



УДК 621.376.223

Мешков Александр Сергеевич, студент
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Гордяскина Татьяна Вячеславовна, доцент, к.ф.-м.н., доцент кафедры
радиоэлектроники
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ПОСТАНОВКА НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ СИГНАЛОВ В АНАЛОГОВЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Аннотация. В работе предлагается методика исследования нелинейных преобразований сигналов в аналоговых радиотехнических цепях, ориентированная на формирование у студентов практических навыков технической эксплуатации объектов профессиональной деятельности. Рассматривается пример проведения натурального эксперимента на основе разработанного лабораторного стенда.

Ключевые слова: натуральный эксперимент, лабораторный стенд, нелинейные аналоговые радиотехнические цепи, амплитудный модулятор, амплитудный детектор

При подготовке современного специалиста по технической эксплуатации транспортного радиооборудования необходимо уделить достаточно большое время для приобретения навыков работы с реальными радиоэлектронными средствами (РЭС). Профессиональные компетенции, формируемые у студента специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», не могут быть полностью освоены, базирясь только на теоретическом обучении и компьютерном моделировании процессов, протекающих в радиоэлектронном оборудовании.

Первые практические навыки диагностики радиооборудования будущий специалист получает на лабораторных занятиях в ВУЗе, поэтому на кафедре радиоэлектроники ФГБОУ ВО «ВГУВТ» непрерывно ведется работа по приобретению и разработке нового лабораторного оборудования.

Основы функционирования радиоэлектронных средств, применяемых на современных судах, студенты начинают рассматривать на младших курсах в дисциплинах «Физические основы электроники», «Радиотехнические цепи и сигналы» и др. Максимально эффективное изучение основ радиоэлектроники состоит в грамотном сочетании теоретического материала, дающего понятия основных физических процессов в РЭС; компьютерного моделирования, обеспечивающего возможность визуализации физических процессов на базе разработанных математических моделей; натурального эксперимента, подтверждающего или опровергающего результаты теории и моделирования.

В рамках занятий по дипломному проектированию была решена задача разработки лабораторного стенда по исследованию нелинейных преобразований сигналов в аналоговых радиотехнических цепях, что позволит проводить натурные эксперименты на лабораторных занятиях.

В качестве исследуемых РЭС были выбраны нелинейные радиотехнические цепи, являющиеся основными блоками приемо-передающей аппаратуры радиотехнического канала связи – одного из объектов профессиональной деятельности выпускника специальности 25.05.03.

Рассмотрим пример внедрения разработанного стенда в учебный процесс в дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы».

Методика исследования нелинейных РЭС включает следующие этапы:

1) Теоретическое исследование нелинейных аналоговых радиотехнических цепей

Объектом исследования является радиотехнический канал связи (рис.1) [1]:

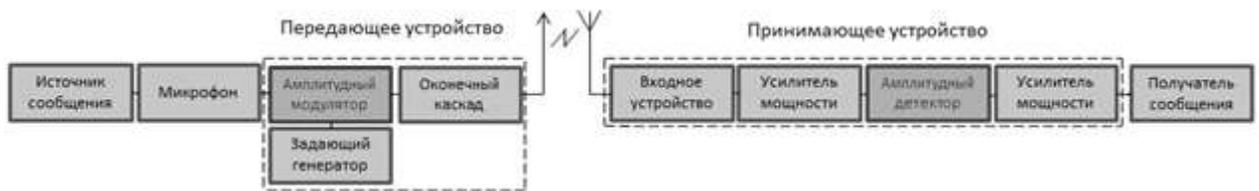


Рис. 1. Упрощенная структура радиотехнического канала связи.

Примером нелинейных радиотехнических цепей в аппаратуре канала связи являются амплитудный модулятор (АМ) и детектор (АД) (в качестве нелинейного элемента выбран диод, вольт-амперная характеристика (ВАХ) которого аппроксимирована полиномом второго порядка), структура и технические характеристики которых приведены на рис 2. [2]

