

Лабораторная №2 Расчет фильтров АС

Фильтр АС представляет собой совокупность электрических цепей, предназначенных для ограничения определённых частот, поступающих на динамики.

Цель работы: Рассчитать фильтр АС указанного типа для различных конфигураций громкоговорителей.

Подготовка к работе состоит из следующих этапов:

- Изучить материалы лекции по теме «Частотная обработка сигналов»
- Выбрать вариант (выбирается по последней цифре пароля личного кабинета, последняя цифра «0» соответствует 10 варианту)
- Изучить указания и ход работы приведенный ниже.

В случае, если данных для расчёта недостаточно или некоторые переменные неизвестны, прочитайте приведенные ниже методические указания более внимательно.

Отчет должен содержать расчет акустического фильтра, обоснования выбора частот среза, итоговую АЧХ системы, а также вывод о проделанной работе.

Фильтры встречаются следующих типов (см. рис.1):

- Фильтр высоких частот (ФВЧ) – ограничивает частотный диапазон динамика снизу;
- Фильтр низких частот (ФНЧ) – ограничивает частотный диапазон динамика сверху;
- Полосовой фильтр (ПФ) – ограничивает частотный диапазон динамика сверху и снизу;
- Комбинированный тип – представляет собой сочетание вышеуказанных типов.

Фильтр характеризуется частотой раздела и величиной порядка (1-го порядка, 2-го порядка и т.д.) Порядок фильтра определяет крутизну спада АЧХ в полосе заграждения, и определяется количеством реактивных элементов в электронной схеме. Каждый реактивный элемент, добавленный в схему, увеличивает порядок фильтра на единицу и, соответственно, крутизну спада характеристики на 6дБ/окт. Реактивные элементы фильтра представляют собой индуктивности (катушки) и емкости (конденсаторы), соединённые по определённой схеме. Номиналы реактивных элементов определяют частоту среза фильтра.

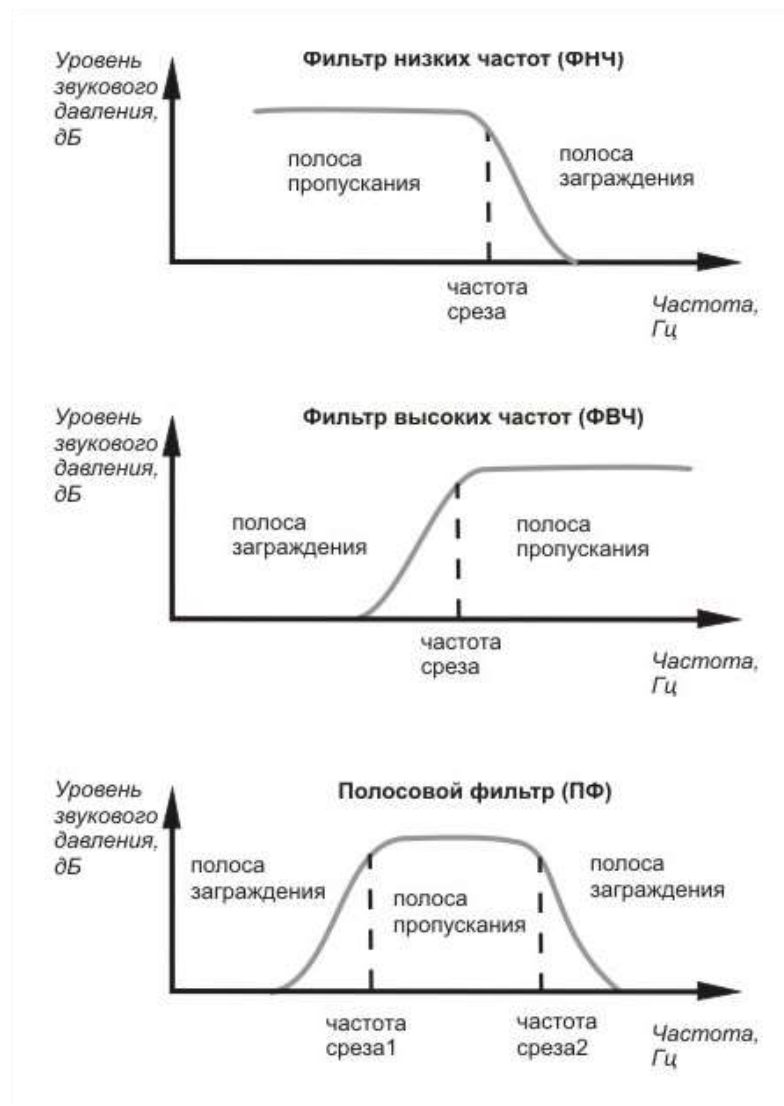


Рисунок 1. Работа фильтров АС

Для подавления избыточной чувствительности динамика в схему добавляется аттенюатор (делитель напряжения). Данная мера применяется для приведения чувствительностей динамиков в АС к единому уровню. Чувствительность НЧ динамика обычно может составлять 95-100дБ, в то время как типовое значение чувствительности ВЧ динамика может достигать 110дБ. Очевидно, что необходимо понизить чувствительность ВЧ динамика до уровня чувствительности НЧ. Если номинальные сопротивления НЧ и ВЧ динамиков равны, то необходимое подавление будет равно разности чувствительностей ВЧ и НЧ динамиков. Расчёт несколько усложняется, если номинальные сопротивления динамиков не равны, т.к. в этом случае следует пересчитать чувствительность ВЧ динамика для номинального сопротивления, равного номинальному сопротивлению НЧ.

