

УДК 621.372

АНАЛИЗ ПАССИВНОГО ФИЛЬТРА НИЗКИХ ЧАСТОТ АКУСТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Тодоров Е.А., студент гр. ЭПб-181, II курс
 Казунина Г.А., профессор, д.т.н., доцент
 Кузбасский государственный технический университет
 имени Т.Ф. Горбачева,
 г. Кемерово

Частотные фильтры используются в акустических системах для более детализированного воспроизведения звука. Они пропускают электрический сигнал в определенном диапазоне частот и оказывают сопротивление прохождению сигнала с частотой вне этого диапазона [1,2]. По типу действия они разделяются на активные и пассивные. Активный фильтр содержит в себе один или несколько активных элементов, таких как транзистор или операционный усилитель. Он устанавливается во входной цепи усилителя мощности и использует дополнительный усилитель, что позволяет увеличить наклон частотной характеристики в полосе подавления и более корректно настраивать частоту среза, что не достигается использованием пассивного фильтра.

Пассивный частотный фильтр выполняет фильтрацию звуковых сигналов с помощью резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности. Он устанавливается на выходе усилителя мощности, прост в изготовлении и дешевле, чем активный частотный фильтр. Недостаток пассивных фильтров заключается в том, что на его электронных компонентах теряется много полезной мощности.

Целью настоящей работы является исследование реакции пассивного фильтра низких частот акустического преобразователя на входные сигналы различного вида на примере схемы, приведенной на рис.1 [3], и эквивалентной ей схемы с заменой динамика на соответствующие ему индуктивность $L5$ и сопротивление $R5$ (рис.2).

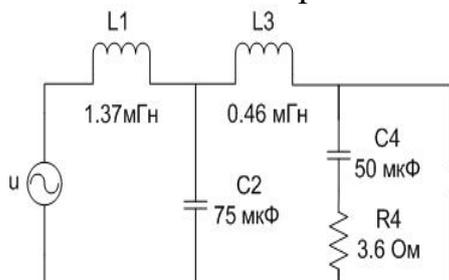


Рис.1. Пассивный фильтр низких частот.

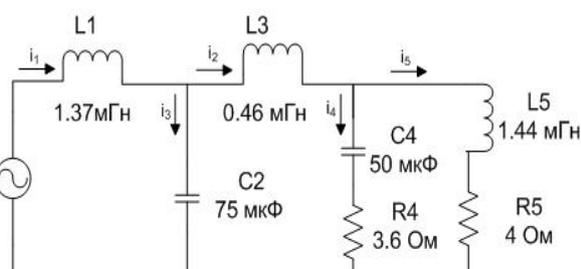


Рис.2. Эквивалентная схема фильтра.

Систему уравнений Кирхгофа для этой электрической цепи составляем, опираясь на эквивалентную схему, приведенную на рис.2.

$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$i_3 = i_4 + i_5$$

$$U = L1 \cdot \frac{di_1}{dt} + U_{C2}$$

$$i_4 \cdot R4 + U_{C4} = L5 \cdot \frac{di_5}{dt} + i_5 \cdot R5$$

$$U_{C2} = L3 \cdot \frac{di_3}{dt} + U_{C4} + i_4 \cdot R4$$

Приведенная выше система интегрально-дифференциальных уравнений решалась численно путем моделирования в программе Electronics Workbench [3]. Эта программа позволяет с помощью включенных в эту программу осциллографа и амперметра быстро и эффективно сравнивать силу тока, форму и амплитуду входного и выходного сигналов.

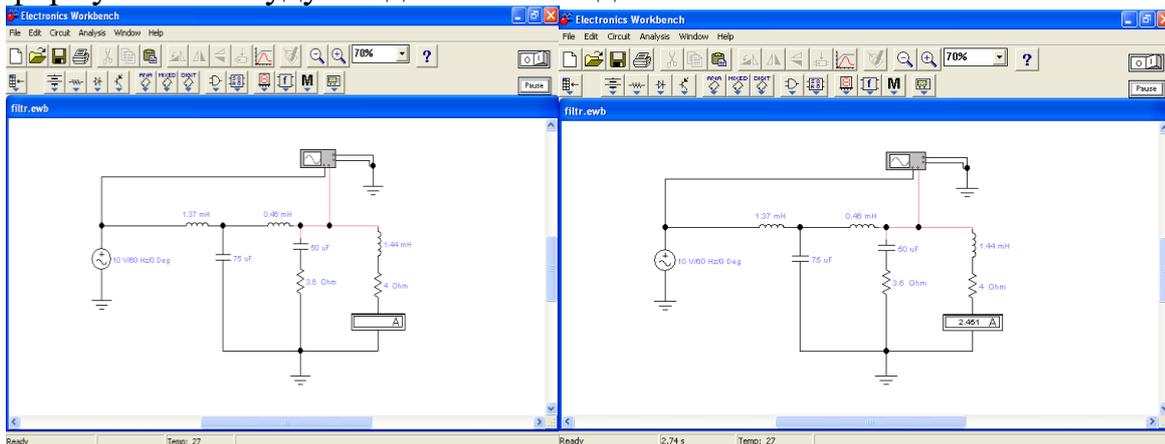


Рис.3.

