

УДК 519.876.5

**А.В. Рубцов**, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,  
**Т. В. Гордяскина**, доцент кафедры радиозлектроники, к.ф.-м.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

### РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ТРЕНАЖЕРА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АМ - СИГНАЛА В РАДИОТЕХНИЧЕСКОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ LABVIEW

*Ключевые слова:* радиотехнический канал связи, гармонический сигнал, амплитудно-модулированный сигнал, модулятор, детектор, учебный тренажер.

*В работе рассматривается методика разработки учебного тренажера по исследованию амплитудно-модулированных сигналов в радиотехническом канале связи в среде Labview.*

Для передачи сообщений на расстояние средствами радиосвязи, необходимо сформировать радиотехнический канал. С технической точки зрения радиотехнический канал связи включает в себя устройства радиопередачи, радиоприема и среду распространения радиоволн (Рис. 1).

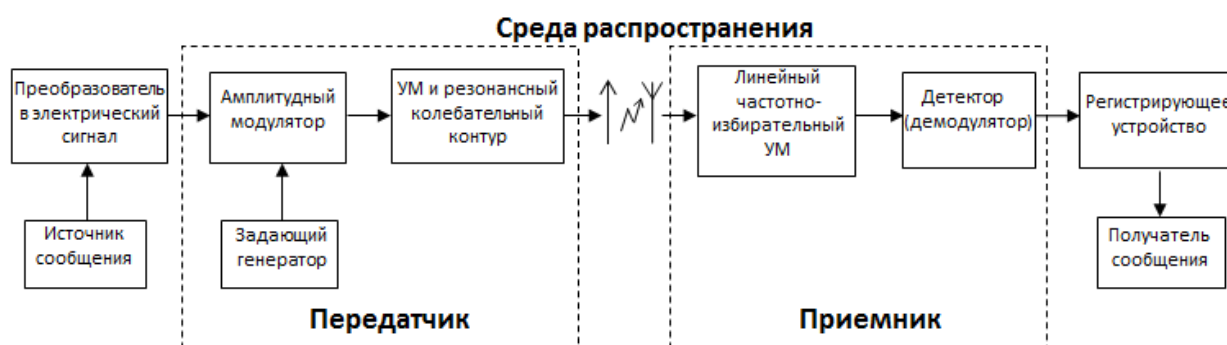


Рис. 1. Упрощенная структура радиотехнического канала связи

Для передачи информационного сигнала его необходимо перенести в полосу частот, выделенную для организации канала связи (центральная частота которой называется несущей). Данная операция называемая модуляцией, заключается в изменении составляющих несущего гармонического сигнала (фазы, амплитуды) в соответствии с законом изменения информационного сигнала, который в данном случае носит название управляющего. В приемнике необходимо решить задачу выделения информационного сообщения из принятого сигнала на несущей частоте. [1]

Самой простой в технической реализации является амплитудная модуляция (АМ). В данном типе модуляции амплитуда несущего сигнала изменяется по закону управляющего сигнала. Для однотоновых сигналов математическая модель модуляции имеет вид (1):

$$S_{AM}(t) = U_n(1 + M \cos(\Omega_y t) \cos(\omega_n t)) \quad (1)$$

В целях ознакомления студентов с математической моделью АМ сигнала, а так же его преобразованием в радиотехническом канале связи был разработан соответствующий учебный тренажер, эмулирующий процесс формирования однотонового радиосигнала в передатчике и выделение управляющего сигнала в тракте приемника.

В качестве инструмента для создания обучающего приложения, был использован программный пакет LabView от National Instruments. Данное программное обеспечение представляет собой среду для разработки на графическом языке программирования G, и включает в себя библиотеку Signal Processing, содержащую набор базовых блоков для написания программ, описывающих или производящих обработку радиосигналов. Данные программные компоненты распределены по следующим функциональным группам: генерации сигналов (включая различные генераторы шумов), фильтров, обработки сигналов и т.п.

Помимо блоков, необходимых для реализации “Модели”, реализующей основную логику программы, в LabView были включены блоки, реализующие функции ввода данных с клавиатуры и вывода результатов работы модели пользователю на экран в виде световых индикаторов, блоков индикации одиночных данных, списков данных, графиков, гистограмм и т.п. Следует отметить, что описание концептуальных вопросов, касающихся программирования в LabVIEW подробно описано в [2].

Ниже приведен пример разработки программы - учебного тренажера эмулирующего прохождение информационного сигнала по каналу радиосвязи.

