



УДК 621.372.542.21

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФНЧ ПЕРВОГО ПОРЯДКА*****В.Н. Радченко, П.В. Кременской, С.И. Зайтов***Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,  
г. Новочеркасск

В данной статье рассматриваются экспериментальные исследования фильтра нижних частот первого порядка. Применение фильтра нижних частот находится в области защиты каналов связи от высокочастотных помех, наводимых от оборудования. Помимо этого, фильтрование высокочастотных сигналов может быть необходимо, если полезный сигнал содержит в себе множество гармоник, вносящих погрешность в измерение. Моделирование такого фильтра позволяет заранее определить его работоспособность и характеристики в динамике. Наиболее наглядной с точки зрения адекватности работы фильтра является его частотная характеристика. В приведенной модели фильтра, представленного в виде  $R$ - $C$  цепи, производятся исследования его работы при напряжениях малой амплитуды. Задача фильтра в устранении шумов в дифференциальном и масштабирующем усилителях.

**Ключевые слова:** фильтр нижних частот, ФНЧ, фильтрация помех, моделирование.

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FIRST-ORDER LPF*****V.N. Radchenko, P.V. Kremenskoj, S.I. Zaitov***Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),  
Novocherkassk

This article discusses experimental studies of a first-order low pass filter. The application of a low-pass filter is in the area of protection of communication channels from high-frequency interference induced from equipment. In addition, filtering of high frequency signals may be necessary if the desired signal contains many harmonics that introduce an error in the measurement. Modeling of such a filter allows you to determine in advance its performance and characteristics in dynamics. The most obvious from the point of view of the adequacy of the filter is its frequency response. In the given model of the filter, presented in the form of an  $R$ - $C$  circuit, studies of its operation at low-amplitude voltages are carried out. The task of the filter is to eliminate noise in differential and scaling amplifiers.

**Keywords:** low-pass filter, LPF, noise filtering, simulation

Экспериментальные исследования проведем для ФНЧ первого порядка и схемы дифференциального и масштабирующего усилителей. Так как ФНЧ обеспечивает подавление помехи создаваемой высокочастотным оборудованием. Рассмотрим частоту подавления данной помехи в области не менее  $f_{\text{нч}} = 53$  кГц. А схема дифференциального и масштабирующего усилителя, обеспечивает получение сигнала, необходимого для дальнейшей обработки. Параметром, по которому будем проверять правильность расчетов, является коэффициент усиления. По расчетам он должен быть равен 2010. Входные сигналы выберем 0,1 мВ и 0,5 мВ. Таким образом, показав, что схема работает правильно с разными входными сигналами.

Схемы были проанализированы с помощью интегрированной программной системы *Micro-Cap 9*. В системе имеются встроенный калькулятор, графический редактор для работы со схемами, комплекс программ схемотехнического анализа и отладчик моделей компонентов. Система удобна для проектирования, изучения и анализа электронных схем умеренной сложности. Схемный редактор позволяет создать чертеж, анализирующий схему, сохранение введенной информации, возможность вывода на печать или редактирования введенных ранее



схем. Редактор позволяет анализировать переходные процессы, частотные и передаточные характеристики. График и соответствующая ему шкала изображаются одним цветом.

В результате анализа рассчитанной схемы ФНЧ первого порядка (рисунок 1) была получена частотная характеристика, приведенная на рисунке 2.