Рис.4.

Опыт 1. При напряжении питания 10В и частоте 60 Гц (рис.3) на входе, ток на выходе фильтра равен 2,4А (рис.4). Амплитуды сигнала напряжения на входе и выходе равны 14 В, имеется небольшой сдвиг фаз (рис.5).

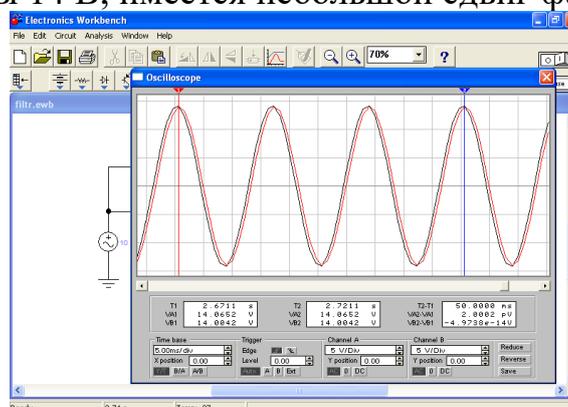


Рис.5. Опыт 1. Напряжение на входе (черная линия) и выходе (красная линия) фильтра

Опыт 2. При частоте 300 Гц и токе 2,145А на выходе, амплитуда напряжения на выходе увеличилась на 0,5В за счет ЭДС самоиндукции катушек индуктивности (рис.6).

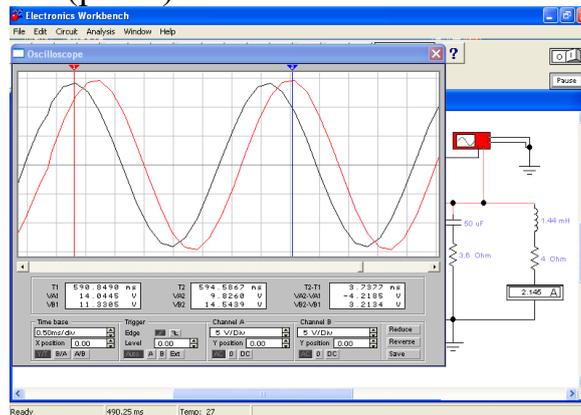


Рис.6. Опыт 2. Напряжение на входе (черная линия) и выходе (красная линия) фильтра.

Опыт 3. При частоте 800 Гц и токе 0,645А на выходе, амплитуда напряжения равна 7,5 В (рис.7).

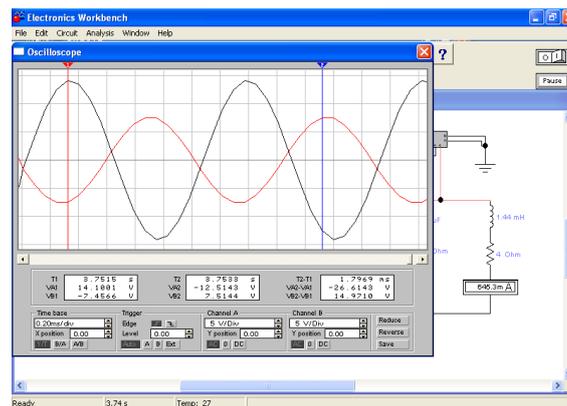


Рис.7. Опыт 3. Напряжение на входе (черная линия) и выходе (красная линия) фильтра.

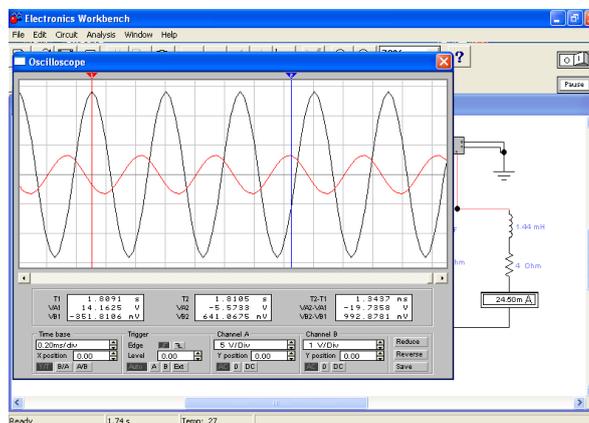


Рис.8. Опыт 4. Напряжение на входе (черная линия) и выходе (красная линия) фильтра.

