

УДК 621.372.542.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ЭЛЕМЕНТОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ АРС-ФИЛЬТРА

А.В. Колесник, А.Ю. Власенко

Институт гражданской защиты Донбасса  
Донецкий национальный технический университет

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

В результате стихийных бедствий местные и региональные коммуникационные сети могут быть повреждены, что приводит к потере связи. Радиосвязь в этом случае остается единственным источником информации и средством связи при координации действий различных организаций и служб подразделений МЧС [1].

Фильтры являются одними из самых распространенных и значимых узлов РЭА. Они позволяют: выделить необходимую пользователю информацию из зашумленного сигнала; отфильтровать и подавить ненужные и паразитные частоты и полосы частот; улучшить соотношение сигнал/шум; повысить качество сигнала [2].

При нестабильности параметров фильтра с элементами R и C существенно изменяются его частотные характеристики, в связи с чем одной из наиболее важных проблем проектирования активных RC-фильтров является обеспечение малой чувствительности передаточной функции к изменениям параметров.

Объектом исследования является АРС-фильтр, схема приведена на рис. 1. Параметры: частота среза  $f_0=12$  кГц; допустимое подавление в полосе пропускания  $A_{\text{п}}=3$  дБ; минимальное подавление на частоте  $10f_0$   $A_3=20$  дБ; единичный коэффициент усиления.

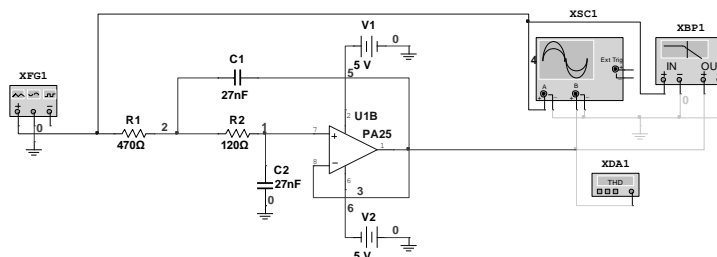


Рисунок 1 – Схема фильтра с подключенными приборами

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР

Параметры функционального генератора, коэффициент нелинейных искажений, а также АЧХ и ФЧХ исследуемого ФНЧ приведены на рис. 2.