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рис.2.

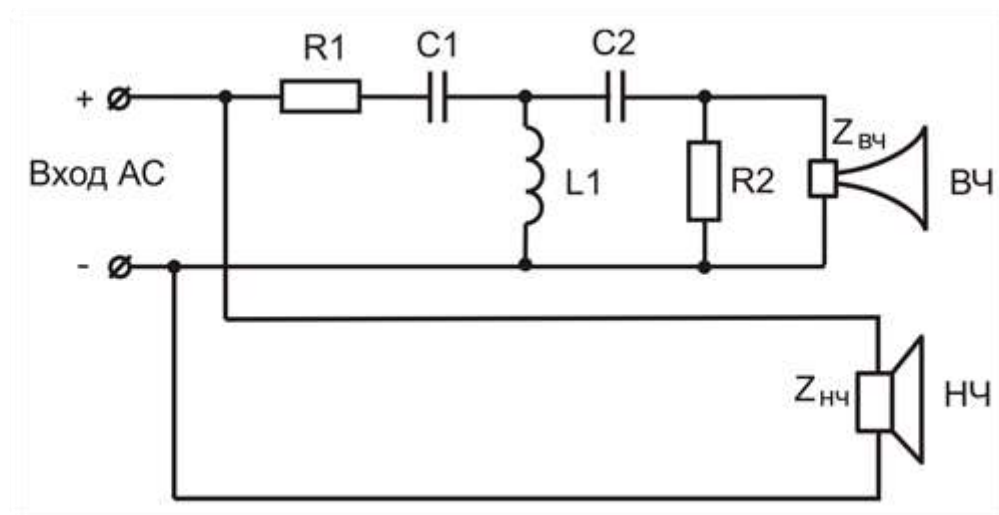


Рисунок 2. Типовая схема фильтра двухполосной АС

Особенностью схемы является то, что НЧ динамик в такой АС работает «в широкую полосу», а диапазон воспроизведения ВЧ динамика ограничен со стороны низких частот с помощью ФВЧ 3-го порядка, что обеспечивает спад характеристики в полосе заграждения 18 дБ/окт. Резисторы R1 и R2 представляют собой делитель напряжения, обеспечивающий подавление избыточной чувствительности ВЧ динамика. Номинал R2 выбирается равным или в 2 – 3 раза больше номинального сопротивления ВЧ динамика ($Z_{ВЧ}$). Данная схема проста в реализации, имеет малый вес и габариты, низкую стоимость компонентов. Необходимо отметить, что данная схема может быть реализована, только при условии, что неравномерность АЧХ НЧ динамика не превышает допустимого значения во всём его рабочем диапазоне.

Обычно конструирование фильтра начинается с анализа АЧХ динамиков и выбора оптимальной частоты раздела. Расчёт фильтра сводится к определению номиналов элементов электрической схемы фильтра.

Расчёт фильтра включает следующие этапы:

1. Определение величины подавления избыточной чувствительности ВЧ (ослабление):

$$L_{\text{ослаб.}} = \left(Spl_{ВЧ} - 10 \cdot \lg \frac{Z_{ВЧ}}{Z_{НЧ}} \right) - Spl_{НЧ} \quad (1)$$

$L_{\text{ослаб.}}$ - ослабление, дБ

$Spl_{ВЧ}$ - чувствительность ВЧ динамика, дБ

$Spl_{НЧ}$ - чувствительность НЧ динамика, дБ

$Z_{ВЧ}$ - номинальное сопротивление ВЧ динамика НЧ, Ом

$Z_{НЧ}$ - номинальное сопротивление НЧ динамика, Ом

2.Расчёт номиналов элементов делителя:

$$R_{вч+2} = \frac{Z_{вч} \cdot R_2}{Z_{вч} + R_2} \quad (2)$$

$$R_1 = R_{вч+2} \cdot \left(10^{\frac{L_{ослаб.}}{20}} - 1 \right) \quad (3)$$

$R_{вч+2}$ - результат параллельного соединения $Z_{вч}$ и R_2 , Ом

3.Расчёт номиналов реактивных элементов:

$$C_1 = \frac{10^6}{9,42 \cdot f_{разд.} \cdot Z_{вч}} \text{ , мкФ} \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{10^6}{3,14 \cdot f_{разд.} \cdot Z_{вч}} \text{ , мкФ} \quad (5)$$

$$L1 = \frac{Z_{вч} \cdot 10^3}{8,36 \cdot f_{разд.}} \text{ , мГн} \quad (6)$$

$f_{разд.}$ - частота раздела фильтра, Гц

4.Расчёт мощности, рассеиваемой на элементах:

$$R_{BЧ+2} = \frac{Z_{BЧ} \cdot R_2}{Z_{BЧ} + R_2} \quad (7)$$

$$P_{BЧ} = \left(\frac{R_{BЧ+2} \cdot \sqrt{P_{HЧ} \cdot Z_{HЧ}}}{R_{BЧ+2} + R_1} \right)^2 \cdot \frac{1}{Z_{BЧ}} \quad (8)$$

$$P_{R_2} = \left(\frac{R_{BЧ+2} \cdot \sqrt{P_{HЧ} \cdot Z_{HЧ}}}{R_{BЧ+2} + R_1} \right)^2 \cdot \frac{1}{R_2} \quad (9)$$

$$P_{R_1} = \left(\frac{R_1 \cdot \sqrt{P_{HЧ} \cdot Z_{HЧ}}}{R_1 + R_{BЧ+2}} \right)^2 \cdot \frac{1}{R_1} \quad (10)$$

