

*А.В. Рубцов, Т.В. Гордяскина*  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЛИНЕЙНЫХ АНАЛОГОВЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MULTISIM 10.0.1**

Ключевые слова: аналоговые фильтры, дефекты схем, техническая диагностика.

В работе рассматривается методика поиска неисправностей элементов аналоговых радиотехнических цепей на примере фильтров низкой и высокой частоты в программном пакете Multisim 10.0.1.

В состав практически любого радиоэлектронного устройства входят линейные системы фильтрации, реализованные на аналоговой или цифровой элементной базе. Понимание базовых принципов функционирования линейных радиотехнических систем является основой дальнейшего изучения структуры и функционирования современных сложных радиотехнических комплексов. Наиболее изученными линейными радиотехническими устройствами являются системы фильтрации радиотехнических сигналов.

Рассмотрим методы технической диагностики радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в соответствии с обобщенным алгоритмом [1]:

1) Проведение визуального контроля РЭА (целостность органов управления, предохранителей, вилок, кабелей питания и т.д.).

2) Включение РЭА.

– Если отсутствуют признаки работоспособности, то РЭА направляется на регулировку и ремонт.

– Если имеются признаки работоспособности, то выбираются технические параметры (ТП), методики их контроля на соответствие нормативной технической документации (НТД) (если хотя бы один из параметров не соответствует НТД, состояние РЭА – неработоспособное и она направляется на регулировку и ремонт).

Техническим параметром принято считать величину, характеристику, функциональную зависимость, которые определяют техническое состояние системы, аппаратуры, блока, модуля, узла, элемента.

Технические параметры радиотехнических систем разделяют на следующие группы:

- 1) Параметры входных и выходных сигналов.
- 2) Параметры физических процессов, происходящих в объектах.
- 3) Параметры передаточных и переходных функций.

Данная методика поиска неисправностей в элементах радиотехнических цепей предлагается в дисциплине «Надежность и техническая диагностика».

Студентам специальности 250503-65 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» предлагается выполнить лабораторную работу по поиску неисправностей элементов на примере аналоговых фильтров.

В качестве основного контролируемого параметра линейного аналогового фильтра выбирается его амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), так как, в соответствии с фундаментальным принципом суперпозиции, отклик системы будет на тех же частотах, что и входное воздействие, поэтому об уровне выходного сигнала можно судить по АЧХ системы.

В первом задании студентам предлагается теоретически рассчитать и исследовать АЧХ идеальных (элементы фильтров не имеют дефектов) линейных аналоговых фильтров низкой (ФНЧ) и высокой (ФВЧ) частот, в соответствии с вариантом, предложенным преподавателем, базируясь на основных законах теории радиотехнических цепей. Пример выполнения задания приведен на рис. 1.

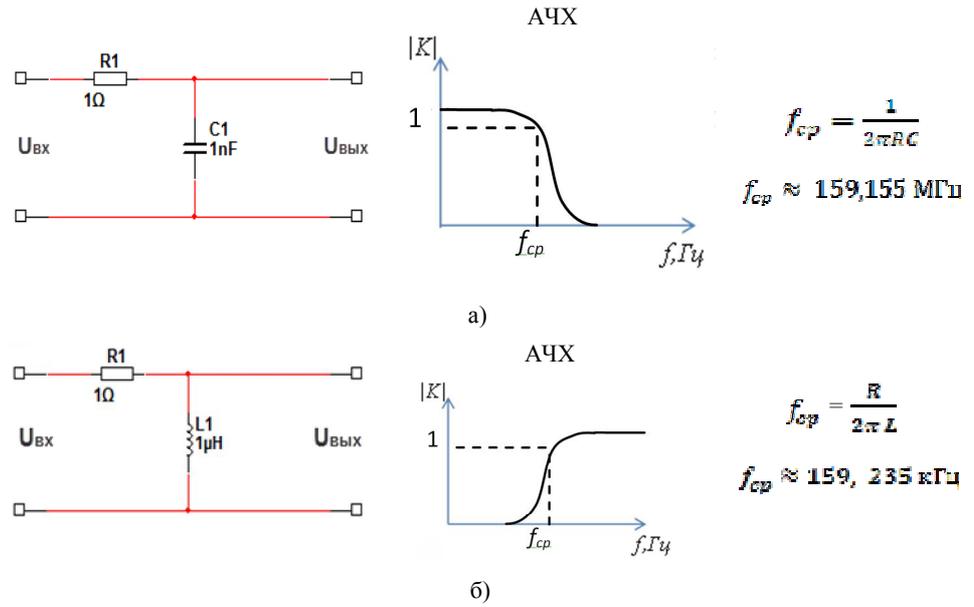


Рис. 1. а) Пример теоретического расчета АЧХ ФНЧ, б) Пример теоретического расчета АЧХ ФВЧ

