

УДК 004.588:621.376

УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОВ МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Яромич М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Боровиков С.М. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Разработана учебная компьютерная программа для исследования спектров модулированных сигналов. Определены компоненты, необходимые для формирования модулированных сигналов и определения их параметров, а также получения в автоматическом режиме диаграмм сигналов и спектров, выводимых на экран монитора. Сформулированы ограничения для пользователей, соблюдение которых обеспечивает корректность модуляции сигналов и получения диаграмм их амплитудных спектров.

Ключевые слова: амплитудная модуляция, фазовая модуляция, модулированные сигналы, спектр сигнала, учебная компьютерная программа.

Введение. Рассмотрение спектров модулированных сигналов является важной темой в учебных дисциплинах радиоэлектронного профиля. Использование модулированных сигналов позволяет передавать информацию на большие расстояния при помощи излучения электромагнитных волн. Особенность спектров следует учитывать при создании радиоэлектронных систем разного направления. Рассмотрение спектров модулированных сигналов позволяет исследовать сигналы, и наметить пути по эффективному использованию частотных диапазонов электромагнитных волн.

Разработанная учебная компьютерная программа позволяет студентам понять, как формируются модулированные сигналы и как изменяется их спектр в зависимости от вида модуляции, частоты электромагнитного колебания и особенностей информационного сигнала (частоты, амплитуды, тональности).

Основная часть. При разработке учебной компьютерной программы принято решение уделить внимание амплитудной (АМ) и частотной (ЧМ) модуляциям высокочастотных электромагнитных колебаний одно-, двух- и трёх тональными аналоговыми информационными сигналами. Вычислительные алгоритмы, используемые для получения и обработки модулированных сигналов, заимствованы из технической и учебной литературы [1–6].

Для получения модулированных сигналов были созданы следующие виртуальные компоненты:

- генератор низких частот (НЧ);
- генератор высоких частот (ВЧ);
- амплитудный модулятор;
- частотный модулятор;
- устройство ввода значения коэффициента модуляции (для АМ);
- устройство выбора значения девиации частоты (для ЧМ).

Исследования модулированных сигналов планировалось проводить так, чтобы компьютерная программа в автоматическом режиме определяла найденную ширину спектра и индекс частотной модуляции и отображала их в специальных отдельных полях. Для представления осциллограмм сигналов и диаграмм амплитудных спектров исследуемых амплитудно-модулированных и частотно-модулированных сигналов был разработан виртуальный внутрипрограммный осциллограф с функцией спектроанализатора.

Рабочее пространство компьютерной программы, разработанное с учётом учебных требований, показано на рисунке 1. Несущий сигнал, показанный на виртуальном осциллографе, имеет частоту $f_n = 200$ кГц.