$P_{HЧ}$ - мощность рассеиваемая на НЧ динамике, Вт

$P_{BЧ}$ - мощность рассеиваемая на ВЧ динамике, Вт

P_{R_2} - мощность рассеиваемая на сопротивлении R_2 , Вт

P_{R_1} - мощность рассеиваемая на сопротивлении R_1 , Вт

Мощность используемых резисторов может быть меньше рассчитанных значений в 2-3 раза, т.к. паспортная мощность резисторов указывается для синусоидального сигнала.

Примерный график АЧХ с фильтром и без показан на рисунке 3.

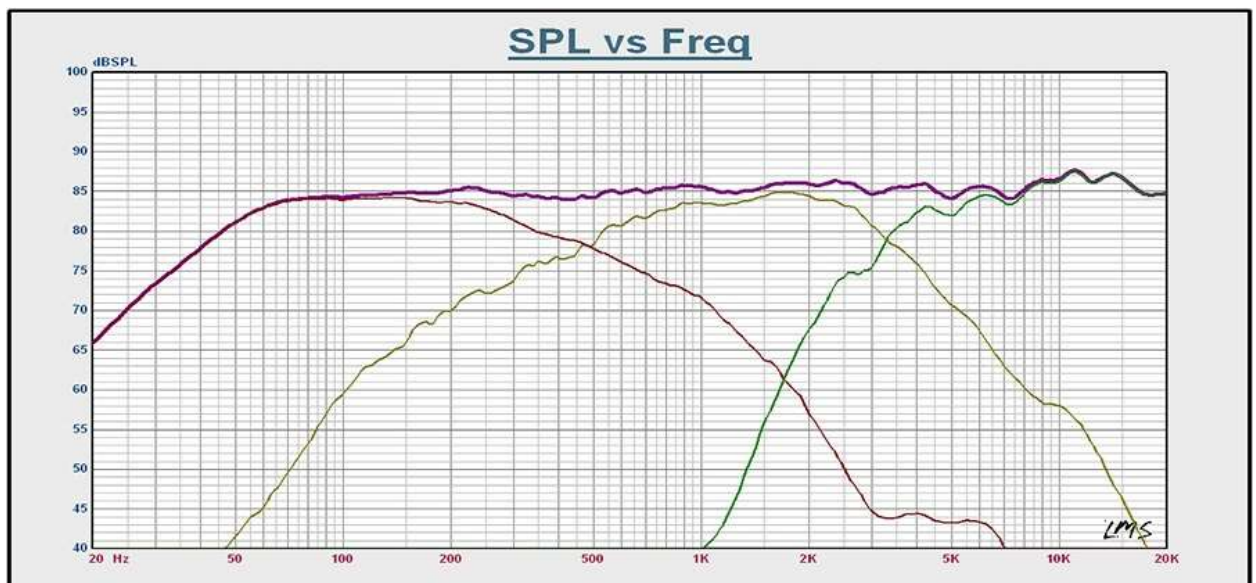


Рисунок 3. Ачх АС до и после применения фильтра.

Рабочий лист вариант №1

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 89 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 100 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 98 Дб
- Мощность ВЧ звена 20 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

