

УДК 621.372.542.2

**ВЛИЯНИЕ ДОПУСКА РАДИОЭЛЕМЕНТОВ И
ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПАРАМЕТРЫ АРС-ФИЛЬТРА**

Д.С. Энговатов, А.Ю. Власенко

Институт гражданской защиты Донбасса
Донецкий национальный технический университет

Рассмотрен полиномиальный фильтр нижних частот. Проведен анализ влияния изменения температуры окружающей среды и разброса параметров резисторов и конденсаторов на характеристики фильтра. Исследования проводились в среде программы моделирования радиоэлектронных устройств MultiSim

Для фильтрации сигналов в радиосвязи, измерительной технике, системах обработке сигналов, системах автоматического управления и т. д. широко используют фильтры с различными характеристиками. На функционирование любого радиоэлектронного устройства, а фильтров особенно, влияет не только отклонение значений параметров, используемых электрорадиоэлементов от расчетных, но и погрешность, обусловленная классом точности (допуск). Температура окружающей среды является одним из важнейших дестабилизирующих факторов, влияющих на работу и надежность электронных узлов. Поэтому анализ влияния указанных факторов при проектировании радиоэлектронной аппаратуры является необходимой и важной задачей.

Изменение значений параметров ЭРЭ при изменении температуры на один градус Цельсия характеризуются: для резисторов – температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), для конденсаторов – температурным коэффициентом емкости (ТКЕ). Изменения параметров определяются следующим образом [1]:

$$\Delta R = \text{ТКС} \cdot R \cdot \Delta T; \Delta C = \text{ТКЕ} \cdot C \cdot \Delta T,$$

где ΔT – измерение температуры; ΔR , ΔC – изменения параметров элементов при изменении температуры; R , C – значения параметров элементов при нормальной температуре (обычно 25°C).

При помощи средств программы компьютерного моделирования Multisim, бесплатную версию которой можно скачать по ссылке [2], проведено исследование характеристик активного фильтра Баттерворта второго порядка на операционном усилителе с частотой

среза $f_0=12$ кГц и единичным коэффициентом передачи. Схема для моделирования приведена на рисунке 1 [3].

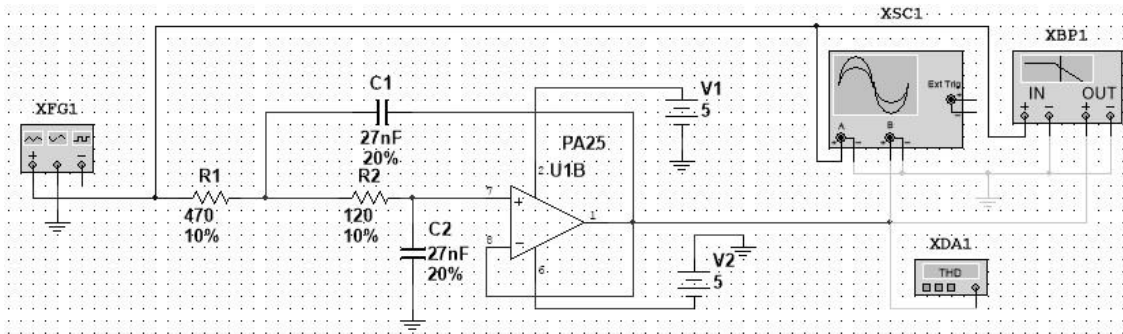
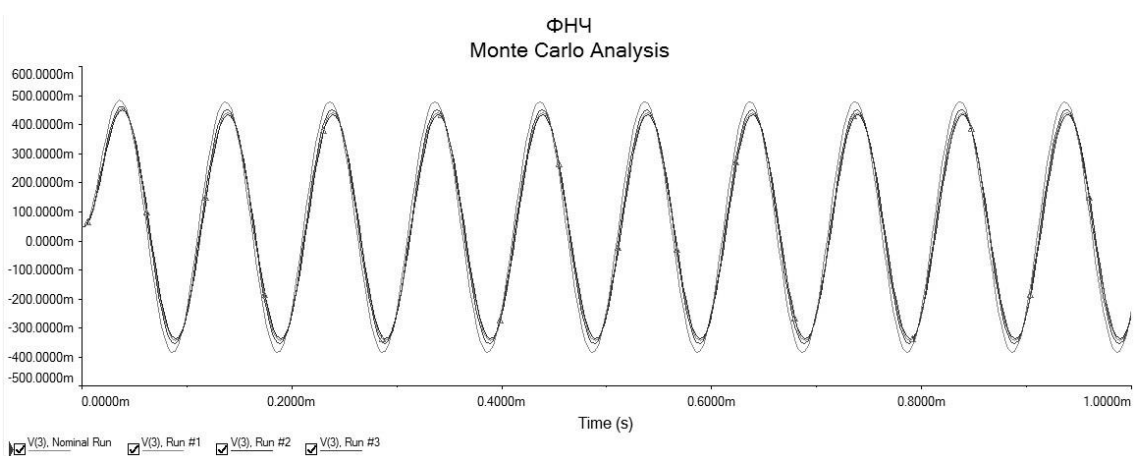


