

习题 2

一、填空题（每空 2 分，共 20 分）

- 1、已知某发射机输出 AM 信号的调幅指数为 1，其中载波功率为 10 kW，则上边带功率为 2.5 kW。
- 2、已知 AM 信号中载波的最大和最小振幅分别为 5V 和 3 V，则该 AM 信号的调幅指数为 0.25。
- 3、某 AM 信号的带宽为 10 kHz。为了提高传输的有效性，拟改用 LSB 传输，则所需占用信道的带宽至少为 5 kHz。‘’；
- 4、已知单频基带信号的幅度为 5 V，角频率为 200π rad/s，调频灵敏度为 200 Hz/V，则对应 FM 信号的最大频偏为 1k Hz，调频指数为 10。
- 5、对最高频率为 1 kHz 的基带信号进行调频，已知输出 FM 信号的带宽为 10 kHz，则调频指数为 4。
- 6、某 FM 电路的频偏常数为 1 kHz/V，已知输入基带信号的最大幅度为 12 V、最高频率为 3 kHz，则该电路输出 FM 信号的带宽为 30 kHz。
- 7、对调幅指数为 1 的 AM 调制传输，已知接收机输入信噪比为 150，则接收机输出信噪比为 20 dB。
- 8、已知 DSB 相干接收机的输入信噪比为 10 dB，则输出信噪比为 13 dB。
- 9、在输入噪声功率相同的条件下，为达到相同的输出信噪比，解调器输入 SSB 信号的功率必须为 DSB 信号功率的 2 倍。

二、简单分析题（每小题 10 分，共 40 分）

1、已知发送端发送的 DSB 信号为 $s(t) = f(t) \cos \omega_c t$ ，接收机中相干解调器的解调载波为 $c(t) = \cos[(\omega_c + \Delta\omega)t + \Delta\varphi]$ 。分别推导写出当 $\Delta\omega=0$ 和 $\Delta\varphi=0$ 时的解调输出信号 $y(t)$ 。

解：（1）当 $\Delta\omega=0$ 时，乘法器输出 $s_p(t) = s(t)c(t) = \frac{1}{2}f(t) \cos(\Delta\varphi) + \frac{1}{2}f(t) \cos(2\omega_c t + \Delta\varphi)$

LPF 滤波输出 $y(t) = \frac{1}{2}f(t) \cos(\Delta\varphi)$ (5 分)

（2）当 $\Delta\varphi=0$ 时， $s_p(t) = s(t)c(t) = \frac{1}{2}f(t) \cos(\Delta\omega t) + \frac{1}{2}f(t) \cos(2\omega_c t + \Delta\omega t)$

$y(t) = \frac{1}{2}f(t) \cos(\Delta\omega t)$ (5 分)

2、已知基带信号 $f(t) = 2 \sin 20\pi t$ V，载波 $c(t) = \cos 2000\pi t$ ， $A_0 = 2$ ，分别写出 AM、DSB、USB 信号的时间表达式。

解： $s_{AM}(t) = [A_0 + f(t)]c(t) = (2 + 2 \sin 20\pi t) \cos(2000\pi t)$ (3 分)

$s_{DSB}(t) = f(t)c(t) = 2 \sin 20\pi t \cos(2000\pi t)$ (3 分)

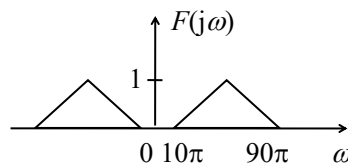
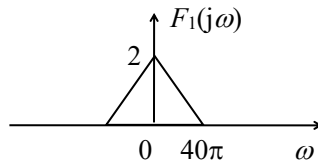
$s_{USB}(t) = \frac{1}{2}f(t)(2000\pi t) - \frac{1}{2}\hat{f}(t)\sin(2000\pi t)$ (4 分)

$$= \sin 20\pi t \cos(2000\pi t) + \cos 20\pi t \sin(2000\pi t)$$

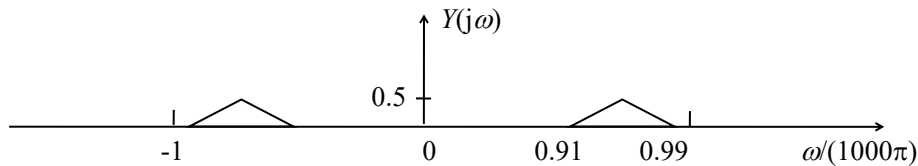
$$= \sin(2020\pi t)$$

3、已知基带信号 $f(t) = 40\text{Sa}^2 20\pi t \cos 50\pi t$ ，载波频率 0.5 kHz，对其采用滤波法进行 LSB 调制，分析画出输出基带信号及 LSB 信号的频谱。

解：



(5 分)



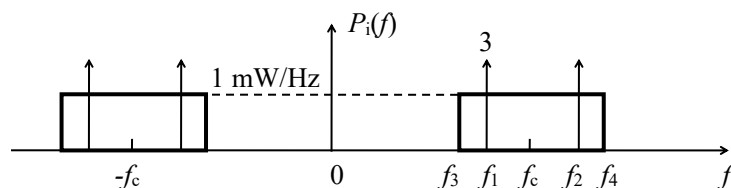
(5 分)

