

Лабораторная работа N3.

Исследование усилительных каскадов на полевых транзисторах

Цель. Экспериментально определить коэффициенты усиления, входные и выходные сопротивления для усилительных каскадов с ОИ, ОС, ОЗ.

Общие сведения

Устройство n-канального полевого транзистора с р-n переходом приведено на рис. 1. К концам бруска легированного кремния n-типа прикреплены выводы. На боковой поверхности бруска помещается область кремния р-типа, вокруг которой образуется р-n переход. Контакт на нижнем конце бруска называется истоком, контакт на верхнем конце бруска – стоком, контакт на р-области – затвором.

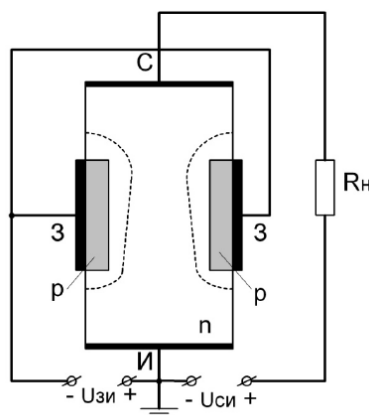


Рис 1. Устройство полевого транзистора с управляющим рn-переходом

Электроны движутся от истока к стоку, встречая на своем пути обедненный слой р-n перехода. Чем шире обедненный слой, тем уже канал, по которому могут проходить электроны от истока к стоку, поскольку сам обедненный слой, лишенный свободных носителей, ведет себя как изолятор. На затвор подается отрицательное напряжение смещения относительно истока, величина которого определяет ширину этого слоя и, соответственно, ток от истока к стоку. Естественно, в затвор при этом течет только очень малый ток обратного смещенного диода. Если увеличивать запирающее напряжение, что в какой-то момент обедненный слой полностью перекроет канал, и транзистор будет заперт. Это напряжение называют напряжением отсечки.

Основными характеристиками полевого транзистора являются:

1. $U_{зи\text{ отс}}$ – напряжение отсечки. Напряжение $U_{зи}$, при котором $I_c = 0$. Справочный параметр.
2. I_{co} – начальный ток стока. Ток стока при $U_{зи} = 0$ В. Справочный параметр.
3. $S = dI_c/dU_{зи}$ – крутизна, зависит от тока стока I_c
4. r_c – дифференциальное сопротивление стока

Вольтамперные характеристики полевых транзисторов с p-n переходом приведены на рис. 2.

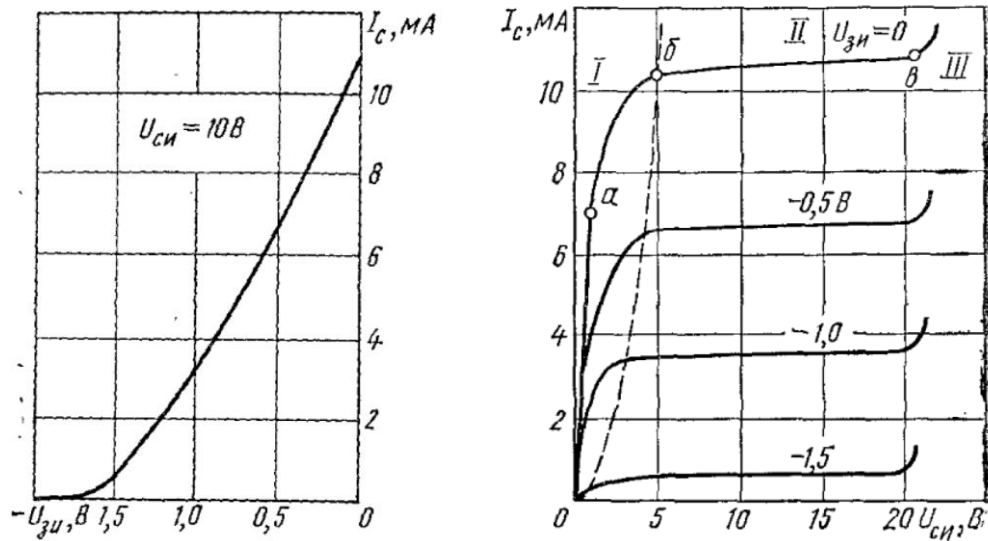


Рис 2. Вольтамперные характеристики полевого транзистора с рп переходом.

Эквивалентная схема полевого транзистора представлена на рис. 3 ниже:

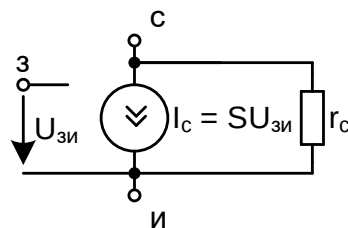


Рис 3. Эквивалентная схема транзистора

Упрощенная модель полевого транзистора для средних частот представляет собой источник тока, управляемый напряжением $U_{зи}$. Величина тока стока равна $S U_{зи}$. Для учета влияния напряжения $U_{си}$ на ток стока I_c параллельно источнику тока подключено дифференциальное сопротивление стока r_c .

