

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ФИЛЬТРА ПЯТОГО ПОРЯДКА

Д.О. Козлова, студент
Вологодский государственный университет
(Россия, г. Вологда)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-10-2-48-54

Аннотация. В работе проектируются два активных фильтра пятого порядка:

- на основе Саллена-Кея и инвертирующего усилителя;
- на основе Рауха и инвертирующего усилителя.

Автором выполнен расчет их передаточной функции, сборка модели фильтра в пакете Multisim 8.0, проверка работоспособности и сравнение показателей работы. Произведен расчет параметров фильтров (определены значения сопротивлений, емкости, передаточной функции фильтра).

Ключевые слова: активный фильтр, усилитель, схема Саллена-Кея, схема Рауха.

В состав первого из проектируемых фильтров 5-го порядка, являющимся низкочастотным (по оптимизационному мето-

ду – это фильтр Бесселя), входят 2 схемы Саллена-Кея и одна на основе инвертирующего усилителя.

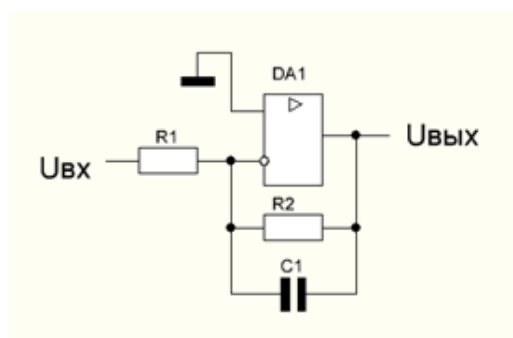
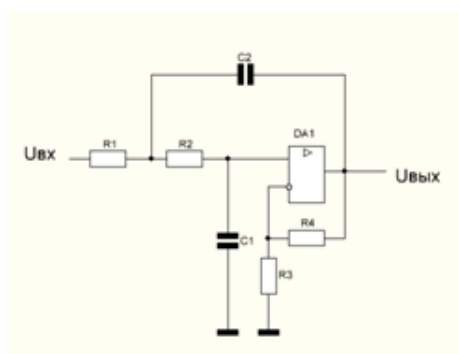


Рис. 1. Схема ФНЧ

В составе второго проектируемого фильтра 5-го порядка, также являющимся низкочастотным (по оптимизационному методу – это фильтр Бесселя - две схемы

Рауха и одна на основе инвертирующего усилителя.

Обе схемы отражаются на рисунке 2.

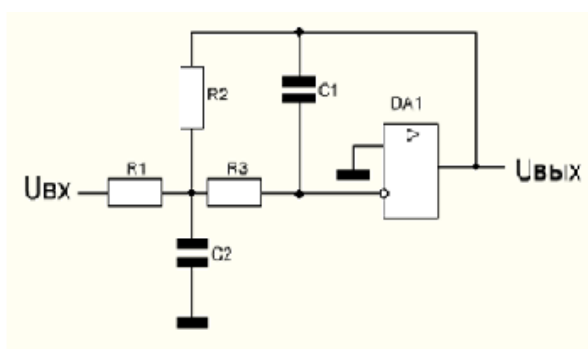
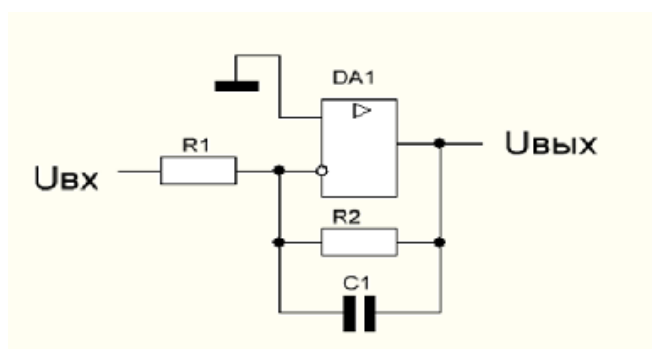


Рис. 2. Схема ФНЧ и инвертирующего усилителя

На рисунке 3 представлена принципиальная схема расчёта фильтра 5-го порядка.

