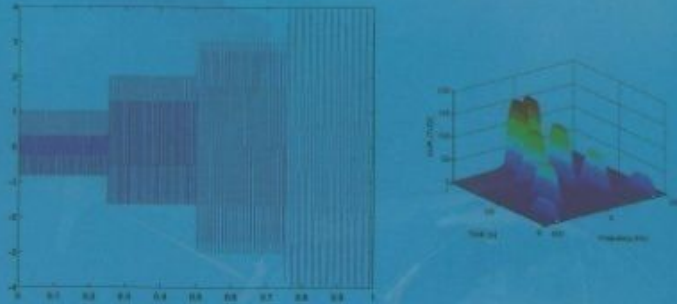


教育部电子电气基础课程教学指导分委员会推荐教材
国家精品资源共享课配套教材

工程信号与系统

郭宝龙 阎允一 朱娟娟 吴宪祥 编著



高等教育出版社

工程信号与系统

西安电子科技大学

Xidian University, Xi'an China



小波分析理论简介

K4.01 平稳信号与非平稳信号

K4.02 短时傅里叶变换

K4.03 连续小波变换

K4.04 离散小波变换

K4.05 小波变换工程应用



思考问题:

傅里叶变换频谱形状与信号出现的时间有关么？

傅里叶变换有什么局限？



知识点K4.01

平稳信号与非平稳信号

主要内容:

1. 平稳信号和非平稳信号的定义
2. 非平稳信号分析的难点
3. 傅里叶变化的不足

基本要求:

- 1.理解平稳信号与非平稳信号的概念
- 2.理解非平稳信号的分析难点
- 3.理解傅里叶变换的不足



K4.01 平稳信号与非平稳信号

1. 平稳与非平稳信号的特性

对于确定信号，如果信号的频率成分随着时间而发生变化，那么这样的信号称为**非平稳信号**；若信号的频率成分与时间无关，则称为**平稳信号**。

2. 非平稳信号举例



平稳信号与非平稳信号

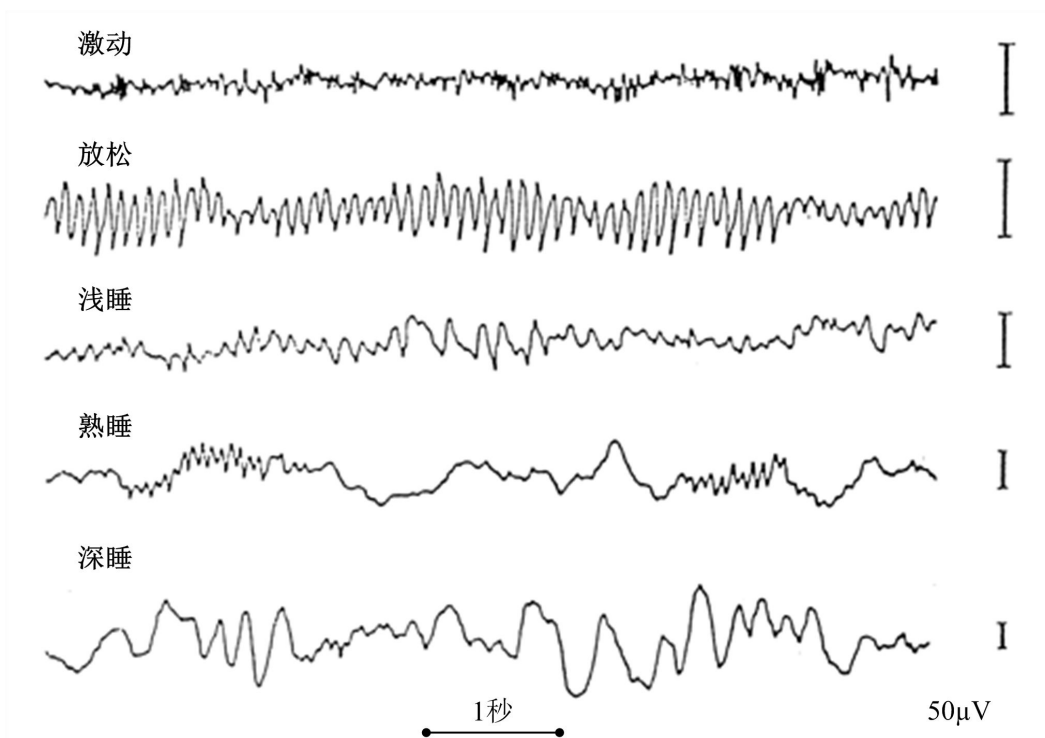


图9.1-1 脑电图示意图

在每个状态之内，信号的波形变化也是很剧烈的，频率和周期变化明显，如果以更长的时间范围比如把从深睡到醒来的过程全部记录下来，那么非平稳性将更加明显。



3. 非平稳信号分析的挑战

例 对以下信号做傅里叶幅频特性分析：

$$(1) \quad f_1(t) = \cos(2\pi \cdot 10 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 25 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 50 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 100 \cdot t)$$

$$(2) \quad f_2(t) = \begin{cases} \cos(2\pi \cdot 10 \cdot t) & 0 \leq t \leq 0.20 \\ \cos(2\pi \cdot 25 \cdot t) & 0.20 < t \leq 0.40 \\ \cos(2\pi \cdot 50 \cdot t) & 0.40 < t \leq 0.70 \\ \cos(2\pi \cdot 100 \cdot t) & 0.70 < t \leq 1.00 \end{cases}$$

