

## Лабораторная работа №1 Исследование режекторного фильтра

Цель работы: Снятие и анализ амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик режекторного фильтра.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое электрический фильтр?
2. Как подразделяются электрические фильтры в зависимости от состава, входящих в них компонентов?
3. Что такое полоса пропускания фильтра?
4. Что такое полоса затухания фильтра?
5. Как подразделяются электрические фильтры в зависимости от полосы пропускания?
6. Нарисуйте амплитудно-частотные характеристики идеальных и реальных электрических фильтров.
7. Поясните разницу между пассивными и активными фильтрами?
8. Нарисуйте схемы пассивных фильтров для диапазона частот от 0 до 20 кГц. По каким формулам определяется граничная частота или частота квазирезонанса таких фильтров?
9. Нарисуйте схемы пассивных фильтров для диапазона частот от 200 до 20000 кГц. По каким формулам определяется граничная частота или частота квазирезонанса таких фильтров?
10. В каких случаях применяются пьезоэлектрические фильтры.
11. Что такое прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты?
12. Рассчитайте частоту квазирезонанса двойного Т-образного моста, если  $C = 4,7 \text{ мкФ}$ , а  $R = [\text{Ваш номер по журналу}] \text{ Ом}$ .

### Порядок выполнения работы

1. Собрать схему исследования режекторного фильтра, изображенную на рисунке 16.

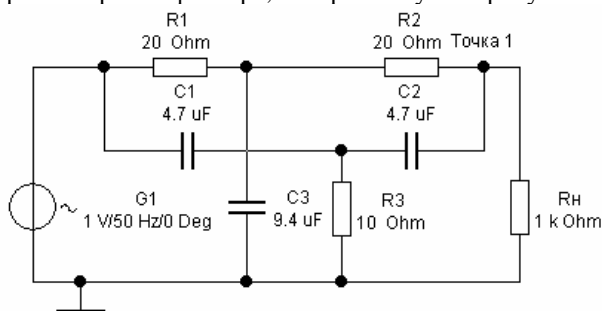


Рисунок 16 – Схема для исследования двойного Т-образного моста

2. Подвести курсор к точке 1. В строке состояния (в нижней части экрана) появится надпись «Connector: Node X». Число X (номер узла) необходимо запомнить для использования в дальнейших исследованиях.
3. В меню Анализ (Analysis) выбрать пункт AC Frequency.
4. В открывшемся диалоговом окне в списке «Nodes in circuit» выбрать число X и нажать кнопку Add. Теперь измерения будут проводиться в указанной точке. Далее следует установить начальную частоту FSTART (для данной схемы – 500 Гц) и конечную частоту FSTOP (5 кГц) для задания диапазона изменения частоты и количество измерений (Number of points) – например 10000. Установить также тип проекции «Линейная» (linear).
5. Нажать кнопку Имитировать (Simulate). Результат анализа показан на рисунке 17.

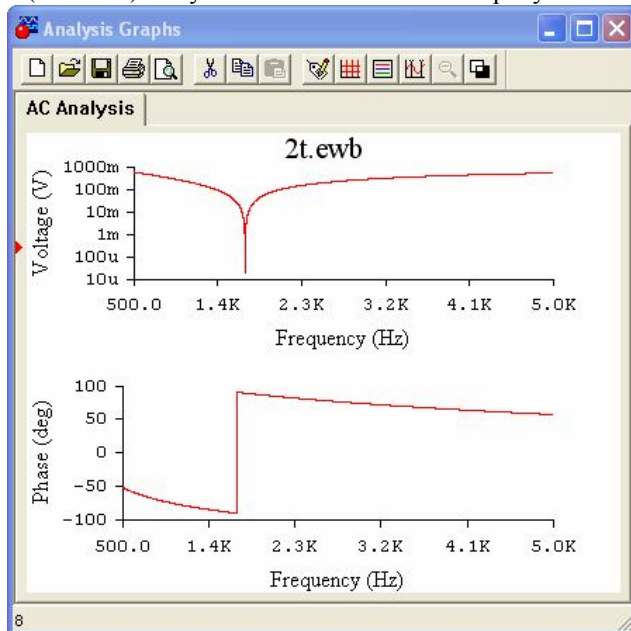


Рисунок 17 – АЧХ и ФЧХ рассмотренного фильтра

6. Рассчитать фильтр с частотой квазирезонанса, соответствующей вашему варианту (предлагается преподавателем).
7. Установить в схеме (Рисунок 16) номиналы элементов, полученные при расчете, и провести исследования по рассмотренному образцу.
8. Сделать вывод.

