

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА- ЮГРА

ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет
Ханты-Мансийского автономного округа - Югры»

Е.Л. Шошин

РЕЗИСТОРНЫЙ КАСКАД НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Аналоговая схемотехника» для студентов направления 210700.68 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и профилем подготовки «Оптические сети и системы связи»

СУРГУТ 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1 Резисторный каскад на полевом транзисторе	3
1.1 Цель работы	3
1.2 Схема исследуемого каскада	3
1.3 Расчетное задание	4
1.4 Содержание экспериментальной части работы	6
1.5 Структурная схема экспериментальной установки	6
1.6 Порядок выполнения работы	6
1.7 Рекомендуемая литература	7
1.8 Контрольные вопросы	8

1 Резисторный каскад на полевом транзисторе

1.1. Цель работы

Целью работы является исследование влияния основных элементов схемы на характеристики резисторного каскада на полевом транзисторе с общим истоком.

1.2. Схема исследуемого каскада

Каскад реализуется на лабораторном макете (рисунок 1.1), который включает в себя резисторный усилительный каскад на полевом транзисторе, встроенный генератор прямоугольных импульсов и источник питания.

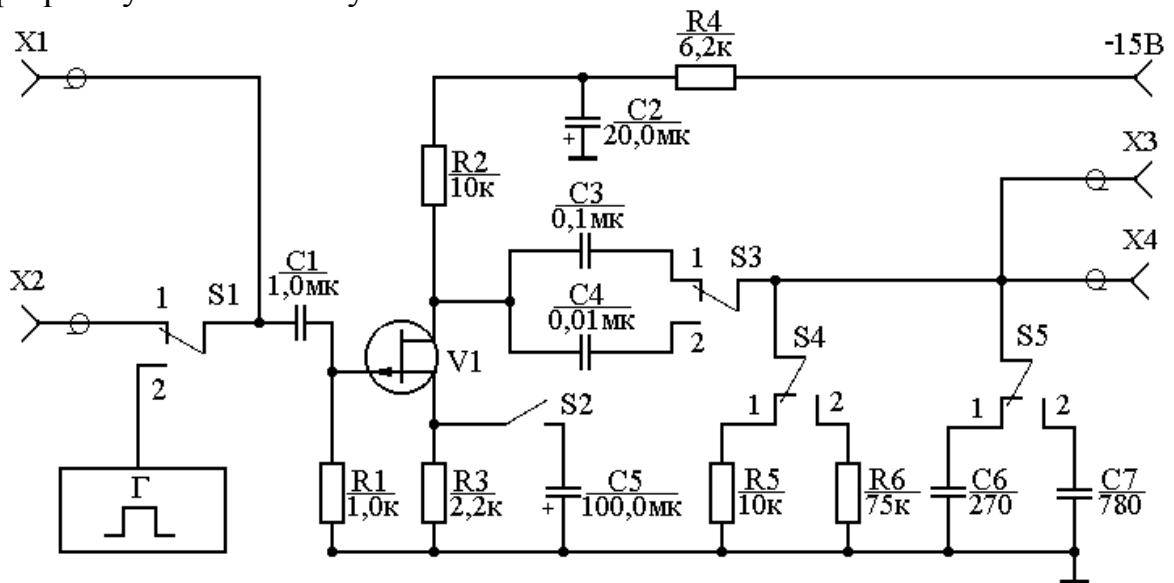


Рисунок 1.1 - Схема лабораторного макета

Схема исследуемого каскада приведена на рисунке 1.2.