Провести проверку корректности результатов теоретического расчета с помощью компьютерного моделирования в программном пакете Multisim 10.0.1 с использованием виртуальных измерительных приборов: измерительного генератора- XFG1, задающего входной сигнал; плоттера Боде -XBP1, измеряющего АЧХ цепи и мультиметров, измеряющих действующее значение напряжения на элементах цепи [2,3]. Пример компьютерного моделирования АЧХ фильтров в Multisim 10.0.1. приведен на рис. 2а и 2б соответственно.

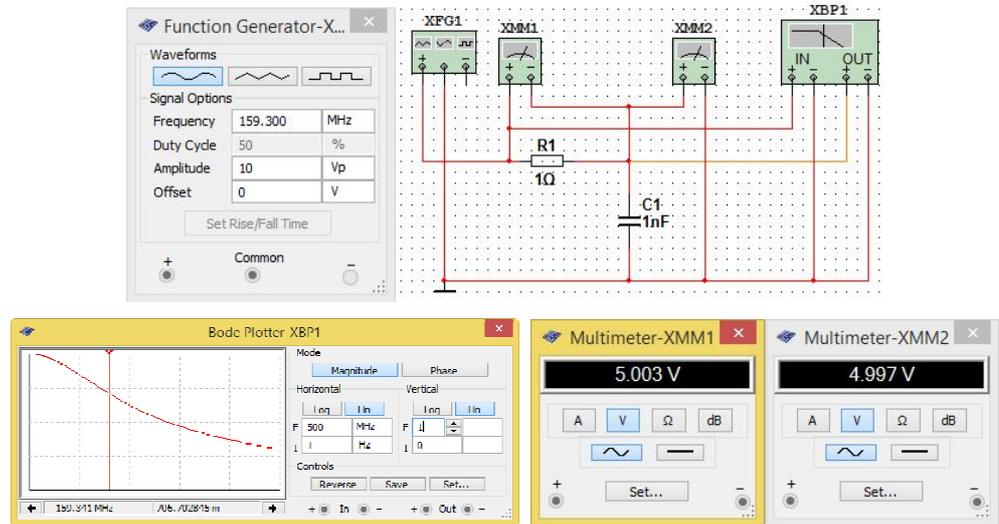


Рис. 2. а) Пример схемы, АЧХ ФНЧ и показания мультиметров в Multisim 10.0.1

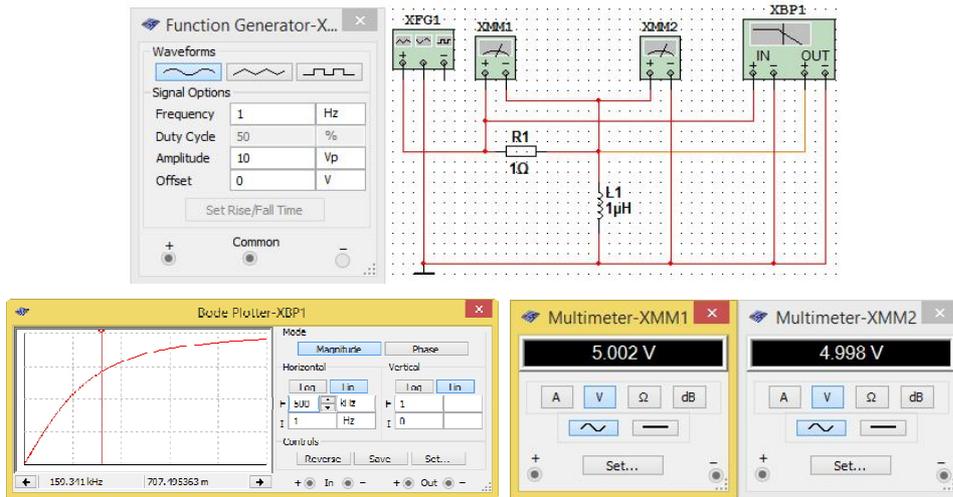


Рис. 2. б) Пример схемы, АЧХ ФВЧ и показания мультиметров в Multisim 10.0.1

Во втором задании студентам предлагается теоретически исследовать технические параметры схемы при возможных дефектах элементов и указать влияние дефектов на АЧХ схемы.

