第 8 章习题解答

【8-1】一已调波 $\upsilon(t)=V_M\cos(\omega_C+A\omega_1 t)t$,试求,它的 $\Delta\varphi(t)$, $\Delta\omega(t)$ 的表示式。如果它是调频波或调相波，试问，它们相应的调制电压各为什么？

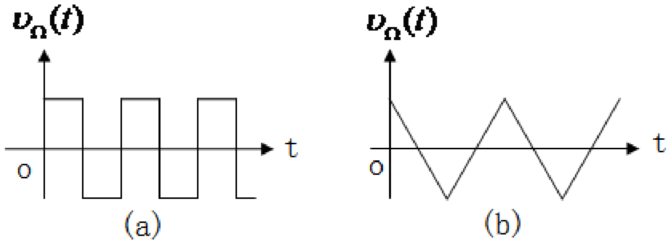
解： $\Delta\varphi(t)=A\omega_1 t$

$\Delta\omega(t)=A\omega_1$

如果是调频波，则调制电压为一直流电压：$\upsilon_\Omega(t)=A\omega_1$

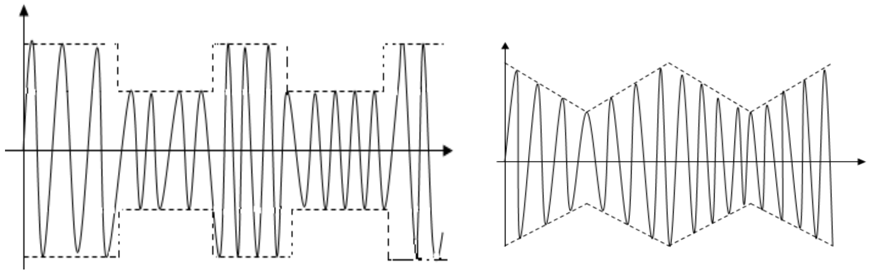
如果是调相波，则调制电压为一斜升电压：$\upsilon_\Omega(t)=A\omega_1 t$

【8-2】已知载波信号 $\upsilon_C(t)=V_{CM}\cos\omega_C t$,调制信号为周期性方波和三角波，分别如题图 8-2(a)和(b)所示。试画出下列波形：（1）调幅波，调频波；（2）调频波和调相波的瞬时角频率偏移 $\Delta\omega(t)$，瞬时相位偏移 $\Delta\varphi(t)$。（作图时请注意坐标对齐）。