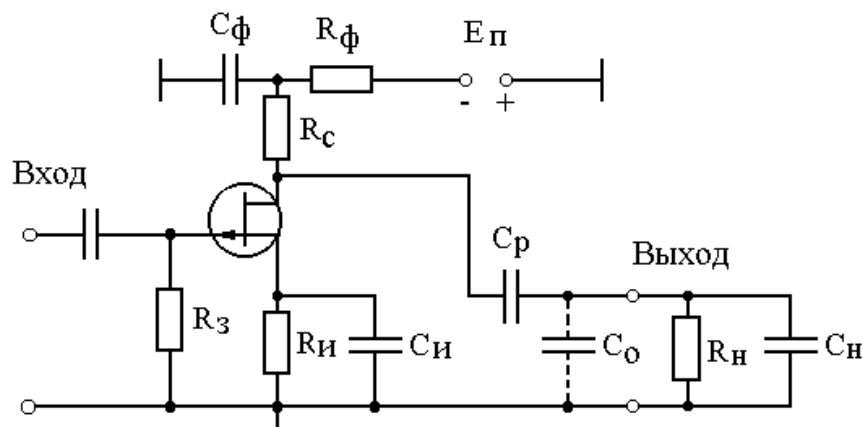


Рисунок 1.2 - Резисторный каскад с общим истоком

Резистор в цепи стока R_c создает путь для протекания постоянной составляющей тока стока. Совместно с резистором внешней нагрузки R_n резистор R_c образует

сопротивление нагрузки каскада по переменному току $R_{экв}$, на котором выделяется напряжение усиленного сигнала. Разделительный конденсатор C_p пропускает переменную составляющую сигнала на нагрузку и препятствует попаданию постоянного напряжения стока в нагрузку. На резисторе в цепи истока R_u создается автоматическое смещение. Сопротивление резистора R_u выбирается такой величины, чтобы падение напряжения на нем было равно требуемому напряжению смещения на затворе с обратным знаком. (Падение напряжения на резисторе в цепи затвора R_z близко к нулю, так как ток затвора очень мал). Блокировочный конденсатор в цепи истока C_u большой емкости включается параллельно резистору R_u для устранения потери усиления в рабочем диапазоне частот за счет обратной связи. Фильтр $C_\phi R_\phi$ в цепи стока служит для дополнительного сглаживания пульсаций источника питания. Цепи $C_u R_u$ и $C_\phi R_\phi$ являются вспомогательными цепями. Их влияние на характеристики каскада в данной работе не исследуются.

1.3. Расчетное задание

Исходные данные для расчета следующие:

напряжение источника питания $E_n = 15$ В; напряжение смещения на затворе в точке покоя $U_{zu} = 1$ В; сопротивления резисторов в цепях стока, фильтра, истока и нагрузки $R_c = 10$ кОм, $R_\phi = 6,2$ кОм, $R_u = 2,2$ кОм, $R_n = 10$ кОм; емкость разделительного конденсатора $C_p = 0,1$ мкФ; емкость, шунтирующая нагрузку, $C_o = 270$ пФ; крутизна транзистора в рабочей точке $S = 1,1$ мА/В; внутреннее сопротивление полевого транзистора $R_i = 33$ кОм; длительность прямоугольного импульса на входе $t_u = 40$ мкс (временем установления входного импульса можно пренебречь, т.к. оно мало по сравнению со временем установления каскада).

До начала экспериментальной части работы необходимо провести следующие построения и расчет:

1.3.1. На семействе выходных статических характеристик полевого транзистора КП103 (рисунок 1.3) построить нагрузочные прямые постоянного и переменного тока. Определить максимально возможные амплитуды входного и выходного напряжений (при условии, что отсечки тока нет и амплитуда выходного тока равна току покоя).

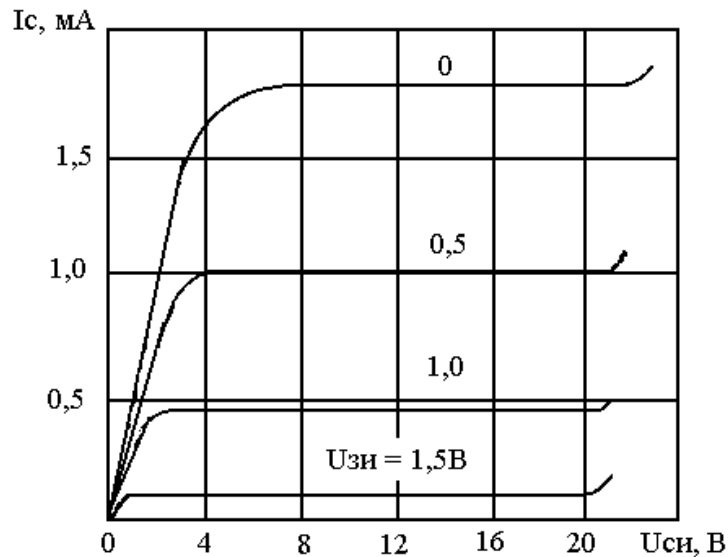


Рисунок 1.3 - Выходные характеристики полевого транзистора КП103

1.3.1 Рассчитать коэффициент усиления K_O .