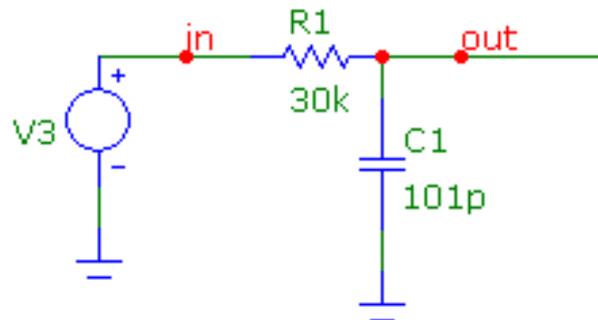


Рис. 1 – Схема ФНЧ первого порядка

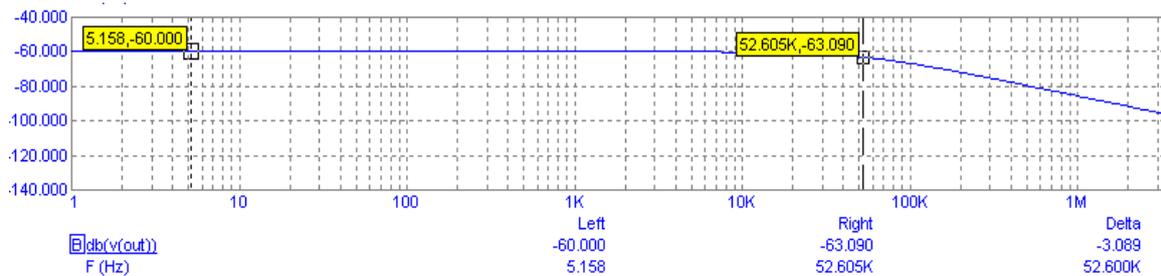


Рис. 2– Частотная характеристика ФНЧ

По полученным результатам видно, что рассчитанные значения  $f_{\text{нч}} = 53$  кГц являются верными, так как обеспечивается необходимое подавление помехи.

В результате анализа рассчитанной схемы дифференциального и масштабирующего усилителя (рисунок 3) была получена переходная характеристика, приведенная на рисунке 4 и 5.

По полученным результатам видно, что рассчитанные значения конденсаторов и резисторов являются верными, так как обеспечивается необходимый коэффициент усиления.

