**Лабораторная/практическая работа**

**УСИЛИТЕЛЬ НИЗКИХ ЧАСТОТ**

**Цель работы:** исследование схемы двухкаскадного усилителя низких частот.

**Общие сведения**

*Усилителями* называются устройства, предназначенные для увеличения значений параметров электрических сигналов за счёт энергии включенного источника питания. Различные усилители применяются для преимущественного усиления значений тех или иных параметров сигналов.

К основным параметрам усилителей относятся:

* напряжение питания *Uп*;
* номинальное входное напряжение *Uвх*;
* полоса усиливаемых частот (*полоса пропускания*);
* коэффициенты усиления по напряжению *Кu*, току *Кi* или мощности *Кp*;
* входное и выходное сопротивления.

Зависимость коэффициента усиления от частоты *Ku*(*f*) – амплитудная частотная характеристика (АЧХ) и зависимость угла сдвига фаз выходного и входного сигналов от частоты φ(*f*) – фазовая частотная характеристика (ФЧХ) характеризуют свойство усилителей усиливать гармонические сигналы. Коэффициент усиления *Ku* и частота входного сигнала *f* обычно представляются в логарифмическом масштабе (рис. 1).

φ, рад

20lg*Ku*

*Ku*, дБ

Рис. 1. Частотные характеристики усилителя

– π

– π/2

lg *f*

lg *f*

*f*1

0

0

По типу АЧХ различают усилители медленно изменяющихся напряжений и токов (усилители постоянного тока), усилители высоких частот, широкополосные и узкополосные. Частоты *fH* и *fB*, определяемые при коэффициенте усиления *К*мах/*√*2 или 0,7 *Кu* определяют усиливаемых частот (*полосу пропускания*) усилителя (рис. 2).

Рис. 2. Определение полосы пропускания по АЧХ усилителя

Схема типового усилительного каскада на биполярном транзисторе, включенного по схеме с общим эмиттером, с разделительными конденсаторами представлена на рис. 3.

*r*0

*СЭ*

*С*2

*С*1

*Rн*

*RЭ*

*R*2

*R*1

*RК*

*iн*

*Iкп*+*iк*

*ic*

*uвх*

*ec*

*ЕК*

*uвых* = *uн*

*Iбп*+*iб*

*iэ*

*Iэп*

Рис. 3. Усилительный каскад на биполярном транзисторе

Конденсаторы большой ёмкости *С*1 и *С*2 отделяют цепь постоянного тока (цепь питания) от цепи источника сигнала и цепи приёмника с сопротивлением нагрузки *Rн*. Резисторы *R*1, *R*2, *RK* в схеме обеспечивают необходимые значения постоянных напряжений на коллекторном и эмиттерном переходах при питании всех цепей транзистора от одного общего источника питания *ЕК*. Резистор *RЭ* обеспечивает температурную стабилизацию рабочей точки. С ростом температуры постоянная составляющая тока эмиттера *Iэп* возрастает, вследствие чего увеличивается падение напряжения *RЭ*·*Iэп* на резисторе *RЭ*, при этом потенциал эмиттера относительно базы снижается, что уменьшает постоянную составляющую тока базы *Iбп* и ограничивает степень нарастания тока покоя в цепи коллектора. Для устранения этого воздействия при прохождении по цепям транзистора переменных составляющих резистор *RЭ* шунтируется конденсатором *СЭ*.

**Методика проведения работы**

Лабораторная работа проводится в программе Electronics Workbench на модели двухкаскадного усилителя низких частот (рис. 4).

*Схема модели двухкаскадного усилителя низких частот* состоит из двух биполярных транзисторов VT1 и VT2, одной из моделей зарубежного производства 2N3904, разделительных конденсаторов C1, C2 и С3 ёмкостью 2,2 мкФ, источника питания Ek напряжением 15 В и делителей напряжения R1-R2 и R3-R4 (рис. 4). Резисторы *R*e2 и *R*e4 обеспечивает температурную стабилизацию рабочих точек транзисторов.