1.3.2 Рассчитать нижнюю и верхнюю граничные частоты каскада f_H и f_B (при уровне частотных искажений по нижним и верхним частотам 3 дБ).

1.3.3 Рассчитать время установления t_y и спад плоской вершины импульса Δ .

1.3.4 Рассчитать и построить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) (Вычислить нормированный коэффициент усиления в области нижних частот Y_H для частот 50, 100, 200, 500 Гц, вычислить нормированный коэффициент усиления в области верхних частот Y_B для частот 20, 50, 100, 200 кГц).

При построении АЧХ использовать логарифмический масштаб по оси частот.

При расчетах использовать следующие соотношения:

$$g_{\text{экв}} = 1/R_i + 1/R_C + 1/R_H; \quad (1.1)$$

$$K_O = S/g_{\text{экв}}; \quad (1.2)$$

$$\tau_B = C_O/g_{\text{экв}}; \quad (1.3)$$

$$\tau_H = C_p(R_C + R_H); \quad (1.4)$$

$$f_B = 1/2\pi\tau_B; \quad (1.5)$$

$$f_H = 1/2\pi\tau_H; \quad (1.6)$$

$$t_y = 2,2\tau_B; \quad (1.7)$$

$$\Delta = t_u/\tau_H; \quad (1.8)$$

$$Y_H = 1/\sqrt{1+(f_H/f)^2}; \quad (1.9)$$

$$Y_B = 1/\sqrt{1+(f/f_B)^2}. \quad (1.10)$$

1.4 Содержание экспериментальной части

В процессе выполнения работы экспериментально исследуется влияние емкости разделительного конденсатора C_p , общей шунтирующей емкости C_o и сопротивления нагрузки на амплитудно-частотную характеристику резисторного каскада и на искажение формы усиливаемого прямоугольного импульса.

1.5 Структурная схема экспериментальной установки

В лабораторной работе используются следующие приборы:

лабораторный макет; генератор сигналов; вольтметр; осциллограф; встроенный в макет генератор прямоугольных импульсов. Структурная схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.4.

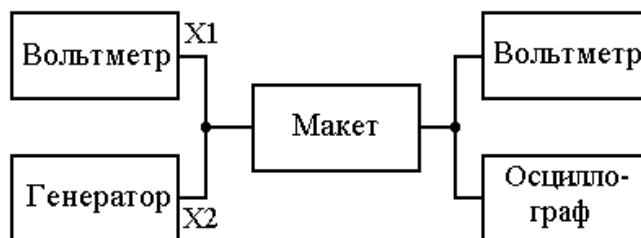


Рисунок 1.4

1.6 Порядок выполнения работы

1.6.1 Собрать установку по схеме рисунка 1.4. Переключатель ПРЕДЕЛЫ ШКАЛ генератора сигналов поставить в положение 100 мВ; включить внутреннюю нагрузку генератора; переключатель S1 на макете поставить в положение 1. Подключить блокировочный конденсатор в цепи истока переключателем S2.

1.6.2 Исследовать влияние емкости разделительного конденсатора C_p на частотную характеристику. Для этого снять частотные характеристики для $C_p=0,1$ мкФ и $C_p=0,01$ мкФ при $R_H=75$ кОм; $C_o=270$ пФ.

Примечание. При снятии частотных характеристик измерения следует производить для частот: 20 Гц, 50 Гц, 100 Гц, 200 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 2 кГц, 5 кГц, 10 кГц, 20 кГц, 50 кГц, 100 кГц, 200 кГц.

1.6.3 Исследовать влияние общей шунтирующей емкости C_o , подключенной параллельно выходным зажимам. Для этого снять частотные характеристики при $R_H=10$ кОм, $C_p=0,1$ мкФ для $C_o=270$ пФ и $C_o=780$ пФ.

1.6.4 Исследовать влияние сопротивления нагрузки R_H на частотную характеристику. Для этого снять частотные характеристики для $R_H=75$ кОм и $R_H=10$ кОм при $C_p=0,1$ мкФ и $C_o=270$ пФ.

