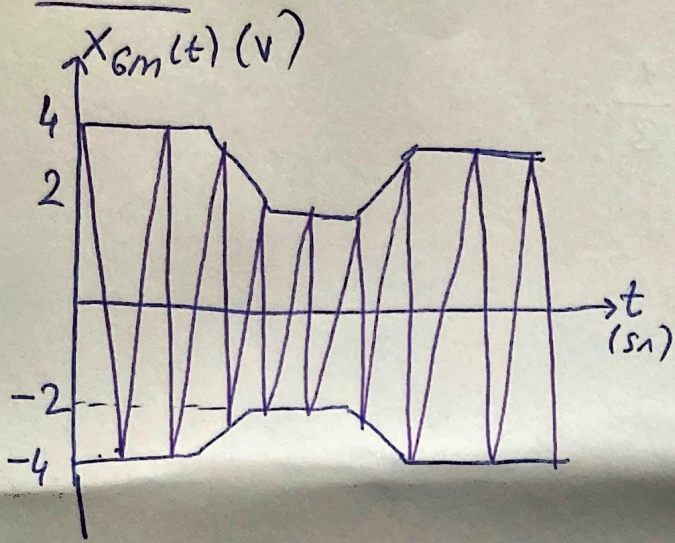


## SORU

①



Bilgi isaretinin  $[x(t)]$  maksimum genligi  $|x(t)|_{\max} = 1V$ , ortalama degeri  $\langle x(t) \rangle = 0$  ve ortalama gucu  $\langle x(t)^2 \rangle = 0.4$  watttir.

- Modulasyon indisini ( $m$ ) ve module edilmemis taşıyıcı  $x_c(t)$ 'nin genligini ( $A_c$ ) bulunuz. (5p)
- $x_m(t)$  ifadesini yazınız. (5p)
- $x(t)$ 'yi kabaca yazınız (çiziniz) (5p)
- Taşıyıcı ve yanbantlar tarafından iletilen güçleri hesaplayıp modülasyon verimini bulunuz.
- Demodülasyon işlemi zarf sezici ile yapıldığına göre demodulator giriş ve çıkışındaki SNR değerlerini ve demodulator gürültü faktörünü hesaplayınız.



②

$$a) m = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}} = \frac{4 - 2}{4 + 2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

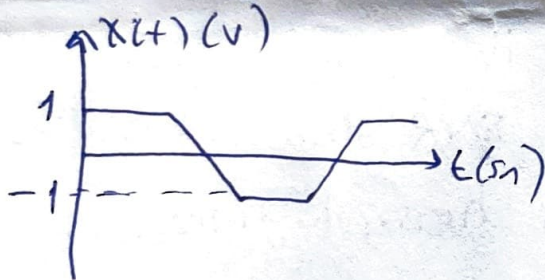
$$A_{max} = A_c (1 + m)$$

$$4 = A_c \left(1 + \frac{1}{3}\right)$$

$$3V = A_c$$

$$b) x_{6m}(t) = A_c [1 + m x(t)] \cos(2\pi f_c t) \\ = 3 \left[1 + \frac{1}{3} x(t)\right] \cos(2\pi f_c t)$$

c) mesaj sinyali  $x(t)$ 'nin maksimum gerilgi 1V'dur. Ortalama değeri de 0'dır. Ortalama değerin olmaması, dolayısıyla  $x(t)$ 'nin minimum gerilgi -1V olmalıdır.



$$d) P_T = P_C + P_{YB} \quad * \rightarrow P_{YB} = P_{AYB} + P_{UYB} \quad * \rightarrow P_{AYB} = P_{UYB}$$

$$P_C = \frac{A_c^2}{2} = \frac{3^2}{2} = 4,5W$$

$$P_{YB} = P_{AYB} + P_{UYB} = \frac{1}{2} \cdot \frac{A_c^2 m^2}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{A_c^2 m^2}{4} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4} = 0,25W$$

