

1. Закрепление теоретического материала раздела электротехники, связанного с изучением работы полевых транзисторов.
2. Получение практических навыков по снятию семейств вольтамперных характеристик нелинейных элементов с помощью характериографа.
3. Изучение работы аналоговых электронных ключей и аттенуаторов на полевых транзисторах.

Теоретические сведения

Как уже рассматривалось в первой части курса, для исследования ВАХ нелинейных элементов удобно применять характериографы. В данной работе в качестве характериографа будет использоваться осциллограф, переключенный в режим развертки по X от внешнего сигнала, и функциональный генератор, роль которого пока выполняет звуковая карта ПК с соответствующим ПО. В данном случае характериограф будет использован для того, чтобы снять семейство выходных и входных характеристик полевого транзистора, а также собственно зависимость, характеризующую линейность передачи сигнала.

Вариант схемы для точного снятия выходных ВАХ, показан на рисунке 5.1. На этой схеме общий провод осциллографа подключен к истоку транзистора, его вход развертки по X – к его стоку, а вход вертикального отклонения – к шунтирующему резистору, напряжение на котором будет пропорционально току, протекающему через резистор. Поскольку токи через все исследуемые транзисторы не будут превышать в работе 20-50 мА, а осциллограф с минимальным шумом может регистрировать сигналы не менее 10-50 мВ, величина данного сопротивления должна быть не менее 1 Ом.

На этой схеме полярность источников напряжения показана условно, поскольку исследуемый транзистор может быть как с p-, так и с n-каналом. По этой же причине на условном обозначении транзистора не показан тип канала, и к тому же и транзистор может оказаться не с изолированным затвором, а с затвором в виде p-n перехода.

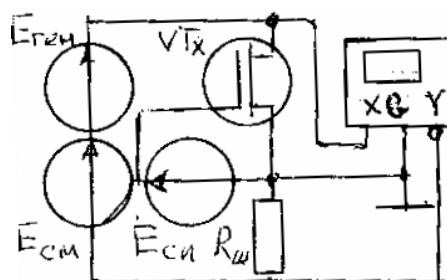


Рисунок 5.1 Схема для снятия выходных ВАХ полевого транзистора.

Источник ЭДС $E_{ген}$ является генератором переменного напряжения с нулевой постоянной составляющей, источник $E_{см}$ — смещает напряжение $E_{ген}$ так, чтобы размах суммарного напряжения $E_{ген} + E_{см}$ полностью перекрывал диапазон возможного изменения напряжения $U_{си}$, поскольку, если пренебречь малым падением напряжения на $R_{ш}$, можно считать, что $E_{ген} + E_{см} = U_{си}$ (рисунок 5.2).

Основным недостатком данной схемы является то, что источники напряжения развертки и осциллограф не имеют общей точки. Это, с одной стороны, увеличивает шумы регистрации, а, с другой стороны, требует использования как минимум двух отдельных источников питания — для генератора с источником смещения и для источника напряжения на затворе.

Данного недостатка лишена схема, приведенная на рисунке 5.3. На этой схеме источники $E_{ген}$ и $E_{см}$ преобразованы в узел

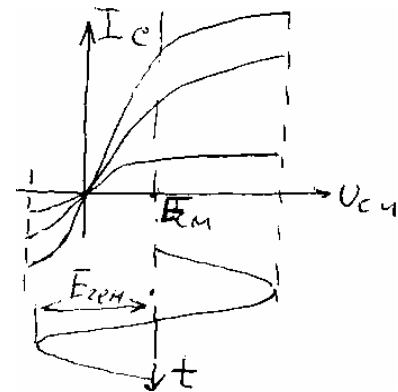


Рисунок 5.2- Диаграмма, поясняющая процесс нахождения семейства выходных ВАХ полевого транзистора

генератора (6). Этот узел образован собственно генератором (например, это может быть звуковая плата персонального компьютера (1) и усилителем — формирователем (2). Усилитель доводит размах напряжения на выходе генератора с 1В до 10В и дополнительно позволяет смещать это напряжение вплоть до напряжения питания как в положительную, так и в отрицательную сторону. Источник напряжения для затвора (7) состоит из блока питания ПК (1) и дополнительного регулировочного модуля (4), позволяющего изменять напряжение на затворе от отрицательного до положительного напряжения питания блока питания ПК. Резистор $R_{ш}$ выполняет здесь ту же функцию, что и на схеме на рисунке 5.1. В дальнейшем будем на схемах модули 7 и 6 обозначать неделимыми

