

LA POTENZA COMPLESSIVA DI UN SEGNALE MODULATO IN AMPIEZZA
CON INDICE DI MODULAZIONE DEL 100% È 30 W -

DETERMINARE LA POTENZA COMPLESSIVA CON MODULAZIONE AL 50%

LA POTENZA COMPLESSIVA DI UN SEGNALE MODULATO IN AMPIEZZA
CON INDICE DI MODULAZIONE m È

$$P_T = P_0 \left(1 + \frac{1}{2} m^2 \right)$$

$$\text{CON } m = 1 \quad P_T = P_0 \cdot \frac{3}{2} \quad \rightarrow \quad P_0 = \frac{2}{3} P_T = 20 \text{ W}$$

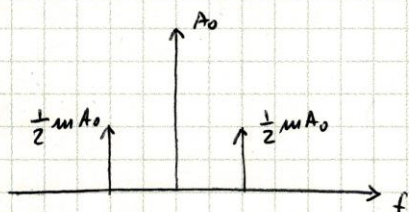
$$\text{CON } m = 0,5 \quad P_T = P_0 \left(1 + \frac{1}{2} 0,5^2 \right) = 22,5 \text{ W}$$

UN TRASMETTITORE AM HA UN'USCITA DI 36 KW QUANDO È MODULATO AL 100% ...
DETERMINARE L'USCITA IN POTENZA:

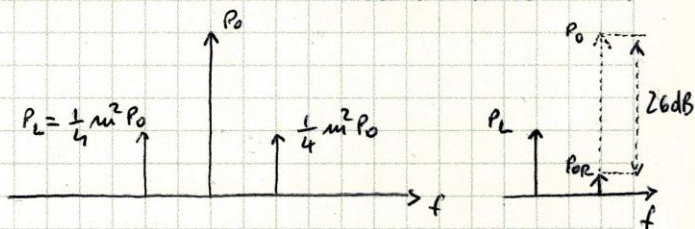
1a) QUANDO LA PORTANTE NON È MODULATA

1b) QUANDO, DOPO LA MODULAZIONE AL 60%, UNA BANDA LATERALE VIENE
SUPPRESSA E LA PORTANTE È RIDOTTA DI 26 dB

SPETTRO DELLE AMPIEZZE



SPETTRO DELLE POTENZE (PROPORZIONALE AL QUADRATO
DELLE AMPIEZZE)



$$P_T = P_0 + 2 \frac{1}{4} m^2 P_0 = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) P_0$$

P_T potenza totale
 P_0 potenza della portante

a) MODULAZIONE AL 100% ($m=1$)

$$P_T = \left(1 + \frac{1}{2}\right) P_0 \rightarrow P_0 = \frac{36 \text{ kW}}{1,5} = 24 \text{ kW}$$

b) MODULAZIONE AL 60% ($m=0,6$)

$$P_L = \frac{1}{4} m^2 P_0 = \frac{1}{4} \cdot 0,36 \cdot 24 \text{ kW} = 2160 \text{ W} \quad P_L \text{ potenza in una banda laterale}$$

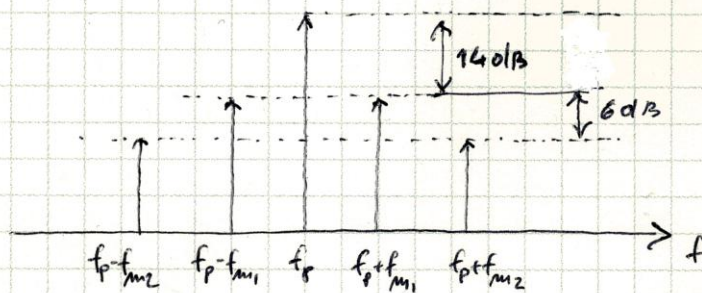
$$10 \lg_{10} \frac{P_0}{P_{0R}} = 26$$

P_{0R} potenza della portante ridotta

$$P_0 / P_{0R} = 400 \rightarrow P_{0R} = \frac{2400}{400} = 60 \text{ W}$$

$$P_T = P_L + P_{0R} = 2160 \text{ W} + 60 \text{ W} = 2220 \text{ W} \quad \text{potenza totale in uscita}$$

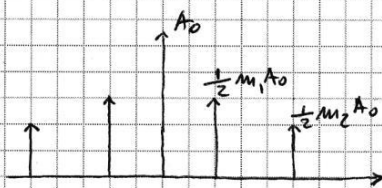
IN FIG. È RAPPRESENTATO LO SPETTRO DELLE AMPIEZZE DI UN SEGNALE "COMPOSITO" MODULATO IN AMPIEZZA AM DSB-TC



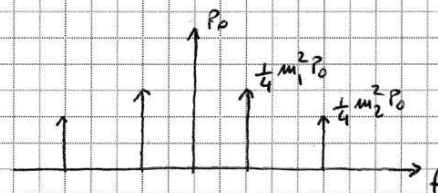
1a) DETERMINARE L'INDICE DI MODULAZIONE RELATIVO ALE VARIE COMPONENTI DEL SEGNALE MODULANTE

1b) IPOTIZZANDO UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 220 W, A QUANTO AMMONTA LA POTENZA DI UNA BANDA LATERALE?