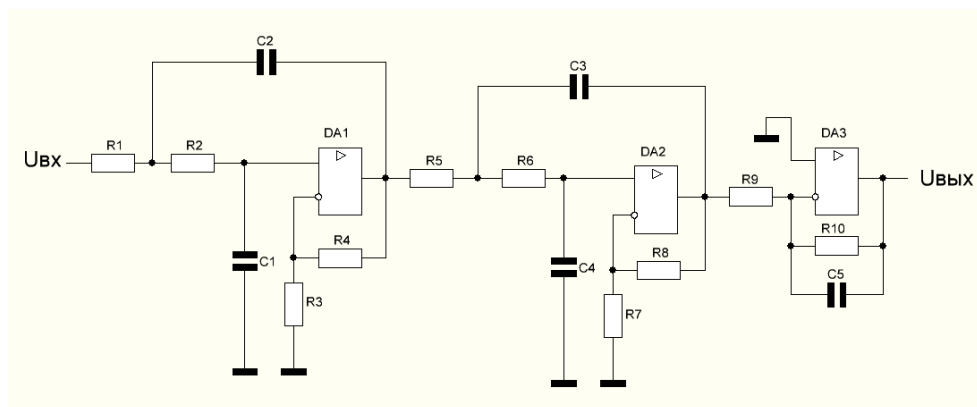


Рис. 3. Фильтр пятого порядка по Саллену-Кею

Чтобы реализовать ФНЧ 5-го порядка фильтры первого и второго порядка, как правило, соединяют последовательно, ха-

рактеристики звеньев перемножаются. На рисунке 4 представлена принципиальная схема по расчёту фильтра 5-го порядка.

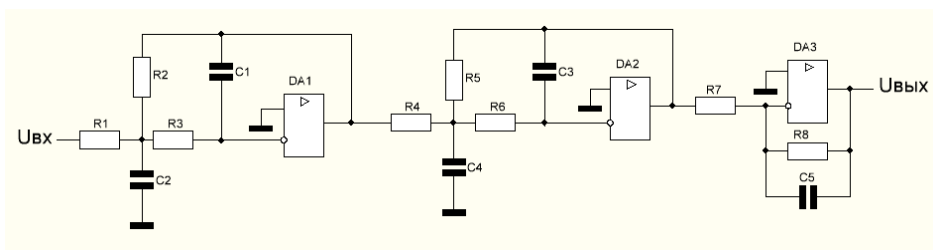


Рис. 4. Фильтр пятого порядка по Рауху

Модель на основе двух схем Саллена-Кея и одной на основе инвертирующего усилителя проводим в Multisim 8.0 с ис-

пользованием стандартной библиотеки элементов. Модель фильтра на рисунке 5.

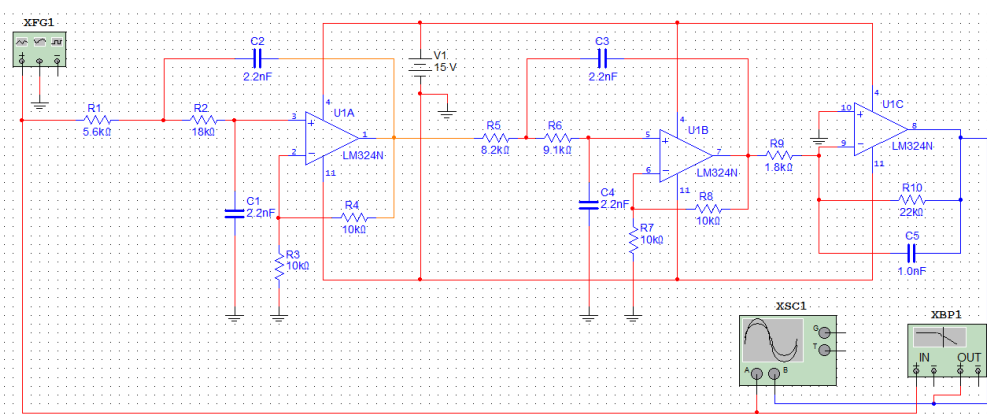


Рис. 5. Модель фильтра Саллена-Кея и инвертирующего усилителя

Частотные осциллограммы 474Гц, 4,74кГц, 47,4кГц представлены на рисунке 6.

