МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра компьютерной инженерии и моделирования

Спектральный анализ непериодических сигналов

Отчет по лабораторной работе №3

по дисциплине «**Обработка сигналов**»

студента 3 курса группы ИВТ-б-о-222(1)
Гоголева Виктора Григорьевича

Направления подготовки 09.03.01«Информатика и вычислительная техника»

Симферополь, 2025

Лабораторная работа №3

Тема: Спектральный анализ непериодических сигналов

Цель работы: Задан одиночный импульс амплитудой Emax и длительностью tи. Определить спектральную плотность импульса. Построить амплитудный и фазовый спектр заданного импульса. Построить спектральные диаграммы. Определить практическую ширину спектра, в котором содержится не менее 95 % энергии одиночного импульса. (Из периодической последовательности импульсов выбирается один импульс, параметры которого приведены в таблице)..

Теоретические сведения

Одиночный импульс может быть представлен как во временной области, так и в частотной. Переход из временной в частотную область осуществляется с помощью прямого преобразования Фурье:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot e^{-j\cdot\omega\cdot t} \cdot dt$$

Переход из частотной области во временную осуществляется с помощью обратного преобразования Фурье:

$$s(t) = \frac{1}{2\cdot\pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) \cdot e^{j\cdot\omega\cdot t} \cdot d\omega$$

Спектральная плотность сигнала представляет собой комплексную величину. Спектральную плотность можно выразить через модуль (амплитудный спектр $|S(j\omega)|$) и аргумент (фазовый спектр $\psi(t)$):

$$|S(j\omega)| = \sqrt{[Re(S(j\omega))]^2 + [Im(S(j\omega))]^2}\ ; \quad tg\psi(t) = \frac{Im(S(j\omega))}{Re(S(j\omega))},$$

При переходе из временной области в частотную сигнал должен быть абсолютно интегрируемым:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |s(t)| \cdot dt < \infty \ .$$

Полная энергия одиночного импульса определяется следующим выражением:

$$E_{\Delta\omega} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\omega_k} (S(\omega))^2 \cdot dt$$

Энергия, сосредоточенная в полосе частот [0÷ωk], определяется, согласно теоремы Парсеваля, следующим соотношением:

$$E_{\Delta\omega} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\omega_k} (S(\omega))^2 \cdot dt$$

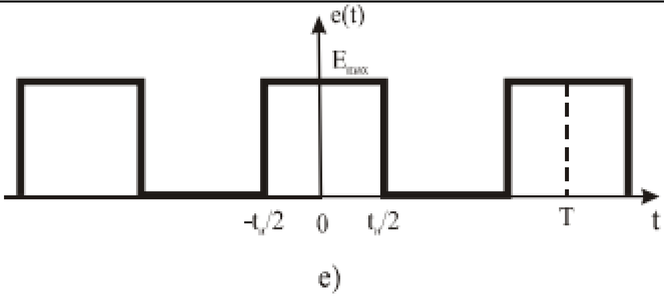
Определение практической ширины спектра (значения ωk) зависит от отношения EΔω/Ec:

$$\frac{E_{\Delta\omega}}{E_c} \geq 0{,}95$$

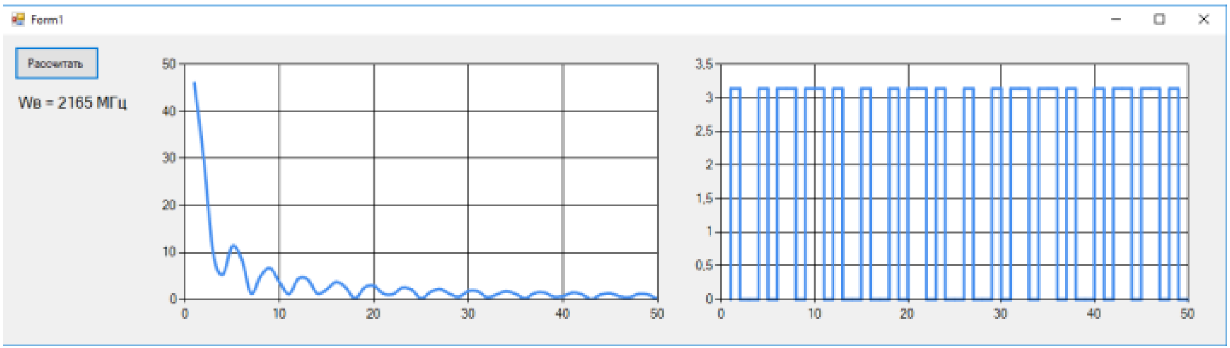
Аналитически рассчитанная функция S(jw):