1) SPETTRO DELLE AMPIEZZE



SPETTRO DELLE POTENZE (PROPORZIONALE AL QUADRATO DELLE AMPIEZZE)



1a)

$$20 \lg_{10} \left(\frac{A_0}{\frac{1}{2} m_1 A_0} \right) = 14 \text{ dB} \rightarrow \frac{A_0}{\frac{1}{2} m_1 A_0} = 5 \rightarrow \frac{2}{m_1} = 5 \rightarrow m_1 = 0,4 \text{ (40\%)} (*)$$

Analogamente

$$20 \lg_{10} \left(\frac{A_0}{\frac{1}{2} m_2 A_0} \right) = 20 \text{ dB} \rightarrow \frac{2}{m_2} = 10 \rightarrow m_2 = \frac{2}{10} \text{ (20\%)}$$

$$(\text{alternativi } \frac{m_1}{m_2} = 2 \rightarrow m_2 = \frac{1}{2} m_1)$$

(*) OPPURE

$$10 \lg_{10} \left(\frac{P_0}{\frac{1}{4} m_1^2 P_0} \right) = 14 \text{ dB} \rightarrow \frac{4}{m_1^2} = 25 \rightarrow m_1 = \sqrt{\frac{4}{25}} = \frac{2}{5}$$

$$1b) P_T = P_0 + 2 \left(\frac{1}{4} m_1^2 P_0 + \frac{1}{4} m_2^2 P_0 \right) = \left\{ 1 + \frac{1}{2} (m_1^2 + m_2^2) \right\} P_0 = \left\{ 1 + \frac{1}{2} (0,16 + 0,04) \right\} P_0 = 1,1 P_0$$

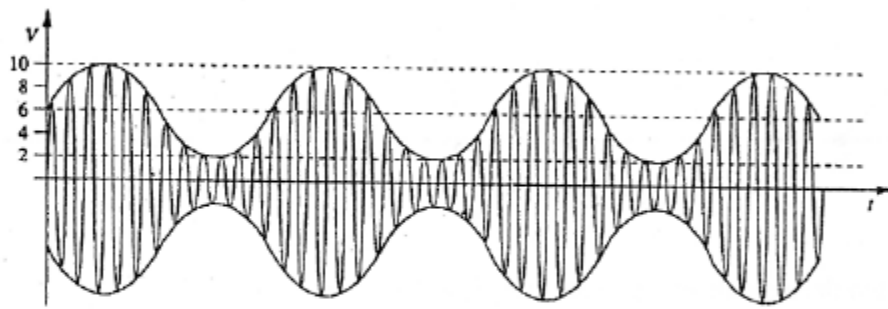
$$P_0 = \frac{P_T}{1,1} = \frac{220 \text{ W}}{1,1} = 200 \text{ W}$$

P_T potenza complessiva
 P_0 potenza della portante

$$P_L = (P_T - P_0) / 2 = 10 \text{ W}$$

P_L potenza di una banda laterale

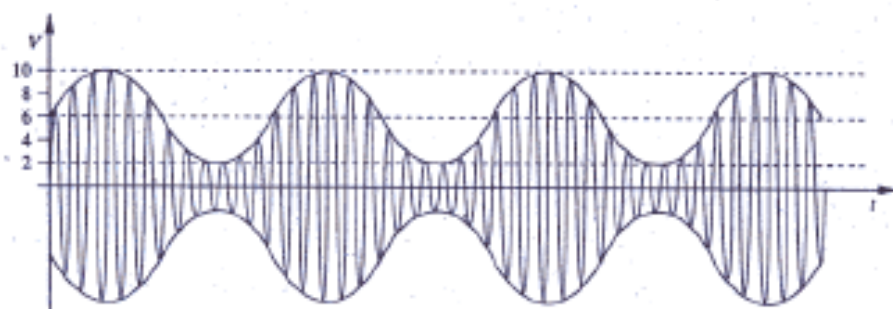
- a) Determinare l'indice di modulazione del segnale AM in figura e rappresentare lo spettro delle ampiezze



- b) Lo spettro delle ampiezze di un segnale AM evidenzia uno scarto di 20 dB tra la componente centrale e le componenti laterali. A quanto corrisponde l'indice di modulazione?
- c) Un trasmettitore radio irradia la potenza complessiva di 10 kW con percentuale di modulazione uguale a 60. A quanto ammonta la potenza irradiata dalla portante?

Relativamente al segnale in figura

- determinare l'indice di modulazione
- lo spettro di ampiezza del segnale AM
- la potenza utile (associata ad una banda laterale) di un segnale AM con indice di modulazione 0,8 irradiato con potenza complessiva di 100W



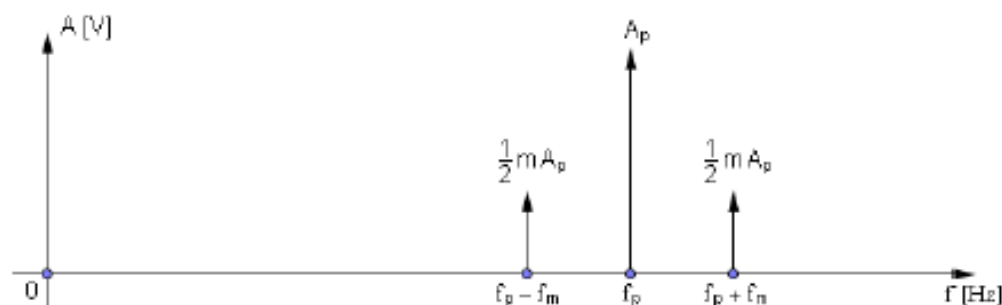
3a)

$$\begin{cases} V_{\min} = A_p(1-m) = 2 \\ V_{\max} = A_p(1+m) = 10 \end{cases} \quad \rightarrow \quad m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} = \frac{8}{12} = 67\%$$