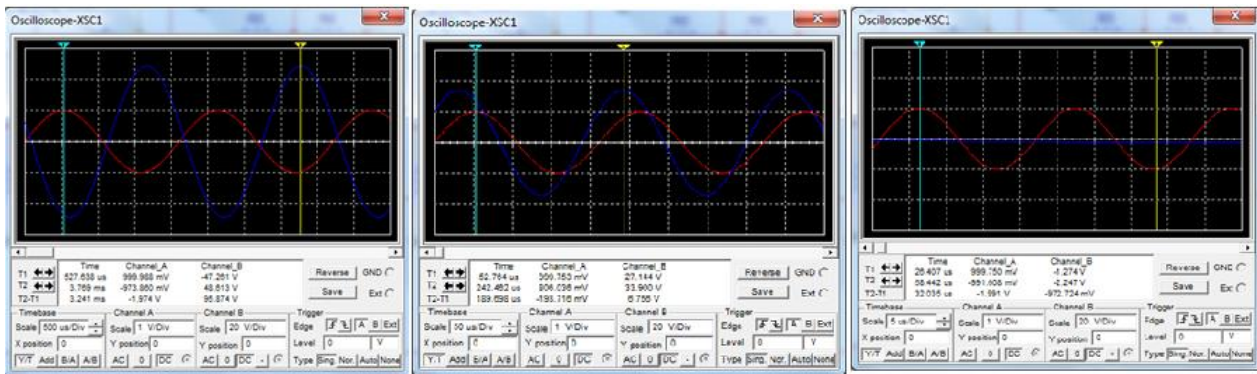


Рис. 6. Осциллограммы частот по Саллену-Кею

Воспользовавшись построителем частотной (Bode Plotter), получили в Multisim АЧХ и ФЧХ фильтра. АЧХ фильтра и

АЧХ фильтра при частоте среза представлены на рисунке 7.

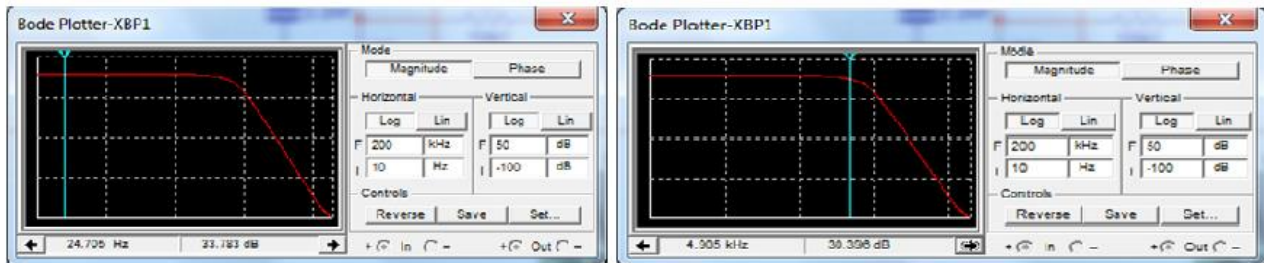


Рис. 7. АЧХ фильтра и АЧХ фильтра по частоте среза по Саллену-Кею

Наклон характеристики АЧХ представлен на рисунке 8.

