

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Московский институт электроники и математики
Им. А.Н.Тихонова НИУ ВШЭ

Департамент компьютерной инженерии

Практическая работа №2
«Обеспечение статического режима транзисторного фильтра»
по курсу «Автоматизация проектных работ»

Выполнил:

Студент группы БИВ174

Солодянкин Андрей Александрович

Проверил:

Новиков Константин Викторович

Москва 2020 г.

Содержание

1	Задание	3
2	Краткие теоретические сведения	3
3	Выполнение работы	4
4	Выводы по работе	5
5	Контрольные вопросы	6

1 Задание

Изучение методов математического моделирования электрических схем в статическом режиме. Изучение способов обеспечения статического режима работы схем методами математического моделирования.

2 Краткие теоретические сведения

Транзисторные сглаживающие фильтры. Уменьшить массогабаритные показатели можно, используя транзисторные СФ, вместо громоздких LC-фильтров. Правда выигрыш транзисторных фильтров компенсируется меньшим КПД. Рассмотрим типичные схемы транзисторных фильтров. На рис. 1 представлена схема наиболее простого транзисторного фильтра.

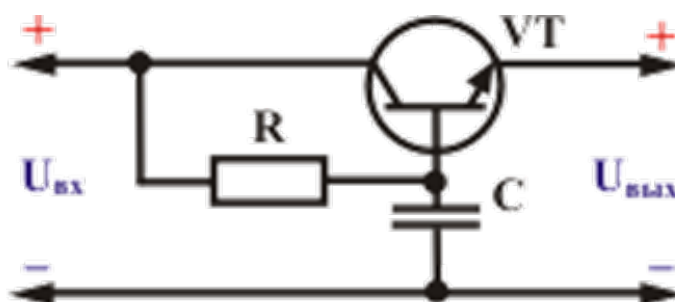


Рис. 1: Простейший транзисторный фильтр

На коллектор транзистора VT поступает напряжение с выпрямителя с большой амплитудой пульсаций. Цепь базы питается через интегрирующую цепь RC. Эта цепочка сглаживает пульсации на базе транзистора. В принципе, эту цепь можно представить, как RC-фильтр. Чем больше постоянная времени $\tau = RC$, тем меньше пульсации напряжения на базе транзистора. Ну а поскольку транзистор включен по схеме эмиттерного повторителя, то на выходе напряжение будет повторять напряжение на базе, т. е. пульсации будут столь же малыми, как и на базе. Емкость конденсатора C может быть в несколько раз меньше (примерно в $h_{21э}$ раз), чем в LC-фильтре, поскольку базовый ток намного меньше выходного тока фильтра, т. е. коллекторного тока транзистора. Основное достоинство схемы - простота. А вот недостатков... Во-первых, противоречивые требования к сопротивлению резистора R - для уменьшения пульсаций следует увеличивать сопротивление, для повышения КПД - уменьшать. Во-вторых, сильная зависимость параметров от температуры, тока нагрузки, коэффициента передачи тока базы транзистора ($h_{21э}$). Обычно резистор

подбирают экспериментально. Несколько иная схема, приведенная на рис. 2. В такой схеме цепь базы транзистора запитывается от отдельного источника с напряжением, больше входного. Схема обладает меньшими пульсациями.

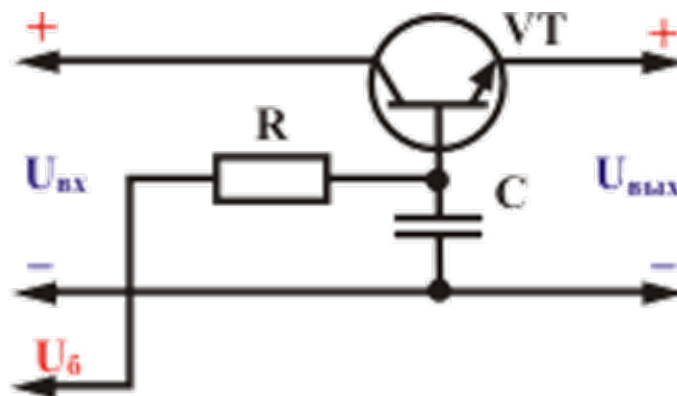


Рис. 2: Еще одна схема транзисторного СФ

Поскольку база питается от отдельного источника, сопротивление резистора можно увеличить и, следовательно, уменьшить пульсации выходного напряжения. Мощность, выделяемая на резисторе R мала, так как ток базы мал. Тем не менее, этой схеме присущи те же недостатки, что и предыдущей. Кроме того, в таком фильтре транзистор может войти в насыщение и все пульсации со входа фильтра без ограничений будут передаваться на выход. В этот режим транзистор войдет, когда напряжение на базе превысит напряжение на коллекторе. Ниже приведена схема транзисторного СФ, лишенная вышеуказанных недостатков.

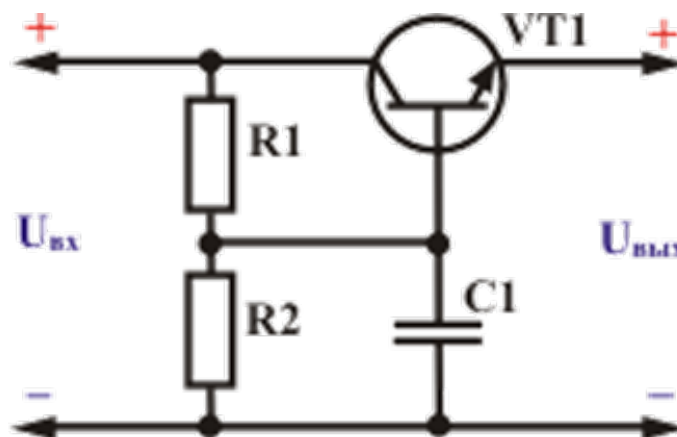


Рис. 3: Фильтр с делителем напряжения

3 Выполнение работы

На рис. 4 приведена электрическая схема фильтра.