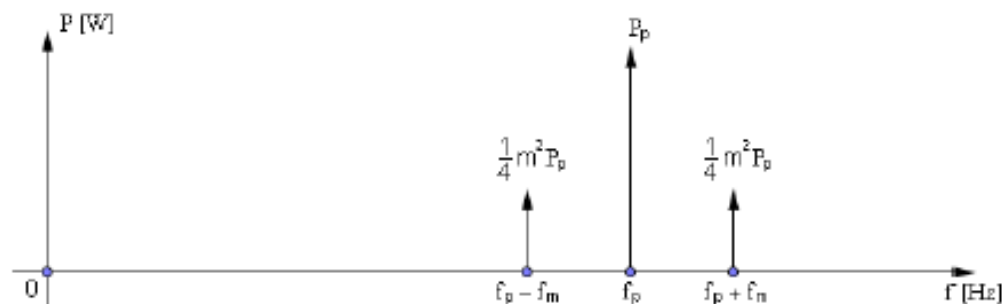
oppure

$$\begin{cases} A_p = 6 \\ A_p(1+m) = 10 \end{cases} \quad \rightarrow \quad 6m = 4 \quad \rightarrow \quad m = 67\%$$

3b) spettro delle ampiezze del segnale modulato



3c) lo spettro di potenza del segnale modulato è proporzionale al quadrato delle ampiezze



La potenza totale del segnale modulato è

$$P_r = (1 + \frac{1}{2}m^2)P_p$$

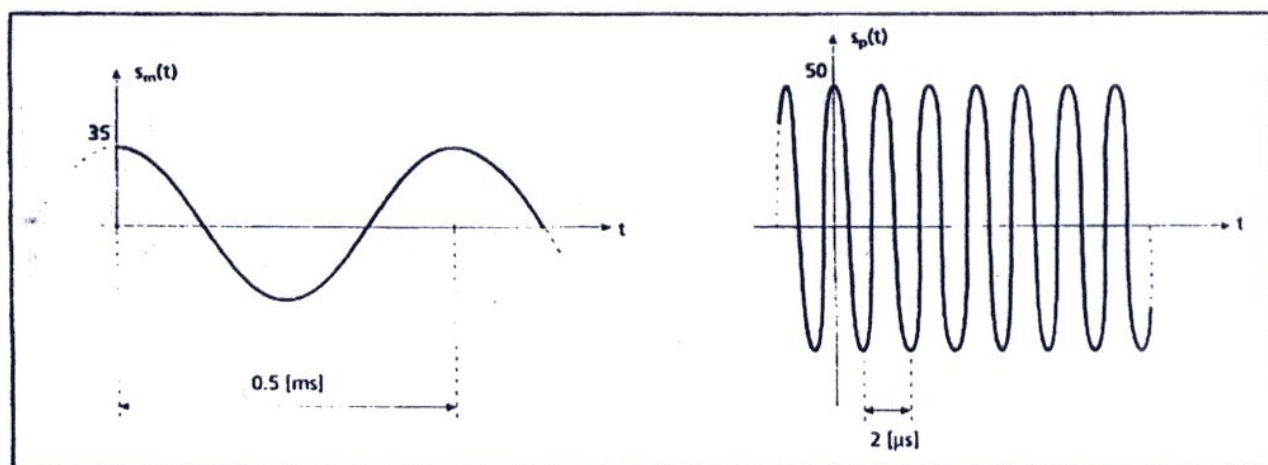
da cui si ricava la potenza della portante

$$P_p = \frac{P_r}{1 + \frac{1}{2}m^2} = \frac{100}{1 + \frac{1}{2}0,8^2} = 75,76 \text{ W}$$

La potenza associata a ciascuna componente laterale è

$$P_{LS} = P_{L'} = \frac{1}{4}m^2 P_p = \frac{1}{4}0,8^2 \cdot 75,76 = 12,12 \text{ W} \quad \text{oppure} \quad P_{LS} = P_{L'} = \frac{P_r - P_p}{2}$$

