

周期信号频谱的教学演示程序研制*

金波

长江大学电子信息学院 湖北荆州 434023

摘 要 介绍典型周期信号频谱的数值计算和GUI程序设计的方法和技巧, 研制图形用户界面程序, 并通过任意改变参数进行教学演示, 验证程序的正确性及在教学中的有效作用, 以此展示用MATLAB编写连续信号频谱分析教学演示程序的优点。

关键词 信号频谱; 教学演示; MATLAB; GUI程序设计

中图分类号 TN911.7 **文献标识码** A **文章编号** 1671-489X (2008) 12-0047-02

1 引言

在“信号与系统”课程的教学过程中, 由于信号的波形多而复杂, 这些信号的时域和频域的波形变换多样。时域波形与频域波形有着对应的关系。如何动态地、可交互地显示信号在时域和频域的关系, 揭示其内在联系, 是学好这门课程的难点。

“信号与系统”课程中在讲授“周期矩形波信号的频谱”一节时, 要分2种情况对周期矩形波信号的频谱进行研究分析。一是当时域信号的周期 T 不变、矩形脉冲宽度 τ 变化时, 其频谱的变化规律; 二是当时域信号的矩形脉冲宽度 τ 不变、周期 T 变化时, 其频谱的变化规律。教师通过黑板绘图很难讲清楚, 用PPT演示虽然对问题的理解有所帮助, 但图形仍是静止的, 并且不能交互, 即参数是不能改变的。

MATLAB的出现给“信号的频谱”的教学提供了很大的方便。由于MATLAB的绘图功能十分强大, 特别是MATLAB的GUI程序设计, 使研制动态的、可交互的教学演示程序成为可能。

笔者结合周期信号的频谱教学演示程序的研制, 给出了如何应用MATLAB工程计算语言, 解决周期信号的频谱分析, 并用GUI程序设计方法来解决周期信号频谱的计算和演示问题。

2 周期矩形脉冲的频谱

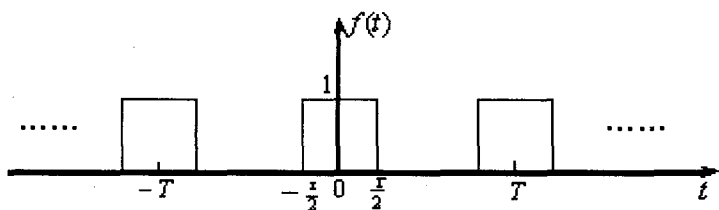


图1 周期矩形脉冲

脉冲幅度为1, 宽度为 τ 的周期矩形脉冲 $f(t)$, 其周期为 T , 如图1所示。

将 $f(t)$ 展开为傅里叶级数的指数形式, 可由下式求得傅里叶复系数:

$$\begin{aligned} \dot{F}_n &= \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} e^{-jn\Omega t} dt = \frac{1}{T} \cdot \frac{e^{-jn\Omega t}}{-jn\Omega} \Big|_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} = \frac{2}{T} \cdot \frac{\sin \frac{n\Omega\tau}{2}}{n\Omega} = \frac{\tau}{T} \cdot \frac{\sin \frac{n\Omega\tau}{2}}{\frac{n\Omega\tau}{2}} \\ &= \frac{\tau}{T} \text{Sa}\left(\frac{n\Omega\tau}{2}\right) \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{aligned}$$

用MATLAB实现画幅频特性和相频特性的部分程序为:

```
tau_T=DUTY;
n0=-25;n1=25;
n=n0:n1;
F_n=tau_T*Sa(tau_T*pi*n).*exp(-j*tau_T*n*pi);
Fn_max=max(abs(F_n));
Fn_min=min(abs(F_n));df=(Fn_max-Fn_min)*0.1;
stem(n,abs(F_n),'r');
if Fn_min>=0
y0=(Fn_max-Fn_min)/2;
else
y0=0;
end
axis([n0 n1 Fn_min-df Fn_max+df]);grid;
set(gca,'Ytick',[Fn_min,y0,Fn_max]);
line([n0 n1],[0 0],'color','r');
title(' 双边幅度频谱','color','r');
axes(handles.axes5);
stem(n,angle(F_n)*180/pi,'r');
set(gca,'Ytick',[-180,0,180]);grid;
title(' 双边相位频谱','color','r');
```

3 频谱分析的GUI程序设计

所谓GUI程序设计, 简单地说, 就是使应用程序具

*湖北省教学研究基金项目资助, 项目编号: 20060251

有图形用户界面,以方便用户操作。

在MATLAB中创建图形用户界面有2种方法,其一是使用图形句柄。用这种方法创建图形界面的过程相当繁琐,而且在程序编写好之前,用户图形界面是不可见的。为了便于创建图形用户界面, MATLAB提供了一个开发环境,帮助用户创建图形用户界面,这就是GUIDE (Graphic User Interface Development Environment)。