Существует три схемы включения полевых транзисторов (рис. 4): с общим истоком, общим стоком (истоковый повторитель), общим затвором.

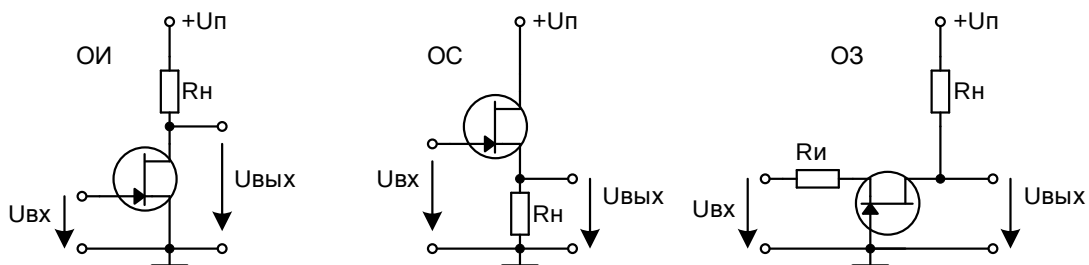


Рис 4. Схемы включения полевого транзистора

Для схемы с общим истоком (ОИ):

- входное сопротивление $R_{вх} = \infty$
- выходное сопротивление $R_{вых} = R_H$
- Коэффициент усиления по напряжению $K_u = -SR_H$

Для схемы с общим стоком (ОС):

- входное сопротивление $R_{вх} = \infty$
- выходное сопротивление $R_{вых} = R_H \parallel 1/S$
- Коэффициент усиления по напряжению $K_u = \frac{1}{1 + \frac{1}{SR_H}}$

Для схемы с общим затвором (ОЗ):

- входное сопротивление $R_{вх} = 1/S$
- выходное сопротивление $R_{вых} = R_H$
- Коэффициент усиления по напряжению $K_u = \frac{SR_H}{1 + SR_H}$

Теоретическое задание

Для схем с ОИ (рис. 5), ОС (рис. 6) и ОЗ (рис. 7) составить эквивалентные схемы.

Порядок выполнения экспериментов

- Установите в монтажную панель модуль ОАЭ-М6, подведите к гнездам «Подключение питания» напряжения от блока генераторов напряжений.

Каскад ОИ

- Соберите цепь усилительного каскада с ОИ (рис 5). Напряжение смещения регулируется потенциометром. Последовательно с источником переменного сигнала и на выходе включены конденсаторы 0,22мкФ и 0,47мкФ для развязки цепей постоянного и переменного тока. На входе включено добавочное сопротивление 100кОм, которое может быть зашунтировано перемычкой. На выходе предусмотрена возможность включения нагрузки 10кОм. Вначале нагрузка отключена, добавочное сопротивление зашунтировано.

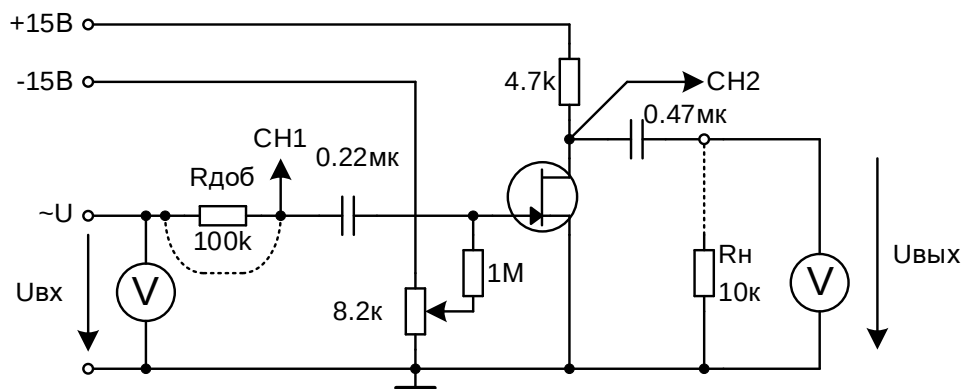


Рис 5. Усилитель по схеме с ОИ

- Включите осциллограф для наблюдения по двум каналам одновременно (канал I – 0,5 В/дел., канал II – 5 или 2 В/дел).
- Включите блок генераторов напряжений и установите частоту синусоидального напряжения 0,5 – 1кГц, а амплитуду сначала равной нулю.
- Изменяя напряжение смещения на затворе поворотом ручки потенциометра право и влево, установите напряжение покоя U_z применено посередине диапазона его изменения.
- Подайте на вход усилителя синусоидальное напряжение и, регулируя его амплитуду, установите на входе максимальный сигнал, соответствующий неискаженному напряжению на выходе. При необходимости уточните положение точки покоя
- Запишите в таблицу входное и выходное напряжения, определите коэффициент усиления по напряжению, рассчитайте крутизну транзистора S .
- Для определения выходного сопротивления подключите к выходу (параллельно вольтметру V2) нагрузочное сопротивление $R_n = 10\text{кОм}$. При этом напряжение на выходе уменьшится от $U_{\text{вых}}$ до $U_{\text{вых1}}$. Запишите это значение в таблицу и вычислите выходное сопротивление по формуле:

$$R_{\text{вых}} = R_n \left(\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых1}}} - 1 \right)$$