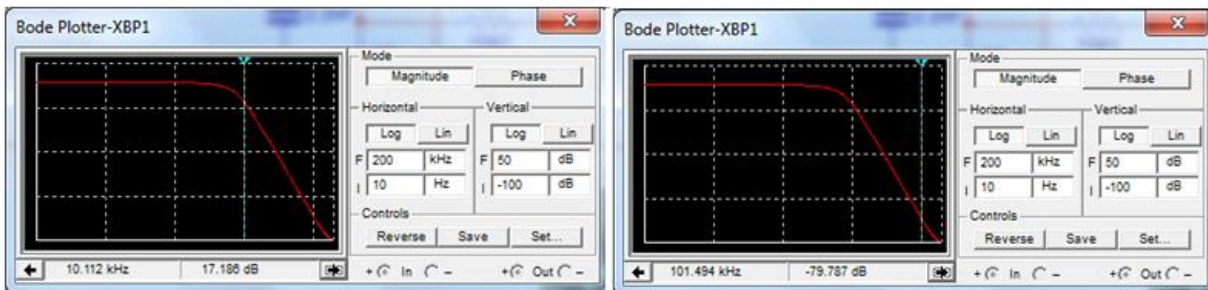


Рис. 8. Наклон характеристики АЧХ по Саллену-Кею

На рисунке 9 представлено ФЧХ фильтра.

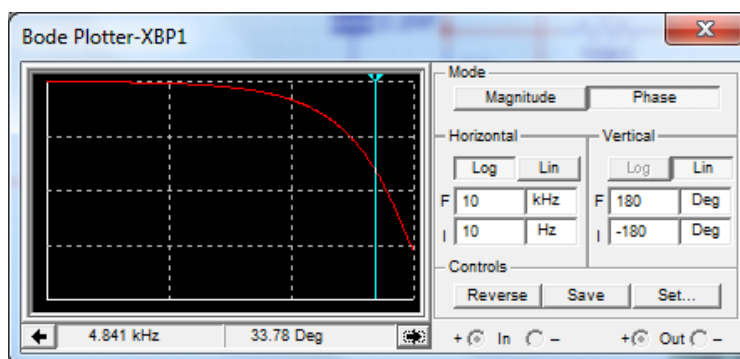


Рис. 9. ФЧХ фильтра по Саллену-Кею

При помощи осциллографа и генератора построения функций Function Generator в режиме генерации прямоугольных им-

пульсов получим переходную характеристику фильтра.

На рисунке 10 представлена переходная характеристика.

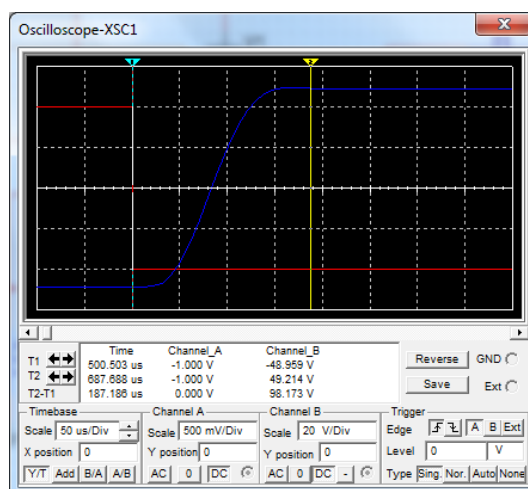


Рис. 10. Переходная характеристика по Саллену-Кею

Переходный процесс с одним колебанием; перерегулирование – 1,6%, время переходного процесса – 187 мкс.

Исследование работы фильтра при треугольном сигнале с частотой, находящейся в полосе пропускания фильтра. Осциллограмма представлена на рисунке 11.