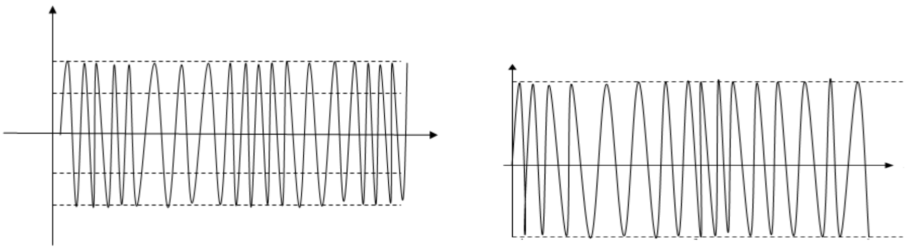


题图 8-2

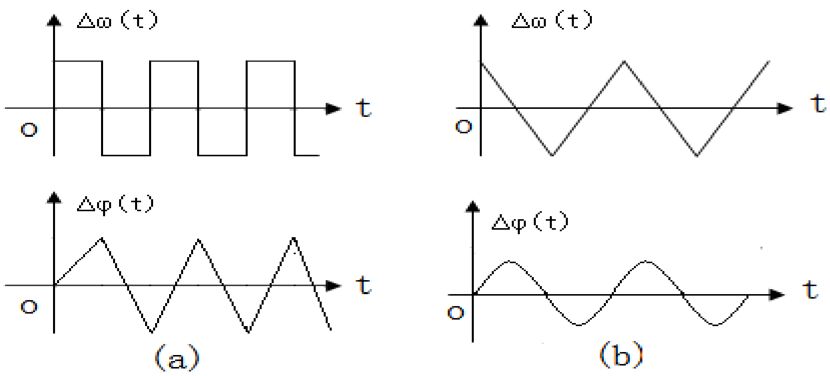
解：（1）调幅波分别为：



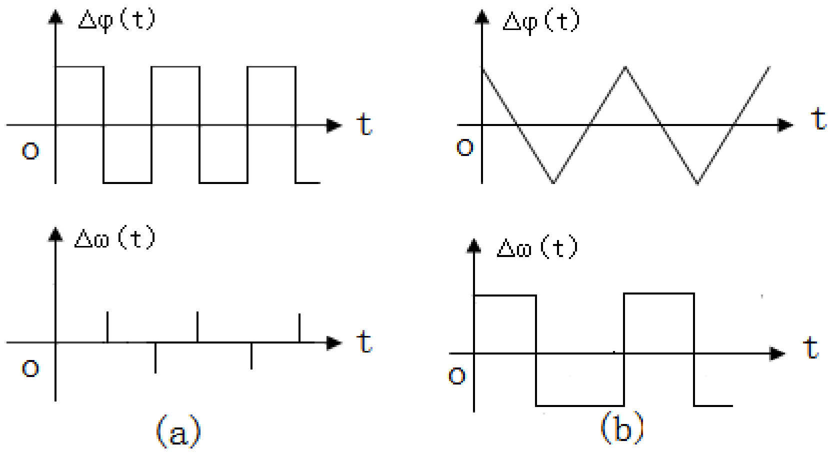
调频波分别为：



（2）调频波的瞬时角频率偏移和瞬时相位偏移



调相波的瞬时角频率偏移和瞬时相位偏移：



【8-3】已知 $\upsilon(t)=500\cos(2\pi\times10^8t+20\sin2\pi\times10^3t)$(mV),试根据要求求解：

(1)、若为调频波，试求载波频率 f_C，调制频率 F，调频指数 M_f，最大频偏 Δf_m，有效频谱宽度 B 和平均功率 Pav（设负载电阻 $R_L=50\Omega$）

(2)、若为调相波，试求调相指数 M_P，调制信号 $\upsilon_\Omega(t)$(设调相灵敏度 $K_P=5$rad/V)，最大频偏 Δf_m。

解：(1)若为调频波，载波频率 $f_C=10^8$ Hz＝100MHz，调制频率 $F=10^3$Hz

调频指数 $M_f=20$，最大频偏 $\Delta f_m=20\times10^3$，有效频谱宽度 $B=2M_fF=40$KHz

平均功率 $Pav=0.5\times0.5^2/50=0.025$W

(2)若为调相波，调相指数 $M_P=20$,

调制信号 $\upsilon_\Omega(t)=4\sin2\pi\times10^3t$

最大频偏 $\Delta f_m=20\times10^3$

【8-4】已知载波信号 $\upsilon_C(t)=V_{CM}\cos\omega_Ct=5\cos(2\pi\times50\times10^6t)$ (V)，调制信号 $\upsilon_\Omega(t)=1.5\cos(2\pi\times2\times10^3t)$ (V)，试根据要求求解：

(1)、若为调频波，且单位电压产生的频偏为 4KHz，试写出 ω(t)、φ(t)和调频波 υ(t)表示式。

(2)、若为调相波，且单位电压产生的相移为 3rad,试写出 ω(t)、φ(t)和调相波 υ(t)表示式。

(3)、计算上述两种调角波的有效频带宽度 B，若调制信号频率 F 改为 4KHz,则相应有效频谱宽度 BW 有什么变化？若调制信号的频率不变，而振幅 $V_{\Omega m}$ 改为 3V，则相应的有效频谱宽度又为什么变化？

解：1、若为调频波

$\omega(t)=\omega_C+k_f\upsilon_\Omega(t)=2\pi\times50\times10^6+2\pi\times4000\times1.5\cos(2\pi\times2\times10^3t)$

$\phi(t)=2\pi\times50\times10^6t+3\sin(2\pi\times2\times10^3t)$

$\upsilon(t)=5\cos[2\pi\times50\times10^6t+3\sin(2\pi\times2\times10^3t)]$

2、若为调相波

$\omega(t)=2\pi\times50\times10^6-2\pi\times9\times10^3\sin(2\pi\times2\times10^3t)$