Исходя из практических исследований работы радиоэлектронной аппаратуры, было выделено три основных дефекта в элементах схем:

- обрыв контакта;
- короткое замыкание контактов;
- утечка энергии между контактами, соответствующая подключению шунтирующего сопротивления  $R_{ш}$  параллельно элементу схемы.

Результаты теоретического расчета АЧХ систем при обрыве и коротком замыкании контактов элементов приведены на рис. 3а и 3б соответственно.

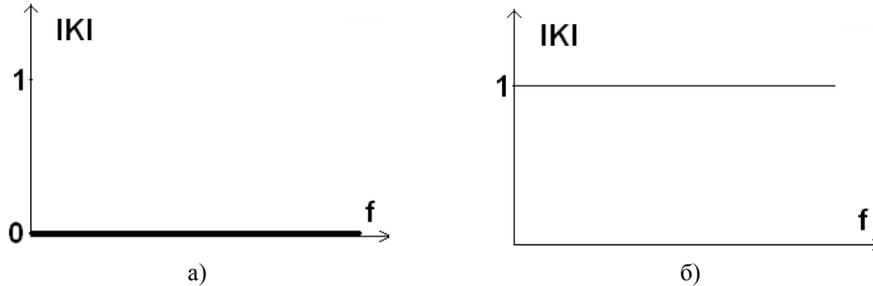


Рис. 3. а) АЧХ ФНЧ и ФВЧ при обрыве контакта R и коротком замыкании L,C;  
 б) АЧХ ФНЧ и ФВЧ при обрыве контакта L,C и коротком замыкании R

Дальнейший поиск неисправного элемента цепи проводится с помощью мультиметров. При коротком замыкании элемента действующее напряжение на нем стремится к 0, при обрыве на исследуемом элементе действующее значение напряжения стремится к значению входного действующего напряжения.

Результаты теоретического расчета АЧХ систем при возникновении утечки энергии приведены на рис. 4.

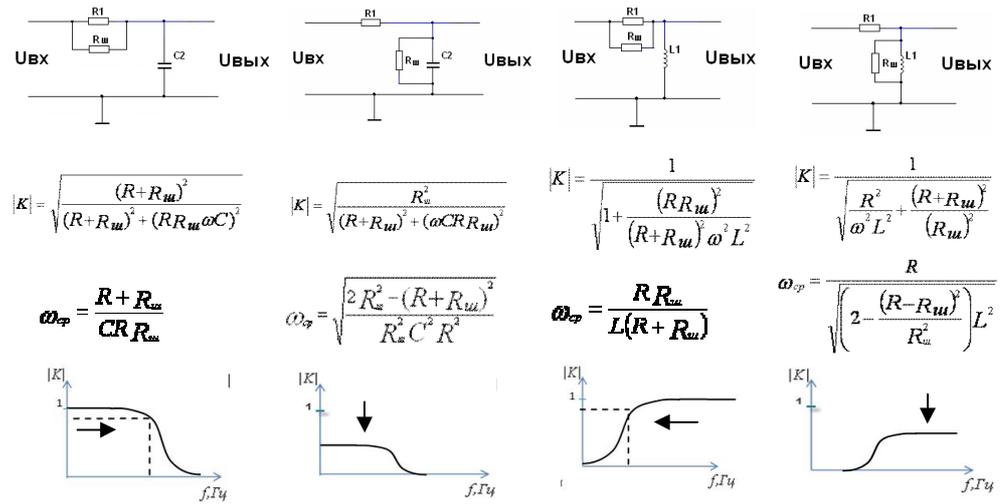


Рис. 4. Результаты теоретического расчета АЧХ ФНЧ и ФВЧ при утечке энергии

Утечка энергии в исследуемой схеме эквивалентна параллельному включению с элементом шунтирующего сопротивления  $R_m$ . При  $R_m$  стремящегося к бесконечности утечки в схеме нет, при  $R_m$  стремящегося к нулю в схеме короткое замыкание элемента. Наличие утечки энергии в резисторе  $R$  приводит к увеличению полосы пропускания фильтра. Наличие утечки энергии в  $C$  или  $L$  уменьшает модуль коэффициента передачи цепи и АЧХ смещается к нулевому значению (при  $R_m$  стремящемся к нулю) во всем диапазоне частот.