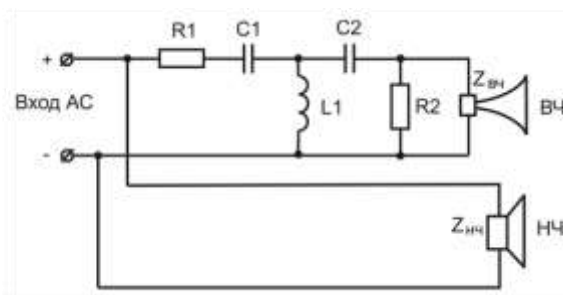


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

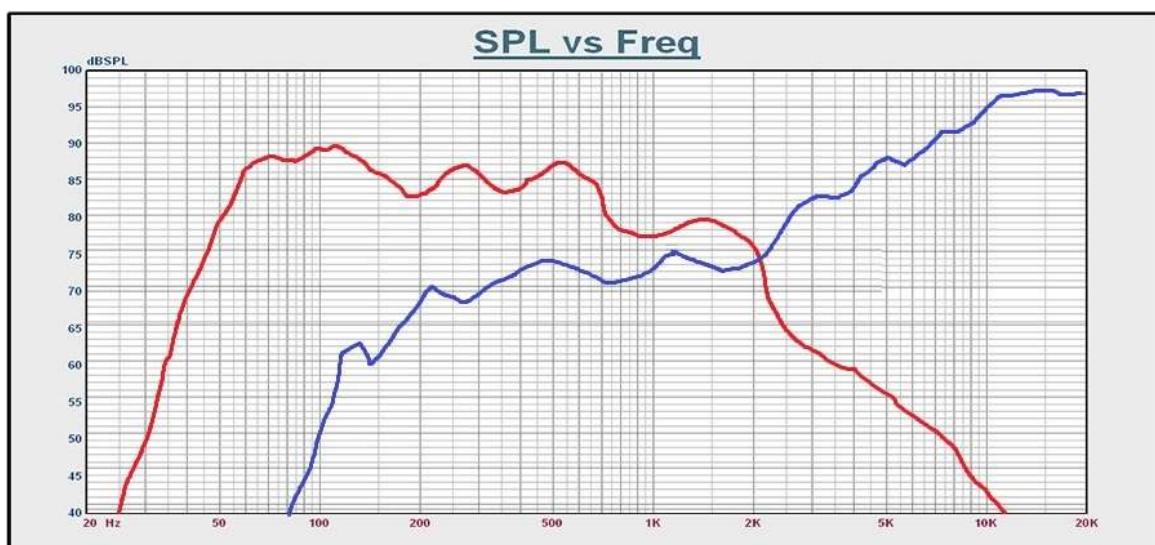


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №2

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 8 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 80 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 150 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 85 Дб
- Мощность ВЧ звена 30 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

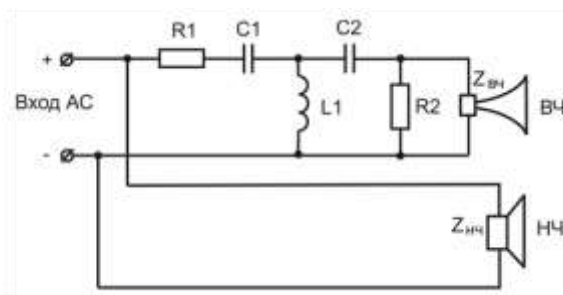


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

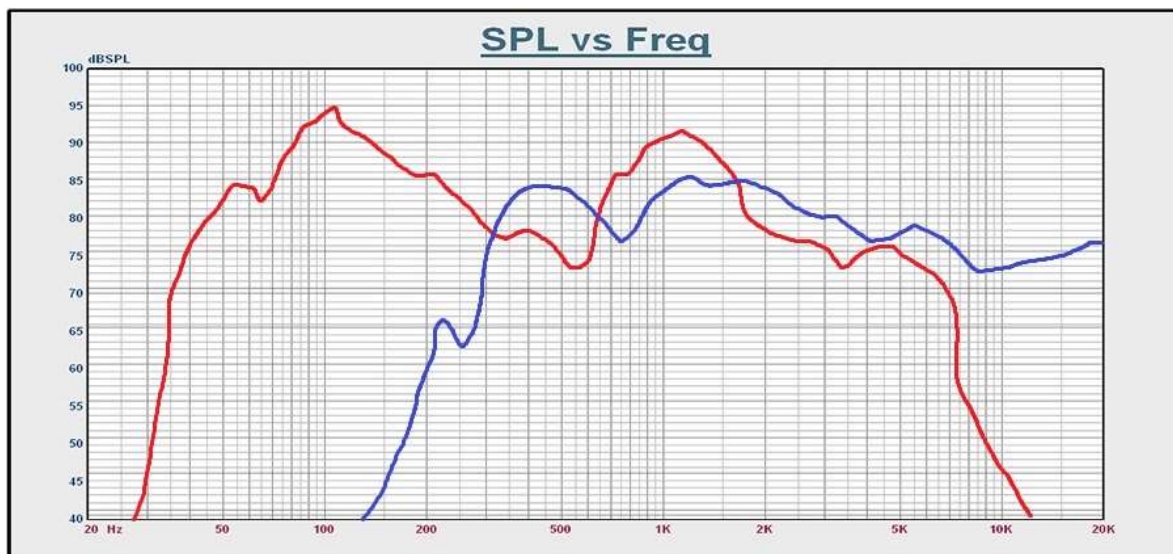


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №3

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 78 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 80 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 85 Дб
- Мощность ВЧ звена 15 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