1.6.5 Исследовать влияние емкости разделительного конденсатора C_p на форму усиливаемого прямоугольного импульса. Подключить к входу усилителя генератор П - импульсов (S1 поставить в положение 2), подключить осциллограф к входу каскада (разъем X1) и зарисовать форму импульсов. Подключить осциллограф к выходу каскада и зарисовать форму импульсов при $R_H=10$ кОм, $C_O=270$ пФ для $C_p=0,1$ мкФ и $C_p=0,01$ мкФ. Приблизительно определить величину спада плоской вершины длительностью импульса 40 мкс в процентах с помощью масштабной сетки на экране осциллографа.

1.6.6 Исследовать влияние общей шунтирующей емкости C_O на форму усиливаемого прямоугольного импульса. Для этого зарисовать форму импульсов при $R_H=10$ кОм и $C_p=0,1$ мкФ для $C_O=270$ пФ и $C_O=780$ пФ.

1.6.7 Исследовать влияние сопротивления нагрузки R_H на форму прямоугольного импульса. Для этого зарисовать форму импульсов при $C_p=0,1$ мкФ и $C_O=270$ пФ для $R_H=10$ кОм и $R_H=75$ кОм. Определить время установления импульса t_y .

1.6.8 Снять амплитудную характеристику каскада $U_{вых}=\varphi(U_{вх})$ на частоте сигнала $f=5$ кГц при $R_H=75$ кОм; $C_O=780$ пФ. Для этого подключить ко входу усилителя генератор сигналов. Входное напряжение изменять в пределах от 0,1 до 2 В.

1.6.9 Наблюдая на экране осциллографа форму кривой выходного напряжения и постепенно увеличивая входное напряжение, определить максимальное значение $U_{вх}$ (и соответствующее ему выходное напряжение $U_{вых}$), при котором еще нет заметных на глаз искажений формы выходного сигнала. Увеличить входное напряжение и зарисовать форму сигнала при наличии нелинейных искажений.

1.6.10 Произвести нормировку снятых частотных характеристик, вычислив относительный коэффициент усиления. Построить нормированные частотные характеристики. На одном графике чертить только две кривые, соответствующие изменению одного параметра. Частотные характеристики строить, используя логарифмический масштаб на оси частот.

1.7 Рекомендуемая литература

1.7.1 Шарапов, А.В. Аналоговая схемотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Шарапов - Томск : ТУСУР, 2006. - 85 с. – Доступ с сайта электронно-библиотечной системы издательства «Лань». – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

1.7.2 Красько, А.С. Схемотехника аналоговых электронных устройств [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.С. Красько - Томск : ТУСУР, 2006. - 180 с. – Доступ с сайта электронно-библиотечной системы издательства «Лань». – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>

1.7.3 Войшвилло Г.В. Усилительные устройства. - М.: Связь, 1975.

1.7.3 Шошин, Е.Л. Проектирование широкополосных усилителей на биполярных транзисторах: учебное пособие / Е.Л. Шошин; Департамент образования и науки Ханты-Мансийского автономного округа - Югры, ГОУ ВПО "Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа - Югры", Кафедра радиоэлектроники.— Сургут : Издательский центр СурГУ, 2009 .— 73 с.

1.8 Контрольные вопросы

1.8.1 Поясните назначение элементов резисторного каскада.

1.8.2 Нарисуйте эквивалентные схемы резисторного каскада в области нижних и верхних частот.

1.8.3 Что является причиной частотных искажений в области нижних и верхних частот?

1.8.4 Какой вид имеет переходная характеристика резисторного каскада в области больших времен? Напишите формулу для переходной характеристики.

1.8.5 Какой вид имеет переходная характеристика резисторного каскада в области малых времен? Напишите формулу.

1.8.6 Нарисуйте форму прямоугольного импульса, усиленного резисторным каскадом. Как влияют на форму разделительный конденсатор C_p и емкость C_o , нагружающая каскад?

1.8.7 Что такое амплитудная характеристика усилителя?

1.8.8 Покажите путь протекания переменной составляющей тока стока в выходной цепи.

1.8.9 Как изменится линейная часть амплитудной характеристики, если отключить блокировочный конденсатор в цепи истока C_u ?

1.8.10 Покажите путь протекания постоянной составляющей тока стока.