

УДК 621.317

Катряев Владислав Андреевич¹, студент, e-mail: alohadancet@yandex.ru
Гордяскина Татьяна Вячеславовна¹, к.ф.-м.н, доцент кафедры радиоэлектроники,
e-mail: klimtat@yandex.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

ПОСТАНОВКА НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНАЛОГОВЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ ФИРМЫ АКТАКОМ

Аннотация. В работе рассматривается методика измерений технических параметров (входных и выходных сигналов) нелинейных аналоговых радиотехнических цепей (амплитудного детектора), с использованием современных цифровых средств измерений.

Ключевые слова: нелинейные радиотехнические цепи, амплитудный детектор, измерение параметров входных и выходных сигналов, цифровые средства измерения.

В соответствии с требованиями ФГОС выпускники инженеры, эксплуатирующие транспортное радиооборудование, должны владеть навыками измерений его технических параметров (например, входных и выходных сигналов).

В рамках учебного процесса по специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» студентам предлагается освоить методику измерений с максимальным количеством современных радиоизмерительных средств. В частности, в дисциплину «Радиоизмерения», вводится новая лабораторная работа по измерению параметров радиотехнических сигналов, преобразуемых в нелинейных аналоговых радиотехнических цепях (амплитудном детекторе), современными средствами измерений фирмы Актаком (измерительный генератор ADG-1010, цифровой осциллограф ADS-2031).

Методика выполнения работы состоит из следующих этапов:

- 1) Теоретическое исследование процесса преобразования сигнала нелинейной радиотехнической цепью (амплитудным детектором).
- 2) Компьютерное моделирование процесса детектирования в программном пакете Multisim.
- 3) Натурный эксперимент на лабораторном стенде «Исследование нелинейных преобразований сигналов в аналоговых радиотехнических цепях» с использованием генератора ADG-1010 и осциллографа ADS-2031.

1) Рассмотрим процесс преобразования радиотехнических сигналов в нелинейной аналоговой цепи – амплитудном детекторе (АД), выделяющем из высокочастотного АМ-сигнала низкочастотный управляющий сигнал. АД состоит из нелинейного элемента (диода) и фильтра низкой частоты (RC-цепи).

На вход детектора поступает амплитудно-модулированный сигнал:

$$U_{вх} = U_{AM} = U_{mn} \cos \omega_n t + \frac{U_{my}}{2} \cos(\omega_n + \omega_y)t + \frac{U_{my}}{2} \cos(\omega_n - \omega_y)t \quad (1)$$

Нелинейность вольт-амперной характеристики рассматривают как аппроксимацию степенным полиномом.

$$I_{\text{вых}} = a_0 + a_1 U_{\text{вх}} + a_2 U_{\text{вх}}^2 \quad (2)$$

На выходе нелинейного элемента формируется полигармонический сигнал:

$$\begin{aligned} I_{\text{вых}} = & a_0 + a_1 \left(U_{\text{мн}} \cos \omega_n t + \frac{M U_{\text{мн}}}{2} \cos(\omega_n + \omega_y) t + \frac{M U_{\text{мн}}}{2} \cos(\omega_n - \omega_y) t \right) + \\ & + a^2 \left[\frac{U_{\text{мн}}^2}{2} + (1 + \cos 2\omega_n t) + \frac{M(U_{\text{мн}})^2}{4} [\cos(2\omega_n + \omega_y) t + \cos \omega_y t] + \right. \\ & + \frac{M(U_{\text{мн}})^2}{4} [\cos(2\omega_n - \omega_y) t + \cos \omega_y t] + \frac{M(U_{\text{мн}})^2}{4} [\cos(2\omega_n + \omega_y) t + \cos \omega_y t] + \\ & + \frac{(M)^2 (U_{\text{мн}})^2}{8} [1 + \cos(2\omega_n + 2\omega_y) t] + \frac{(M)^2 (U_{\text{мн}})^2}{8} [\cos 2\omega_n t + \cos 2\omega_y t] + \\ & + \frac{M(U_{\text{мн}})^2}{4} [\cos(2\omega_n - 2\omega_y) t + \cos \omega_y t] + \frac{(M)^2 (U_{\text{мн}})^2}{8} [\cos 2\omega_n t + \cos 2\omega_y t] + \\ & \left. + \frac{(M)^2 (U_{\text{мн}})^2}{8} [1 + \cos(2\omega_n - 2\omega_y) t] \right], \quad (3) \end{aligned}$$

в состав которого входит низкочастотный управляющий сигнал. Низкочастотный управляющий сигнал отфильтровывается фильтром низкой частоты (частота среза фильтра $f_{\text{ср}} \geq f_{\text{упр}}$), высшие гармонические составляющие подавляются фильтром.

$$U_{\text{вых}} = M U_{\text{мн}} \cos \omega_y t \quad (4)$$

В результате нелинейных преобразований сигнала из входного радиосигнала выделено передаваемое низкочастотное сообщение.