$\phi(t)=2\pi\times50\times10^6t+4.5\cos(2\pi\times2\times10^3t)$

$\upsilon(t)=5\cos[2\pi\times50\times10^6t+4.5\cos(2\pi\times2\times10^3t)]$

3、对于上述的调频波，其 $M_f=3$，调制信号的频率为 2K；故调频波的带宽为：

$$B=2(M_f+1)F=2\times(3+1)\times2K=16KHz$$

对于调相波，其 M_p=4.5，调制信号的频率为 2K；故调相波的带宽为：

$$B = 2(M_P + 1)F = 2\times(4.5+1)\times 2K = 22KHz$$

若调制信号改为 4Khz 时，调频波的 M_f=1.5，调相波的调相指数还为：M_p=4.5

调频波的带宽为：$B = 2(M_f + 1)F = 2\times(1.5+1)\times 4K = 10KHz$

调相波的带宽为：$B = 2(M_P + 1)F = 2\times(4.5+1)\times 4K = 44KHz$

若调制信号幅度改为 3 时，调制频率不变，则调频波的 M_f=6，调相波的调相指数变为：M_p=9

调频波的带宽为：$B = 2(M_f + 1)F = 2\times(6+1)\times 2K = 28KHz$

调相波的带宽为：$B = 2(M_P + 1)F = 2\times(9+1)\times 2K = 40KHz$

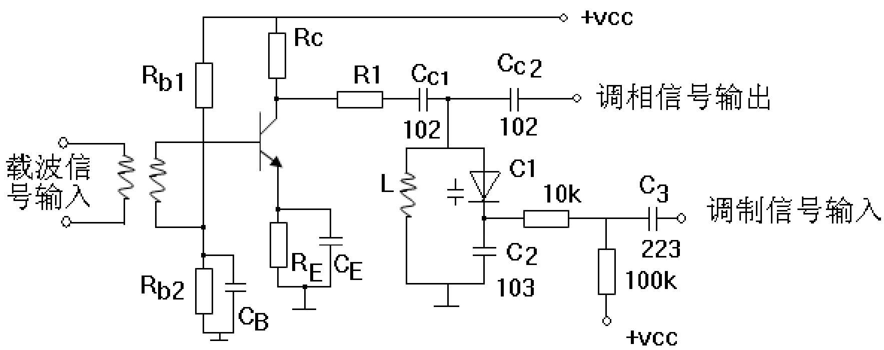
可见调频波，调制指数与其幅度成正比，与其频率成反比，其带宽相对于频率来说不变，称为恒定带宽调制、调相波，调制指数与其幅度成正比，与其频率无关，其带宽相对于调制信号的频率来说不变，调制信号的频率增大带宽增大，调制信号的幅度增大带宽也增大。

【8-12】题图 8-12 所示是单回路变容管调相电路。图中，C_2 C_3 为高频旁路电容；$\upsilon_\Omega = V_{\Omega M}\cos\Omega t$ (V)；变容管的参数为 γ=2, 内建电势差 V_B=1V，Vcc=9V；回路等效品质因数 Q=20。试求下列情况时的调相指数 M_P 和最大频偏 Δf_m。

(1)、$V_{\Omega M}$=0.1V, $\Omega=2\pi\times10^3$rad/S；

(2)、$V_{\Omega M}$=0.1V, $\Omega=4\pi\times10^3$rad/S ；

(3)、$V_{\Omega M}$=0.05V, $\Omega=2\pi\times10^3$rad/S 。



题图 8-12

解：1、$C_j = \dfrac{C_{jQ}}{\left(1+\dfrac{V_{\Omega m}\cos\Omega t}{V_B+V_Q}\right)^\gamma} = \dfrac{C_{jQ}}{\left(1+\dfrac{V_{\Omega m}}{1+9}\cos\Omega t\right)^\gamma} = \dfrac{C_{jQ}}{\left(1+0.1V_{\Omega m}\cos\Omega t\right)^2}$

若调制信号为 0，则谐振回路的谐振角频率等于输入激励电流的角频率，即：$\omega_0 = \omega_C = \dfrac{1}{\sqrt{LC_{jQ}}}$ ，加上调制信号后，回路的角频率随着调制信号变化，其值为：

$$\omega_o(v_\Omega) = \frac{1}{\sqrt{LC_j}} = \omega_C(1+0.1V_{\Omega m}\cos\Omega t)$$

$$\Delta\phi(\omega) = -\arctan[Q\frac{2(\omega-\omega_C)}{\omega_C}] \approx Q\frac{2(\omega-\omega_C)}{\omega_C}$$
$$= 0.1V_{\Omega m}Q\cos\Omega t$$

$$\Delta\omega = \frac{\Delta d\phi}{dt} \approx -0.1V_{\Omega m}Q\Omega\sin\Omega t$$
$$\Delta\omega_m = 0.1V_{\Omega m}Q\Omega$$

故：$m_p = \Delta\phi_m = 0.1V_{\Omega m}Q = 0.1\times0.1\times20 = 4$

$$\Delta\omega_m = 0.1V_{\Omega m}Q\Omega = 0.1\times0.1\times20\times2\pi\times10^3 = 8\pi\times10^3$$
$$\Delta f_m = 8\pi\times10^3/2\pi = 4\times10^3 Hz = 4kHz$$

2、同理可得：

$$m_p = \Delta\phi_m = 0.1V_{\Omega m}Q = 0.1\times0.1\times20 = 4$$

$$\Delta\omega_m = 0.1V_{\Omega m}Q\Omega = 0.1\times0.1\times20\times4\pi\times10^3 = 1.6\pi\times10^4$$
$$\Delta f_m = 1.6\pi\times10^4/2\pi = 8000Hz = 8kHz$$

3、同理可得：

$$m_p = \Delta\phi_m = 0.1V_{\Omega m}Q = 0.1\times0.05\times20 = 2$$

$$\Delta\omega_m = 0.1V_{\Omega m}Q\Omega = 0.1\times0.05\times20\times2\pi\times10^3 = 2\pi\times10^3$$
$$\Delta f_m = 2\pi\times10^3/2\pi = 1kHz$$