UN MODULATORE DI AMPIEZZA HA COME MODULANTE $s_m(t)$ E PORTANTE $s_p(t)$ I SEGNALE MOSTRATI IN FIGURA



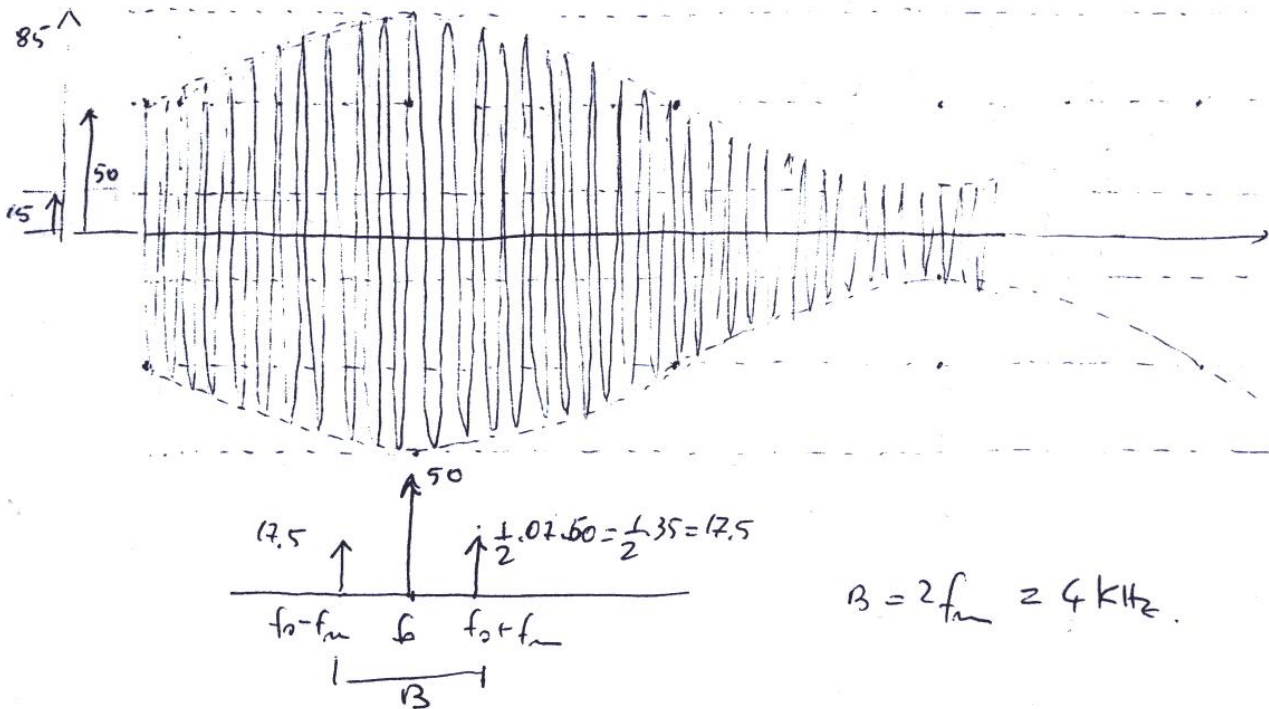
- A) ESPRIMERE MATEMATICAMENTE I SEGNALE $s_m(t)$ E $s_p(t)$ E DETERMINARE m SUPPONENDO $K_a = 1$
- B) DETERMINARE L'ESPRESSIONE MATEMATICA DEL SEGNALE MODULATO $s_{AM}(t)$ -
DISEGNARE L'ANDAMENTO DI $s_{AM}(t)$, IL SUO SPETTRO DI AMPIEZZA E LA SUA BANDA -
- C) SUPPONENDO PARI A 75 [Ω] LA RESISTENZA SU CUI SI DISSIPA LA POTENZA, CALCOLARE LA POTENZA ASSOCIATA ALLA RIGA PORTANTE E ALLE RIGHE LATERALI DELLO SPETTRO, LA POTENZA TOTALE E SI TRACCI LO SPETTRO DI POTENZA -

$$A) \quad T_m = 0,5 \text{ ms} \rightarrow f_m = 2 \text{ KHz} \quad \omega_m = \frac{2\pi}{T_m} = 12566 \text{ rad/sec}$$

$$T_b = 2 \mu\text{s} \rightarrow f_b = 500 \text{ KHz} \quad \omega_b = \frac{2\pi}{T_b} = 3141592 \text{ rad/sec}$$

$$s_m(t) = 35 \cos \omega_m t \quad s_p(t) = 50 \cos \omega_b t \quad m = \frac{kV_m}{\Delta_0} = \frac{35}{50} = 0,7$$

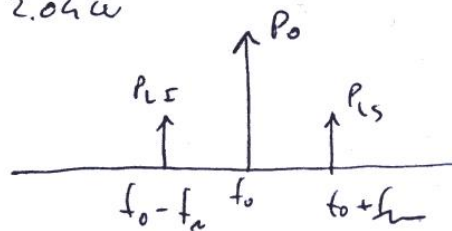
$$B) \quad s_{Am}(t) = 50 \left[1 + 0,7 \cos \omega_m t \right] \cos \omega_b t = \left[50 + 35 \cos \omega_m t \right] \cos \omega_b t$$



$$C) \quad P_0 = \frac{1}{2} \frac{A_0^2}{R} = \frac{1}{2} \cdot \frac{50^2}{75} = 16,67 \text{ W}$$

$$P_{LI} = P_{LS} = \frac{1}{2} \frac{\left(\frac{1}{2} m A_0\right)^2}{75} = \frac{1}{2} \cdot \frac{17,5^2}{75} = 2,04 \text{ W}$$

$$P_T = P_0 + P_{LI} + P_{LS} = 20,75 \text{ W}$$



Determinare

- l'indice di modulazione del segnale AM in fig. 1
- lo spettro di ampiezza del segnale AM in fig. 2
- l'effettiva potenza utile (associata ad una banda laterale) di un segnale AM con indice di modulazione 0,8, irradiato con potenza complessiva di 100W