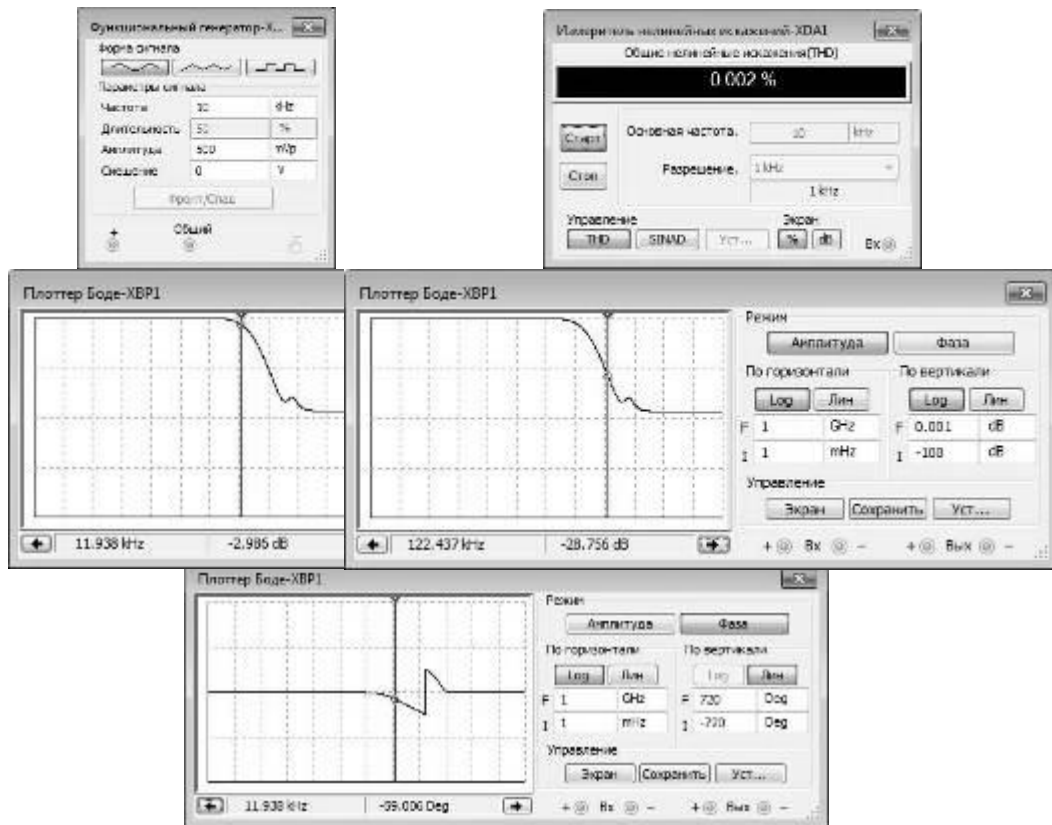


Рисунок 2 – Результаты моделирования

На рис. 3 представлены осциллограммы входного сигнала – канал А (1) и выходного сигнала – канал В (2) для схемы ARC-фильтра.

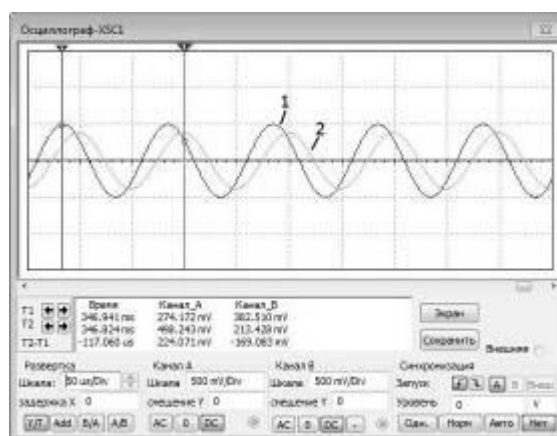


Рисунок 3 – Осциллограммы входного и выходного сигналов

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР

Для анализа вариации параметров элементов в меню Simulate/Analyses выберем Parameter sweep. В появившемся окне в поле Device Type указывается тип радиоэлемента, а в Name его обозначение на схеме. В полях Start и Stop указываются пределы, в которых будет меняться значение параметра элемента, а в полях Increment и # of points – шаг изменения величины и количество точек, соответственно. Поле Analysis to sweep предназначено для выбора типа анализа [3].

Оценим влияние резистора R2 на АЧХ и ФЧХ фильтра, для этого в соответствующих полях выберем Resistor R2, начальное и конечное значения сопротивлений – 20 и 200 Ом, соответственно, а количество точек примем равное 6 (рис. 4). На вкладке Variables выберем для анализа переменную V (3), которая соответствует выходу ФНЧ. Результаты моделирования представлены на рис. 5.