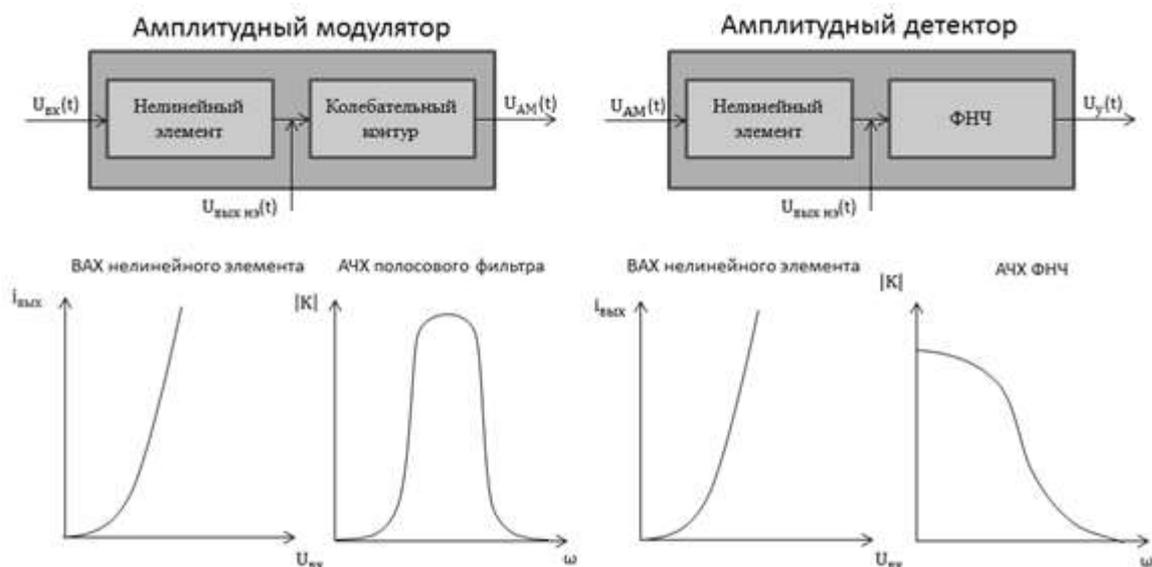


Рис. 2. Структура и технические характеристики радиотехнических цепей, входящих в состав амплитудного модулятора и детектора.

Процесс преобразования сигналов в модуляторе и детекторе на примере математических моделей (ММ) однотоновых амплитудно-модулированных сигналов приведен на рис. 3.

