

# 习题课

---

## Chapter 8

忻杨璇

邮箱：xinyx@zju.edu.cn

微信：18867151153

# Chapter 8

- 8-2 设接收信号的信噪比 $\rho = 10dB$ ，要求平均位同步误差比例不大于5%，试问应该如何设计窄带滤波器的带宽？

知识点：平均位同步误差公式，P296式 (8.3.8)

由平均位同步误差公式

$$\frac{|\bar{\varepsilon}|}{T} \approx \frac{0.33}{\sqrt{K\rho}} < 0.05, \rho = 10dB = 10$$

解得  $K > 4.3$

窄带滤波器的带宽  $B < \frac{1}{KT} = 0.23/T$

由于噪声的影响，开环滤波法会引入定时误差。已经证明，利用带宽等于 $1/(KT)$ 的窄带滤波器（可以对 $K$ 位长度的输入码元序列进行平均），噪声所产生的平均定时误差 $\bar{\varepsilon}$ 近似为

$$\frac{|\bar{\varepsilon}|}{T} \approx \frac{0.33}{\sqrt{KE_b/N_0}} \left( \frac{E_b}{N_0} > 5, K \geq 18 \right) \quad (8.3.8)$$

• 8-5 证明带有载频分量的BPSK信号： $s_c(t) = A\sin[2\pi f_0 + d(t)\cos^{-1}\alpha]$ 是一种插入导频的BPSK信号，其中 $d(t)$ 是取值为 $\pm 1$ 的数据序列，数据每比特持续时间为 $T_b$ ；同时证明

(1) 载波分量和调制分量的功率比为 $\frac{P_c}{P_m} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2}$

(2) 证明载波功率 $P_c$ 和调制分量功率 $P_m$ 分别占 $P_c = \alpha^2 P_T$ ,  $P_m = (1 - \alpha^2)P_T$ ，其中 $P_T$ 是符号总功率；

(3) 求在相位误差很小时，误码率公式。

知识点：载波同步，P287

$$\begin{aligned} (1) \quad & \text{因为 } s_c(t) = A\sin[2\pi f_0 + d(t)\cos^{-1}\alpha] \\ & = A\sin 2\pi f_0 \cdot \cos[d(t)\cos^{-1}\alpha] + A\cos 2\pi f_0 \cdot \sin[d(t)\cos^{-1}\alpha] \\ & = \alpha A\sin 2\pi f_0 t + A\sqrt{1-\alpha^2}d(t) \cdot \cos 2\pi f_0 t \end{aligned}$$

这正是BPSK信号再插入一个正交导频

$$P_c = \frac{(\alpha A)^2}{2}, P_m = \frac{(1-\alpha^2)A^2}{2}$$

$$\text{所以 } \frac{P_c}{P_m} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2}$$

- 8-5 证明带有载频分量的BPSK信号： $s_c(t) = A\sin[2\pi f_0 + d(t)\cos^{-1}\alpha]$ 是一种插入导频的BPSK信号，其中 $d(t)$ 是取值为 $\pm 1$ 的数据序列，数据每比特持续时间为 $T_b$ ；同时证明
  - (2) 证明载波功率 $P_c$ 和调制分量功率 $P_m$ 分别占 $P_c = \alpha^2 P_T$ ， $P_m = (1 - \alpha^2)P_T$ ，其中 $P_T$ 是符号总功率；
  - (3) 求在相位误差很小时，误码率公式。

知识点：

(2) 设信号总功率为  $P_T$ ，则 $P_c = \alpha^2 P_T$ ,  $P_m = (1 - \alpha^2)P_T$

(3) 当不考虑相位误差时，误码率为

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2E}{N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2(1 - \alpha^2)P_T T}{N_0}}\right)$$

其中  $P_e$  为误码率。当相位误差为 $\Delta\varphi$ 时，BPSK 相干解调误码率为

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E}{N_0}} \cos \Delta\varphi\right) \quad (8.2.18)$$