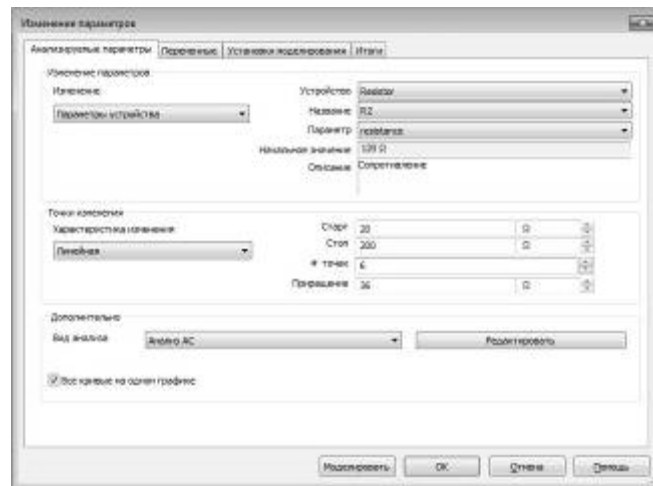


Рисунок 4 – Выбор параметров анализа

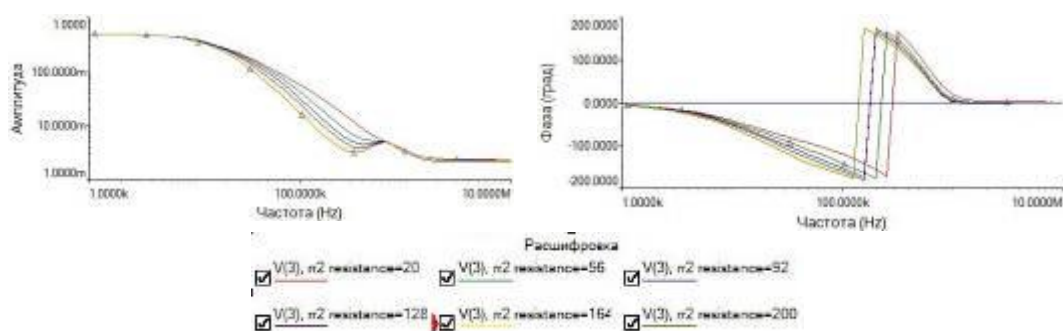


Рисунок 5 – АЧХ и ФЧХ на выходе ARC-фильтра в зависимости от изменения сопротивления R2

На рисунках 6 – 8 приведены графики зависимостей АЧХ и ФЧХ от параметров элементов R1, C1, C2.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР

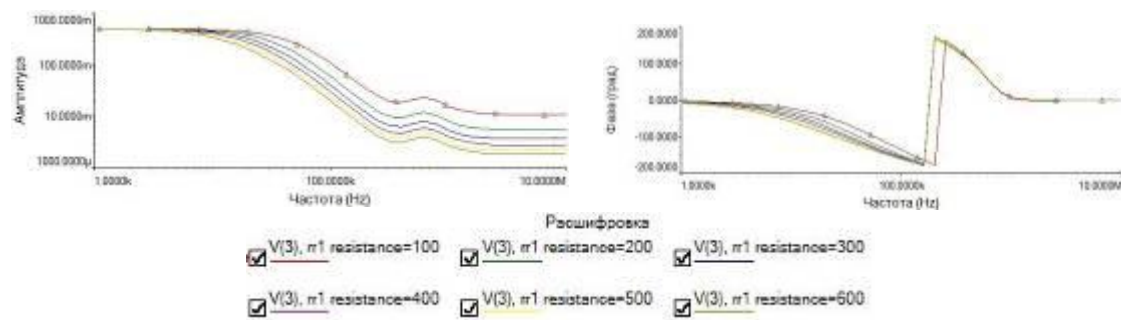


Рисунок 6 – АЧХ и ФЧХ на выходе ARC-фильтра в зависимости от изменения сопротивления  $R_1$

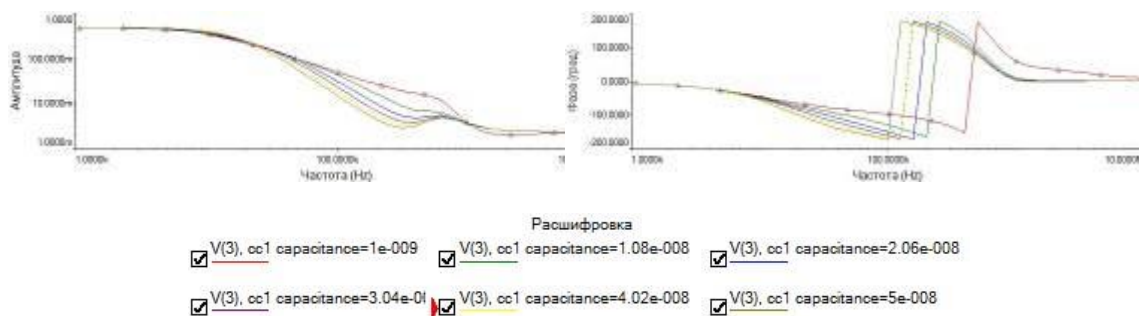


Рисунок 7 – АЧХ и ФЧХ на выходе ARC-фильтра в зависимости от изменения емкости конденсаторов  $C_1$