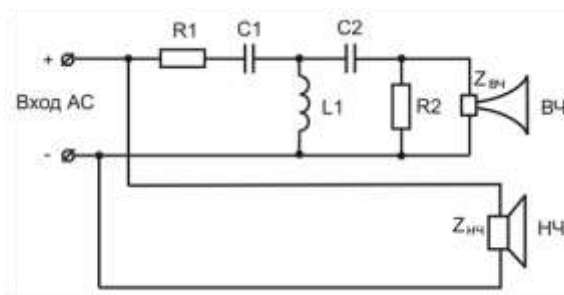


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

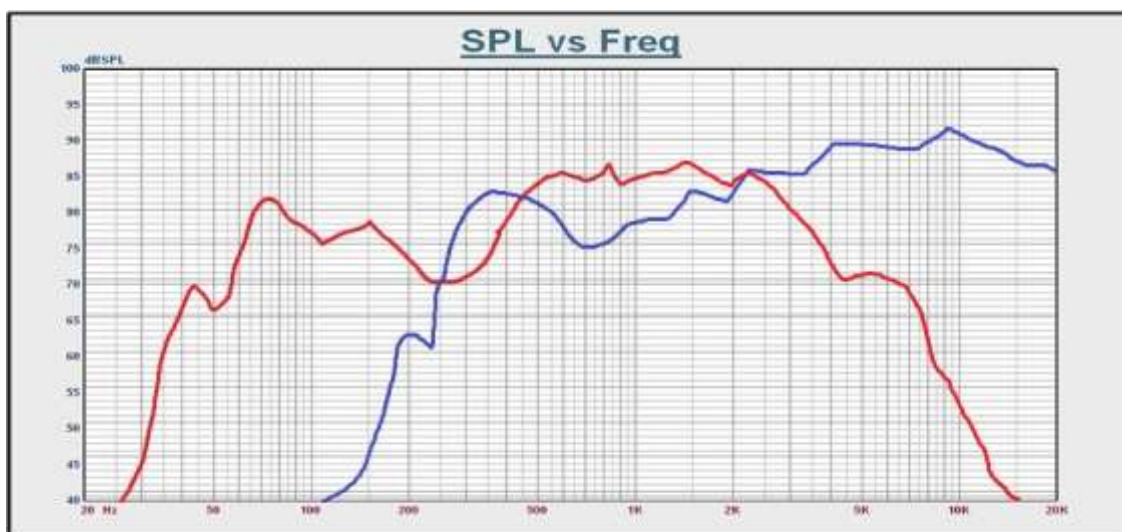


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №4

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 78 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 140 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 90 Дб
- Мощность ВЧ звена 20 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

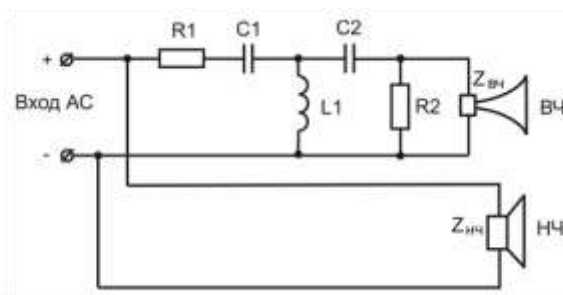


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

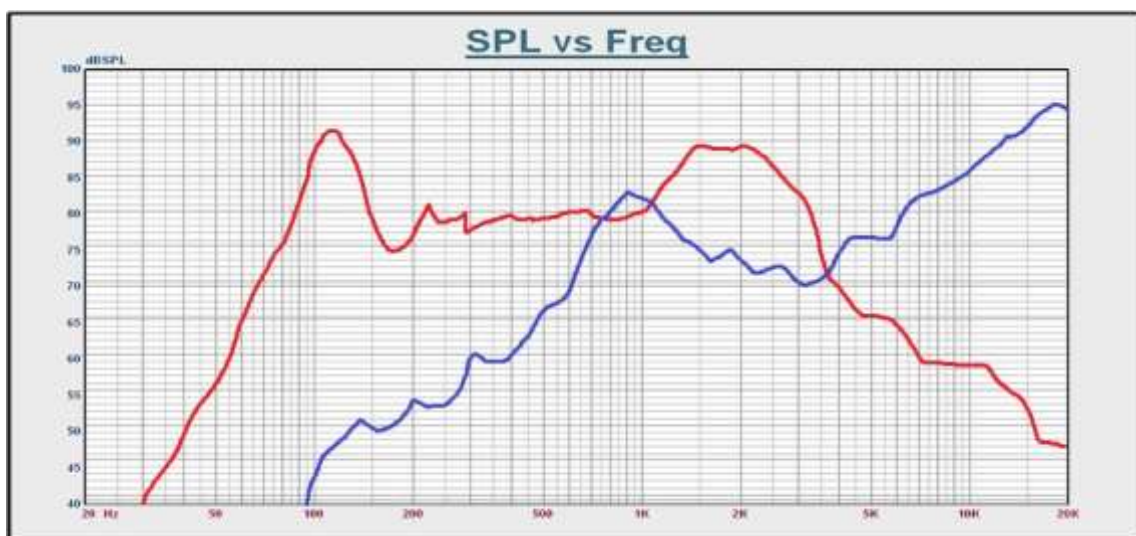


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №5

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 77 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 150 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 92 Дб
- Мощность ВЧ звена 30 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

