与频谱有关的几个谱的概念

 (2012-06-09 11:20:48)

[[http://simg.sinajs.cn/blog7style/images/common/sg_trans.gif](javascript:;)转载▼](javascript:;)

频谱、幅度谱、功率谱和能量谱

       在信号处理的学习中，有一些与谱有关的概念，如频谱、幅度谱、功率谱和能量谱等，常常让人很糊涂，搞不清其中的关系。这里主要从概念上厘清其间的区别。

       对一个时域信号进行傅里叶变换，就可以得到的信号的频谱，信号的频谱由两部分构成：幅度谱和相位谱。这个关系倒还是简单。那么，什么是功率谱呢？什么又是能量谱呢？功率谱或能量谱与信号的频谱有什么关系呢？

       要区分功率谱和能量谱，首先要清楚两种不同类型的信号：功率信号和能量信号。我们从一个具体的物理系统来引出能量信号和功率信号的概念。已知阻值为R的电阻上的电压和电流分别为v(t) 和 i(t)，则此电信号的瞬时功率为： p(t) = v2(t)/R = i2(t)R。在作定性分析时，为了方便起见，通常假设电阻R为1欧姆而得到归一化(Normolized) 的功率值。作定量计算时可以通过去归一化，即将实际的电阻值代入即可得到实际的功率值。将上面的概念做一个抽象，对信号 x(t) 定义其瞬时功率为 |f (t)|2，在时间间隔 (-T/2  T/2) 内的能量为:

                                     E= ∫|f (t)|2 dt    (1)

其中积分范围为-T/2到T/2。  该间隔内的平均功率为：

                                   p = E/T           (2)

       当且仅当f(t)在所有时间上的能量不为0且有限时，该信号为能量信号，即(1)式中的 T 趋于无穷大的时候E为有限。典型的能量信号如方波信号、三角波信号等。但是有些信号不满足能量信号的条件，如周期信号和能量无限的随机信号，此时就需要用功率来描述这类信号。当且仅当x(t)在所有时间上的功率不为0且有限时，该信号为功率信号，即 (2) 式中的 T 趋于无穷大的时候 p 为有限。系统中的波形要么具有能量值，要么具有功率值，因为能量有限的信号功率为0，而功率有限的信号能量为无穷大。一般来说，周期信号和随机信号是功率信号，而非周期的确定信号是能量信号。将信号区分为能量信号和功率信号可以简化对各种信号和噪声的数学分析。还有一类信号其功率和能量都是无限的，如 f(t) = t，这类信号很少会用到。

       了解信号可能是能量信号，也 可能是功率信号后，就可以很好地理解功率谱和能量谱的概念。对于能量信号，常用能量谱来描述。所谓的能量谱，也称为能量谱密度，是指用密度的概念表示信号 能量在各频率点的分布情况。也即是说，对能量谱在频域上积分就可以得到信号的能量。能量谱是信号幅度谱的模的平方，其量纲是焦/赫。 对于功率信号，常用功率谱来描述。所谓的功率谱，也称为功率谱密度，是指用密度的概念表示信号功率在各频率点的分布情况。也就是说，对功率谱在频域上积分 就可以得到信号的功率。从理论上来说，功率谱是信号自相关函数的傅里叶变换。因为功率信号不满足傅里叶变换的条件，其频谱通常不存在，维纳-辛钦定理证明了自相关函数和傅里叶变换之间对应关系。在工程实际中，即便是功率信号，由于持续的时间有限，可以直接对信号进行傅里叶变换，然后对得到的幅度谱的模求平方，再除以持续时间来估计信号的功率谱。

       对确定性的信号，特别是非周 期的确定性信号，常用能量谱来描述。而对于随机信号，由于持续期时间无限长，不满足绝对可积与能量可积的条件，因此不存在傅立叶变换，所以通常用功率谱来 描述。周期性的信号，也同样是不满足傅里叶变换的条件，常用功率谱来描述，这些在前面已经有所说明。只有如单频正弦信号等很少的特殊的信号，在引入delta函数之后，才可以求解信号的傅里叶变换。

       对于用功率谱描述的随机信号 而言，白噪声是一个特例。根据定义，白噪声是指功率谱密度在整个频域内均匀分布的噪声。严格地说，白噪声只是一种理想化模型，因为实际噪声的功率谱密度不 可能具有无限宽的带宽，否则它的功率将是无限大，是物理上不可实现的。然而，白噪声在数学处理上比较方便，因此它是系统分析的有力工具。一般，只要一个噪声过程所具有的频谱宽度远远大于它所作用系统的带宽，并且在该带宽中其频谱密度基本上可以作为常数来考虑，就可以把它作为白噪声来处理。例如，热噪声和散弹噪声在很宽的频率范围内具有均匀的功率谱密度，通常可以认为它们是白噪声。