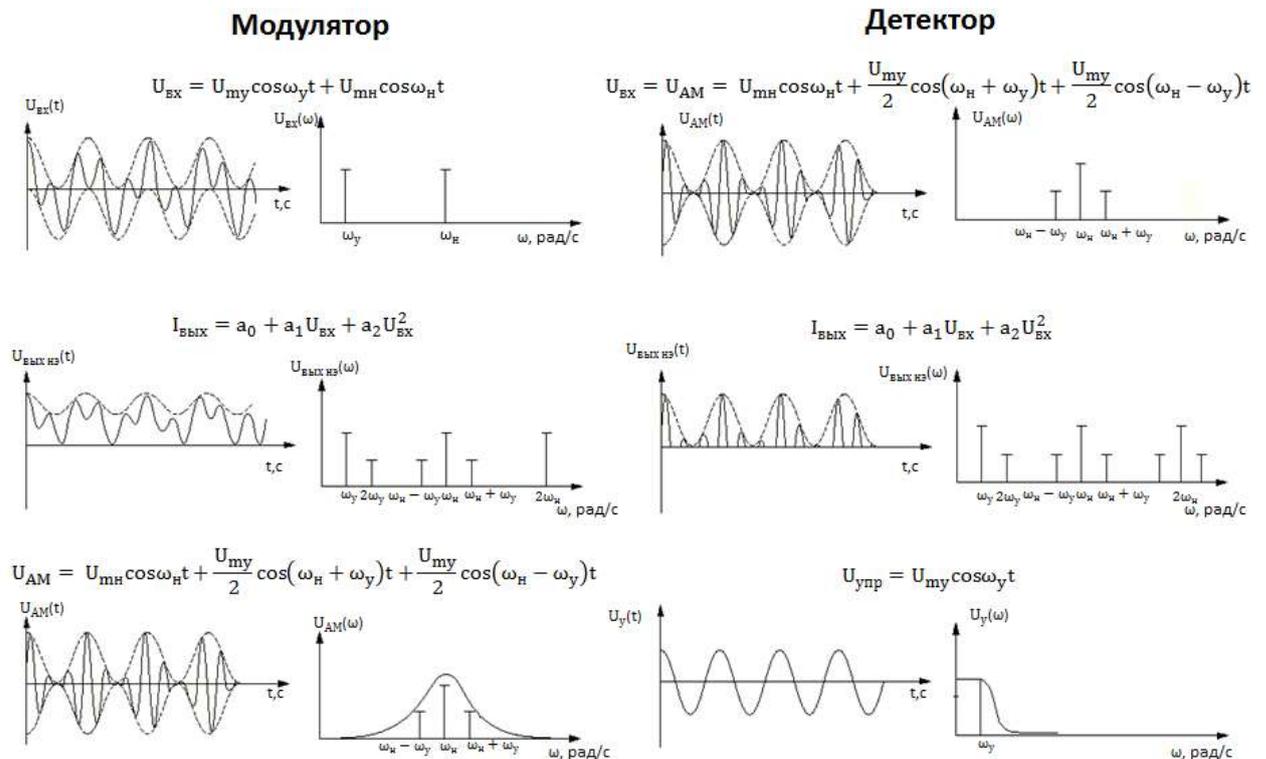


Рис. 3. Преобразование ММ сигналов в амплитудном модуляторе и детекторе.

В результате теоретического изучения студенты получают навыки создания математических моделей сложных объектов исследования (нелинейных РЭС и радиотехнических сигналов), что позволяет объяснить процесс передачи сообщения (управляющего гармонического сигнала) беспроводной связью в пространственно-разнесенные пункты.

2) Компьютерное моделирование нелинейных аналоговых радиотехнических цепей в программном пакете Multisim

В качестве объекта исследования предлагаются схемы амплитудного модулятора (на рис. 4 выделен темным фоном) и амплитудного детектора (часть схемы без выделения).

Параметры входных сигналов определяются: амплитуда $U_{вх}$ - нелинейностью ВАХ диода; частота $U_{вх}$ – частотным диапазоном генерирующей аппаратуры (в качестве генерирующего устройства для данного эксперимента на кафедре радиоэлектроники используется программа Tone Generator, формирующая со звуковой платы ПК заданные сигналы: гармонические сигналы в диапазоне частот 20Гц-20кГц).

При исследовании амплитудного модулятора в соответствии с вариантом студент рассчитывает параметры колебательной системы (полосового фильтра) $L1, C$, подбирает нужное сопротивление R и с помощью виртуальных измерительных приборов: анализатора спектра - XSA1, 2, осциллографа - XSC1 исследует спектры и осциллограммы на входе и выходе модулятора.

При исследовании амплитудного детектора в соответствии с вариантом студент рассчитывает параметры фильтра низкой частоты (ФНЧ) RC -цепи, подбирает нужное сопротивление R и наблюдает осциллограммы и спектры на входе и выходе детектора.

Осциллограммы и спектры исследуемых сигналов (частота несущего сигнала $f_n=5кГц$, $f_y=400Гц$ выбраны из условия относительной узкополосности спектра АМ-сигнала) приведены на рис.5.

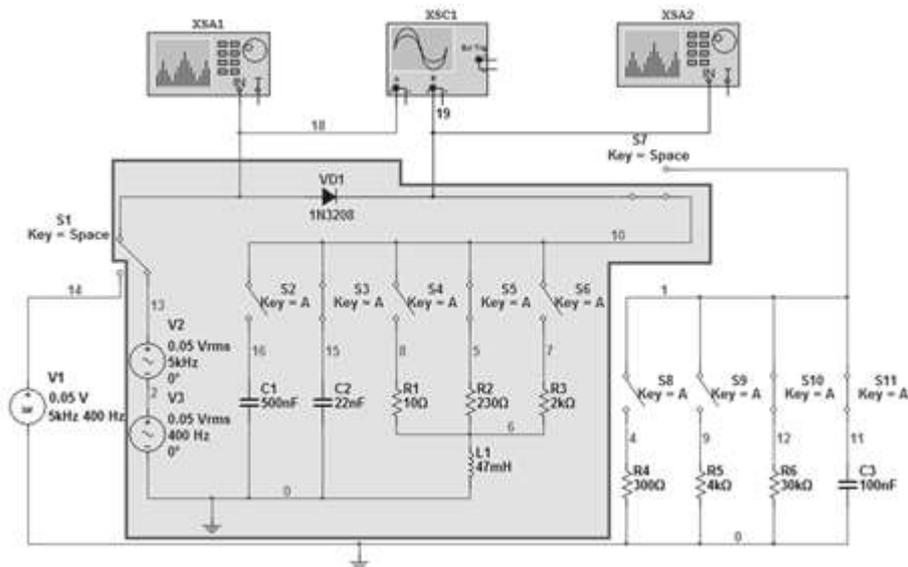


Рис. 4. Схема аналоговой нелинейной цепи (АМ и АД) в Multisim.