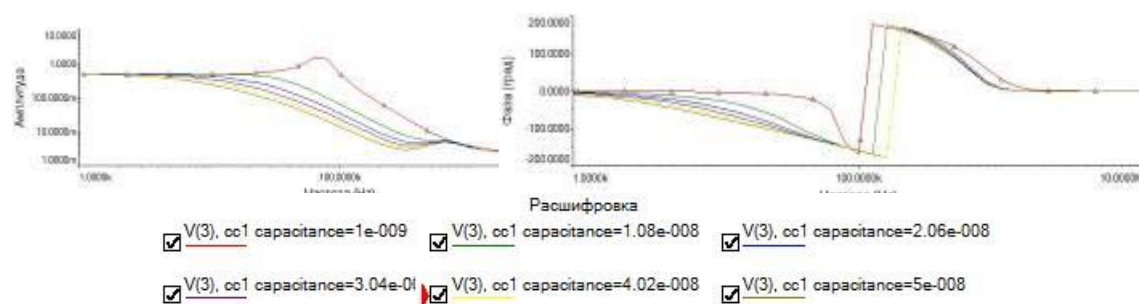


Рисунок 8 – АЧХ и ФЧХ на выходе ARC-фильтра в зависимости от изменения емкости конденсаторов  $C_2$

Анализ графиков показывает, что:

– при уменьшении сопротивления  $R_2$  АЧХ поднимается вверх в области подавления, характеристика становится более пологая, т.е. уменьшается подавление, при увеличении сопротивления подавление увеличивается. На частоте 100 кГц при  $R_2=20$  Ом

амплитуда равна 57,79 мВ, при  $R_2=200$  – 17 мВ. При увеличении сопротивления происходит смещение ФЧХ в сторону увеличения частоты: от 120 кГц до 250,28 кГц. На частотах от 1 кГц до 125,58 кГц с уменьшением сопротивления  $R_1$  происходит увеличение фазы (на частоте 100 кГц при  $R_1=20$  Ом фаза равна  $-120,12^\circ$ , а при  $R_1=200$  –  $-168,49^\circ$ ;

– при уменьшении сопротивления  $R_1$  АЧХ смещается вверх в области непропускания, и наоборот. Таким образом, на частоте 100 кГц при  $R_1=100$  Ом амплитуда равна 110,22 мВ, а при  $R_1=600$  Ом – 20,63 мВ. При изменении сопротивления  $R_1$  от 100 Ом до 500 Ом все кривые ФЧХ практически сливаются в одну единственную, но уже при  $R_1=600$  Ом ФЧХ смещается вправо на 38 Гц. В полосе частот от 1 кГц до 155,76 кГц происходит смещение характеристики вверх, то есть увеличение фазы. На частоте 100 кГц при  $R_1=100$  Ом фаза равна  $-136,82^\circ$ , а при  $R_1=600$  уже  $-160,87^\circ$ ;

– при уменьшении емкости  $C_1$  АЧХ поднимается вверх в области подавления, т.е. подавление уменьшается. На частоте 100 кГц при  $C_1=1$  нФ амплитуда равна 50,59 мВ, а при  $C_1=50$  нФ – 23,62 мВ. С уменьшением емкости  $C_1$  ФЧХ сдвигается вправо на полосе от 100 кГц до 387,3 кГц. На частоте 100 кГц при  $C_1=50$  нФ фаза равна  $-169,62^\circ$ , при  $C_1=1$  нФ –  $-97,71^\circ$ ;

– при уменьшении емкости  $C_2$  происходит увеличение амплитуды в области подавления. На частоте 69 кГц при  $C_2=1$  нФ наблюдается выброс величиной в 1,5 В, когда при  $C_2=50$  нФ амплитуда равна 26,16 мВ. При уменьшении емкости  $C_2$  происходит смещение ФЧХ влево в пределах 97,31 кГц – 159,07 кГц. В полосе частот от 1 кГц до 97 кГц ФЧХ поднимается вверх, т.е. фаза увеличивается. На частоте 16 кГц при  $C_1=50$  нФ фаза равна  $-5,09^\circ$ , а при  $C_1=1$  нФ –  $-87,83^\circ$ .

#### Вывод

Таким образом, специальные возможности программной среды компьютерного моделирования MULTISIM позволяют осуществить детальный анализ схемы с помощью совокупности многочисленных типов исследований, которые заложены в программу и использовать ее в образовательных и научных целях.

#### Список литературы

1. Радиовещание в России 2013 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.studfiles.ru/preview/3572979/page:2/>.
2. Энциклопедия радиоэлектроники и электротехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.diagram.com.ua/list/radio/radio32.shtml>.
3. Радиоежегодник. 2013. вып. 23