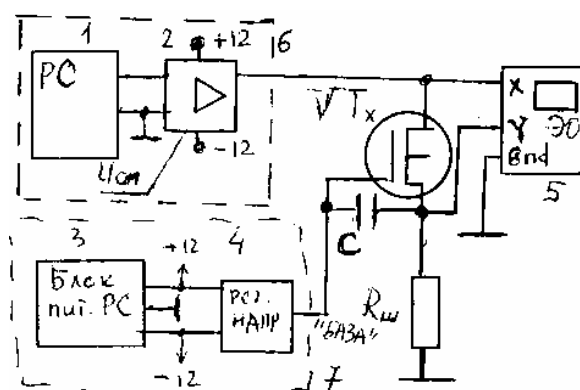


Рисунок 5.3 Экспериментальная схема для снятия выходных ВАХ полевого транзистора.

функциональными модулями, либо не обозначать их вовсе, заменяя их клеммами для подключения к соответствующему выводу модуля.

Для снятия семейства сток – затворных ВАХ можно использовать схему, аналогичную предыдущей и показанную на рисунке 5.4. На ней

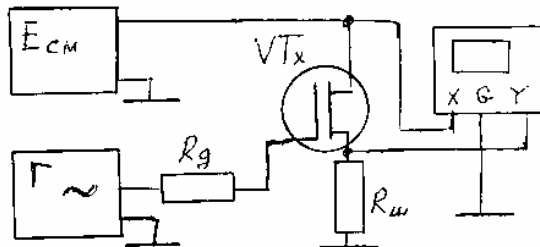


Рисунок 5.4 Экспериментальная схема для снятия сток – затворных ВАХ полевого транзистора.

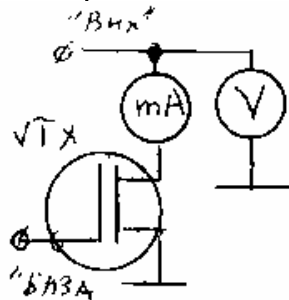


Рисунок 5.5
Схема для определения начального тока стока.

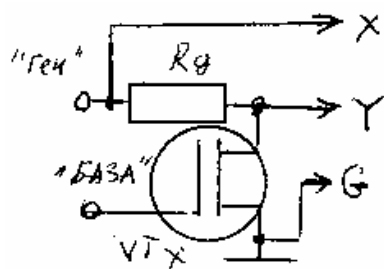


Рисунок 5.6 Схема электрически управляемого аттенюатора на ПТ и она же - схема электронного ключа последовательного типа.

блок $E_{см}$ эквивалентен блоку 6 на рисунке 5.3, а блок Г – блоку 7.

Зная семейство сток – затворных и выходных ВАХ не трудно найти такие важные параметры полевого транзистора (ПТ), как его сопротивление в открытом состоянии и начальный ток в закрытом состоянии. В открытом состоянии сопротивление канала равно тангенсу наклона соответствующей выходной

ВАХ. А вот начальный ток по семейству ВАХ определить практически невозможно в силу его малости. Для этого лучше воспользоваться схемой, приведенной на рисунке 5. Здесь «вых» - клемма выходного напряжения «вых.+» или «вых.-» (в зависимости от типа канала ПТ) на блоке 7, рисунка 5.3. В том, что в закрытом состоянии ПТ представляет собой скорее стабилизатор тока, чем активное сопротивление, нетрудно убедиться, измерив величину начального тока при различных напряжениях. Это иллюстрирует и рисунок 5.2, где для ВАХ, соответствующей закрытому транзистору, зависимость $I_c(U_{си})$ идет практически параллельно оси абсцисс.