Рис. 4. Схема модели двухкаскадного усилителя низких частот в EWB

В той и другой схеме параллельно входу, выходу первого и второго каскада усилителя включаются вольтметры, измеряющие действующее значение переменных напряжений *U* in, *U* stg1 и *U* stg2.

Сигнал на вход усилителя задается генератором сигналов Function Generator. Амплитуда сигнала 20 мВ.

Для визуального наблюдения формы сигнала входного и усиленного напряжений имеется виртуальный осциллограф. Для построения АЧХ в модели присутствует специальный построитель Bode Plotter.

В процессе эксперимента необходимо измерить/вычислить коэффициенты усиления каждого каскада, согласно таблице 1, а также определить полосу пропускания данного усилителя.

**Порядок выполнения работы**

*Экспериментальная часть*

1. Скачать программу Electronics Workbench ([EWB512.exe](https://portal.sibadi.org/pluginfile.php/195250/mod_folder/content/0/EWB512.exe?forcedownload=1)) со страницы курса [Электротехника](https://portal.sibadi.org/course/view.php?id=1292) учебного портала СибАДИ (папка [Виртуальные лабораторные работы](https://portal.sibadi.org/mod/folder/view.php?id=83321) раздела Лабораторные работы. Распаковать архив в корень диска C, получится c:\EWB512.
2. Скачать из папки [Виртуальные лабораторные работы](https://portal.sibadi.org/mod/folder/view.php?id=83321) файл модели [УНЧ.ewb](https://portal.sibadi.org/pluginfile.php/195250/mod_folder/content/0/%D0%A3%D0%9D%D0%A7.ewb?forcedownload=1). Поместить файл модели в папку с программой (c:\EWB512\).
3. Запустить программу (WEWB32.EXE) открыть из неё файл модели исследуемой схемы. Запуск моделирования производится через меню программы (Analysis\Activate). Остановка моделирования производится через меню программы (Analysis\Stop). Или виртуальным выключателем в верхнем правом углу программы.
4. Исследовать модель *двухкаскадного усилителя низких частот.* Значения частоты входного напряжения меняем 12 раз, согласно количеству строк в табл. 1 (параметр Frequency в настройках генератором сигналов Function Generator.). При этом величину амплитуды сигнала **не меняем** (20 мВ). Занести результаты измерений в табл. 1.

 Установка значений частоты сигнала (Frequency)

Таблица 1 – Двухкаскадный усилитель низких частот

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | *f* | lg*f* | *U* in | *U* stg1 | *U* stg2 | *Ku*1 | *Ku*2 | *Ku* | *Ku* |
| Гц | дек | мВ | мВ | В | **-** | **-** | **-** | дБ |
| 1 | 10 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 25 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 50 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 75 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 100 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 200 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 500 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 1000 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 9 | 10000 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 100000 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 500000 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |
| 12 | 900000 |  | 14,14 |  |  |  |  |  |  |

1. С помощью специального построителя Bode Plotter получить АЧХ и определить полосу пропускания данного усилителя.
2. Снять осциллограммы входного и выходного напряжений при частоте 1 кГц с помощью виртуального осциллографа для частот из таблицы 1**.**

*Расчётно-графическая часть*

1. Рассчитать коэффициенты усиления каждого каскада *Ku*1 и *Ku*2 усилителя, согласно таблице 1.
2. Построить характеристики логарифмическую АЧХ усилителя по данным таблицы.

**Содержание отчета**

1. Наименование работы и её цель.
2. Схемы модели двухкаскадного усилителя низких частот в EWB.
3. Таблица с результатами испытания и вычислений.
4. Полоса пропускания усилителя, полученная с помощью Bode Plotter (картинки с определением полосы пропускания).
5. Осциллограммы входного и выходного напряжений при частоте 1 кГц.
6. Логарифмическая АЧХ усилителя.
7. Краткие выводы по работе.