Сначала был сформирован интерфейс программы, который в рамках поставленной задачи должен был содержать:

- осциллограммы и спектры сигналов на различных участках радиоканала, а именно на этапах: формирования в передающем устройстве, передачи в среде распространения, приема и обработки в приемном устройстве;
- элементы управления индикационными устройствами;
- элементы ввода параметров эмуляции (характеристики модулирующего и модулируемого сигналов).

Окончательный вариант интерфейса подставлен на рисунке 2.

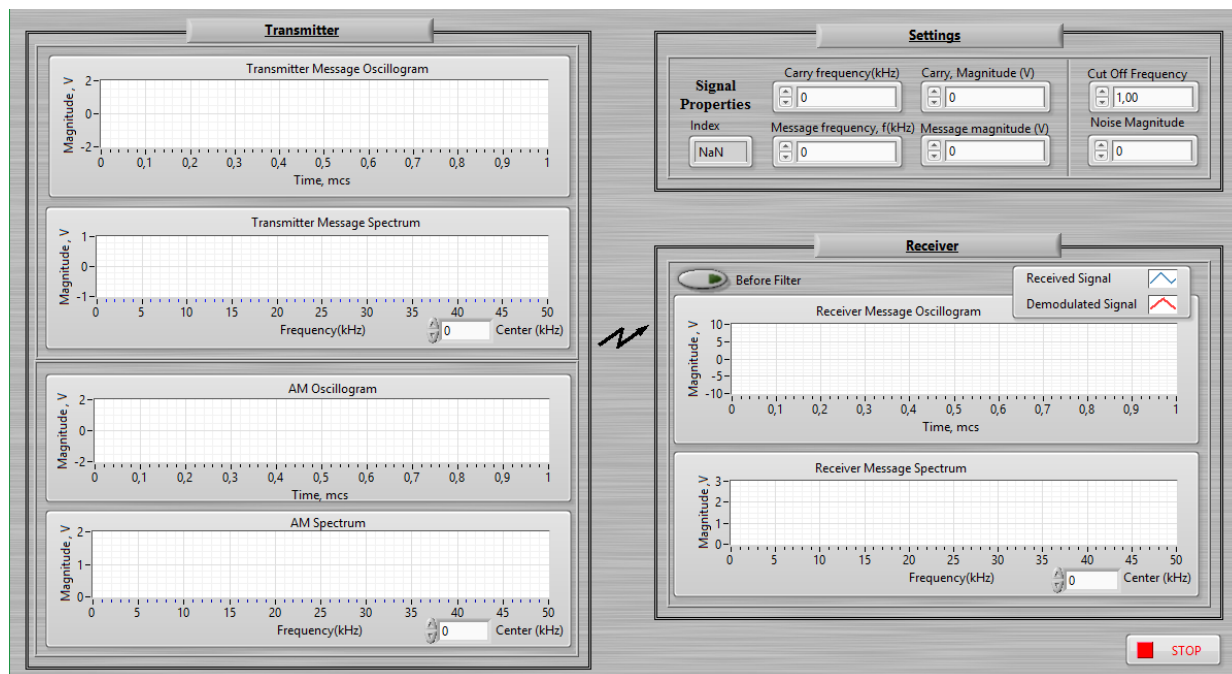


Рис. 2. Интерфейс учебного тренажера

После того, как был реализован интерфейс, создана модель, являющаяся совокупностью блок - диаграмм, взаимодействие с которыми осуществляется через элементы ввода/вывода лицевой панели (интерфейса).

Для формирования двух гармонических сигналов (несущего и управляющего), через лицевую панель с помощью элементов блока Settings вводятся их параметры. Введенные пользователем параметры сигналов поступают на вход виртуального прибора (ВП) Sine Generator блок - диаграмма которого представлена на рисунке 3. Данная диаграмма содержит 4 элемента ввода (Frequency, Amplitude, Phase, Total Samples) и 2 элемента вывода (Sinusoidal и dt). Результатом работы ВП является массив значений генерируемой синусоиды с заданной частотой и амплитудой. Количество значений определяет то, насколько «гладкий» график (близкий к аналоговому) будет сгенерирован, и задаются целочисленным значением, вводимым через терминал Total Samples. Элемент вывода dt содержит информацию об интервале между значениями. [3]

Две сгенерированные синусоиды поступают в блок модуляции AM\_mod (рис. 4). Данный блок в качестве входных данных принимает количество значений сигнала (семплов) и сгенерированные ранее массивы, которые проверяет на эквивалентность их размерностей и равенство количеству семплов.