fig.1

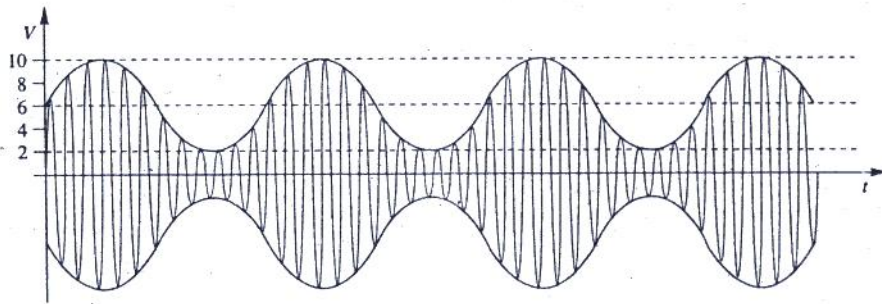
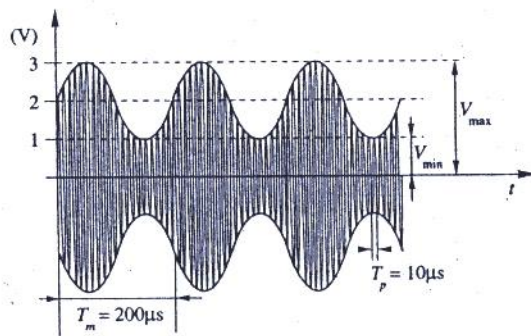


fig.2



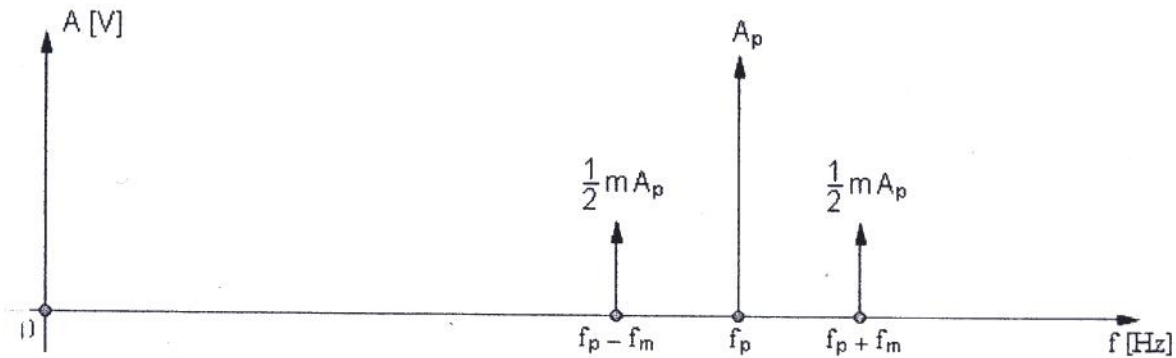
1a)

$$\begin{cases} V_{\min} = A_p(1-m) = 2 \\ V_{\max} = A_p(1+m) = 10 \end{cases} \rightarrow m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} = \frac{8}{12} = 67\%$$

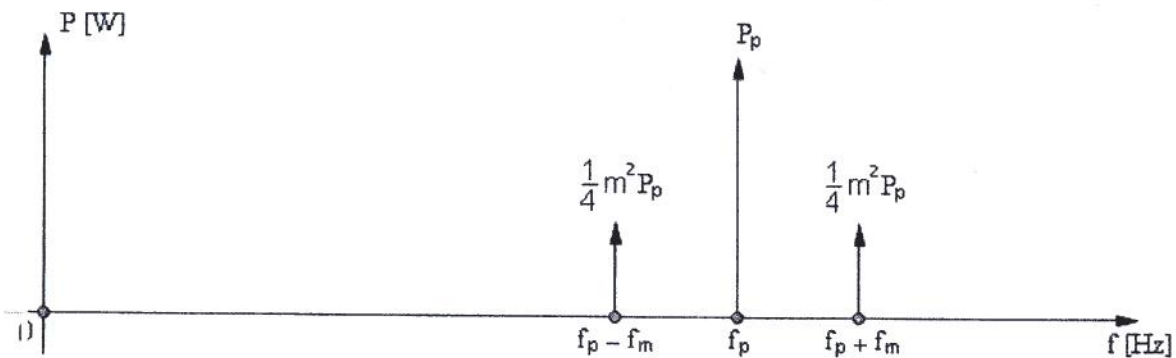
oppure

$$\begin{cases} A_p = 6 \\ A_p(1+m) = 10 \end{cases} \rightarrow 6m = 4 \rightarrow m = 67\%$$

1b) spettro delle ampiezze del segnale modulato



1c) lo spettro di potenza del segnale modulato è proporzionale al quadrato delle ampiezze