Опыт 4. При частоте 2000 Гц и токе 0,024А на выходе, амплитуда напряжения на выходе равна 0,64В (рис.8).

Анализ результатов проведенных опытов показывает, что с ростом частоты входного сигнала амплитуда выходного сигнала уменьшается от значения 14 В до 0,64 В.

Для получения более наглядной амплитудно-частотной характеристики подключаем к схеме специальную подпрограмму «Плоттер Боде» (рис.9). Здесь по горизонтальной оси отложена частота в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, по вертикальной оси отложено усиление амплитуды напряжения сигнала в диапазоне от -100 до 10 дБ. На частоте 495 Гц возникает резонанс напряжений, о чем свидетельствует увеличение амплитуды выходного сигнала на 2,414 дБ. С увеличением частоты от 495 Гц возникает плавное уменьшение амплитуды выходного сигнала.

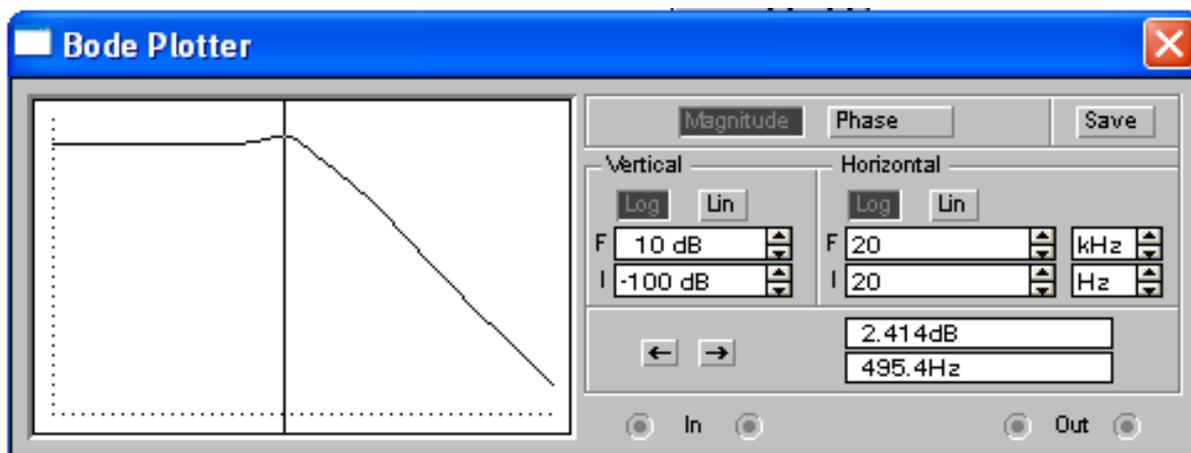


Рис.9. Амплитудно-частотная характеристика фильтра.

Наблюдаемое уменьшение амплитуды выходного сигнала объясняется следующим образом. После того, как частота входного сигнала становится больше частоты резонанса, происходит уменьшение амплитуды напряжения на выходе фильтра в соответствии с зависимостью реактивных сопротивлений от частоты сигнала. Катушка индуктивности, включенная последовательно в схеме, ослабляет воздействие высокочастотного сигнала в соответствии с формулой сопротивления для индуктивности $X_L = \omega \cdot L$ (ω - угловая частота (рад/с), L - индуктивность катушки (Гн)). Конденсатор, включенный параллельно в схеме, пропускает через себя большую часть тока сигнала высокой частоты в соответствии с формулой сопротивления для емкости $X_C = 1/\omega \cdot C$ (C - емкость конденсатора (Ф)). Таким образом, математическое моделирование работы фильтра наглядно показывает, как работает фильтр, пропуская преимущественно только низкие частоты, и создавая препятствие прохождению высокочастотных сигналов.

Список литературы:

1. Глитлиц М.В. Радиовещание и электроакустика / М.В. Глитлиц, А.В. Выходец, Ю.А. Ковалгин // Москва: «Радио и связь». – 1989. – 432 с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи / Л.А. Бессонов // Москва: «Высшая школа». – 1996. – 638 с.
3. Пряничников В.А. Электротехника и ТОЭ в примерах и задачах / В.А. Пряничников, Е.А. Петров, Ю.М. Осипов // С.-Петербург: «Корона. Век». – 2013. – 334 с.