Рекомендации по выполнению лабораторной работы №28 для студентов 3 курса ФФКЭ

Будем работать со схемой, приведенной на стр. 27 Описания (рис. 2). Это нестабилизированный усилитель. Чтобы выполнить работу № 28, надо пройти через следующие этапы:

1. Выбор элементов схемы:

а) Выбрать напряжение питания Uп;

б) Выбрать используемый транзистор;

в) Выбрать постоянный ток коллектора Iк и напряжение Uкэ;

г) Определить значения трех сопротивлений (Rк, Rб, Rи) и емкость конденсатора Сб;

Проблема выбора - это всегда сложная проблема. Как известно, некий осел некоторого Буридана (буриданов осел) умер от голода, не решив проблему выбора между двумя равноудаленными от него охапками сена. Здесь надо выбрать существенно больше величин в условиях большой неопределенности. И хотя этот выбор должен делать не буриданов осел, а студент физтеха, ему следует облегчить задачу и сделать этот выбор за него.

Примем напряжение питания Uп = 10 В, постоянный ток коллектора Iк = 2 мА, постоянное напряжение на коллекторе Uкэ = 5 В.

Почему сделан такой выбор этих величин, любознательный студент может спросить у своего преподавателя.

В качестве транзистора возьмем КТ315Г – маломощный кремниевый транзистор типа n-p-n. Для этого транзистора отношение коллекторного тока к базовому току (h21э) лежит в диапазоне 50 – 350 (справочное значение). Типичное значение h21э = 100. Напряжение база – эмиттер (Uбэ) для кремниевых транзисторов с хорошей точностью равно 0,65 В.

Данный транзистор расположен в оранжевом пластмассовом корпусе и имеет три плоских вывода. Если держать его выводами вниз и смотреть со стороны надписей, то слева будет эмиттер, затем идет коллектор, справа вывод базы. В левом верхнем углу на корпусе транзистора должна быть буква Г.

В исходном состоянии все выводы транзистора лежат в одной плоскости. Рекомендуем каждый вывод с помощью пинцета повернуть на 45 градусов. Тогда транзистор будет лучше вставляться в отверстия монтажной платы.

Коллекторное сопротивление Rк можно определить из того условия, что при Uп = 10 В, Iк = 2 мА, Uкэ = 5 В, падение напряжения на этом резисторе равно 5 В. Отсюда Rк =2,5 кОм. Все резисторы (и другие детали) могут быть взяты в ячейках кассы, имеющейся в каждой лаборатории. Но резистора с номиналом 2,5 кОм Вы там не найдете, поскольку производители выпускают резисторы не любого номинала, а в соответствии с некоторой общепринятой сеткой значений. В нашем случае ближайшее значение сопротивления будет равно 2,4 кОм. Для обозначения величины сопротивления сейчас широко используется маркировка в виде цветных колец. Каждому цвету соответствует одна цифра. Так, на резисторе 2,4 кОм присутствуют красное, желтое, красное и золотистое кольца. Красное = 2, желтое = 4. Третье кольцо (в данном случае красное), показывает, в какую степень надо возвести основание 10. Затем 24 надо умножить на 100 и получим значение сопротивления в омах.

Золотистое кольцо говорит о классе точности (в данном случае 5%).

Сопротивление Rб для начала возьмем равным 470 К. Тогда постоянный ток по этому резистору (при Uп = 10 В и Uбэ = 0,65 В) будет равен 20 мкА. Если у того транзистора КТ315Г, который Вы взяли в кассе, h21э = 100, то коллекторный ток транзистора окажется равным 2 мА, что и требуется.

Сопротивление резистора Rи возьмем равным сопротивлению резистора Rк, т.е. Rи = 2,4 кОм.

Емкость конденсатора Сб рекомендуется взять равной 0,33 мкф. На корпусе этого конденсатора емкость обозначена числом 334. Если умножить 33 на 10 в четвертой степени, то получим значение емкости в пикофарадах. При такой емкости Сб и Rи = 2,4 кОм нижняя граничная частота усилителя получится примерно равной 100 Гц.

2. Собрать схему на макетной плате.

Схема собирается на монтажной плате, в отверстия которой вставляются выводы всех деталей. Необходимые соединения осуществляются с помощью изолированных проводов с зачищенными концами.

Как устроена монтажная плата и как на ней собирать схему Вам должен объяснить преподаватель.

3. Измерить постоянное напряжение на базе транзистора Uбэ (должно быть близким к 0,65 В) и напряжение на коллекторе транзистора Uкэ.

Измерение этих напряжений можно сделать с помощью вольтметра, встроенного в генератор сигналов, имеющегося на каждом рабочем месте студента.

Если напряжение Uбэ существенно отличается от 0,65 В (например, окажется близким к 10 В), то это означает, что Вы забыли соединить эмиттер транзистора проводом с землей.