Используемые элементы, приборы и принадлежности

1. Генератор синусоидального напряжения
2. Резисторы $R_{ш}=1\text{Ом} \dots 10\text{Ом}$, $R_d=1\text{кОм}$, 10кОм и 100кОм , и конденсатор $C=0.1\dots 1\text{мкФ}$.
3. Исследуемый транзистор

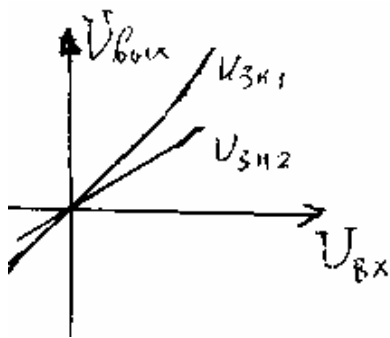


Рисунок 5.7 Вид зависимостей $U_{вых}(U_{вх})$, используемых для оценки величины максимально допустимого уровня входного сигнала.

4. Набор соединительных проводов – 2 шт.
5. Измеритель напряжения 0...12В и тока на пределы до 100мкА и 100мА
6. Электронный осциллограф с двумя парами щупов

Задание:

1. По справочным данным определить основные параметры исследуемого транзистора и его цоколевку.
2. Для полученного от преподавателя транзистора найти его входные и сток - затворные характеристики, как было описано выше.
3. Измерить начальный ток транзистора и сопротивление открытого канала при использовании имеющихся уровней напряжения.
4. По полученным данным оценить оптимальную величину сопротивления делителя для управляемого аттенюатора и величину сопротивления для аналогового ключа последовательного и параллельного типа.
5. Построить семейство зависимостей $U_{вых}(U_{вх})$ для управляемого аттенюатора для различных ко-

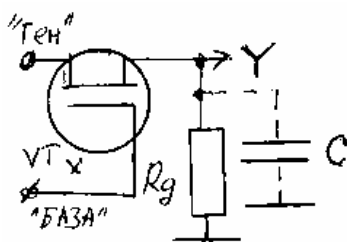


Рисунок 5.9 Схема параллельного аналогового ключа и $U_{ВХ}$ на ПТ.

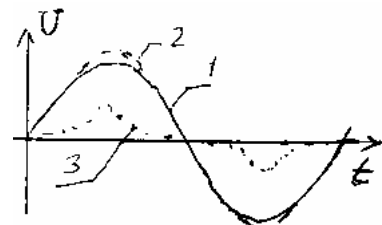


Рисунок 5.8 Временная диаграмма, иллюстрирующая метод нахождения нелинейности аналогового аттенюатора на ПТ.

эффицентов передачи. Оценить максимально допустимый уровень сигнала, при котором величина его искажений не превысит 1%.

6. Выделить разностный сигнал между частью входного напряжения и выходным напряжением и оценить величину искажений для различных уровней сигнала.
7. Оценить погрешность полученных результатов
8. Оценить, как изменятся результаты измерений, если использовать инверсное включение транзистора.
9. Оценить, как изменятся результаты измерений, если транзистор нагреть до температуры 50-70°C

Указания к выполнению работы

1. Справочные данные приведены в электронной базе данных, размещенной на серверном компьютере лаборатории.
2. При снятии характеристик нужно учитывать наличие защитных диодов, установленных между выводами транзисторов, и препятствующих их пробоем из-за статического электричества. По этой причине даже для транзисторов с изолированным затвором при приложении к ним напряжений обратной полярности ток затвора (и/или стока) может оказаться недопустимо большим.
3. При снятии ВАХ не стоит забывать, что при измерении малых токов вольтметр должен устанавливаться так, чтобы потребляемый им ток не входил в измеряемую цепь. При больших же токах наоборот, схему измерения следует выбирать так, чтобы падающее на амперметре напряжение не измерялось вольтметром.

В отчете привести:

1. Справочные данные по исследуемому транзистору
2. Все экспериментальные схемы с правильным обозначением транзистора и правильной полярностью источников напряжения.
3. Графики, а при необходимости и таблицы по результатам экспериментальных исследований

Вопросы для самопроверки по лекционному материалу

Электронные приборы на основе нескольких p-n переходов

1. Что такое лавинный транзистор и каковы схемы его включения?
2. Какими основными параметрами характеризуется лавинный транзистор?
3. Какой вид имеет ВАХ лавинного транзистора?
4. Что такое однопереходный транзистор и каковы схемы его включения?
5. Какими основными параметрами характеризуется однопереходный транзистор?
6. На чем основан принцип работы управляемых и неуправляемых тиристоров?