图形用户界面(GUI)是由窗口、光标、按键、菜单、文字说明等对象(Objects)构成的一个用户界面。用户通过一定的方法(如鼠标或键盘)选择、激活这些图形对象,使计算机产生某种动作或变化,例如实现计算、绘图等。如果读者想向别人提供应用程序,进行某种技术、方法的演示,制作一个供反复使用且操作简单的专用工具,那么图形用户界面也许是最好的选择之一。

为了对周期信号的频谱进行研究,笔者编写了典型周期信号的频谱分析的GUI程序。该程序有3大功能。

1) 可以画出典型周期信号的频谱。

2) 对周期矩形波周期 T 不变,矩形宽度 τ 变化的研究:矩形宽度 τ 可以

任意改变,界面及计算结果如图2、3所示。

通过演示,可以得出以下结论:

参考文献

- [1]金波. 信号与系统基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2006, 8
- [2]王宏. MATLAB6. 5及其在信号处理中的应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004, 10
- [3]张昱, 周绮敏. 信号与系统实验教程[M]. 北京:人民邮电出版社, 2005

①脉冲宽度 τ 由大变小, f_0 的第一个过零点频率增大, 即带宽变宽, 所以 τ 就确定了带宽。

②脉冲宽度 τ 由大变小, 频谱的幅度变小。

③由于周期 T 不变, 频谱的谱线间隔不变, 即 $\Omega = \frac{2\pi}{T}$ 不变。

3) 对周期矩形波矩形宽度 τ 不变, 周期 T 变化的研究: 周期 T 可以任意改变, 界面及计算结果如图4、5所示。

通过演示, 可以得出以下结论:

①脉冲宽度 τ 不变, f_0 的第一个过零点频率不变, 即带宽不变。

② T 由小变大, 谱线间隔变小, 谐波成份丰富, 并且频谱幅度变小。

③ $T \rightarrow \infty$ 时, 谱线间隔 $\rightarrow 0$, 这时由周期信号变成非周期信号, 离散频谱变成连续频谱。

4 结束语

由于MATLAB的强大数值计算和绘图功能, 加之其提供的开发环境, 帮助用户创建图形用户界面, 从而使连续信号频谱的计算和可视化变为可能。通过以上实例分析可以看到, 应用GUI编程技术可以编写通用性更强的图形用户界面, 使周期信号频谱的教学和研究更加直观。笔者的实践证明, 这个教学演示程序在教学中效果十分理想。

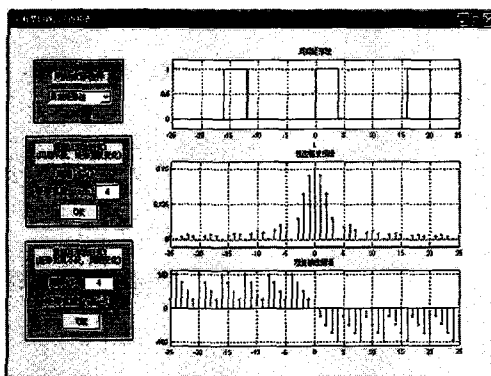


图2 周期 $T=16$, 脉冲宽度 $\tau=4$ 的频谱

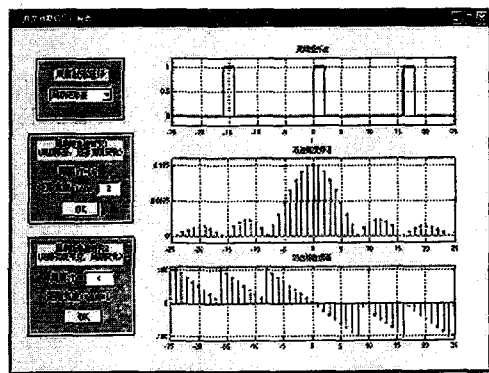


图3 周期 $T=16$, 脉冲宽度 $\tau=2$ 的频谱

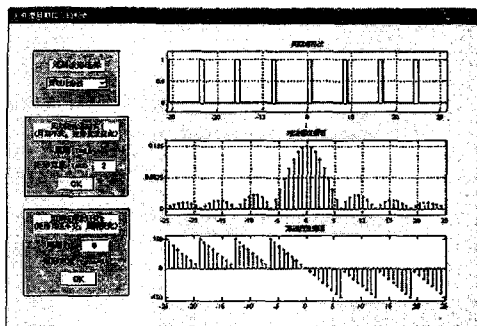


图4 脉冲宽度 $\tau=1$, 周期 $T=8$ 的频谱

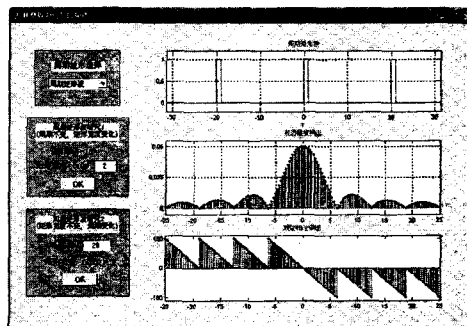


图5 脉冲宽度 $\tau=1$, 周期 $T=20$ 的频谱