纵横轴无标注扣 2 分，高度错误扣 2 分。

4、已知基带信号为 100 Hz 正弦信号，载波频率为 1 kHz。DSB 相干接收机输入端带通滤波器的带宽为 300 Hz，带通滤波器输出信号的功率谱如图所示。

(1) 求图中的 $f_1 \sim f_4$ 和 f_c ；

(2) 求解调器的输入和输出信噪比。



解：(1) $f_1 = 0.9 \text{ kHz}$, $f_2 = 1.1 \text{ kHz}$, $f_3 = 0.85 \text{ kHz}$, $f_4 = 1.15 \text{ kHz}$, $f_c = 1 \text{ kHz}$

(每项错误扣 1 分, 共 4 分)

(2) 输入信噪比 $\frac{S_i}{N_i} = \frac{3 \times 4}{1 \times 10^{-3} \times 600} = 20$, (3 分)

输出信噪比 $\frac{S_o}{N_o} = 2 \frac{S_i}{N_i} = 40$ (3 分)

三、综合分析计算题 (每小题 20 分, 共 40 分)

1、已知某单频调制的调频波调频指数为 5, 基带信号频率为 5 kHz, 信道噪声单边功率谱密度为 $10 \mu\text{W/Hz}$, 发送端发射功率为 3 kW, 信道衰减 20 dB。求:

- (1) 输出 FM 信号的带宽 B ; (4 分)
- (2) 输出信噪比多少 dB? (6 分)
- (3) 若将调频指数增大到 9, 其他参数保持不变, 重新计算上述结果; (8 分)
- (4) 根据计算结果, 总结调频指数对传输有效性和可靠性的影响。 (2 分)

解：(1) $B = 2(1 + \beta_{\text{FM}})f_m = 2 \times (1 + 5) \times 5 = 60 \text{ kHz}$

(2) $G = 3\beta_{\text{FM}}^2 (\beta_{\text{FM}} + 1) = 3 \times 5^2 \times (5 + 1) = 450$

$$\frac{S_i}{N_i} = \frac{3 \times 10^3 / 10^{20/10}}{(10 \times 10^{-6}) \times 60 \times 10^3} = 50$$

则 $\frac{S_o}{N_o} = G \frac{S_i}{N_i} = 22500 \approx 43.52 \text{ dB}$

(3) 当调频指数增大为 8 时,

$$B = 2(1 + \beta_{\text{FM}})f_m = 2 \times (1 + 9) \times 5 = 100 \text{ kHz}$$

$$G = 3\beta_{\text{FM}}^2 (\beta_{\text{FM}} + 1) = 3 \times 9^2 \times (9 + 1) = 2430$$

$$\frac{S_i}{N_i} = \frac{3 \times 10^3 / 10^{20/10}}{(10 \times 10^{-6}) \times 100 \times 10^3} = 30$$

则 $\frac{S_o}{N_o} = G \frac{S_i}{N_i} = 72900 \approx 48.63 \text{ dB}$

- (4) 增大调频指数, 传输带宽增大, 有效性降低;
增大传输带宽, 信噪比增益和输出信噪比增大, 可靠性提高。

2、已知基带信号带宽为 10 kHz，信道双边噪声功率谱密度 0.1 mW/Hz，接收端接收到已调信号的功率为 1 kW。

- (1) 求 DSB 调制传输时的输出信噪比。 (6 分)
- (2) 求 SSB 调制传输时的输出信噪比。 (6 分)
- (3) 如果采用 FM 传输，要求输出信噪比达到 45 dB，确定所需的调频指数。(6 分)
- (4) 根据上述结果，比较 DSB、SSB 和 FM 传输的可靠性。(2 分)

解：(1) $\frac{S_i}{N_i} = \frac{1 \times 10^3}{(2 \times 0.1 \times 10^{-3}) \times (2 \times 10 \times 10^3)} = 250$

则 $\frac{S_o}{N_o} = 2 \frac{S_i}{N_i} = 500 \approx 27 \text{ dB}$

(2) $\frac{S_i}{N_i} = \frac{1 \times 10^3}{(2 \times 0.1 \times 10^{-3}) \times (10 \times 10^3)} = 500$

则 $\frac{S_o}{N_o} = \frac{S_i}{N_i} = 500$

(3) $\frac{S_i}{N_i} = \frac{1 \times 10^3}{(2 \times 0.1 \times 10^{-3}) \times [2 \times (1 + \beta_{FM}) \times 10 \times 10^3]} = \frac{250}{1 + \beta_{FM}}$

要求 $\frac{S_o}{N_o} = G \frac{S_i}{N_i} = 3\beta_{FM}^2 (1 + \beta_{FM}) \frac{250}{1 + \beta_{FM}} = 750\beta_{FM}^2 > 10^{45/10}$

由此解得 $\beta_{FM} \geq 6.49$

- (4) 在接收条件相同时，采用 SSB 和 DSB 传输时的输出信噪比相同，说明两种方式传输的抗噪声性能相同。

采用 FM 传输，可以极大提高输出信噪比和传输的可靠性。