

物理实验报告

陈建烨 12411913 2025.3.11 P4123

一. 实验名称：脉搏、语音及图像信号的傅里叶分析

二. 实验目的

- 了解常见的信号的傅里叶级数表示。
- 了解周期信号如脉搏信号、语音信号及图像信号的傅里叶级数表示。
- 掌握傅里叶级数的计算方法。
- 了解傅里叶级数的意义和应用。

三. 实验原理

1. 傅里叶级数

傅里叶级数是将一个周期函数表示为一组正弦和余弦函数的线性组合。对于周期为 T 的函数 $f(t)$ ，其傅里叶级数表示为：

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(\frac{2\pi nt}{T}) + b_n \sin(\frac{2\pi nt}{T})]$$

其中， a_0 是常数项， a_n 和 b_n 是傅里叶系数，表示函数在不同频率下的幅度和相位。傅里叶系数的计算公式为：

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \\ a_n &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(\frac{2\pi nt}{T}) dt \\ b_n &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(\frac{2\pi nt}{T}) dt \end{aligned}$$

方波信号

对于方波信号，

$$f(t) = \begin{cases} A, & 0 \leq t < \frac{1}{2}T \\ -A, & \frac{1}{2}T \leq t < T \end{cases}$$

其傅里叶级数表示为：

$$f(t) = \frac{4A}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \sin\left(\frac{2\pi(2n-1)t}{T}\right)$$

其中， A 是方波的幅度， T 是方波的周期。

三角波

对于三角波信号，

$$f(t) = \begin{cases} \frac{4A}{T}t, & -\frac{1}{4}T \leq t < \frac{1}{4}T \\ 2A(1 - \frac{2t}{T}), & \frac{1}{4}T \leq t < \frac{3}{4}T \end{cases}$$

其傅里叶级数表示为：

$$f(t) = \frac{8A}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^2} \cos\left(\frac{2\pi(2n-1)t}{T}\right)$$

其中， A 是三角波的幅度， T 是三角波的周期。

结论

由上述式子可知，任意周期信号都可以用无限多次不同频率的波叠加而成，且频率越高，振幅越小。当振幅小到一定程度时，可以忽略，将信号变成有限次的叠加，实现信号压缩存储，去噪声等应用。

四.实验仪器

脉搏语音实验仪器，数字信号发生器，信号加法器，电脑

五.实验内容及数据

1.标准信号/外接

1.利用数字信号发生器分别产生 $100Hz$ ， $300Hz$ ， $500Hz$ 的位相相同正弦信号，调整振幅比为 $1 : \frac{1}{3} : \frac{1}{5}$ ，进行加法后输入傅里叶分析仪，观察记录波形。

图1

2.利用数字信号发生器产生方波，输入到傅里叶分析仪，观察记录波形。

图2

1.利用数字信号发生器分别产生 $200Hz$ ， $600Hz$ ， $1000Hz$ 的正弦信号，保证 $600Hz$ 相位相差 180° ，调整振幅比为 $1 : \frac{1}{9} : \frac{1}{25}$ ，进行加法后输入傅里叶分析仪，观察记录波形。并与数字信号发生器产生的三角波比较。

图3

图4

2.标准信号/内接

1.利用傅里叶分析仪产生方波，分别进行低通滤波与高通滤波

图5

图6

2.利用傅里叶分析仪产生三角波，分别进行低通滤波与高通滤波

图7

图8

3.脉搏信号

1.利用傅里叶分析仪的脉冲信号模块与光电测试仪测试自己的脉搏波信号。

2.选择完整周期进行分析，测量中心频率 f_1 。

图9

$$f_1 =$$

3.深呼吸后重复上述实验，测量中心频率 f_2 并比较。

图10

$$f_2 = f_1$$

4.语音信号

1.利用傅里叶分析仪的语音信号模块与麦克风测试自己的语音信号,进行傅里叶分析。

图11

2.二次采集，采集相同和不同的元音信号，记录频谱分布。

图12

图13

3.采集一段长语音信号，观察傅里叶分析的实时频谱变化

图14

5.图像信号

运用傅里叶分析仪分析图片“双缝”、“彩色十字”、“光”、“箭头”。分别选择低通和高通滤波器，记录所用参数与图片。

图15

图16

图17

图18

图19

图20

图21


图22

图23

六.数据处理

1.比较图1和图2 如何消除差异

2.比较图3和图4 如何消除差异

3.比较图5的相对强度，指出特征与理论的异同，分析原因

4.比较图2和图5相对强度栏中频率和幅值的关系

5.比较图5中“时域图”和低通滤波“合成图”，列举异同，并分析原因

6.比较图6中“时域图”和高通滤波“合成图”，列举异同，并分析原因

3.比较图7的相对强度，指出特征与理论的异同，分析原因

4.比较图4和图7相对强度栏中频率和幅值的关系

- 5.比较图7中“时域图”和低通滤波“合成图”，列举异同，并分析原因
- 6.比较图8中“时域图”和高通滤波“合成图”，列举异同，并分析原因
- 7.脉搏信号
- 8.比较原图片与低通滤波图，比较原图片与高通滤波图，列举异同，并分析原因

七.误差分析

- 1.仪器采样的限制，仪器和计算精度限制
- 2.周围的电磁干扰，测量脉搏时环境光的影响，测量语音时周围噪声与回声的影响

八.实验结论