La potenza totale del segnale modulato è

$$P_T = \left(1 + \frac{1}{2}m^2\right)P_p$$

da cui si ricava la potenza della portante

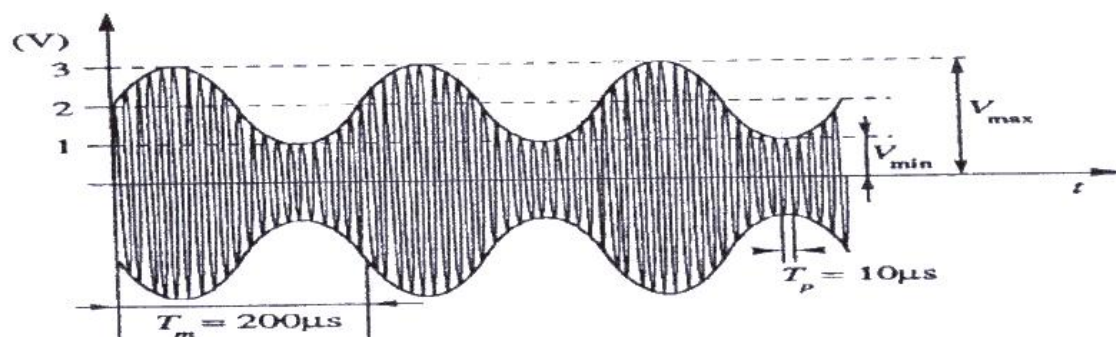
$$P_p = \frac{P_T}{1 + \frac{1}{2}m^2} = \frac{100}{1 + \frac{1}{2}0,8^2} = 75,76 \text{ W}$$

La potenza associata a ciascuna componente laterale è

$$P_{LS} = P_{Li} = \frac{1}{4}m^2 P_p = \frac{1}{4}0,8^2 \cdot 75,76 = 12,12 \text{ W} \quad \text{oppure} \quad P_{LS} = P_{Li} = \frac{P_T - P_p}{2}$$

Determinare

- a) l'indice di modulazione e lo spettro delle ampiezze del segnale AM in fig
- b) l'effettiva potenza utile (associata ad una banda laterale) di un segnale AM con indice di modulazione 0,4, irradiato con potenza complessiva di 200W



Schema di un modulatore SSB

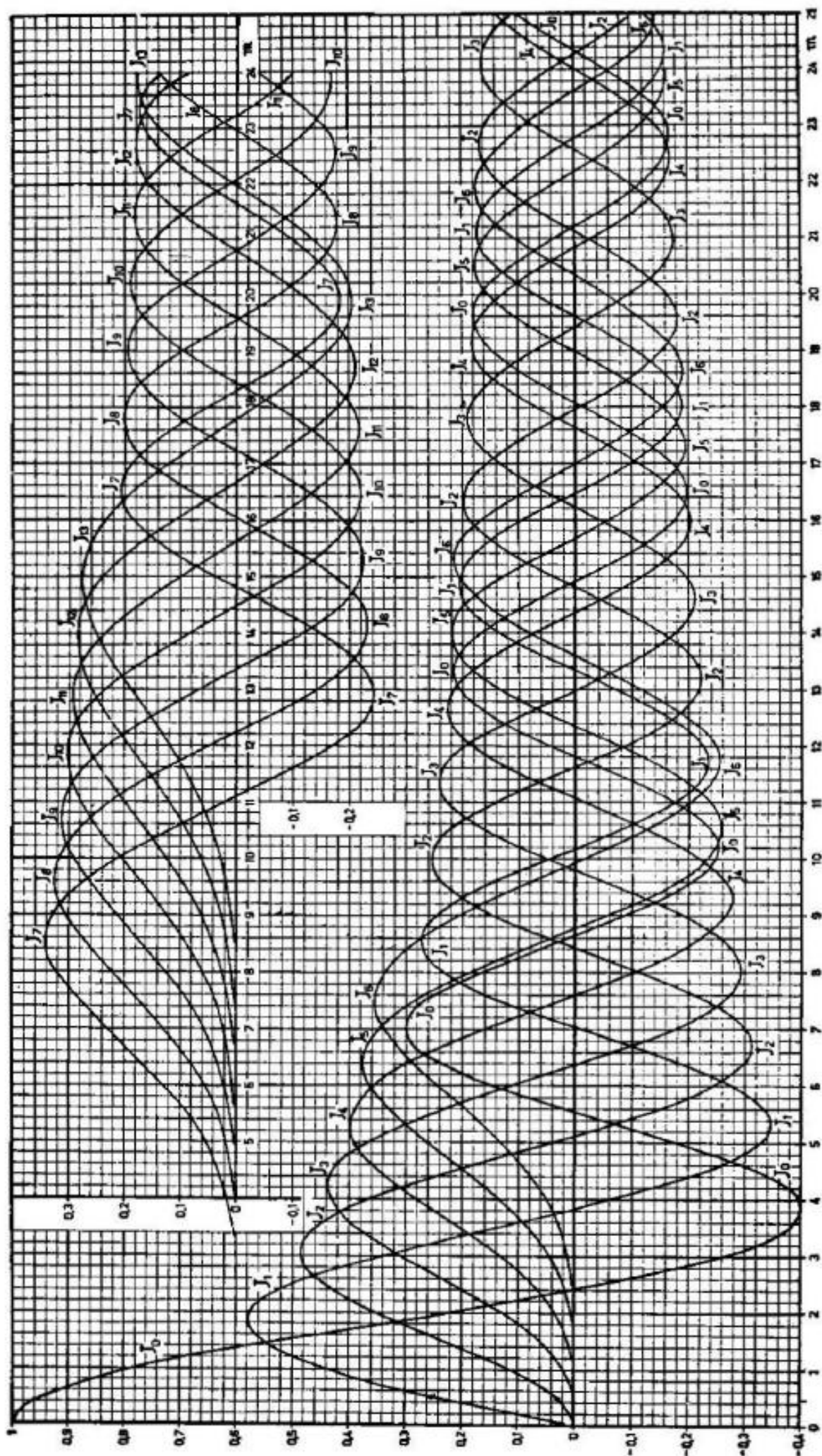
Demodulazione di un segnale AM DSB-SC (portante soppressa)

Un segnale a 10 kHz modula in frequenza una portante sinusoidale di ampiezza 10 V e frequenza 100 MHz.