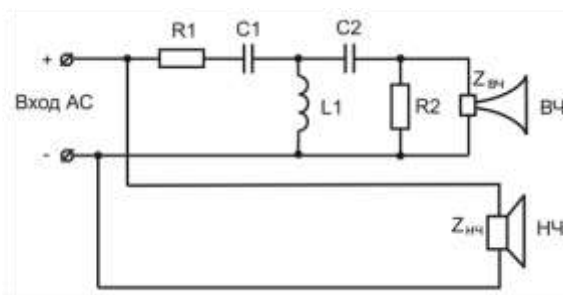


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

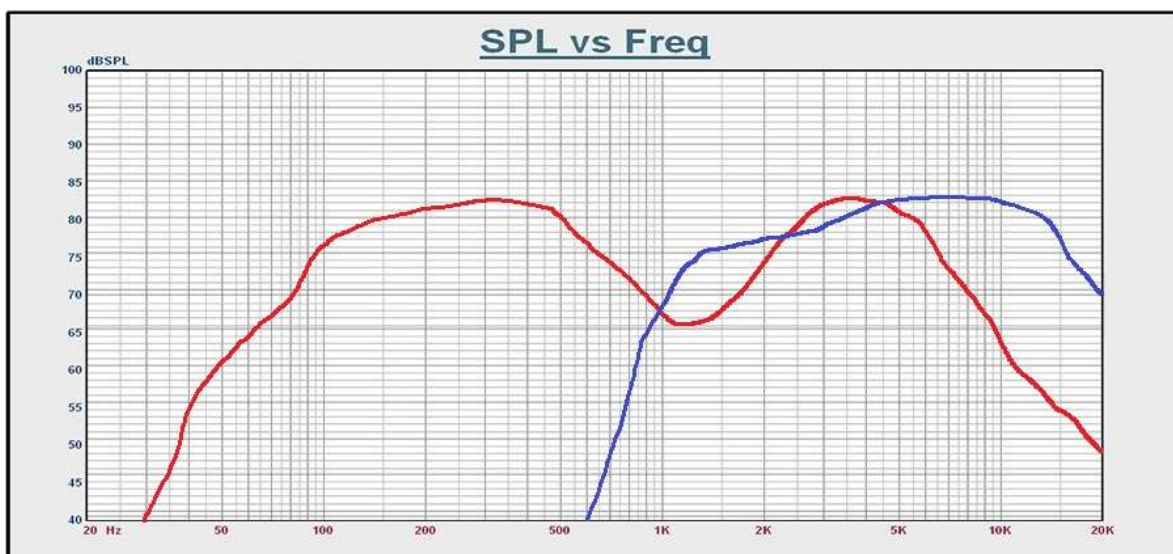


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №6

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 88 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 100 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 98 Дб
- Мощность ВЧ звена 20 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

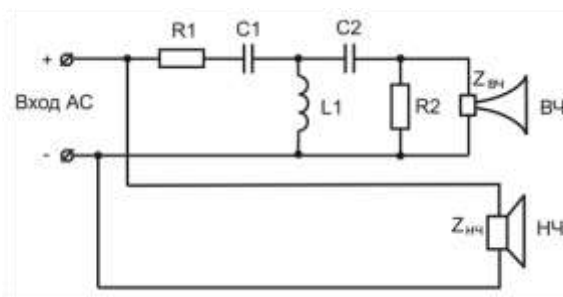


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

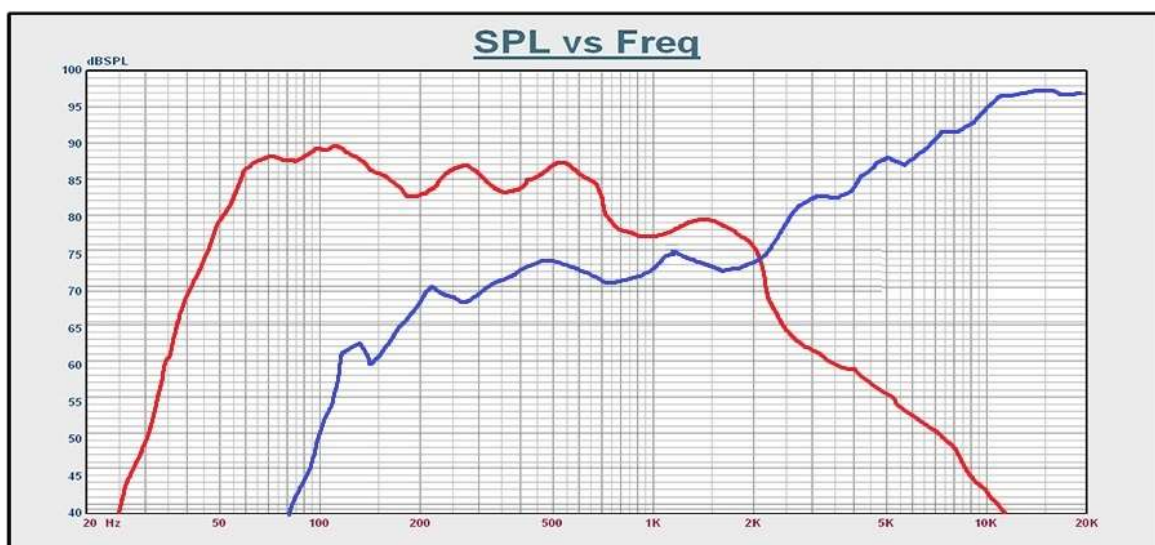


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №7

Исходные данные:

- Ачх НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 8 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 80 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 160 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 85 Дб
- Мощность ВЧ звена 30 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