Рисунок 1 – Схема активного ФНЧ в Multisim

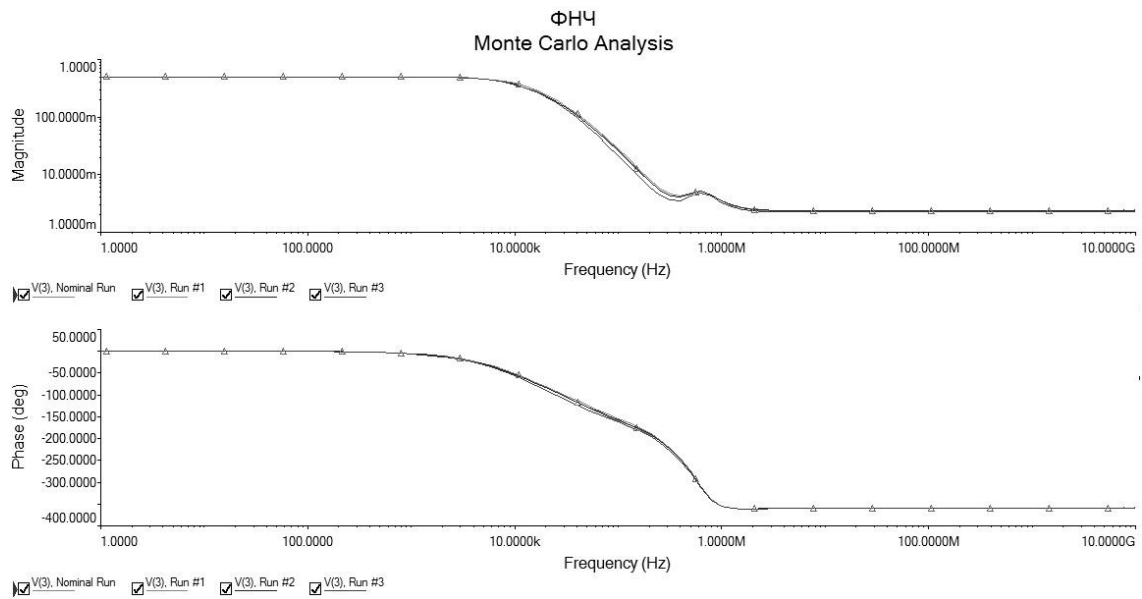
Исследование влияния разброса параметров резисторов и конденсаторов на стабильность АЧХ проводилось методом Monte Carlo с выбором гауссова закона распределения. Запуск анализа выполняется активизацией опции Simulate/Analyses and simulation/Monte Carlo/Tolerances/Add tolerance, где выбрать нужные элементы схемы, их допуски и вид распределения. На вкладке Analysis parameters задать количество пробегов. На рис. 2 приведены осциллограммы выходного сигнала, а также АЧХ и ФЧХ фильтра при случайных значениях емкостей и сопротивлений в пределах $\pm 20\%$ отклонения от их номинального значения. Возможный коридор отклонений АЧХ можно определить по рисунку 2. Как видно из графиков, допуск элементов $\pm 20\%$ влияет на изменение выходного сигнала в пределах 10%.