2) Компьютерное моделирование процесса преобразования сигналов в амплитудном детекторе в программном пакете Multisim. Схема детектора приведена на Рисунке 1. Результаты моделирования входного АМ - сигнала приведены на рисунке 2.

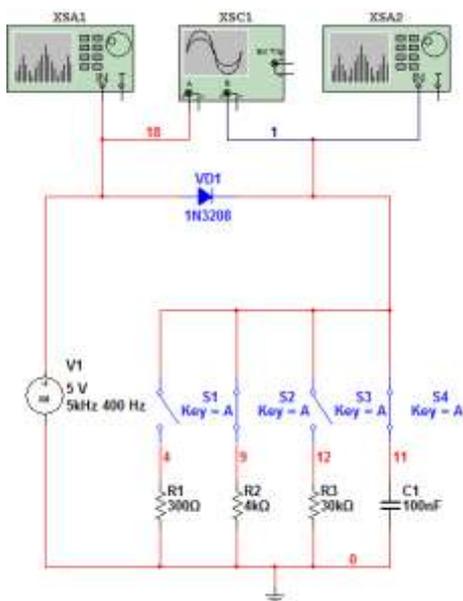


Рисунок 1 - Схема амплитудного детектора

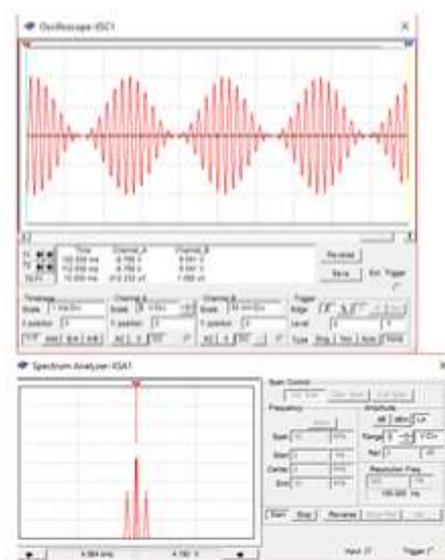


Рисунок 2 - Осциллограмма и спектр входного сигнала

Выделенное низкочастотное сообщение (управляющий сигнал) на выходе детектора приведены на рисунке 3.

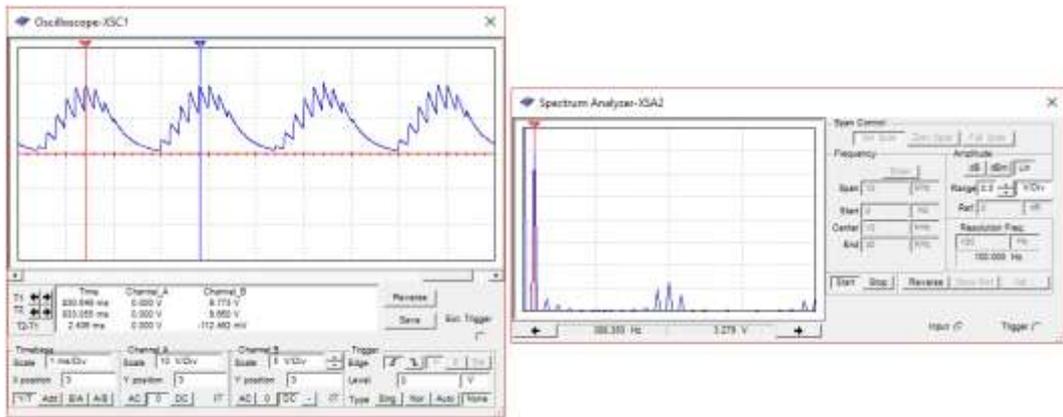


Рисунок 3 - Осциллограмма и спектр сигнала на выходе детектора

Проведенное компьютерное моделирование наглядно демонстрирует процесс детектирования АМ-сигнала и позволит оценить погрешности измерений при натурном эксперименте.