Предположим, что измеренное значение Uкэ равно 2,5 В. Это означает, что коллекторный ток транзистора равен 3 мА. А поскольку базовый ток при Rб = 470 кОм равен 20 мкА, то h21э = 150. Теперь следует увеличить Rб в полтора раза, и коллекторный ток станет примерно равным 2 мА, а напряжение коллектор – эмиттер приблизится к 5 В.

Сопротивление резистора Rб надо подобрать таким, чтобы напряжение Uкэ отличалось от 5В не более чем на 0,5 В. При этом коллекторный ток будет несколько отличаться от 2мА, его надо подсчитать и в дальнейших расчетах использовать эту величину.

4. Подать на вход усилителя синусоидальный сигнал от генератора сигналов, который имеется на каждом рабочем месте. Предлагается для начала взять частоту этого сигнала равной 1 кГц.

Посмотреть с помощью осциллографа сигнал на коллекторе транзистора. При этом следует использовать вход осциллографа с обозначением 1:10. Скорее всего, сигнал на коллекторе не будет синусоидальным, а будет представлять собой прямоугольное колебание.

Далее следует уменьшать сигнал, подаваемый на вход усилителя от генератора сигналов, и добиться того, чтобы на коллекторе была синусоида с амплитудой примерно 2 В.

5. Измерение параметров усилителя.

Измерение параметров усилителя следует проводить в линейном режиме, который был обеспечен на предыдущем шаге. При этом следует использовать вход осциллографа с обозначением 1:10.

а) Измерение Кu, Ке, Rвх.

С помощью осциллографа измерить амплитуду напряжения на коллекторе транзистора, амплитуду напряжения на базе и амплитуду напряжения, подаваемого от генератора. Зная эти три величины, можно вычислить Кu - усиление от базы до коллектора (Кu может получиться равным примерно 140), Ке - усиление от генератора до коллектора (Ке может получиться примерно равным 60), Rвх - входное сопротивление усилителя (Rвх может получиться примерно равным 2,2 кОм).

б) Измерение частотных характеристик усилителя (нижней и верхней граничных частот).

Для частоты входного сигнала 1 кГц устанавливаем на выходе амплитуду напряжения примерно 2 В. Затем понижаем частоту входного сигнала и находим частоту, при которой выходной сигнал усилителя уменьшится в корень из двух раз. Это и будет нижняя граничная частота усилителя, т.е. частота, при которой усиление усилителя Ке снижается в корень из двух раз. Рекомендуем на всякий случай проверить, не изменилось ли значение напряжения, вырабатываемого генератором. Обычно выходное напряжение генератора не изменяется при изменении частоты, однако проверка не помешает. Измеренное значение нижней граничной частоты для нашего усилителя должно быть в районе 100 Гц.

Измерение верхней граничной частоты осуществляется точно также, но частоту в процессе измерения надо повышать. Измеренное значение верхней граничной частоты для нашего усилителя может быть около 100 кГц.

6. Изучение влияния нагрузки, подключенной к выходу усилителя, на его параметры.

Подключить к выходу усилителя нагрузку Rн так, как показано на рис.3 задания (стр. 27 Описания).

Возьмем Rн = Rк (2,4 кОм). Емкость конденсатора Ср следует взять равной 1 мкФ (на корпусе конденсатора будет написано 105).

Измерить все параметры усилителя с подключенной нагрузкой по методике, описанной выше (п.5). Некоторые измеренные величины останутся такими же, какими они оказались по итогам измерений, проведенных в п.5, а некоторые изменятся.

Кu и Ке уменьшатся в 2 раза, Rвх и нижняя граничная частота практически не изменятся, верхняя граничная частота вырастет, но меньше, чем в 2 раза.

7. Изучение влияния режима по постоянному току на параметры усилителя.

Отключить Rн (вернуться к схеме, приведенной на рис.2 задания). Увеличить значение резистора Rб в два раза. Измерить постоянные напряжения Uбэ и Uкэ. Скорее всего, Uбэ практически не изменится, а Uкэ вырастет по сравнению со значением, полученным в п.3. По полученному значению Uкэ оценить новое значение коллекторного тока. Оно получится равным примерно 1 мА.

Измерить все параметры усилителя с увеличенным в два раза Rб по методике, описанной выше (п.5). Все параметры усилителя изменятся. Так, Кu уменьшится примерно в 2 раза, Rвх вырастет почти в два раза, Ке уменьшится, но не в 2 раза, нижняя граничная частота станет ниже, а верхняя граничная частота увеличится, но меньше, чем в 2 раза.

8. Сравнение экспериментально полученных величин с их теоретическими значениями.

Вычислить теоретические значения Кu, Rвх, Ке, верхней и нижней граничных частот для тех условий, которые соответствуют п.5, п.6, п.7. Результаты представить в виде трех таблиц (по одной для каждого из п.5, п.6, п.7). В каждой таблице привести экспериментальное и теоретическое значение Кu, Ке, Rвх, верхней и нижней граничных частот. Полезно также в этих таблицах привести формулы, по которым считаются теоретические величины.

При теоретических расчетах следует принять Сб1к = 5 пФ, rб1б = 100 Ом, Сб1э = 50 пФ.