解析： $f_1(t)$ 是一个平稳信号，频率为5Hz，10Hz，20Hz和50Hz的分量出现在整个时域内； $f_2(t)$ 包含同样四个频率分量的信号，但它们分别在不同时刻出现，因此这是一个非平稳信号。



平稳信号与非平稳信号

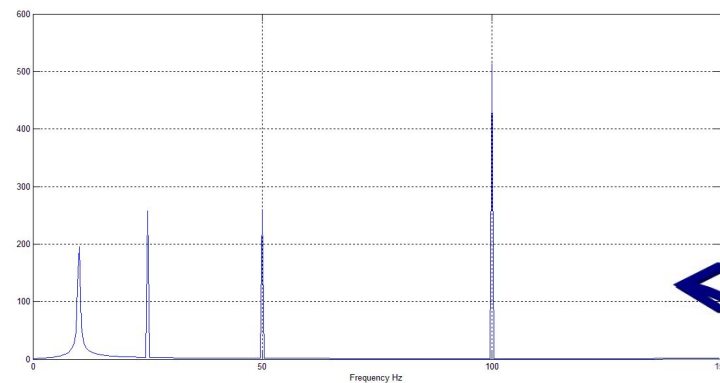
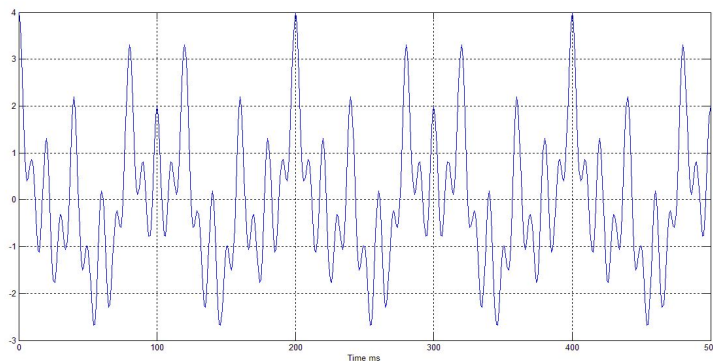


图9.1-2 $f_1(t)$ 的时域波形和幅频特性

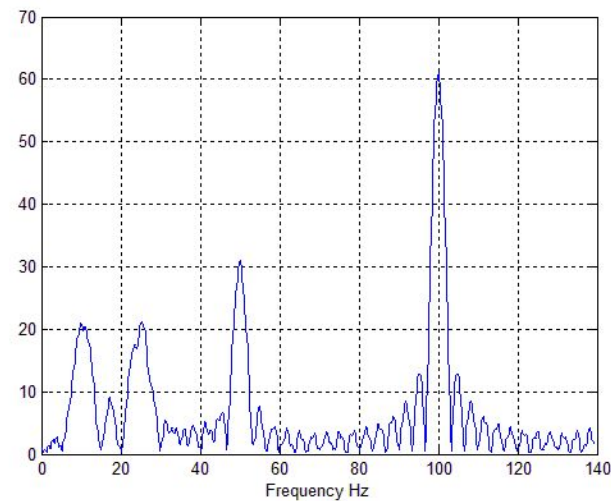
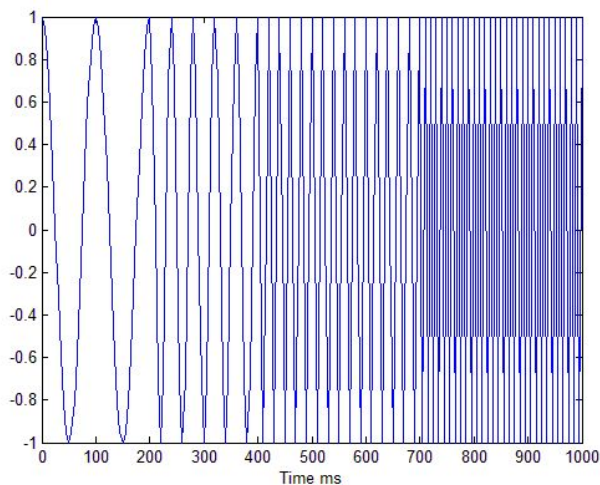


图9.1-3 $f_2(t)$ 的时域波形和幅频特性

相似



平稳信号与非平稳信号

两个信号的幅频特性：四个主要的尖峰。

50Hz和100Hz分量的幅度比25Hz和10Hz分量大，这是因为高频信号比低频信号持续时间更长一些(分别为300ms和200ms)。

若忽略掉因频率突变引起的毛刺（有时候他们与噪声很难区分）和两幅图中各频率分量的幅值（这些幅值可以做归一化处理），两个信号的频谱图几乎是一致的，但实际上两个时域信号的差别极大。

结论：

平稳信号与非平稳信号在时域内可能具有完全不同的波形，但在频域内却可能非常相似。



4. 傅里叶变换的局限

傅里叶变换是一种可逆变换，即它允许原始信号和变换过的信号之间互相转换。不过，在傅里叶变换后的频域中不包含时间信息，反变换后的时域中不包含频率信息。

傅里叶变换中的积分是从负无穷到正无穷的，这意味着：

（1）通过傅里叶变换获取信号的频谱需要信号的全部时域信息；（2）不管频率 f 的分量何时出现，其作用都会影响到积分结果。

结论：（1）傅里叶变换的全局积分导致变换结果无法提供频率分量的时间信息；（2）对于非平稳信号来说，傅里叶变换一般是不合适的；（3）只有仅仅关心信号中是否包含某个频率分量而不关心它出现的时间的时候，傅里叶变换才可以用于处理非平稳信号。