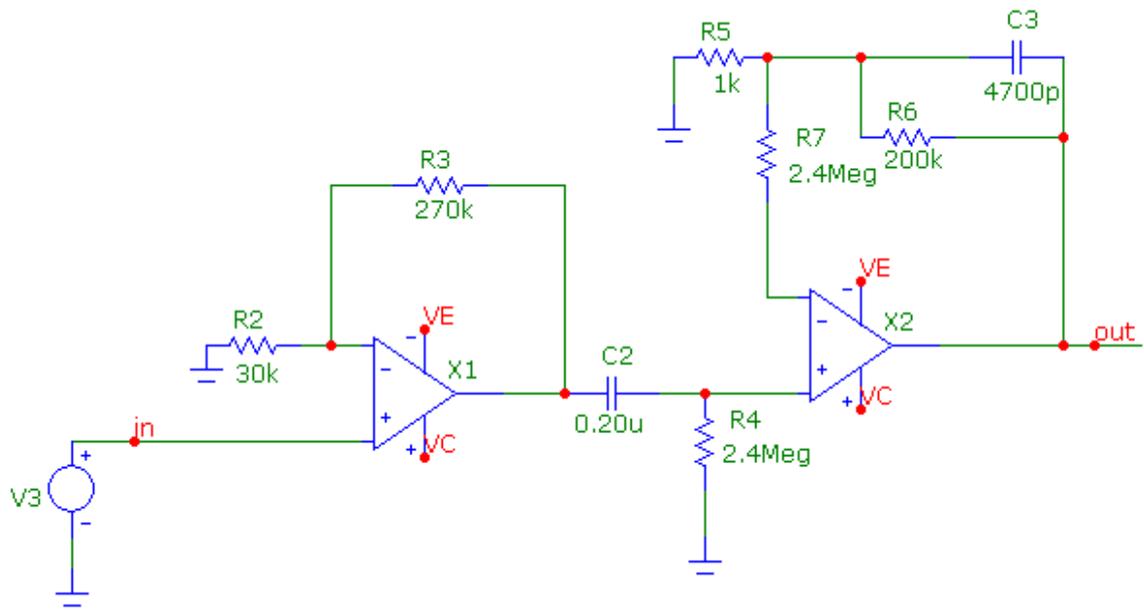


Рис. 3 – Схема дифференциального и масштабирующего усилителя

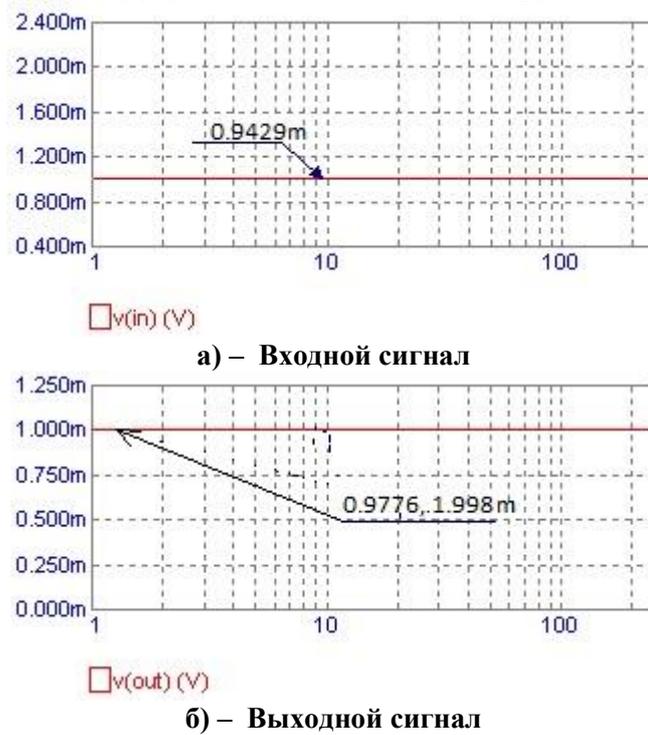
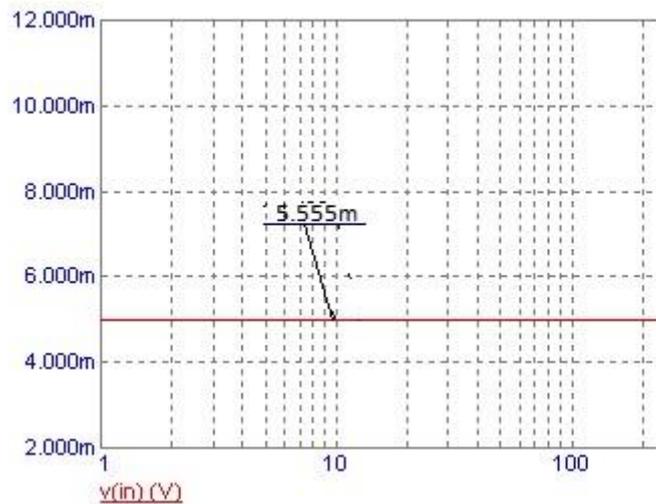
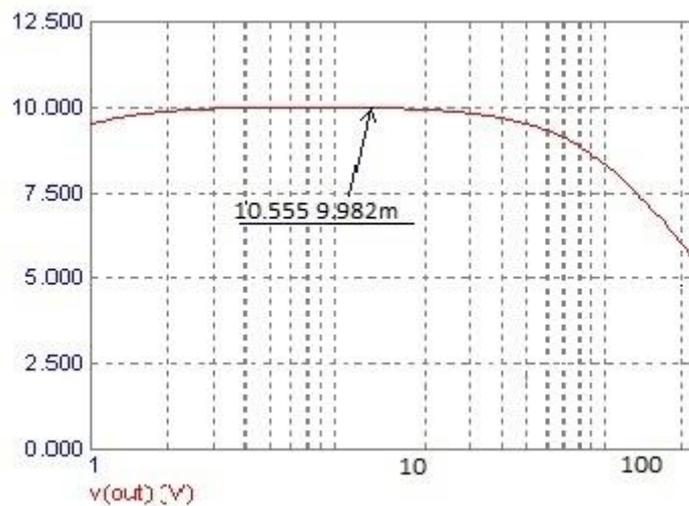


Рис. 4 – Результаты моделирования усилителей при  $U_{вх} = 0,1$  мВ.



в) – Входной сигнал



г) – Выходной сигнал

Рис. 5 – Результаты моделирования усилителей при  $U_{вх} = 0,5$  мВ.

Относительная погрешность коэффициента усиления определяется по формуле (1):

$$\delta = \frac{K_p - K_m}{K_p} \cdot 100\%, \quad (1):$$

где  $K_p$  - рассчитанный коэффициент усиления;  $K_m$  - смоделированный коэффициент усиления.

Смоделированный коэффициент усиления  $K_m$  определяется по формуле (2):

$$K_m = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \quad (2)$$

$U_{\text{ВХ}} = 0,1$  мВ.



$$K_M = \frac{1,998}{0,001} = 1998 .$$

$$U_{вх} = 0,5 \text{ мВ.}$$

$$K_M = \frac{9,982}{0,005} = 1997 .$$

Рассчитаем относительную погрешность коэффициента усиления смоделированного усилителя.

$$\delta = \frac{2010 - 1998}{2010} \cdot 100\% = 0,6\% .$$

$$\delta = \frac{2010 - 1997}{2010} \cdot 100\% = 0,7\% .$$

Таким образом, относительная погрешность коэффициента усиления составляет 0,6%, 0,7%