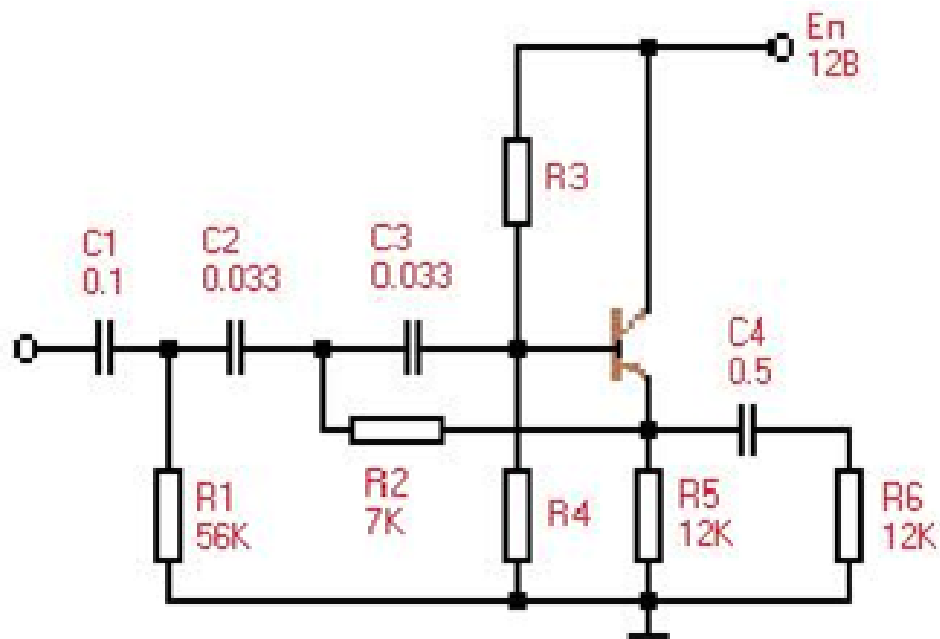


Рис. 4: Электрическая схема фильтра

На рис. 5 показаны результаты моделирования статического режима СФ. При $R_3 = 3\text{кОм}$ и $R_4 = 3.7\text{кОм}$ на эмиттере транзистора напряжение равно половине напряжения питания, 6В.



Рис. 5: Результат моделирования

4 Выводы по работе

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены методы математического моделирования электрических схем в статическом режиме, способы обеспечения статического режима работы схем методами математического моделирования, был обеспечен статический режим работы транзисторного фильтра таким образом, что напряжение на эмиттере транзистора стало равным половине напряжения питания

5 Контрольные вопросы

1. Метод Ньютона-Рафсона для расчета статического режима электрических схем.

Пусть на отрезке $[a, b]$ существует единственный корень уравнения: $f(x^*) = 0$, а $f'(x)$ существует, непрерывна и отлична от нуля на $[a, b]$. Перепишем уравнение следующим образом: $f(x^k + (x^* - x^k)) = 0$ и применим к этому выражению формула Лагранжа: $f(x^k) + f'(\bar{x})(x^* - x^k) = 0$, $\bar{x} \in [a, b]$ Заменим \bar{x} на x^k , а x^* - на x^{k+1} и получим формулу итерационного процесса: $f(x^k) + f'(x^k)(x^{k+1} - x^k) = 0$. Выразим отсюда x^{k+1} :

$$x^{k+1} = x^k - \frac{f(x^k)}{f'(x^k)}$$

2. Условия сходимости метода Ньютона-Рафсона.

Метод касательных является частным случаем метода простых итераций $x^{k+1} = g(x^k)$, $k = 0, 1, \dots$

Для которого $g(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)}$

Метод простых итераций сходится тогда и только тогда, когда $|g'(x)| \leq q < 1$,

Подставим в последнее условие выражение для $g(x)$ и получим условие сходимости метода касательных:

$$\frac{|f'(x)f''(x)|}{(f'(x))^2} \leq q < 1$$

3. Метод продолжения решения по параметру

Введем систему нелинейных алгебраических уравнений:

$$I'(V, t) = 0$$

где t – параметр, изменяющийся от 0 до 1, такой, что при $t=0$

$$I'(V, 0) = 0$$

имеет известное решение V^0 , а при $t = 1$ $I'(V, 1) = 0$, соответствующее решению системы уравнений.

При этом основное требование заключается в том, чтобы функция $I'(V, t)$ была непрерывной при изменении t от 0 до 1. Тогда изменяя параметр t от 0 до 1 и решая для каждого t систему уравнений методом Ньютона-Рафсона можно найти последовательность V^0, V^1, \dots, V^* и получить требуемое решение.

4. Объясните почему напряжение на эмиттере транзистора должно быть равно половине напряжения питания.

Для получения максимального значения амплитуды выходного неискаженного сигнала рекомендуется задавать напряжение коллектор-эмиттер в точке покоя равным половине напряжения питания.