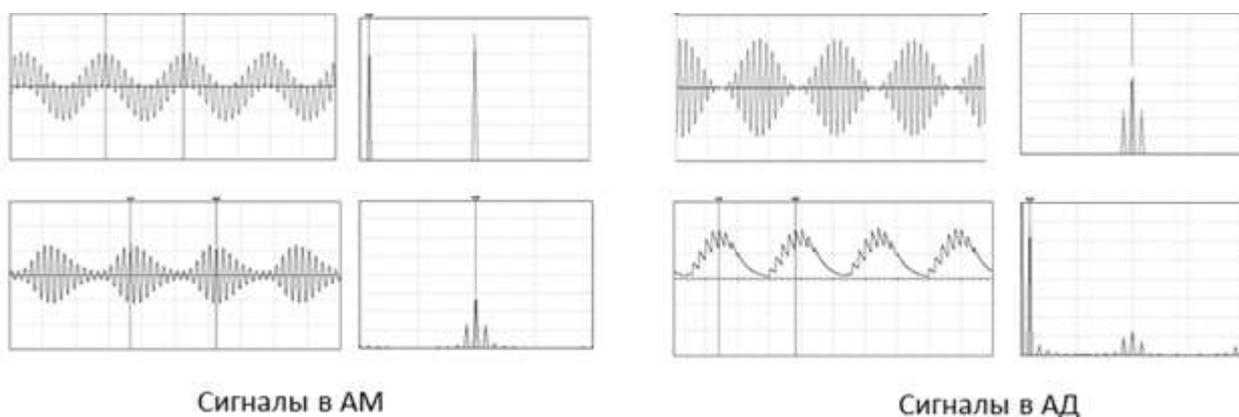


Рис. 5. Характерные осциллограммы и спектры сигналов на входе и выходе АМ и АД в программном пакете Multisim.

Результаты проведенного компьютерного моделирования соответствуют результатам теоретического изучения радиоэлектронного оборудования канала связи.

3) Натурное моделирование нелинейных аналоговых радиотехнических цепей на лабораторном стенде

Натурный эксперимент начинается с исследования сигналов на входе и выходе нелинейного элемента (диода) и выходе колебательной системы (RLC - контура) амплитудного модулятора. В качестве лабораторного оборудования установки к разработанному стенду выбраны: ПК (с программой Tone Generator), цифровой осциллограф и анализатор спектра PCS-500 (с программой PC-Lab 2000). Несущий (амплитуда $U_n \approx 150-200\text{mV}$, частота $f_n = 5\text{кГц}$) и управляющий (амплитуда $U_y \approx 150-200\text{mV}$, частота $f_n = 400\text{Гц}$) сигналы со звуковой платы ПК подаются на вход нелинейного элемента АМ и на один из каналов цифрового осциллографа PCS-500, второй канал осциллографа последовательно подключается к выходу нелинейного элемента (диода), а затем к выходу АМ (колебательному контуру – полосовому фильтру), полученные осциллограммы и спектры сигналов представлены на рис. 7 (слева).

Методика натурного исследования амплитудного детектора аналогична исследованию амплитудного модулятора: входной амплитудно-модулированный сигнал (несущий сигнал с амплитудой $U_n \approx 150-200\text{mV}$, частотой $f_n = 5\text{кГц}$; управляющий сигнал с

амплитудой $U_y \approx 150-200 \text{ mV}$, частотой $f_n = 400 \text{ Гц}$) подается с генератора GFG-8255A на вход нелинейного элемента (диода). Осциллограммы и спектры сигналов на входе и выходе нелинейного элемента отображаются на осциллографе PCS-500. После подключения осциллографа к выходу ФНЧ амплитудного детектора отображается выходной сигнал (представлены на рис. 7 справа).



