**信息科学与工程学院**

**2019－2020学年第二学期**

实 验 报 告

课程名称： 信号与系统

实验名称： 实验五

专 业 班 级 通信工程 二班

学 生 学 号 201800121050

学 生 姓 名 孟麟芝

实 验 时 间 2020年5月23日

实验报告

【实验目的】

1. 学会运用matlab分析傅里叶级数展开与傅里叶变换，深入理解其物理意义
2. 学会使用matlab分析周期信号、非周期信号的幅频特性及相频特性

【实验要求】

1. 参考例5-1，实现教材p125,例3-4中傅里叶级数表达式（p126第二行）。分别采用前4、40、400项，画出周期矩形脉冲信号的近似图；
2. 参考例5-2，画出上题频谱图。
3. 编程实现以下功能：将信号f分解成余弦形式的傅立叶级数，再由信号f的直流分量C0开始，依次相加其基波分量、二次谐波、三次谐波等直至N次谐波（N不超过信号f的采样点数量的一半），观察随着谐波次数的增加，前N次谐波之和与原信号f的相似关系，讨论傅立叶系数的物理意义。
4. 求的傅里叶变换F(ω)，并画出F(ω)的幅频、相频图。
5. 求的傅里叶反变换，并画出时域图。

【实验具体内容】

【第一个实验】

1. 源代码

t=-11:0.001:11;

T0=5;

tau=2;

E=1;

ft=E\*rectpuls(t,2)+E\*rectpuls(t-T0,2)+E\*rectpuls(t+T0,2)+E\*rectpuls(t-2\*T0,2)+E\*rectpuls(t+2\*T0,2);

subplot(2,2,1),plot(t,ft),grid on

axis([-8,8,0,1.5])

title('矩形脉冲信号')

n\_max=[3 39 399];

N=length(n\_max);

for k=1:N

n=0:1:(n\_max(k));

b=(2\*E./(pi.\*n)).\*sin(n\*pi\*tau/T0);

b(1)=E\*tau/T0;

cn=cos(2\*pi\*n'\*t/T0);%cn的每一行中n取值相等，每一列中t的取值相等

x=b\*cn;%此处为矩阵相乘

subplot(2,2,k+1),plot(t,x),grid on

axis([-8,8,0,1.5])

title(['最大谐波次数=',num2str(n\_max(k)+1)])

End

1. 部分实验原理

利用矩阵计算傅里叶级数的原理：

设*Fm*为一组傅里叶系数，可以构成一个矩阵

设*nm*为一组傅里叶级数中n的取值（如1，3，5，7），可以构成一个矩阵

设*tp*为离散化样本中时间的可能取值（如0,0.01,0.02,…,1），可以构成一个矩阵

对两个矩阵做如下运算，每一行中n的取值相同，每一列t的取值相同

一般来讲，各种傅里叶级数的“基”中含有*nt*项，如：、、等。

若设映射关系可以将*nt*转化为傅里叶级数的某种基，则

将傅里叶系数矩阵的转置矩阵，与傅里叶级数的“基”构成的矩阵做矩阵乘法，可以得到如下结果，可以看到，对样本中每个特定的*tp*，都有对应的傅里叶级数和，可以很方便的使用plot函数绘图

1. 实验步骤
2. 分析编写源代码



1. 运行后得到如上结果，可见随着谐波次数增大拟合程度逐渐变好，但存在吉布斯现象，只要叠加次数不是无穷大，肩峰始终存在

【第二个实验】

1. 源代码

n=-30:30;

T0=5;

w0=2\*pi/T0;

tau=2;

E=1;

x=n\*tau/T0;

fn=tau/T0\*sinc(x);

stem(n,fn),grid on

title('\tau=1,T0=5')

1. 实验步骤
2. 我们已经得到了周期矩形脉冲信号的傅里叶级数形式为

则可以直接带入参数并依此编写代码

1. 运行代码，得到频谱图如下



【第三个实验】

1. 源代码

%在一个周期内随机生成信号并傅里叶级数展开

Um=1;