Корректность результатов теоретического расчета проверяется с помощью компьютерного моделирования в программном пакете Multisim 10.0.1. Результаты моделирования приведены на рис. 5, 6.

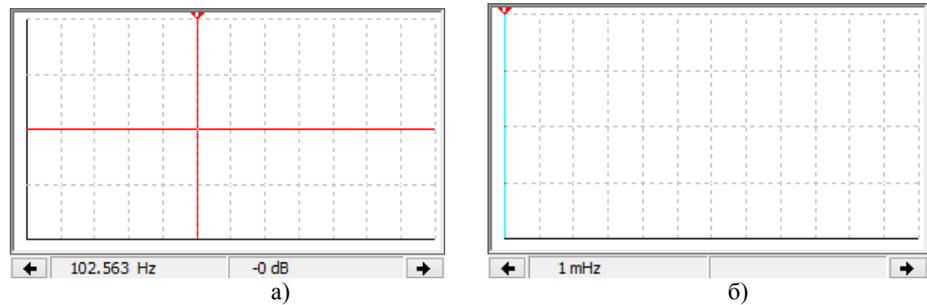


Рис. 5. а) АЧХ фильтров при коротком замыкании на  $R$ , обрыве  $L, C$ ;  
б) АЧХ фильтров при обрыве  $R$ , коротком замыкании  $L, C$