## Лабораторная работа №2 Исследование полупроводниковых диодов

Цель работы: Снятие и анализ вольтамперных характеристик германиевого и кремниевого диодов. Определение их параметров по характеристикам.

**Вопросы для самоподготовки**

1. Что такое полупроводниковый диод?
2. Из каких материалов изготавливаются диоды?
3. Сколько PN-переходов содержит диод?
4. Чем отличаются диоды, изготовленные из различных материалов?
5. Нарисуйте условное графическое обозначение (УГО) диода. Как называются его выводы. Запишите название выводов на рисунке.
6. Какие приборы необходимы для снятия ВАХ диодов?
7. Нарисуйте вольтамперную характеристику (ВАХ) диода. Расскажите о процессах, соответствующих характерным участкам ВАХ.
8. Перечислите основные параметры диодов. Охарактеризуйте каждый из них.
9. Как определить режим работы диода по нагрузочной прямой?
10. Назовите разновидности полупроводниковых диодов. Поясните их особенности и область применения.

**Порядок выполнения работы**

1. Собрать схему исследования диодов, изображенную на рисунке 18.

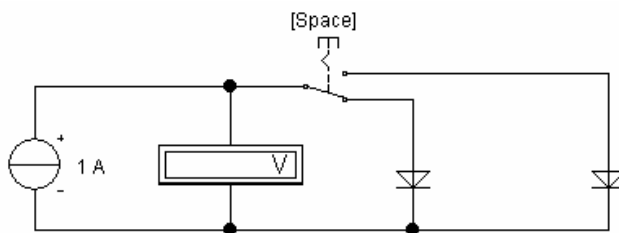


Рисунок 18 – Схема исследования диодов, включенных в прямом направлении.


2. Двойным щелчком левой кнопки мыши на генераторе тока открыть его свойства и установите ток 1 мкА (1  $\mu$ А).
3. Открыть свойства первого диода и на вкладке Models выбрать диод SB040 (general2), а на вкладке Label в строку Label вписать обозначение VD1. Нажать ОК.
4. Повторить операцию для второго диода, обозначив его VD2 и выбрав диод 1N4153 (national).
5. Включить схему переключателем , расположенным в правом верхнем углу экрана или нажатием клавиш [CTRL]+[G] (для отключения служит комбинация [CTRL]+[T]). При изменении параметров схемы возможно потребуется повторное включение.
6. Изменяя ток генератора в соответствии с таблицей 1, записать показания вольтметра.

Таблица 1 – Данные для построения прямой ветви ВАХ диода

Прямой ток, $I_{пр}$ , мА	0,02	0,05	0,1	1,0	5,0	10,0	20,0	50,0	100,0
Напряжение на диоде VD1, $U_{пр2}$ , мВ									
Напряжение на диоде VD2, $U_{пр2}$ , мВ									

7. Подключить диод VD2 к генератору тока, нажав клавишу [Пробел] (для управления переключателем можно использовать другую клавишу; для этого ее нужно задать в свойствах компонента).
8. Повторить измерения для второго диода.
9. Собрать схему, изображенную на рисунке 19.

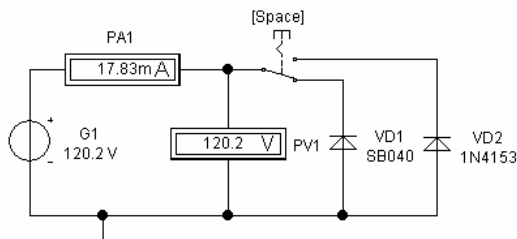


Рисунок 19 – Схема исследования диодов, включенных в обратном направлении

10. Снять обратные характеристики диодов, изменяя напряжение в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Данные для построения обратной ветви ВАХ диода

Обратное напряжение на диоде $U_{обр}$ , В	0,1	1,0	10,0	60,0	120,0	120,1	120,2	120,3	120,4
Ток через диод VD1, $I_{обр1}$ , мкА									
Ток через диод VD2, $I_{обр2}$ , мкА									

11. Построить ВАХ диодов в координатных осях.
12. Определить режим работы диода в схеме (Рисунок 20), при  $E=2В$ ,  $R1=39$  Ом, используя ВАХ диода. Найти сопротивление постоянному току и дифференциальное сопротивление диода.
13. Сделать вывод. Вывод должен содержать описание теоретических положений, подтвержденных экспериментально в процессе выполнения работы.