Влияние температуры исследуется в диапазоне изменения температур в пределах от -55 до $+125$ °С.



a)

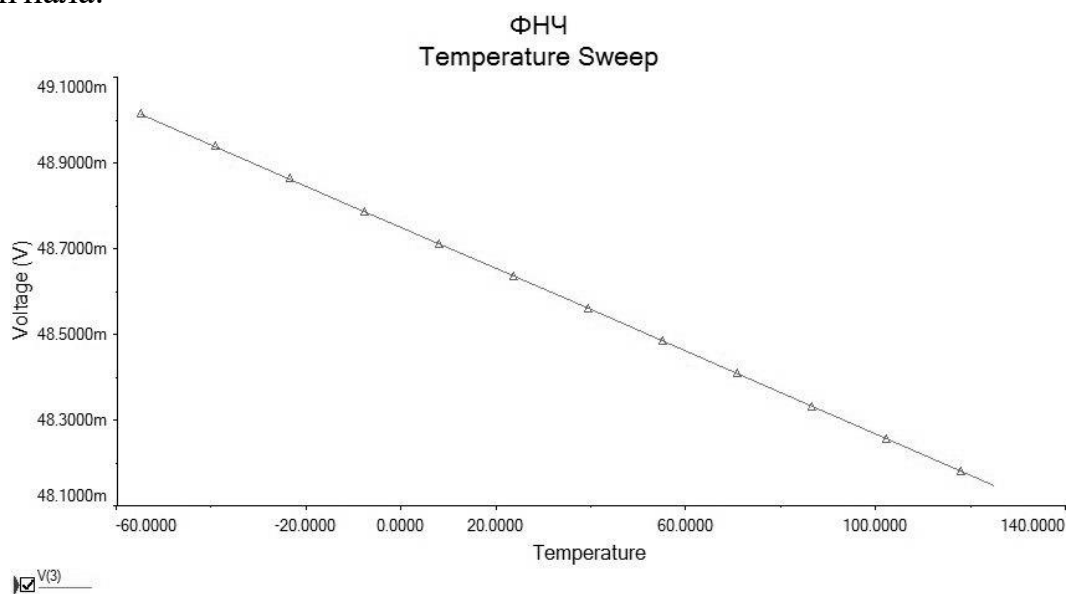
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР



б)

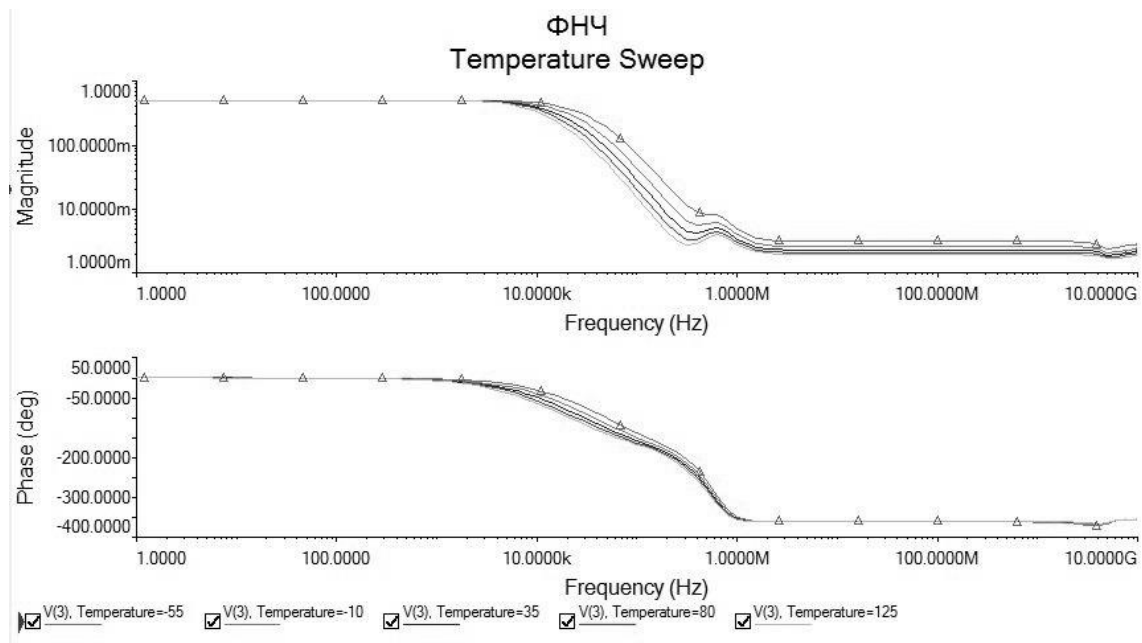
Рисунок 2 – Исследование ФНЧ методом Монте-Карло:
а) амплитуда выходного сигнала; б) АЧХ и ФЧХ