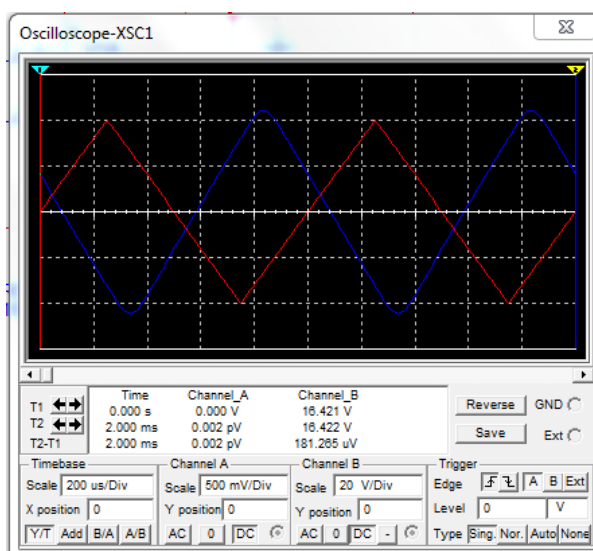


Рис. 11. Реакция фильтра на треугольный сигнал 1кГц

При прохождении через фильтр форма выходного сигнала практически соответствует форме входного сигнала.

Моделирование схем на основе двух схем Рауха и одной схемы на основе ин-

вертирующего усилителя проводим в программе Multisim 8.0 с использованием стандартной библиотеки элементов. На рисунке 12 отражена модель фильтра.

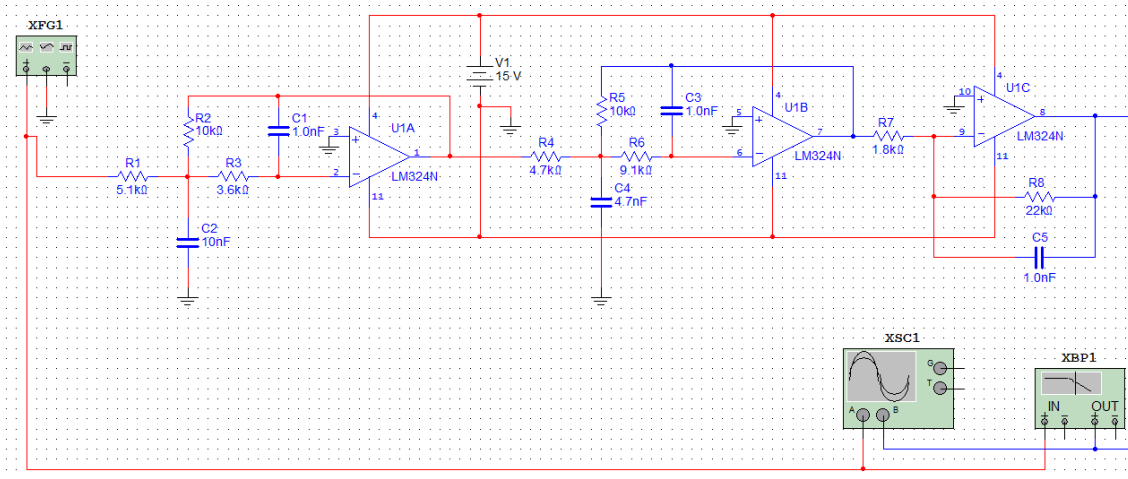


Рис. 12. Модель по Рауху и инвертирующего усилителя

Построим осциллограммы для разных частот 474Гц, 4,74кГц, 47,4кГц, представлены на рисунке 13.