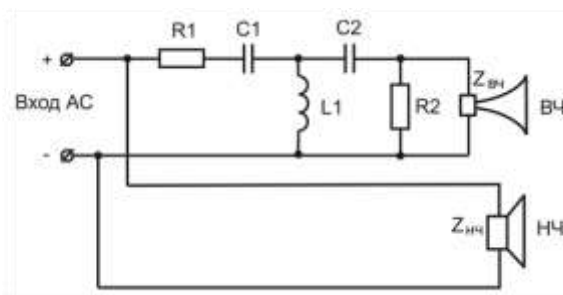


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

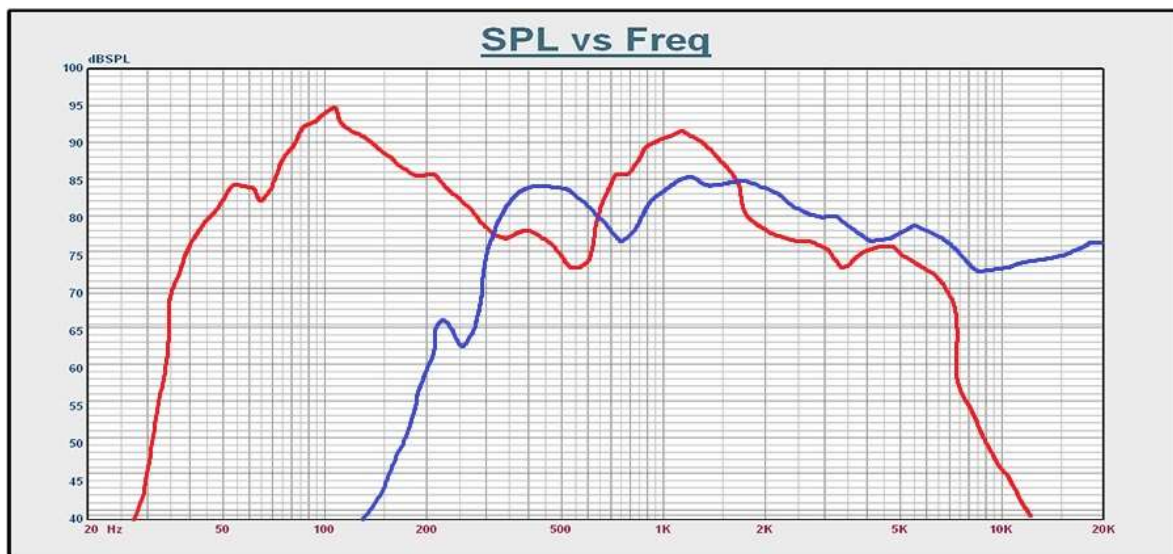


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №8

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 74 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 90 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 85 Дб
- Мощность ВЧ звена 15 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

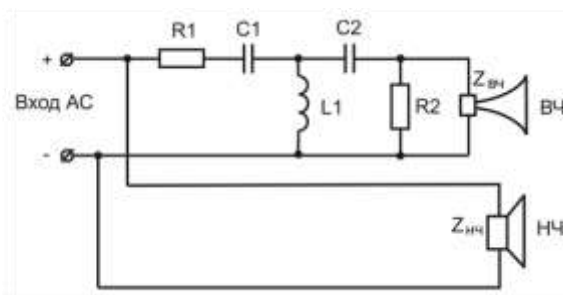


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

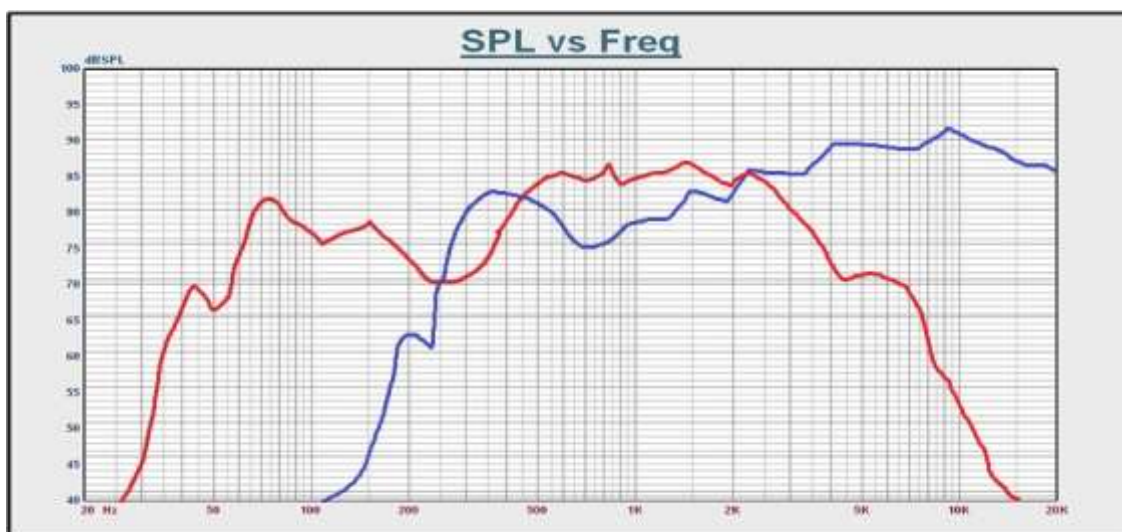


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №9

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 78 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 140 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 90 Дб
- Мощность ВЧ звена 20 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