Для перехода к анализу по температуре нужно выбрать Simulate/Analyses and simulation/ Temperature Sweep. На вкладке Analysis parameters задается диапазон температур, количество точек исследования, вид исследования. На вкладке Output выбираются параметры, которые будут исследоваться. На рисунке 3 приведена передаточная характеристика напряжения, АЧХ и ФЧХ при вариациях температуры. На рисунке 4 представлены осциллограммы выходного сигнала в зависимости от температуры, при разных частотах входного сигнала.



а)

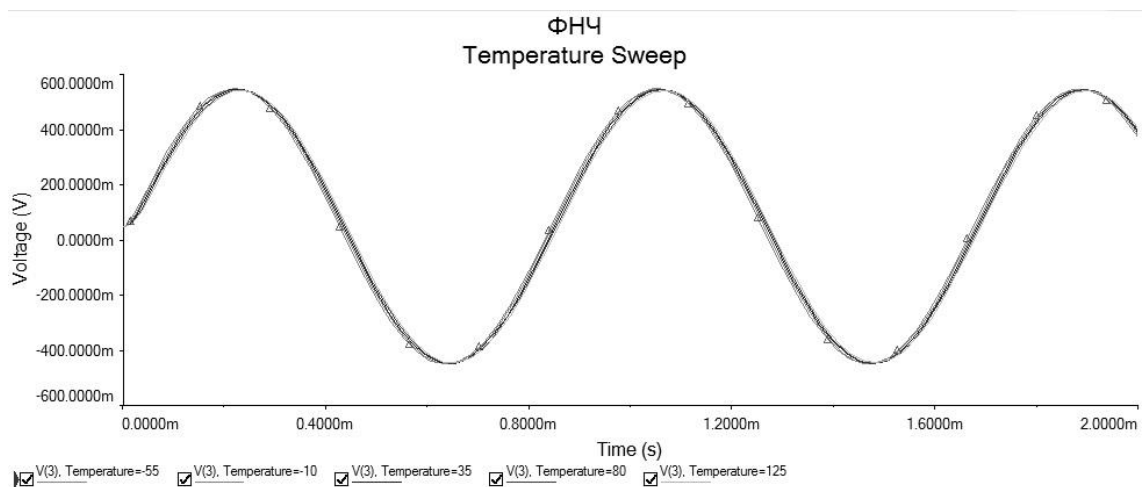
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР