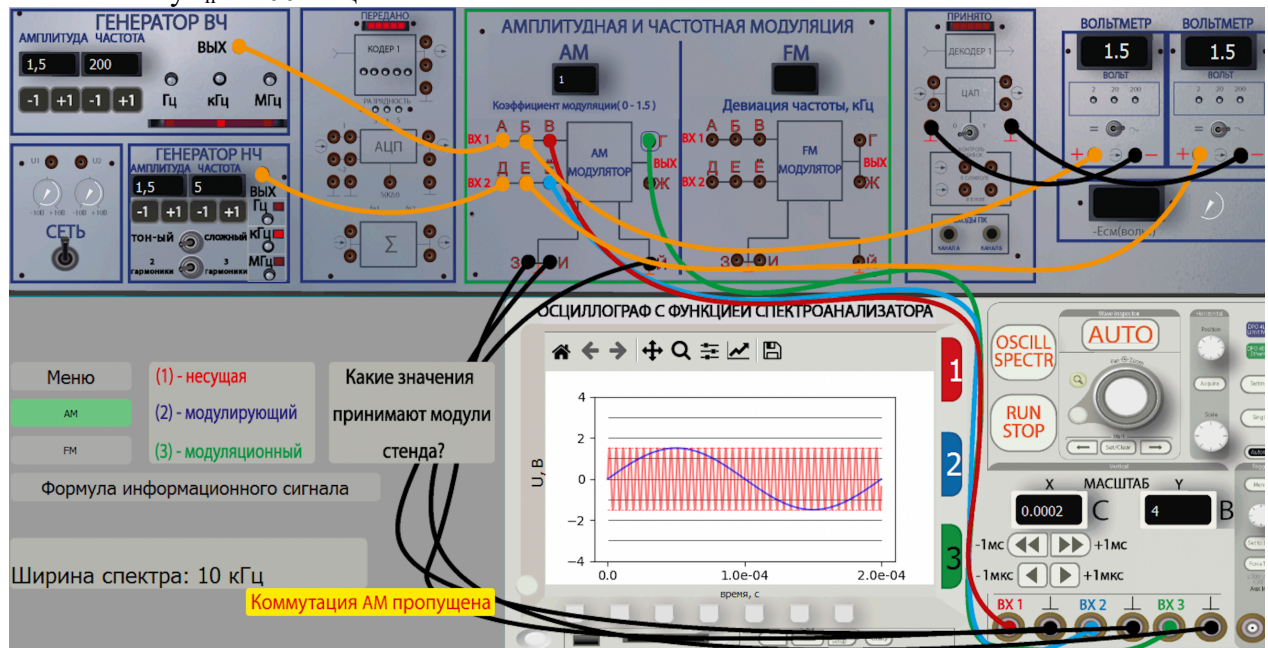


Рисунок 1 – Рабочее пространство компьютерной программы

Используя на занятиях учебную компьютерную программу, студент может получать модулированные сигналы с учётом включённых в программу ограничений, а с помощью виртуального осциллографа рассматривать диаграммы несущего высокочастотного сигнала, низкочастотного информационного сигнала и непосредственно самого модулированного сигнала. Переходя в режим использования спектроанализатора, студент может наблюдать диаграмму амплитудного спектра.

На рисунках 2 и 3 в качестве иллюстраций показаны полученный с использованием компьютерной программы амплитудно-модулированный сигнал и диаграмма его амплитудного спектра. Частота несущего сигнала $f_n = 200$ кГц, амплитуда напряжения $U_n = 1,5$ В, частота информационного сигнала $F = 5$ кГц, амплитуда напряжения $U_n = 1,5$ В, коэффициент модуляции $m = 1$.