Рис. 6. Фото лабораторной установки для исследования амплитудного модулятора (слева) и амплитудного детектора (справа).

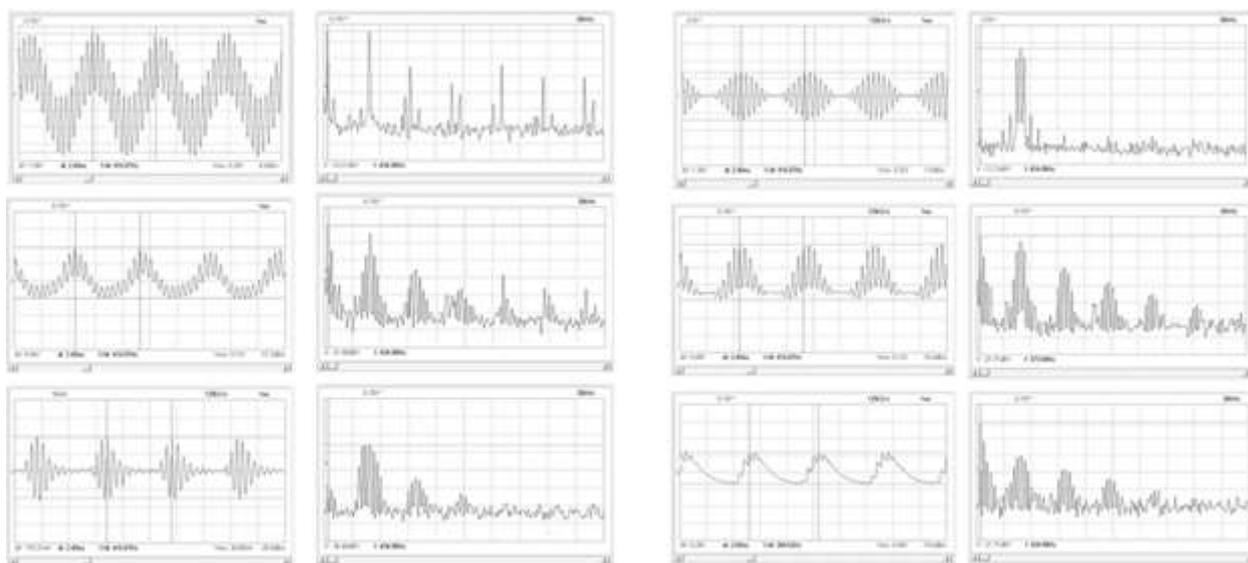


Рис. 7. Осциллограммы и спектры на входе, выходе нелинейного элемента и на выходе фильтров в АМ (слева) и АД (справа).

Результаты натурального эксперимента подтверждаются и компьютерным моделированием и теоретическим расчетом.

Изменяя параметры фильтров в АМ и АД путем подключения различных R, L, C элементов лабораторного стенда к нелинейному элементу (диоду) можно наглядно проверить влияние параметров радиотехнических цепей на преобразуемый сигнал.

Изложенная методика позволяет эффективно сформировать у студента требуемые профессиональные компетенции по созданию и исследованию математических моделей, позволит приобрести практические навыки компьютерного моделирования и натурного исследования объектов профессиональной деятельности.

Список литературы:

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб-ник. – М.: Высш. Школа., 2000. – 462 с.
2. Панков Е.А., Гордяскина Т.В. Исследование нелинейных аналоговых радиотехнических цепей (амплитудных детекторов) в программном пакете Multisim. // Великие реки 2019: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2019. – Режим доступа: <http://вф-река-море.рф/> (0,3 печ.л.).

SETTING UP A FULL-SCALE EXPERIMENT TO STUDY NONLINEAR SIGNAL TRANSFORMATIONS IN ANALOG RADIO CIRCUITS

Alexander S. Meshkov, Tatyana V. Gordyaskina.

Annotation. The paper proposes a method for studying nonlinear signal transformations in analog radio engineering circuits, aimed at developing students ' practical skills in the technical operation of professional objects. An example of conducting a full-scale experiment based on a developed laboratory stand is considered.

Keywords: field experiment, laboratory stand, nonlinear analog radio engineering circuits, amplitude modulator, amplitude detector.