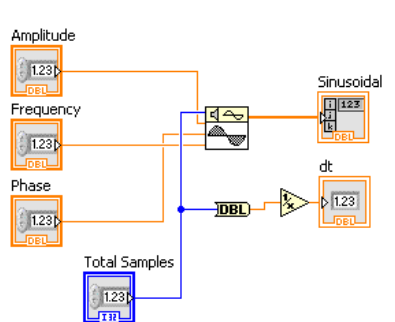


Рис. 3. Блок - диаграмма Sine Generator

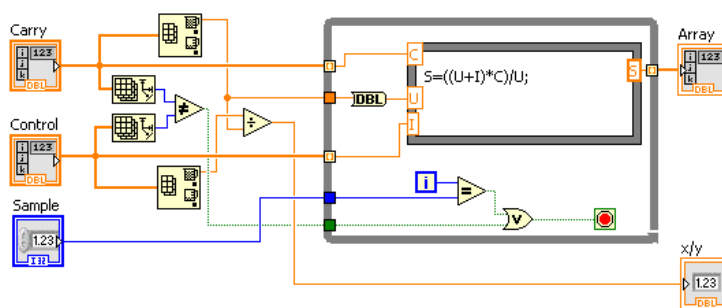


Рис. 4. Блок - диаграмма модулятора AM\_mod

Исходя из того факта, что ВП Sine Generator вычисляет значения синусоиды в момент времени и сводит их в массив, то формулу (1) можно свести к следующему виду:

$$S[i] = C[i] * (U_n + I[i])/U_n, \quad (2)$$

где  $C[i] = U_n * \cos(\omega t_i)$  – массив описывающий несущий сигнал  $i$ -элемент которого вычислен в момент  $t_i$ ,  $I[i] = U_y * \cos(\Omega t_i)$  – массив описывающий информационный сигнал  $i$  - элемент которого вычислен в момент  $t_i$ , а  $U_n$  - амплитудное значение несущего сигнала. Далее согласно формуле (2) следует в цикле поэлементно произвести перемножение, и таким образом получить массив значений АМ сигнала.

Для имитации передачи сигнала по беспроводному каналу связи необходимо добавить к передаваемому АМ сигналу шумы. Среди средств LabVIEW имеются ВП, позволяющие сгенерировать различного рода шумы. Контекстное меню выбора генераторов, включая генераторы шумов, приведены на рисунке 5.

После того, как сигнал был принят антенной приемника, следует демодулировать полученный сигнал, чтобы извлечь полезную информацию. Процедура цифрового детектирования АМ сигнала заключается в умножении его на гармонический сигнал на несущей частоте, с последующей передачей через фильтр нижних частот. На рисунке 6 приведена блок диаграмма демодулятора, реализующая данные операции.

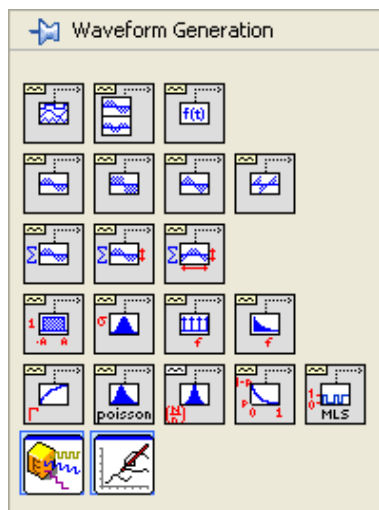


Рис. 5. Контекстное меню выбора генерирующих ВП

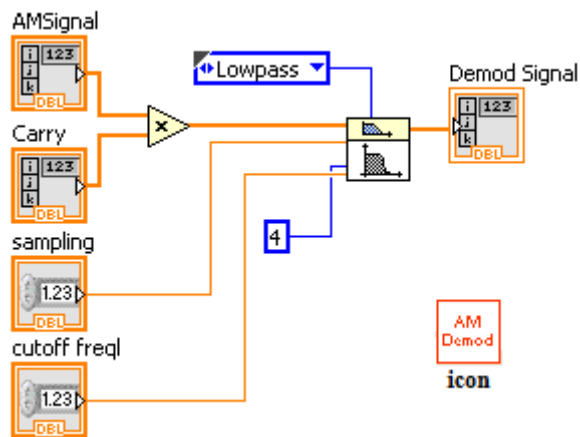


Рис. 6. Блок диаграмма демодулятора АМ-сигнала.