$$S(jw) = -\frac{60}{w}\sin\left(\frac{wt_u}{2}\right)$$

Ход работы

Вид сигнала	E_{max}, В	$t_н$, мкс
 е)	30	96

При запуске программы появляется окно, с кнопкой. При нажатии строятся амплитудный и фазовый спектр импульса, и определяется ширина спектра Wв в которой содержится 95% мощности исходного сигнала.



По результатам видно, что ширина спектра в которой содержится 95% энергии одиночного импульса от -2165 до 2165 МГц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время выполнения данной работы был изучен принцип спектрального анализа непериодического сигнала, изучена теоретическая база для понимания работы с комплексными числами. При выполнении данной лабораторной работы были найдены следующие величины: спектральная плотность импульса и практическая ширина спектра. И построены фазовые и амплитудные спектры. Была создана программа, которая вычисляет необходимые величины и строит спектры.

Поставленная цель и задачи работы были выполнены в полном объеме.

ПРИЛОЖЕНИЕ

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace _Lab_3_Gogolev
{
   public partial class Form1 : Form
   {
      public Form1()
      {
         InitializeComponent();
         chart2.ChartAreas[0].AxisX.Maximum = 40;
         chart1.ChartAreas[0].AxisX.Maximum = 100;
         chart1.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;
         chart2.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;
         chart1.Series[0].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Spline;
         chart2.Series[0].ChartType = System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Line;
         chart1.Series[0].BorderWidth = 3;
         chart2.Series[0].BorderWidth = 3;
      }

      private static double A(double x)
      {
         return -60 * Math.Sin(x * 48) / x; /*-(60 * Math.Sin(48 * x)) / x;*/
      }

      private static double Ecm()
      {
         return 30*30*96;
      }

      public static double Pryam(double a, double b, double n)
      {
         double S = 0;
```

```
    double h = (b - a) / n;
    for (double x = a; x <= b; x += h)
    {
        S += h * A(x);
    }
    return S/Math.PI;
}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double Ew = 0;
    int Wv=0;
    double Ec=Ecm();
    for (int w = 1; Ew < Ec * 0.95; w++)
    {
        chart1.Series[0].Points.AddXY(w, Math.Sqrt(Math.Pow(A(w),2)));
        Func<double, double> Si = x => Math.Sin(x * 96 / 2) / x;
        Integral B = new Integral(0.000001, w, Si);
        double S = 60 / Math.PI * Math.Abs(B.Simpson(0.000001, w, 10000));

        Ew += S;
        Wv = w;
    }
    double[] fh = new double[Wv+1];
    for (int i = 0; i < Wv; i++)
    {
        if(A(i+1) < 0)
        {
            fh[i] = Math.PI;
        }
        else
        {
            fh[i] = 0;
        }
    }
    for (int i = 0; i < Wv; i++)
    {
        chart2.Series[0].Points.AddXY(i+1, fh[i]);
        if (fh[i] > 0)
        {
            if (fh[i + 1] > 0)
            {
```

```
                }
                else
                {
                    chart2.Series[0].Points.AddXY(i + 1, 0);
                }
            }
            else
            {
                if (fh[i + 1] > 0)
                {
                    chart2.Series[0].Points.AddXY(i + 1, Math.PI);
                }
                else
                {

                }
            }
        }
        label1.Text += Wv + " МГц";
    }
  }
}
```