- Уберите нагрузочное сопротивление. Для определения входного сопротивления включите добавочное сопротивление $R_{\text{доб}} = 100\text{кОм}$ во входную цепь. Напряжение на выходе уменьшится от $U_{\text{вых}}$ до $U_{\text{вых2}}$. Запишите это значение в таблицу и вычислите выходное сопротивление по формуле:

$$\bullet \quad R_{\text{вх}} = \frac{R_{\text{доб}}}{\left(\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых2}}} - 1 \right)}$$

Каскад ОС

- Соберите цепь усилительного каскада с ОС.

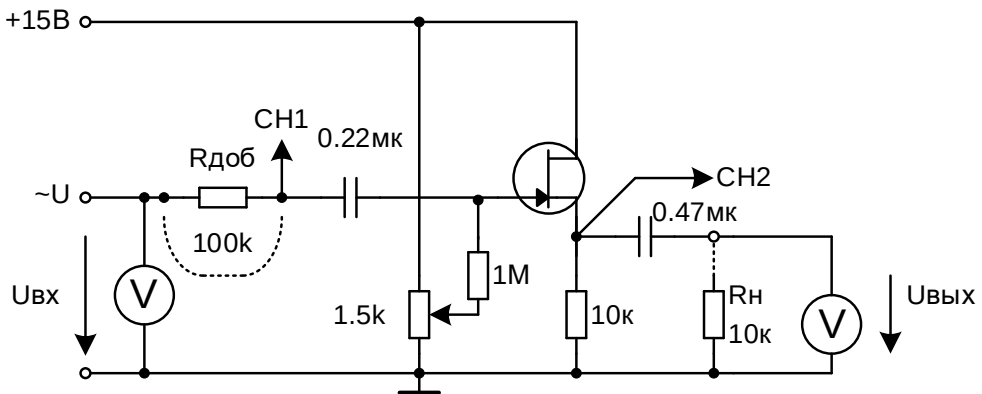


Рис 6. Усилитель по схеме с ОС

- Подайте на вход синусоидальное напряжение, соответствующее максимальному неискаженному напряжению на выходе, отрегулировав предварительно точку покоя потенциометром.
- Прodelайте те же опыты, что и в схеме с ОИ, заполните второй столбец
- По значению коэффициента передачи рассчитайте крутизну S транзистора.

Каскад ОЗ

- Прodelайте аналогичные опыты в схеме усилителя с общим затвором.

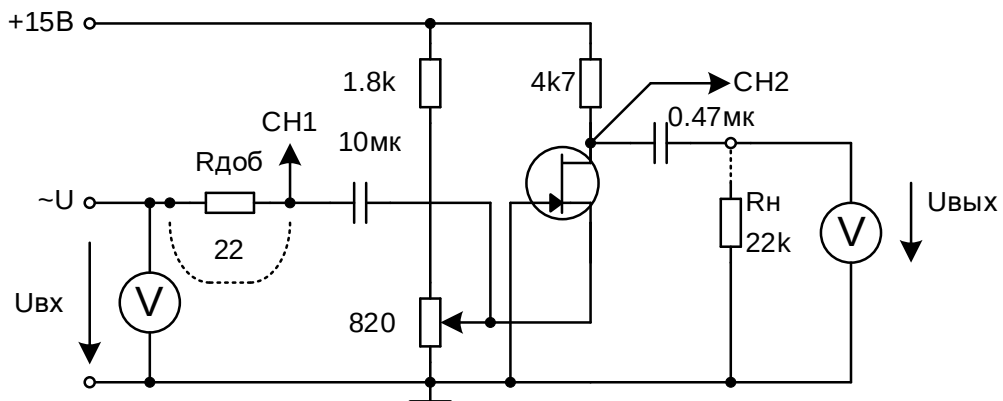


Рис 7. Усилитель по схеме с ОЗ

Таблица 1

	Каскад с ОИ	Каскад ОС	Каскад с ОЗ
$U_{ВХ}, В$			
$U_{ВЫХ}, В$			
$K_U = U_{ВЫХ}/U_{ВХ}$			
$U_{ВЫХ1}, В$	(при $R_H=10 \text{ кОм}$)	(при $R_H=22 \text{ кОм}$)	(при $R_H=22 \text{ кОм}$)
$U_{ВЫХ2}, В$	(при $R_{доб}=100 \text{ кОм}$)	(при $R_{доб}=100 \text{ кОм}$)	(при $R_{доб}=22 \text{ Ом}$)
$R_{ВЫХ}, \text{кОм}$			
$R_{ВХ}, \text{кОм}$			

Литература

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство: Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1991. – 622 с