

# 期末复习

---

# 期末复习提纲-预备知识与模拟部分

一、时间平均算子与信号的物理参数

二、常见信号的傅立叶变换

三、乘法器与滤波器

四、模拟幅度调制

AM、DSB-SC、SSB三种调制解调器模型、波形和频谱变换关系（表达式与波形示意图）、输入与输出信噪比计算

五、模拟角度调制基本参数计算

# 一、时间平均算子与信号物理参数

- (1) 时间平均算子
- (2) 直流分量
- (3) 功率
- (4) 能量
- (5) 均方根值
- (6) 分贝

## 二、常用信号傅里叶变换

- (a) 冲激信号
- (b) 单音信号
- (c) 矩形脉冲信号与抽样函数
- (d) 矩形三角形脉冲信号
- (e) 周期信号

### 三、乘法器与滤波器

1. 确定信号通过乘法器
2. 确定信号通过滤波器
3. 随机信号与确定载波信号相乘
4. 随机信号通过滤波器

## 四、模拟幅度调制

1. 常规调幅调制 (AM)
2. 抑制载波双边带(DSB-SC)调制
3. 单边带(single sideband, SSB)调制
4. 模拟幅度调制系统的抗噪声性能

## 四、模拟角度调制

1. 角调制的基本概念
2. 窄带角度调制
3. 角度调制信号的频谱特性
4. 调角信号的产生与接收

## 五、角调制的基本概念

$$s(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + \theta(t)] = A_c \cos[\varphi(t)]$$

### ■ 相位调制(phase modulation, PM)信号

瞬时相位偏移  $\theta(t) = K_p m(t)$

瞬时相位  $\varphi(t) = 2\pi f_c t + \theta(t)$

瞬时频率  $f_i(t) = \frac{1}{2\pi} \omega_i(t) = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\varphi(t)}{dt} \right] = f_c + \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\theta(t)}{dt} \right]$

瞬时频率偏移  $f_d(t) = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\theta(t)}{dt} \right]$

其中 $K_p$ 为调相系数, 单位为rad/V,表示调相器灵敏度。



## 五、角调制的基本概念

$$s(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + \theta(t)] = A_c \cos[\varphi(t)]$$

### ■ 幅度调制(frequency modulation, FM)信号

**瞬时频率偏移**  $f_d(t) = f_i(t) - f_c = K_f m(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta(t)}{dt}$

**瞬时频率**  $f_i(t) = \frac{1}{2\pi} \omega_i(t) = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\theta(t)}{dt} \right] = f_c + \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\varphi(t)}{dt} \right] = f_c + K_f m(t)$

**瞬时相位**  $\theta(t) = 2\pi \int_{-\infty}^t f_d(\tau) d\tau = 2\pi K_f \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau$

**瞬时相位偏移**  $\varphi(t) = 2\pi f_c t + \theta(t)$

其中 $K_p$ 为调频系数，单位为Hz/V,表示调频器灵敏度。

# 频率与相位偏移

## 频率偏移

$$f_d(t) = f_i(t) - f_c = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\theta(t)}{dt} \right]$$

## 峰值频偏

$$\Delta f_{\max} = \max \left\{ \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\theta(t)}{dt} \right] \right\}$$

## 峰值相偏

$$\Delta \theta_{\max} = \max \{ \theta(t) \}$$

## 调相指数

$$\beta_p = \Delta \theta_{\max}$$

## 调频指数

$$\beta_f = \frac{\Delta f_{\max}}{B}$$

# PM信号的相位偏移

## 相位偏移

$$\theta(t) = K_p m(t)$$

## 峰值相位偏移

$$\Delta\theta_{\max} = K_p \max \{|m(t)|\}$$

## 调相指数

$$\beta_p = \Delta\theta_{\max} = K_p \max \{|m(t)|\}$$

# FM信号的频率偏移

## 频率偏移

$$f_d(t) = f_i(t) - f_c = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{d\theta(t)}{dt} \right] = K_f m(t)$$

## 峰值频偏

$$\Delta f_{\max} = K_f \max \{|m(t)|\}$$

## 调频指数

$$\beta_f = \frac{\Delta f_{\max}}{B} = K_f \frac{\max \{|m(t)|\}}{B}$$

# 例

基带信号  $m(t)=a\cos(2\pi f_m t)$ ，载波为  $A_c\cos(2\pi f_c t)$ ，请写出调频以及调相信号表示式，并求调制指数。

【解答】

1) PM

$$s_{PM}(t) = A_c \cos\left[2\pi f_c t + K_p a \cos(2\pi f_m t)\right]$$

$$\beta_p = \Delta\varphi_{\max} = K_p \max\{|m(t)|\} = aK_p$$

2) FM

$$s(t) = A_c \cos\left[2\pi f_c t + K_f \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau\right]$$

$$= A_c \cos\left[2\pi f_c t + \frac{aK_f}{f_m} \sin(2\pi f_m t)\right]$$

$$\beta_f = \frac{aK_f}{f_m}$$

# 卡松规则

$$B_T = 2(1 + D)B = 2\Delta f_{\max} + 2B$$

频偏比  $D = \frac{\Delta f_{\max}}{B}$

D>2时修正为:  $B_T = 2(D + 2)B$

# 功率分配

---

$$\begin{aligned} P &= \overline{s^2(t)} = \overline{\left[ A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta) \cos(\omega_c t + n\omega_m t) \right]^2} \\ &= \frac{A_c^2}{2} J_0^2(\beta) + \frac{A_c^2}{2} \sum_{\substack{n=-\infty \\ n \neq 0}}^{\infty} J_n^2(\beta) \\ &= P_c + P_s = \frac{A_c^2}{2} \end{aligned}$$