T=0.02;

w=2\*pi/T;

ht=0;

num\_points=200;%设定信号原样本点的个数

n\_max=100;%设定最大谐波次数

t=linspace(-T/2,T/2,num\_points);%在周期内等间隔生成num\_points个点

y=Um\*abs(sin(2\*w\*t)).\*(t>0);

n=randn(38,1);

n=[0;n;0];%首尾各插入一个0

n = interp1([0:39],n,linspace(0,39,num\_points),'linear');%使用分段线性插值

y=y+0.4\*n;

subplot(3,1,1),plot(t,y),grid on,title('随机信号波形(抽样次数=200)')

for i=1:n\_max

y1=y.\*cos(i\*w\*t);

y2=y.\*sin(i\*w\*t);

a(i)=2/T\*trapz(t,y1);

b(i)=2/T\*trapz(t,y2);

end

a0=1/T\*trapz(t,y);

ht=a0;

ht1=a0;

for i=1:n\_max

ht=ht+sqrt(a(i)^2+b(i)^2).\*cos(i\*w\*t-atan(b(i)/a(i)));

%若使用atan2则应该这样写：ht=ht+sqrt(a(i)^2+b(i)^2).\*cos(i\*w\*t-atan2(b(i),a(i)));

ht1=ht1+a(i)\*cos(i\*w\*t)+b(i)\*sin(i\*w\*t);

subplot(3,1,2),plot(t,ht),grid on,title(['最大谐波次数=',num2str(i),'（余弦形式）'])

subplot(3,1,3),plot(t,ht1),grid on,title(['最大谐波次数=',num2str(i),'（正余弦形式）'])

pause(0.005);

end

1. 实验步骤
2. 编写代码，利用for循环逐级计算傅里叶系数（注意直流分量的存在），之后再利用for循环与延时函数pause配合，逐个叠加，并将叠加过程可视化
3. 本次同时实现了正余弦形式和仅余弦形式的傅里叶级数展开
4. 得到结果如下



可见，随叠加次数增多，正余弦形式傅里叶级数叠加逐渐趋近原波形，而余弦形式傅里叶级数受atan计算范围所限，与原信号始终差别很大

1. 将atan换成atan2，则得到如下结果，可见这是符合预期的



【第四个实验】

1. 源代码

%符号运算解傅里叶正变换

syms t;

ft=exp(-abs(t))+3\*dirac(t);

fw=fourier(ft)

PW=atan(imag(fw)/real(fw))

subplot(1,3,1),ezplot(ft)

grid on,title('时域图')

subplot(1,3,2),ezplot(abs(fw))

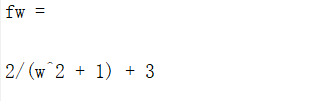
grid on,title('幅频特性')

subplot(1,3,3),ezplot(PW)

grid on,title('相频特性')

1. 实验步骤

编写并运行代码，使用符号运算进行傅里叶变换 得到如下结果





【第五个实验】

1. 源代码

%符号运算解傅里叶反变换

syms w;

fw=3/(3\*sqrt(-1)\*w+2+w^2);

ft=ifourier(fw)

ezplot(ft)

grid on,title('时域图')

1. 实验步骤

编写并运行代码，使用符号运算进行傅里叶反变换 得到如下结果



【实验心得与结果分析】

1. 矩阵形式计算傅里叶级数和十分简洁，但思维过程也比较复杂，需要仔细分析
2. Matlab中的函数多具有使用条件限制，要注意不同函数的适用范围（如本次第三个实验中应使用atan2而不是atan）
3. 随着叠加谐波次数增大，傅里叶级数对原信号拟合程度逐渐变好，但存在吉布斯现象，只要叠加次数不是无穷大，肩峰始终存在
4. Matlab中使用虚数单位i需要写成1i