- Determinare l'ampiezza delle componenti spettrali e rappresentare lo spettro del segnale modulato in frequenza nei due casi: 1) indice di modulazione $m_f = 0,5$ e 2) $m_f = 2,4$
- Determinare nei due casi la banda del segnale modulato e la potenza che il segnale FM eroga ad un carico di 10Ω
- La potenza associata alla componente a frequenza della portante nei due casi

m_f	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	m_i	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	
0.0	1.00											5.0	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	0.01		
0.2	0.99	0.10										5.2	-0.11	-0.34	-0.02	0.33	0.40	0.29	0.15	0.07	0.02	0.01		
0.4	0.96	0.20	0.02									5.4	-0.04	-0.35	-0.09	0.28	0.40	0.31	0.18	0.08	0.03	0.01		
0.6	0.91	0.29	0.04									5.6	0.03	-0.23	-0.15	0.23	0.39	0.33	0.20	0.09	0.04	0.01		
0.8	0.85	0.37	0.08	0.01								5.8	0.09	-0.31	-0.20	0.17	0.38	0.35	0.22	0.11	0.05	0.02	0.01	
1	0.77	0.44	0.11	0.02								6.0	0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	0.01	
1.2	0.67	0.50	0.16	0.03	0.01							6.2	0.20	-0.23	-0.28	0.05	0.33	0.37	0.27	0.15	0.07	0.03	0.01	
1.4	0.57	0.54	0.21	0.05	0.01							6.4	0.24	-0.18	-0.30	-0.01	0.29	0.37	0.29	0.17	0.08	0.03	0.01	
1.6	0.46	0.57	0.26	0.07	0.01							6.6	0.27	-0.12	-0.31	-0.06	0.25	0.37	0.31	0.19	0.10	0.04	0.01	
1.8	0.34	0.58	0.31	0.10	0.02							6.8	0.29	-0.07	-0.31	-0.12	0.21	0.36	0.33	0.21	0.11	0.05	0.02	
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	0.01						7.0	0.30	-0.00	-0.30	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02	
2.2	0.11	0.56	0.40	0.16	0.05	0.01						7.2	0.30	0.06	-0.28	-0.21	0.11	0.33	0.35	0.25	0.15	0.07	0.03	
2.4	0.00	0.52	0.43	0.20	0.06	0.02						7.4	0.28	0.11	-0.25	-0.24	0.05	0.30	0.35	0.27	0.16	0.08	0.04	
2.6	-0.10	0.47	0.46	0.24	0.08	0.02	0.01					7.6	0.25	0.16	-0.21	-0.27	-0.00	0.27	0.35	0.29	0.18	0.10	0.04	
2.8	-0.19	0.41	0.48	0.27	0.11	0.03	0.01					7.8	0.22	0.20	-0.16	-0.29	-0.06	0.23	0.35	0.31	0.20	0.11	0.05	
3.0	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01					8.0	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.11	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	
3.2	-0.32	0.26	0.48	0.34	0.15	0.06	0.02					8.2	0.12	0.26	-0.06	-0.29	-0.15	0.14	0.32	0.33	0.24	0.14	0.07	
3.4	-0.36	0.18	0.47	0.37	0.19	0.07	0.02	0.01				8.4	0.07	0.27	-0.00	-0.27	-0.19	0.09	0.30	0.34	0.26	0.16	0.08	
3.6	-0.39	0.10	0.44	0.40	0.22	0.09	0.03	0.01				8.6	0.01	0.27	0.05	-0.25	-0.22	0.04	0.27	0.34	0.28	0.18	0.10	
3.8	-0.40	0.01	0.41	0.42	0.25	0.11	0.04	0.01				8.8	-0.04	0.26	0.10	-0.22	-0.25	-0.01	0.24	0.34	0.29	0.20	0.11	
4.0	-0.40	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02				9.0	-0.09	0.25	0.14	-0.18	-0.27	-0.06	0.20	0.33	0.31	0.21	0.12	
4.2	-0.38	-0.14	0.31	0.43	0.31	0.16	0.06	0.02	0.01			9.2	-0.14	0.22	0.18	-0.14	-0.27	-0.10	0.16	0.31	0.31	0.23	0.14	
4.4	-0.34	-0.20	0.25	0.43	0.34	0.18	0.06	0.03	0.01			9.4	-0.18	0.18	0.22	-0.09	-0.27	-0.14	0.12	0.30	0.32	0.25	0.16	
4.6	-0.30	-0.26	0.18	0.42	0.36	0.21	0.09	0.03	0.01			9.6	-0.21	0.14	0.24	0.04	-0.26	-0.18	0.08	0.27	0.32	0.27	0.17	
4.8	-0.24	-0.30	0.12	0.40	0.38	0.23	0.11	0.04	0.01			9.8	-0.23	0.09	0.25	0.01	-0.25	-0.21	0.03	0.25	0.320	0.29	0.19	
												10.0	-0.25	0.04	0.25	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	,32	0.29	0.21	