Последним этапом разработки учебного тренажера, является объединение всех описанных ВП в единое целое в рамках одного ВП. Блок диаграммы логически объединяются между собой и соответствующим входным данным модели, назначается свой элемент ввода/вывода разработанного ранее интерфейса. Конечным результатом разработки становится виртуальный прибор, изображенный на рисунке 7.

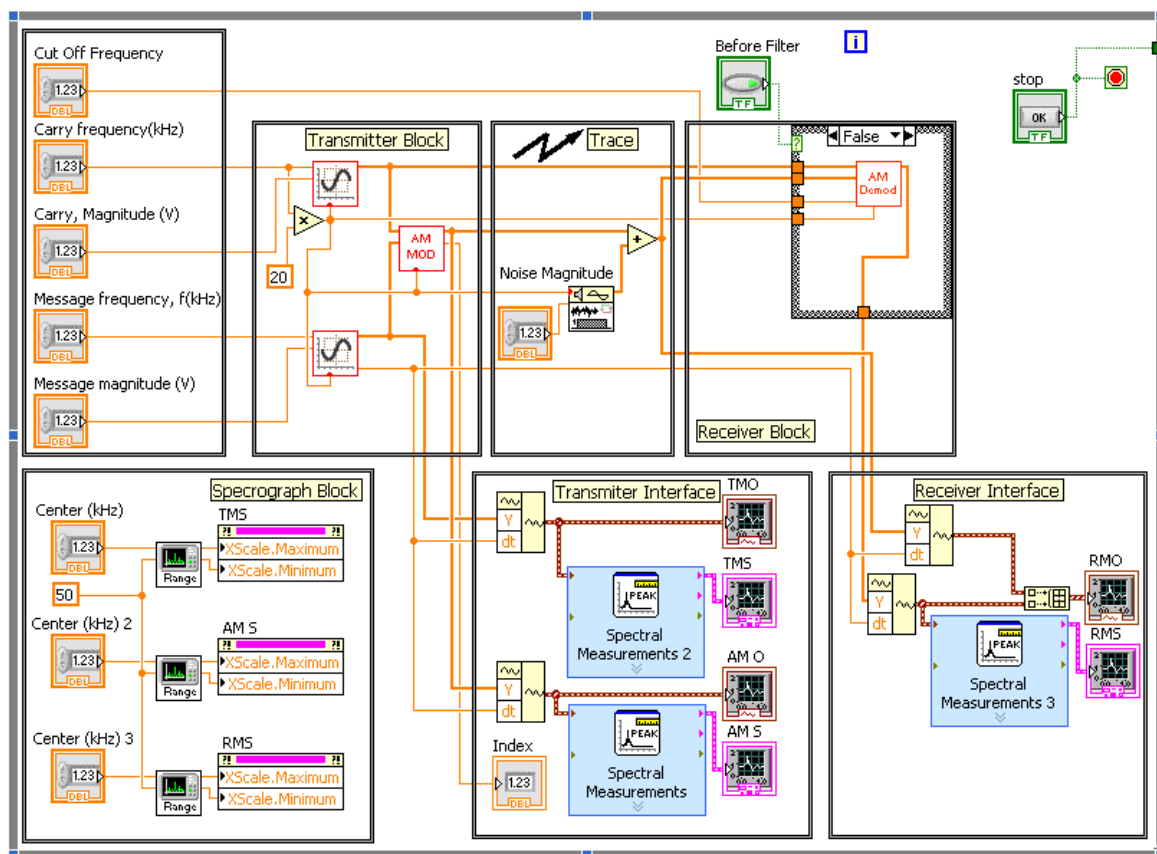


Рис. 7 Общая блок диаграмма разработанного учебного тренажера

В блоке Transmitter Block расположены генераторы гармонических сигналов и блок модуляции. В Блоке Trace производится наложение шумов на передаваемый АМ сигнал. Receiver Block содержит детектор АМ сигнала. Все три описанные выше блока составляют модель канала связи. Блок в верхнем левом углу диаграммы, а также блоки

Transmitter Interface и Receiver Interface, включают в себя средства ввода/вывода и представляют собой интерфейс приложения. И наконец, Spectrograph Block содержит в себе компоненты для управления диапазоном частот выводимых анализаторами спектра.

На рис. 8 приведен пример визуализации программой процессов преобразования сигналов радиотехнического канала связи после введения необходимых данных.

