Aluno: Giovani Hiroshi Sato

1. O índice de modulação em FM é dado por:

$$\beta_f = \frac{\Delta F}{B}$$

ΔF é o desvio padrão
B é a largura de banda

E o índice de modulação em PM é obtido por:

$$\beta_p = \Delta\Theta$$

2. caso $\beta > 1$, é banda larga.
caso $\beta < 0,2$, é banda estreita.

3. Pela regra de Carson, a largura de banda em modulação angular é dada por:

$$BW \approx 2(\beta + 1) f_m$$

A largura de banda é maior em relação à modulação AM.

4.

$$\Theta(t) = D_f \int_{-\infty}^{t} m(t)\, dt$$

$$= D_f \int_{-\infty}^{t} A_m \cdot \cos(w_m t)\, dt$$

$$= \frac{D_f \cdot A_m}{w_m} \cdot \operatorname{sen}(w_m t) = \beta \operatorname{sen}(w_m t)$$

$$g(t) = A_c \cdot \exp[j\Theta(t)]$$

$$= A_c \cdot \exp[j\beta \operatorname{sen}(w_m t)]$$

Como $g(t)$ é uma função periódica, pode ser representada por uma série de Fourier. Logo:

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \exp(jn\omega_m t)$$

onde

$$C_n = \frac{1}{T_m}\int_{-T_m/2}^{T_m/2} g(t)\exp(-jn\omega_m t)\,dt = A_c \cdot J_n(\beta)$$

Tomando a transformada de Fourier

$$G(f) = A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta)\,\delta(f - nf_m)$$

Como

$$S(f) = \frac{1}{2}\left[G(f-f_c) + G(-f-f_c)\right]$$

temos que

$$S(f) = \frac{1}{2}\left[A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta)\,\delta(f-f_c-f_m) + A_c\sum_{n=-\infty}^{\infty} J(\beta)\,\delta(-f-f_c-f_m)\right]$$

5. a) $s(t) = \mathrm{Re}\left[g(t)\,e^{j\omega_c t}\right]$

sendo

$$g(t) = \cancel{A_c[\ \ ]} = A_c\, e^{j\theta(t)}$$

Pela aproximação de Taylor, temos:

$$g(t) = A_c\cdot[1 + j\theta(t)]$$

Portanto,

$$s(t) = \mathrm{Re}\left[g(t)\,e^{j\omega_c t}\right]$$
$$= \mathrm{Re}\left[A_c(1 + j\theta(t))e^{j\omega_c t}\right]$$
$$= A_c \cdot \mathrm{Re}\left[(1 + j\theta(t))(\cos(\omega_c t) + j\,\mathrm{sen}(\omega_c t))\right]$$

$= A_c [\cos(w_c t) - \theta(t) \,\text{sen}(w_c t)]$

$=. A_c [\cos(w_c t) - D_p\, m(t) \,\text{sen}(w_c t)]$ //

Sabendo que

$$g(t) = A_c[1 + j\theta(t)] \iff G(f) = A_c[\delta(f) + j\theta(f)]$$

Temos que

$$S(f) = \frac{A_c}{2}\left[\delta(f-f_c) + \delta(f+f_c) + j[\theta(f-f_c) - \theta(f+f_c)]\right]$$

b)

c)

6. a)

$$\theta_{max}(t) = D_f \int_0^{T_m/2} m(v)\, dv$$

$$\frac{4\pi}{180} = D_f \int_0^{T_m/2} 2\,dv = D_f \cdot 2 \cdot \frac{T_m}{2}$$

$$\frac{4\pi}{180} = D_f \cdot \cancel{T_m}^{5.10^{-3}}$$

$$D_f = \frac{4\pi}{180} \cdot 0{,}2 \cdot 10^{3} = 13{,}96$$

Sendo ΔF dado por

$$\Delta F = \frac{D_f \cdot V_p}{2\pi} = \frac{13{,}96 \cdot 2}{2\pi} = 4{,}4436$$ //

b)

$$g(t) = A_c \cdot e^{j\theta(t)} = A_c[1 + \theta(t)] \Leftrightarrow G(f) = A_c[\delta(f) + j\Theta(f)]$$

onde

$$\theta(t) = \frac{\pi}{18} \Delta(100t) \Leftrightarrow \Theta(f) = \frac{\pi}{1800} \operatorname{sinc}^2\left(\frac{f}{100}\right)$$

Assim, o espectro do sinal modulado é dado por:

$$S(f) = \frac{1}{2}\left[G(f-f_c) + G^*(f+f_c)\right]$$

$$= \frac{A_c}{2}\left[\delta(f-f_c) + \delta(f+f_c) + \frac{D_f}{2\pi}\left[M(f-f_c) - M(f+f_c)\right]\right]$$

onde

$$\cancel{m(t)} = M(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \delta(f - n f_m)$$

$$C_n = \frac{1}{T_m}\int_0^{T_m} m(t) \cdot e^{-jn\omega_m t} dt$$

$$= \frac{1}{T_m}\left[\int_0^{T_m/2} 2e^{-jn\omega_m t} dt + \int_{T_m/2}^{T_m} -2e^{-jn\omega_m t} dt\right]$$

$$= 2(-j)^n \cdot \frac{\operatorname{sen}(n\pi/2)}{n \cdot \frac{\pi}{2}}$$

$\therefore$

$$S(f) = \frac{A_c}{2}\left\{\delta(f+f_c) + \frac{D_f}{2\pi}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{C_n}{n f_m}\left[\delta(f-f_c-n f_m) - \delta(f+f_c-n f_m)\right]\right\}$$

c) Se $\beta > 1$, o modulador é banda larga

Se $\beta < 0{,}2$, é banda estreita