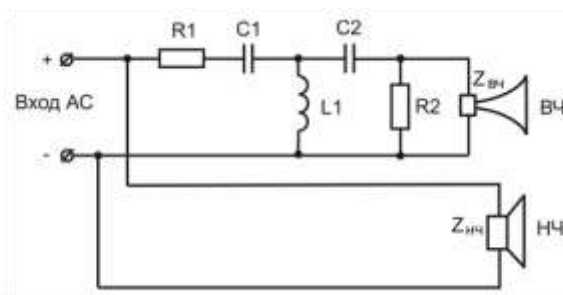


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

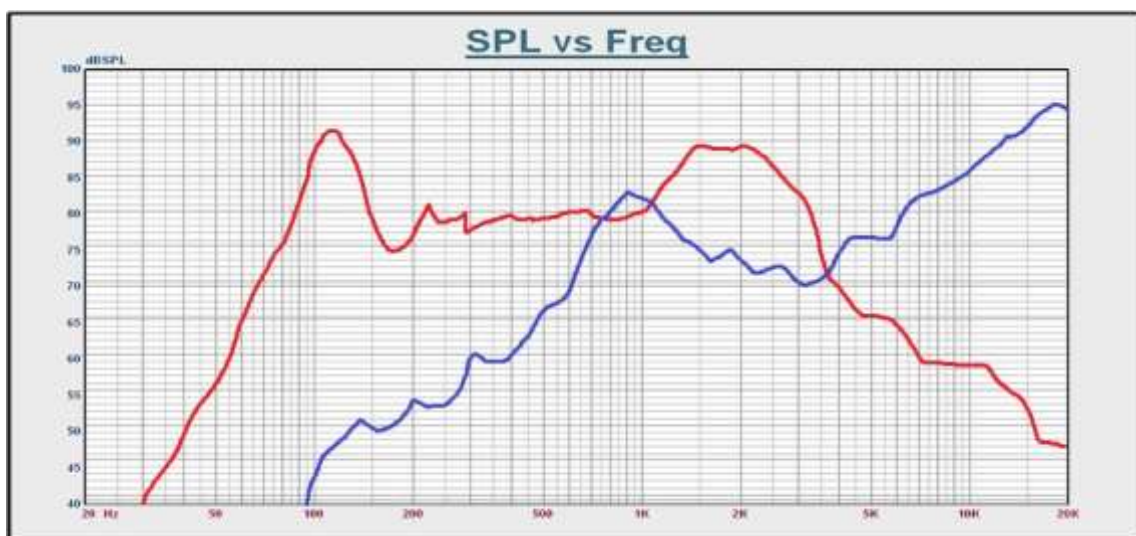


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.

Рабочий лист вариант №10

Исходные данные:

- АЧХ НЧ\СЧ и ВЧ излучателей показана на рисунке 2.
- Сопротивление излучателей одинаково и равно 4 Ом.
- Чувствительность НЧ\СЧ звена 77 Дб
- Мощность НЧ\СЧ звена 150 Вт
- Чувствительность ВЧ звена 92 Дб
- Мощность ВЧ звена 40 Вт

Электрическая схема акустической системы с таким фильтром представлена на рисунке 1.

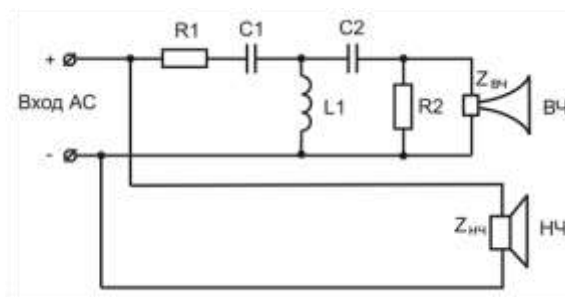


Рисунок 1. Схема двухполосной полнодиапазонной АС

Задачи:

- Подобрать необходимое значение частоты среза для согласования излучателей
- Рассчитать делитель для ВЧ звена
- Рассчитать реактивные элементы фильтра: C1, C2, L1
- Построить АЧХ системы с примененным расчетным фильтром.
- Сделать вывод о качестве полученной АЧХ и совместимости данных излучателей.

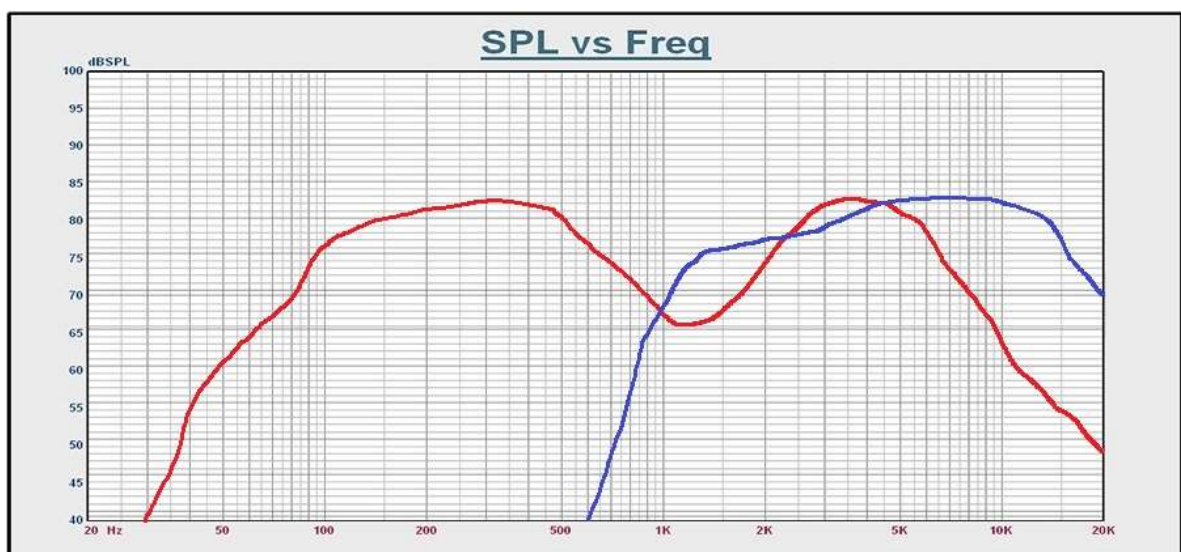


Рисунок 2. АЧХ НЧ и ВЧ излучателей.