При заданных параметрах модуляции в блоке Settings (несущая частота  $f_n = 50$  кГц, управляющая частота  $f_y = 5$  кГц, индекс модуляции  $M = 1$  при равных амплитудах несущего и управляющего сигналов  $U_n = U_y = 1B$ ) отображается осциллограмма и спектр управляющего и АМ - сигнала в блоке Transmitter на передающей стороне. На АМ - сигнал была наложена помеха, что можно наблюдать на осциллограмме, приведенной в блоке Receiver, которая отфильтрована в процессе демодуляции сигнала. Извлеченный полезный сигнал содержит гармоническое колебание на частоте 5 кГц и нулевую гармонику. Таким образом, наблюдается получение управляющего сигнала на приемной стороне радиотехнического канала связи без искажений, то есть наблюдается полное соответствие результатов работы тренажера классической теории.

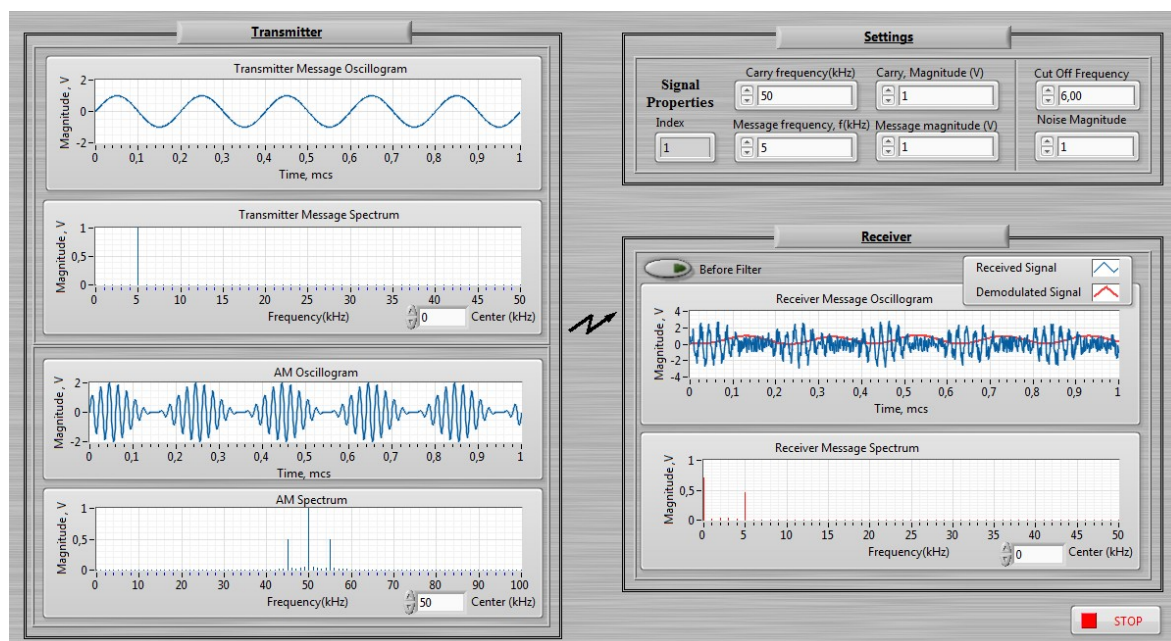


Рис. 8 Визуализация радиотехнического канала связи

В заключении следует отметить, что разработанный учебный тренажер позволит студентам наглядно изучить процесс преобразования сигналов в радиотехническом канале связи на примере канала, использующего однотоновую амплитудную модуляцию.

### Список литературы:

- [1]. Ипатов Н.В., Ипатов А.А., Гордяскина Т.В. Исследование процесса преобразования сигналов в радиотехническом канале связи с использованием программной среды Matlab Simulink R2009B. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 51. Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ». Н. Новгород, 2017г.
- [2]. «Цифр обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW 2007» / Н.Кехтарнаваз, Н.Ким. – Издательский Дом «ДОДЕКА-XXI», 2007. – 304 с.:илл.
- [3]. LabVIEW 8.20 Справочник по функциям / Суранов А.Я – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.

**THE TRAINING SIMULATOR DESIGN FOR RESEARCH OF AM-SIGNAL  
TRANSFORM IN THE RADIO-TECHNICAL CHANNEL OF COMMUNICATION  
WITH LabVIEW**

T.V.Gordyaskina, A.V.Rubtsov

*Key words: radio-channel of communication, sine signal, AM-signal, modulator, detector, training simulator.*

*In this article the technique of the training simulator design for research of am-signal in the radio-technical channel of communication with LabVIEW*