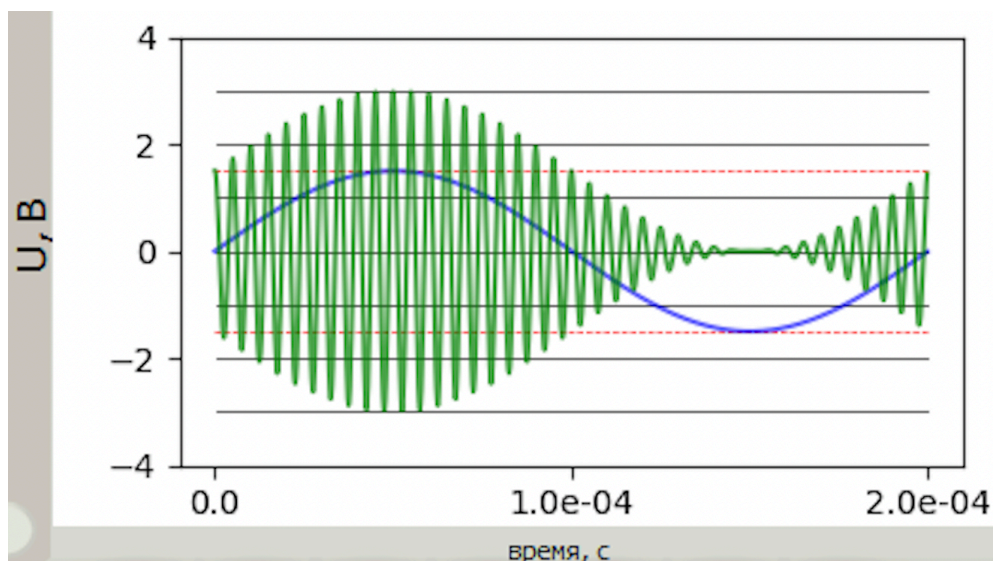


Рисунок 2 – Осциллограмма амплитудно-модулированного сигнала

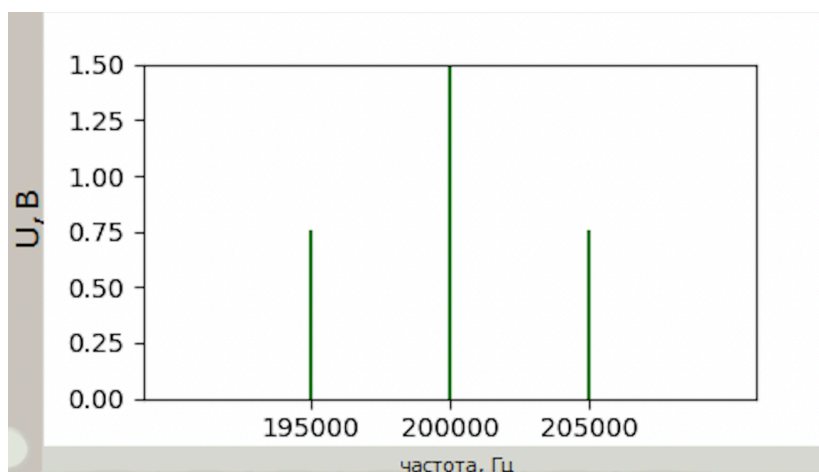


Рисунок 3 – Диаграмма амплитудного спектра АМ сигнала

На рисунке 2 штриховой линией на уровне $\pm 1,5$ В показан размах несущего высокочастотного сигнала, получаемого с помощью генератора ВЧ. На этой же осциллограмме показан тональный низкочастотный сигнал, подаваемый от генератора НЧ, и формируемый амплитудно-модулированный сигнал, снимаемый с выхода виртуального модулятора. На рисунке 3 показаны три составляющие (линии) амплитудного спектра модулированного сигнала: несущая частота $f_n = 200$ кГц амплитудой 1,5 В и две боковые частоты 195 кГц и 205 кГц с одинаковыми амплитудами $1,5/2 = 0,75$ В.

Заключение. Разработанная компьютерная программа для исследования спектров модулированных сигналов позволяет студентам глубже понять суть модулированных сигналов, исследовать влияние на ширину их спектра как вида модуляции, так и частотных особенностей информационных (управляющих) сигналов.

Список литературы

1. Першин, В.Т. Основы радиоэлектроники: учеб. пособие для студентов / В.Т. Першин. – Минск: Высшая школа, 2006. – 399 с.
2. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / С.И. Баскаков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.
3. Каганов, В.И. Основы радиоэлектроники и связи / В.И. Каганов, В.К. Битюгов. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2012. – 542 с.
4. Сорока, Н.И. Телемеханика. Модуляция и кодирование информации: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1 / Н.И. Сорока, Г.А. Кривинченко. – Минск: БГУИР, 2020. – 184 с.
5. Нефедов, В.И. Основы радиоэлектроники и связи / В.И. Нефедов, А.С. Сигов. – М.: Высшая школа, 2009. – 735 с.
6. Першин, В.Т. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи: учебное пособие для вузов / В.Т. Першин. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 612 с.

UDC 004.588:621.376

EDUCATIONAL COMPUTER PROGRAM FOR INVESTIGATION OF SPECTRA OF MODULATED SIGNALS

Yaromich M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov M.S. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ICSD

Annotation. A training computer program for studying the spectra of modulated signals has been developed. The components necessary for the formation of modulated signals and the determination of their parameters, as well as the automatic receipt of diagrams of signals and spectra displayed on the monitor screen, are determined. Restrictions for users are formulated, compliance with which ensures the correctness of signal modulation and obtaining diagrams of their amplitude spectra.

Keywords: amplitude modulation, phase modulation, modulated signals, signal spectrum, educational computer program.