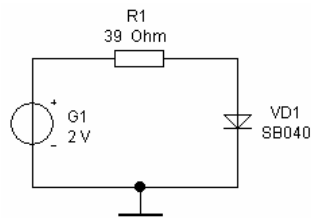


Рисунок 20 – Схема для задачи пункта 12

### Лабораторная работа №3 Снятие статических характеристик биполярного транзистора

Цель работы: Снятие и анализ вольтамперных характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером. Определение h-параметров по характеристикам.

#### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое биполярный транзистор?
2. Из каких материалов изготавливаются транзисторы?
3. Сколько PN-переходов содержит биполярный транзистор?
4. Чем отличаются транзисторы различных типов?
5. Нарисуйте условные графические обозначения транзисторов различных типов. Запишите названия выводов на рисунке.
6. Какие приборы необходимы для снятия характеристик транзистора?
7. Нарисуйте входные и выходные характеристики транзистора. Расскажите о процессах, соответствующих характерным участкам ВАХ.
8. Перечислите основные параметры транзисторов. Охарактеризуйте каждый из них.
9. Как определить h-параметры по характеристикам транзистора.
10. Поясните особенности и область применения биполярных транзисторов.

#### Порядок выполнения работы

1. Собрать схему исследования транзистора, изображенную на рисунке 21. Для исследования используется транзистор MPS3709 (nation11), отечественный аналог – КТ3102А.

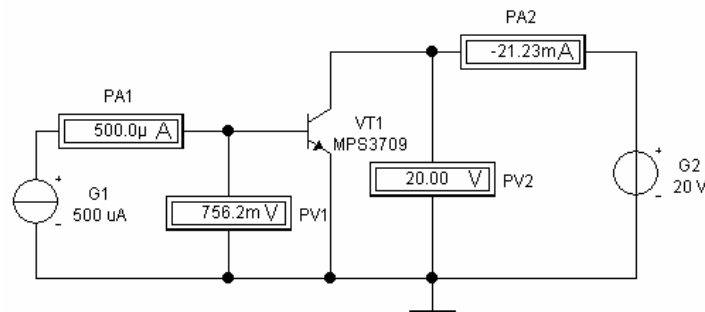


Рисунок 21 – Схема для исследования биполярного транзистора

2. Построить таблицу для записи результатов измерений (Таблица 3)

Таблица 3 – Данные для построения входных характеристик транзистора

Входной ток, $I_B$ , мкА.	1	5	10	20	50	100	200	300	400	500
Входное напряжение, $U_{БЭ}$ , мВ, при $U_{КЭ1}=0$ В										
Входное напряжение, $U_{БЭ}$ , мВ, при $U_{КЭ2}=15$ В										

3. Установить на генераторе напряжения G2 напряжение  $U_{КЭ1}=0$  В
4. Изменяя значение тока генератора G1 от 1 до 500 мкА, записать соответствующие значения напряжения  $U_{БЭ}$  (вольтметр PV1) в таблицу.
5. Повторить измерения при выходном напряжении  $U_{КЭ2}=15$  В.
6. Построить таблицу для записи результатов измерений (Таблица 4)

Таблица 4 – Данные для построения выходных характеристик транзистора

Выходное напряжение, $U_{КЭ}$ , В	0,1	1	2	5	10	15	20	25	30	35
Выходной ток, $I_K$ , мА, при входном токе, $I_{B1}=100$ мкА.										
Выходной ток, $I_K$ , мА, при входном токе, $I_{B2}=300$ мкА.										
Выходной ток, $I_K$ , мА, при входном токе, $I_{B3}=500$ мкА.										

7. Установить на генераторе тока G1 ток  $I_{B1}=100$  мкА
8. Изменяя значение напряжения генератора G1 от 0,1 до 35 В, записать соответствующие значения тока  $I_K$  (амперметр PA2) в таблицу.
9. Повторить измерения при входных токах  $I_{B2}=300$  мкА и  $I_{B3}=500$  мкА.
10. По результатам измерений построить входные и выходные характеристики транзистора.
11. Определить h-параметры транзистора по полученным характеристикам.
12. Сделать вывод. Вывод должен содержать описание теоретических положений, подтвержденных экспериментально в процессе выполнения работы.