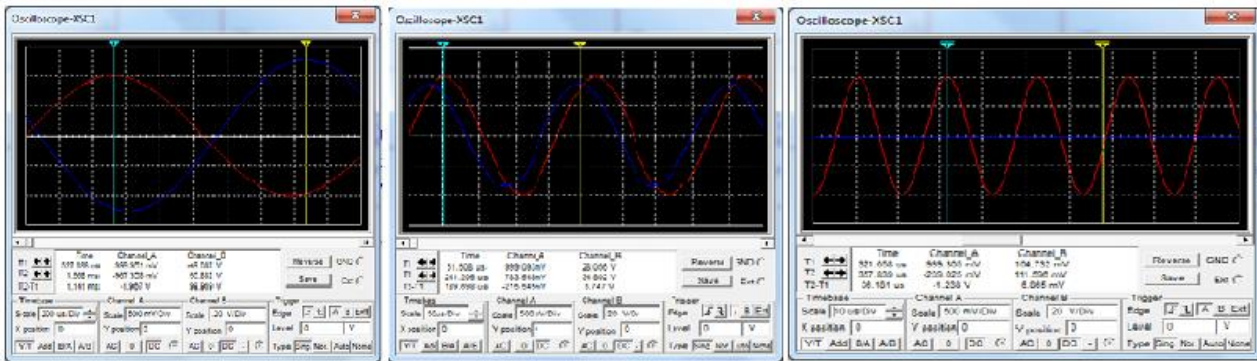


Рис. 13. Осциллограмма при частоте 474Гц, 4,74кГц, 47,4кГц по Рауху

Применив построитель частотных характеристик (Bode Plotter), получили в Multisim АЧХ и ФЧХ фильтра. АЧХ филь-

тра и АЧХ фильтра на частоте среза представлены на рисунке 14.

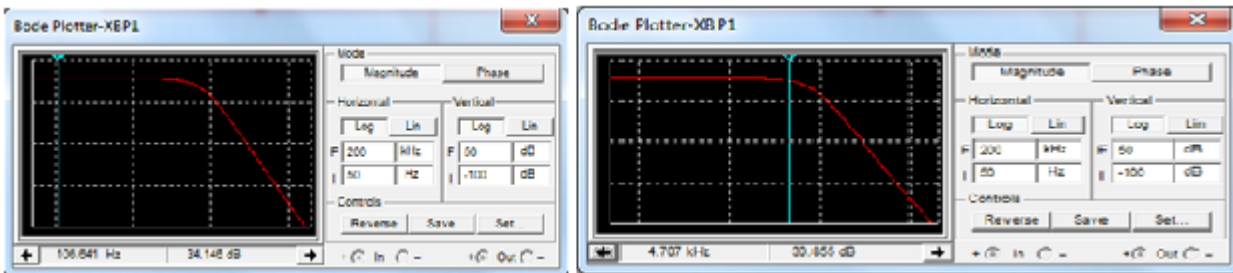


Рис. 14. АЧХ и ФЧХ на частоте среза по Рауху

Наклон характеристики АЧХ представлен на рисунке 15.

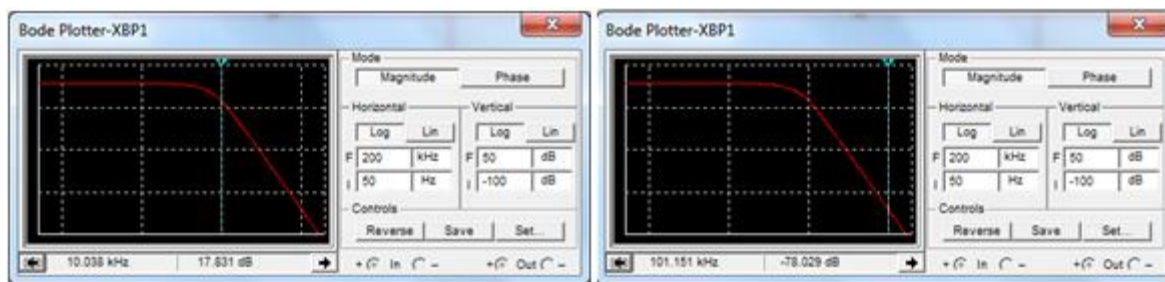


Рис. 15. Наклон характеристики АЧХ по Рауху

При помощи генератора функций Function Generator в режиме генерации прямоугольных импульсов и осциллограф,

строим переходную характеристику фильтра.

Переходная характеристика фильтра представлена на рисунке 16.