Valori delle funzioni di Bessel



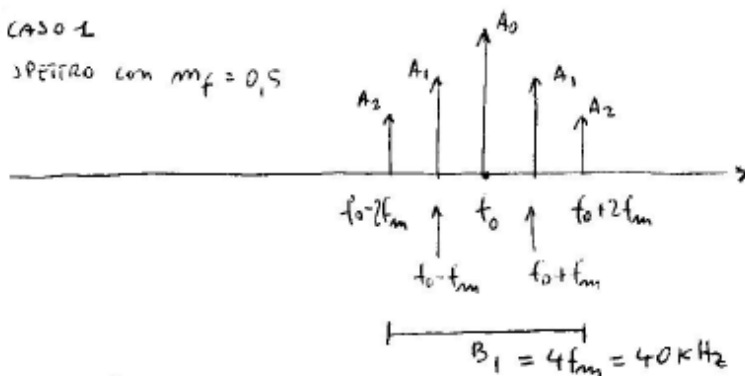
Funzioni di Bessel.

a)

$$A = 10 \text{ V} \quad f_0 = 100 \text{ kHz} \quad f_m = 10 \text{ kHz}$$

CASO 1

SPETTRO con $m_f = 0,5$



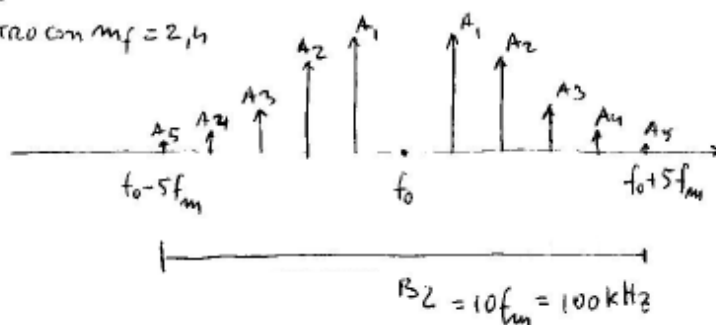
$$A_0 = J_0(0,5) \cdot A = 0,94 \cdot 10 = 9,4 \text{ V}$$

$$A_1 = J_1(0,5) \cdot A = 0,25 \cdot 10 = 2,5 \text{ V}$$

$$A_2 = J_2(0,5) \cdot A = 0,03 \cdot 10 = 0,3 \text{ V}$$

CASO 2

SPETTRO con $m_f = 2,4$



$$A_0 = J_0(2,4) \cdot A = 0 \cdot 10 = 0 \text{ V}$$

$$A_1 = J_1(2,4) \cdot A = 0,52 \cdot 10 = 5,2 \text{ V}$$

$$A_2 = J_2(2,4) \cdot A = 0,43 \cdot 10 = 4,3 \text{ V}$$

$$A_3 = J_3(2,4) \cdot A = 0,20 \cdot 10 = 2,0 \text{ V}$$

$$A_4 = J_4(2,4) \cdot A = 0,06 \cdot 10 = 0,6 \text{ V}$$

$$A_5 = J_5(2,4) \cdot A = 0,02 \cdot 10 = 0,2 \text{ V}$$

b) $B_1 = 40 \text{ kHz}$ $B_2 = 100 \text{ kHz}$

modulando in frequenza, l'ampiezza del segnale non cambia:

la potenza si distribuisce nelle componenti spettrali laterali, ma complessivamente rimane costante, con la stessa delle portanti in assenza di modulazione

$$P = \frac{1}{2} \frac{A^2}{R} = \frac{1}{2} \frac{10^2}{10} = 5 \text{ W}$$

con i valori approssimati

$$\text{CASO 1} \quad P = P_0 + 2P_1 + 2P_2 = \frac{1}{2} \frac{A_0^2}{R} + \frac{2A_1^2}{2R} + \frac{2A_2^2}{2R} = \frac{1}{20} (A_0^2 + 2A_1^2 + 2A_2^2) = 5,052 \text{ W}$$

$$\text{CASO 2} \quad P = P_0 + 2(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) = \frac{1}{2R} [A_0^2 + 2(A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2)] = 4,993 \text{ W}$$

c) CASO 1

$$P_0 = \frac{1}{2} \frac{A_0^2}{R} = \frac{1}{2} \frac{9,4^2}{10} = 4,418 \text{ W}$$

CASO 2

$$P_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{0^2}{10} = 0 \text{ W}$$

Il segnale modulato in frequenza FM è espresso matematicamente nel seguente modo

$$s(t) = 15 \cos[615,75 \cdot 10^6 t + 25 \sin(18,84 \cdot 10^3 t)]$$

Determinare:

- a) la frequenza della portante e della modulante
- b) la deviazione di frequenza e l'occupazione di banda
- c) la potenza che il segnale FM eroga ad un carico di 75Ω