3) Натурный эксперимент по измерению технических параметров радиотехнических сигналов в амплитудном детекторе. На вход АД подается АМ-сигнал с измерительного генератора ADG-1010 ($U_m=1В$, $f_n=5кГц$, $f_y=400Гц$), осциллограммы и спектры сигналов измеряются цифровым осциллографом ADS-2031 (Рисунок 4). [1, 2]

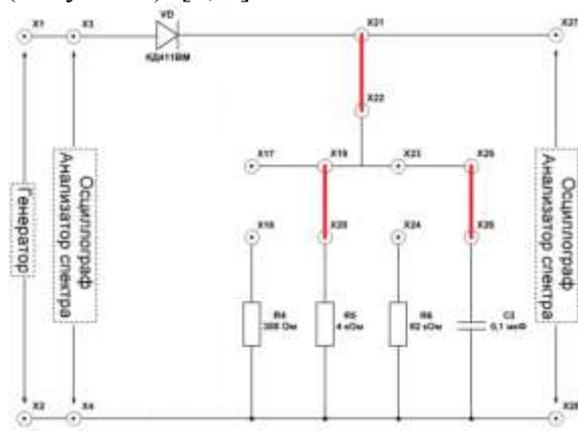


Рисунок 4 - Лабораторная установка по исследованию параметров сигналов в АД. Осциллограммы входного (верхняя) и выходного (нижняя) сигналов приведены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Осциллограммы входного и выходного сигналов

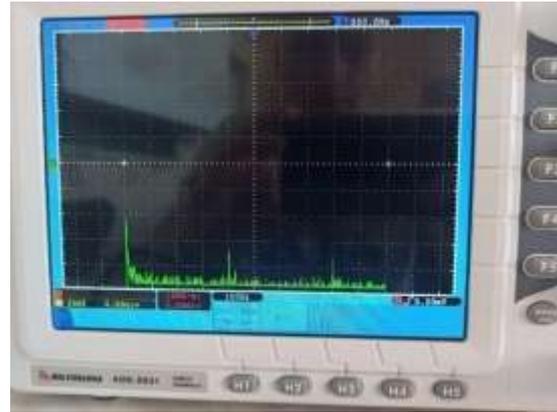
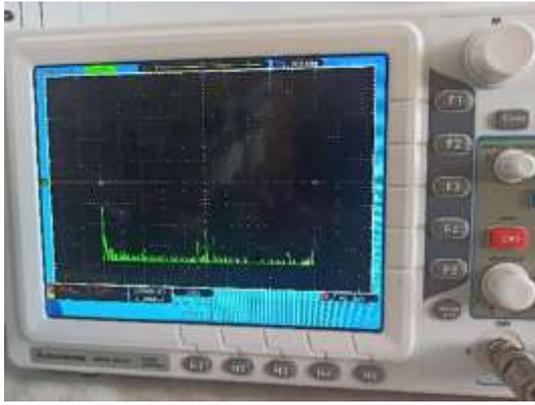


Рисунок 6 – Спектры входного и выходного сигналов

По полученным результатам вычисляется погрешность измерений, проводится анализ работы радиотехнического оборудования и средств измерений.

Внедрение натурального эксперимента в учебный процесс позволит студентам приобрести навыки работы с современным цифровым измерительным оборудованием при исследовании параметров радиотехнических цепей и сигналов.

Список литературы:

1. Мешков А.С., Гордяскина Т.В. Постановка натурального эксперимента по исследованию нелинейных преобразований сигналов в аналоговых радиотехнических цепях. Труды 22-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2020" (27-29 мая 2020 г.) ISBN 978-5-901722-67-1. URL: http://вф-река-море.рф/2020/PDF/9_12.pdf. (дата обращения 19.05.2021)
2. Панков Е.А., Мартынов Н.С., Гордяскина Т.В. Техническая диагностика РЭС. Внедрение в учебный процесс цифровых измерительных средств фирмы «Актаком». Труды 22-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2020" (27-29 мая 2020 г.) ISBN 978-5-901722-67-1. URL: http://вф-река-море.рф/2020/PDF/9_13.pdf (дата обращения 19.05.2021)

SETTING UP A FULL-SCALE EXPERIMENT TO MEASURE THE TECHNICAL PARAMETERS OF ANALOG RADIO CIRCUITS BY MEASURING INSTRUMENTS OF THE COMPANY AKTAKOM

Vladislav A. Katraev, Tatiana V. Gordyaskina

Abstract. The paper considers the method of measuring technical parameters (input and output signals) of nonlinear analog radio circuits (amplitude detector), using modern digital measuring instruments.

Keywords: nonlinear radio engineering circuits, amplitude detector, measurement of input and output signal parameters, digital measuring instruments.