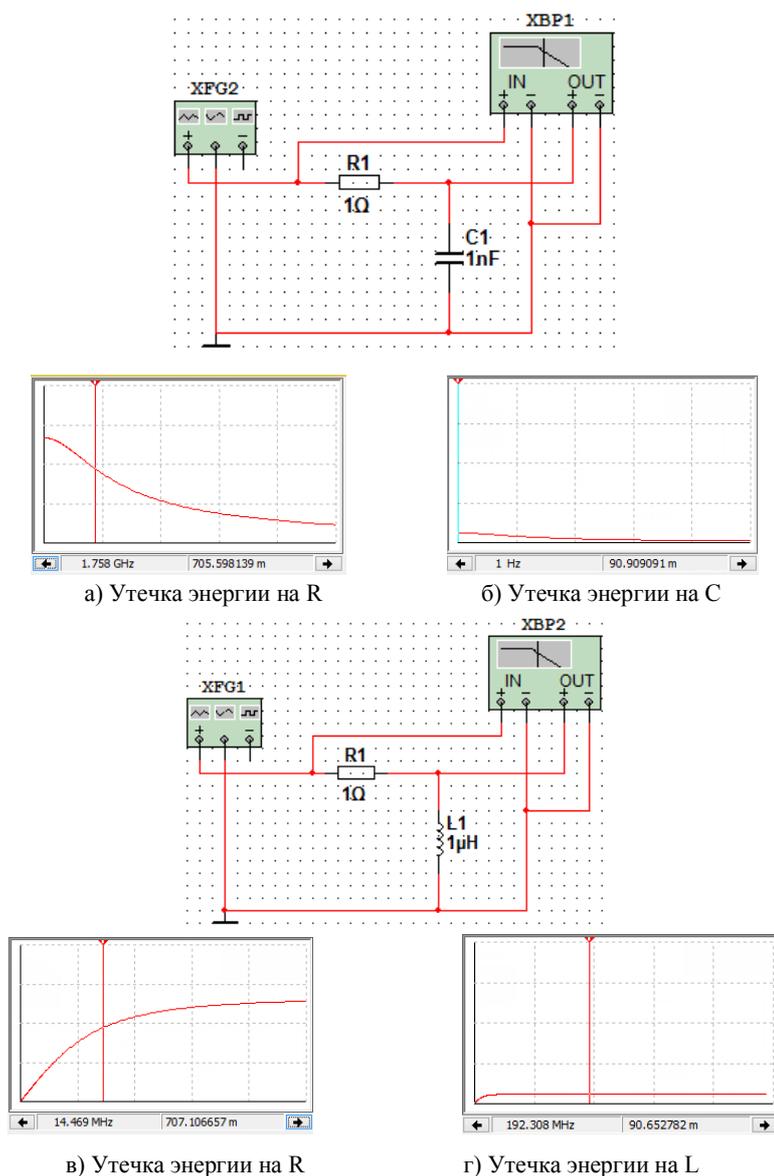


Рис. 6. Результаты компьютерного моделирования АЧХ ФНЧ (а, б) и ФВЧ (в, г) при утечке энергии

Предложенная методика технической диагностики линейных аналоговых радиотехнических цепей на примере фильтров низкой и высокой частоты, включающая теоретический расчет, сравнительный АЧХ идеальных цепей и цепей с дефектами элементов и компьютерное моделирование технических характеристик исследуемых цепей с использованием современных проблемно-ориентированных программных пакетов (например, Multisim), позволяет студентам не только изучить теоретические основы функционирования цепей, но и приобрести навыки поиска неисправностей в радиоэлектронной аппаратуре [3].

#### Список литературы:

- [1] ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения»

[2] MSM9-E-1790 Rev. 1 (C) 2005 Electronics Workbench Corporation. All rights reserved. Published November 2005. Printed in Canada.

[3] Гордяскина Т.В., Лебедева С.В. Моделирование радиоэлектронных цепей в Multisim: Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ и курсового проекта по дисциплине «Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике» для студентов дневного и заочного обучения по специальности 162107.65 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования». – Н. Новгород: Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2013. – 40 с.

*Н.В. Филинова, А.А. Ипатов, Т.В. Гордяскина*  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## **ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО ДИАПАЗОНА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB R2007B**

Ключевые слова: Радиотехнический сигнал, звуковой диапазон, моделирование цифровых сигналов, нерекурсивный цифровой фильтр.

В статье рассматривается исследование радиотехнических сигналов звукового диапазона частот в программном пакете Matlab R2007b

В настоящее время наиболее динамично развивающимся видом связи является связь с подвижными объектами, расширяющая возможности традиционной телефонной связи. Основной тенденцией развития систем подвижной радиосвязи является использование цифровых методов обработки и передачи сигналов. Это связано с тем, что цифровые методы, в сравнении с аналоговыми, наиболее эффективны в обработке и передаче речевых сигналов. К наиболее эффективным методам цифровой обработки речевых сигналов относятся: преобразование и кодирование источника (звука); помехоустойчивое кодирование канала передачи; цифровая модуляция и эффективная демодуляция, позволяющие повысить результативность использования радиочастотного ресурса по сравнению с аналоговыми методами [1].

В основу создания систем цифровой связи заложены методы, предложенные В.А. Котельниковым в теореме, впервые изложенной в 1933 г. в работе «О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи».

Студентам специальности 250503-65 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» как будущим специалистам нужно знать основы цифровой обработки сигналов звукового диапазона частот (речевых сигналов). Рассмотрим более подробно теоретические основы формирования и обработки звука.

Спектральный состав звуков речи различен - каждому звуку речи соответствует свое распределение энергии по частотному диапазону, называемое формантным рисунком. Первые две (основные) форманты определяют произносимый звук речи, а остальные (вспомогательные) характеризуют индивидуальную для каждого человека окраску, тембр голоса. Если фильтром низкой частоты обрезать вспомогательные форманты спектра речевого сигнала, то исчезнет индивидуальная для каждого человека окраска произносимых звуков, но само речевое сообщение будет понято. Некоторые звуки отчетливо распознаются по одной первой форманте (а, о, у). Это происходит потому, что низкие частоты обладают большой энергией.

Форматный рисунок глухих звуков выражен слабо. У них спектр не дискретный, а сплошной и характеризуются только огибающей спектра. Для звука максимум спектральной плотности расположен вблизи частот 5000...8000 Гц. В полосе частот 1500...8000 Гц находится спектр согласных звуков и, в частности фрикативных со-