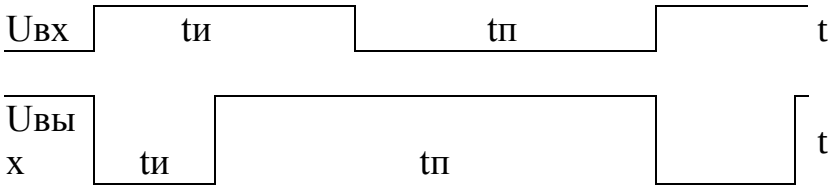
Временная диаграмма №1



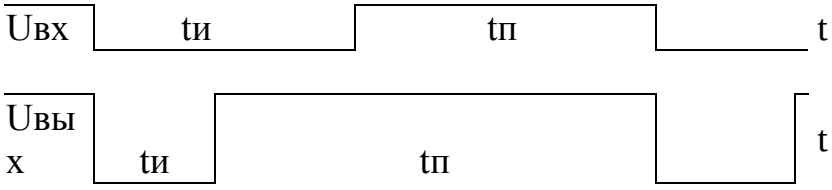
Временная диаграмма №2



Временная диаграмма №3



Временная диаграмма №4



<u>В первом случае (разряд С) расчёт следует вести по алгоритму:</u>

1. Рассчитать промежуточный коэффициент **а** = $t_{п\ вх} / t_{и\ вых}$.
2. Принять R2 = 910 Ом и рассчитать С из выражения $t_{и\ вых} = C \cdot R2 \cdot \ln (E_п / U_{пор})$.
3. Рассчитать диапазон допустимых значений (“вилку”) для R1:
   $E_п / (R1 \| R2) \le I^0_{вых\ max\ инв}$; $R1(без\ VD) \le (0{,}432 \cdot a - 1) \cdot R2$, $R1(с\ VD) \le 0{,}432 \cdot a \cdot R2$,
   где $I^0_{вых\ max\ инв} = K_{раз} \cdot I^0_{вх}$ и выбрать номинал R1 так, чтобы обеспечить минимальную величину $I^0_{вых\ инв} = E_п / (R1 \| R2)$.
4. Проверить $t_{восст}(без\ VD) = C \cdot (R1+R2) \cdot \ln 19 \le t_{п\ вх}$ или $t_{восст}(с\ VD) = C \cdot R1 \cdot \ln 19 \le$

$t_{\text{п вх}}$.

Во втором случае (заряд С) расчёт следует вести по алгоритму:

1. Рассчитать промежуточный коэффициент **a** = $t_{\text{и вых}} / t_{\text{п вх}}$.
2. Принять R1 = 1,5 кОм и рассчитать диапазон допустимых значений (“вилку”) для R2:
   $E_{\text{п}} / (R1 \,||\, R2) \le I^0_{\text{вых max инв}}$; $R2 \le R1/ (8{,}95 \cdot a - 1)$, где $I^0_{\text{вых max инв}} = K_{\text{раз}} \cdot I^0_{\text{вх}}$.
3. Выбрать номинал R2 и рассчитать С так, чтобы обеспечить минимальное отклонение расчетного и заданного значений $t_{\text{и вых}}$: $t_{\text{и вых}} = C \cdot (R1+R2) \cdot \ln [E_{\text{п}} / (E_{\text{п}} - U_{\text{пор}})]$.
4. Проверить $t_{\text{восст}} = C \cdot R2 \cdot \ln 19 \le t_{\text{п вх}}$ и $I^0_{\text{вых инв}} = Eп / (R1 \,||\, R2) \le I^0_{\text{вых max инв}}$.