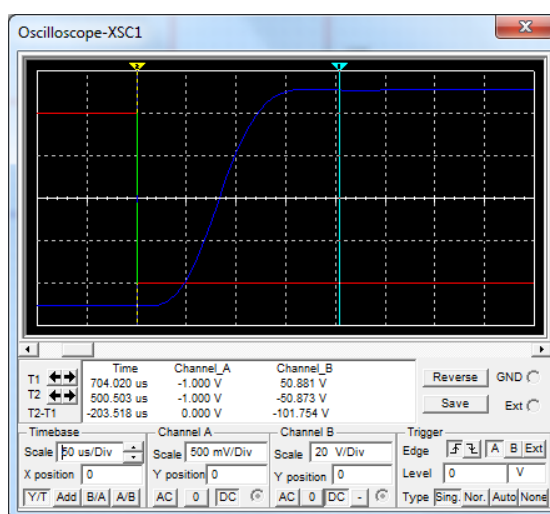


Рис. 16. Переходная характеристика по Рауху

Исследование работы фильтра при треугольном входном сигнале с частотой, расположенной в полосе пропускания

фильтра Осциллограмма представлена на рисунке 17.

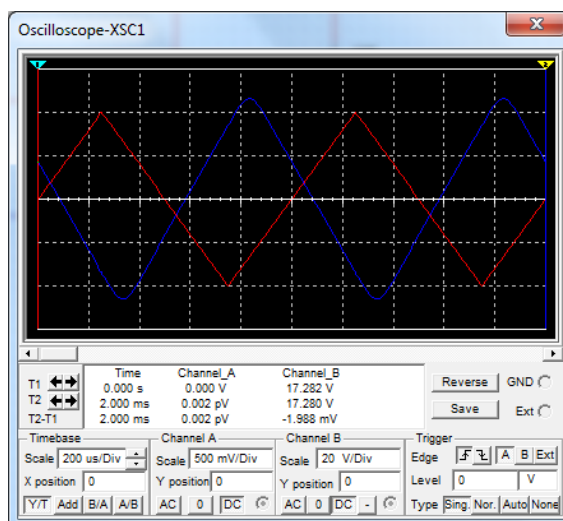


Рис. 17. Реакция фильтра на треугольный сигнал частотой 1кГц по Рауху

При прохождении через фильтр форма сигнала выхода практически соответствует форме сигнала входа.

Вывод: Оба фильтра не удалось сделать с заданным коэффициентом усиления, из-за расхождения расчетов с реальными элементами, но проверив расчеты в схеме с виртуальными элементами мы получаем заданный коэффициент усиления. Спроектированные фильтры не пропускают высокие частоты.

Проведенные измерения (АЧХ, переходный процесс и т.п.) показывают, что обе схемы похожи. В схеме на основе Рауха время переходного процесса немного выше, но и перерегулирование всего 0,6%, что ниже значений показателей в схеме Сальвена-Кея.

Оба фильтра работоспособны и готовы к применению в реальных схемах усилителей.

Библиографический список

1. Водовозов, А.М. Основы электроники. – Вологда: ВоГТУ, 2002.
2. Характеристика операционного усилителя 3288RT: онлайн-информация. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fomms.m.com/m/attachments/m/370/10566/1/Component%20Detail%20Report%203288.doc>.
3. Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров. – М.: Мир, 1984.

DESIGNING AN ACTIVE FIFTH-ORDER FILTER

D.O. Kozlova, Student
Vologda State University
(Russia, Vologda)

Abstract. *Two active filters of the fifth order are being designed in the work:*

- based on Sallen-Key and inverting amplifier;
- based on a Rauch and an inverting amplifier.

The author has calculated their transfer function, assembled the filter model in the Multisim 8.0 package, checked the operability and compared the performance indicators. The parameters of the filters were calculated (the values of the resistances, capacitance, and transfer function of the filter were determined).

Keywords: *active filter, amplifier, Sallen-Key circuit, Rauch circuit.*