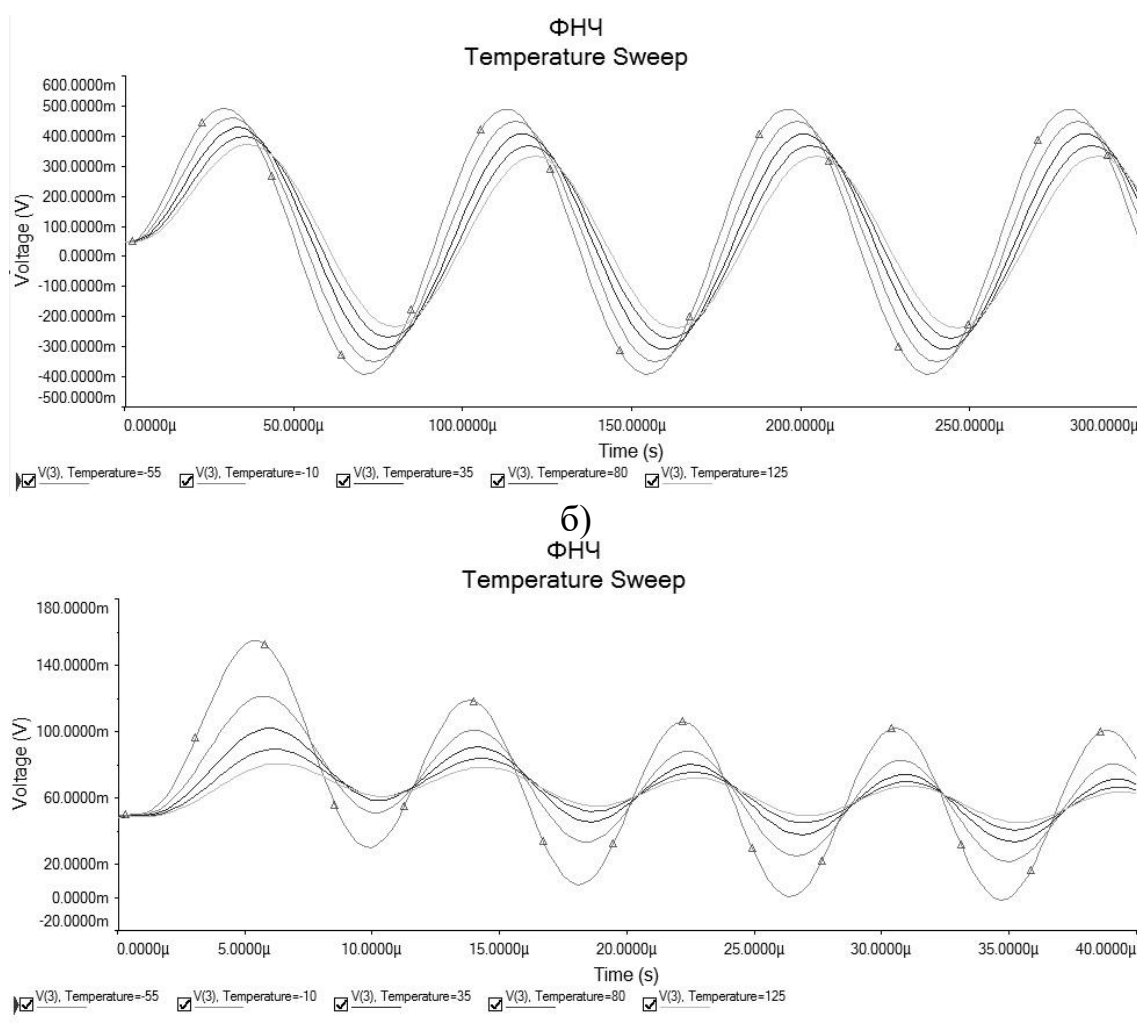
б)

Рисунок 3 – Влияние температуры на ФНЧ: а) передаточная характеристика; б) АЧХ и ФЧХ

Из графика передаточной характеристики выходного напряжения видно, что выходной сигнал с ростом температуры изменяется в пределах приблизительно $\pm 1\%$, спад АЧХ становится более пологим ($\pm 3^\circ$), уменьшается частота среза, приблизительно от -35 до $+70\%$, увеличивается уровень затухание в зоне подавления (приблизительно $\pm 2,5$ дБ), фазовый сдвиг сигнала, дает большее смещение в диапазоне ≈ 1 кГц-1МГц $\approx -26^\circ, +15^\circ$.



а)



в)

Рисунок 4 – Осциллограммы выходного сигнала при разных температурах на частотах: а) 1,2 кГц; б) 12 кГц; в) 120 кГц

Выводы

Проведенный анализ работы ФНЧ при различных температурах окружающей среды и влияние на характеристики фильтра разброса параметров используемых элементов. Учет реальных, а не идеальных параметров схемных элементов приводит к необходимости предъявлять более жесткие требования к исходным параметрам фильтра, чем это требуется по техническому заданию к проектированию. Большое влияние имеет значительное увеличение или уменьшение температуры от нормальной.

Список литературы

1. Бондаренко И. Б. Электрорадиоэлементы. Часть 1. Резисторы. – СПб: СПб НИУ ИТМО, 2012. – 108 с.
2. <https://lumen.ni.com/nicif/us/evalmultisimadi/content.xhtml>.
3. Сорокин Г.А. Фильтры нижних частот // Вестник ЮурГУ. Серия “Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника”, 2015, том 15, № 1, С. 100 – 107.