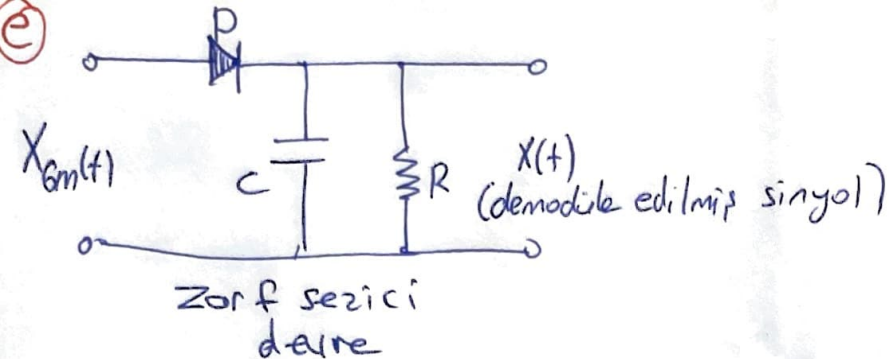
$$P_T = P_C + P_{YB} = 4,5W + 0,25W = 4,75W$$

$$\eta = \frac{P_{YB}}{P_T} = \frac{0,25W}{4,75W} = \frac{25/100}{475/100} = \frac{25}{475} \approx \frac{5,2}{100} \Rightarrow \%5,26$$



e)

3



Demodulator girişindeki sinyal-gürültü oranı  $(SNR)_c$

$$(SNR)_c = \frac{A_c^2 (1 + m^2 \langle x(t)^2 \rangle)}{B N_0} = \frac{3^2 + 0.4}{B N_0} = \frac{47}{5} \frac{1}{B N_0}$$

$N_0/2 \rightarrow$  Berraz gauss gürültüsünün güç spektral yoğunluğu

$B \rightarrow$  mesaj sinyalinin band genişliği

$\langle x(t)^2 \rangle \rightarrow$  mesaj sinyalinin ortalama gücü

Demodulator çıkışındaki sinyal-gürültü oranı  $(SNR)_o$

$$(SNR)_o = \frac{A_c^2 m^2 \langle x(t)^2 \rangle}{B N_0} = \frac{2}{5} \frac{1}{B N_0}$$

Demodulator güçlük faktörü

$$\begin{aligned} \frac{(SNR)_o}{(SNR)_c} &= \frac{\frac{47}{5} \frac{1}{B N_0}}{\frac{2}{5} \frac{1}{B N_0}} = \frac{\frac{A_c^2 m^2 \langle x(t)^2 \rangle}{B N_0}}{\frac{A_c^2 (1 + m^2 \langle x(t)^2 \rangle)}{B N_0}} = \frac{m^2 \langle x(t)^2 \rangle}{1 + m^2 \langle x(t)^2 \rangle} \\ &= \frac{\frac{1}{9} \cdot \frac{4}{10}}{1 + \frac{1}{9} \cdot \frac{4}{10}} \\ &= \frac{\frac{4}{90}}{\frac{94}{90}} = \frac{2}{47} \end{aligned}$$



0R4  
(100215) 2017  
 $x(t) = 0,25 \cdot \cos(2\pi 500 t)$  bilgi işareti, FM modülasyonu ile iletilmek isteniyor. Taşıyıcı işaretin genliği  $A_c = 4V$ , taşıyıcı işaretin frekansı  $f_c = 10 \text{ MHz}$ , modülasyon katsayısı  $k_f = 8\pi 10^3$  olduğuna göre

a) Modülasyon indisini ( $\beta$ ) bulunuz ve FM işareti iletmek için gereken bant genişliğini Carson kuralına göre hesaplayınız.  
b) FM işaretin ifadesini yazınız.

c) Bilgi işaretinin genliği sabit tutulup frekansı yarıya indirilirse, FM işareti iletmek için gereken bant genişliğini Carson kuralına göre hesaplayınız.

d) Bilgi işaretinin frekansı yarıya indirilip, genliği iki katına çıkarıldığında, FM işareti iletmek için gereken bant genişliğini Carson kuralına göre hesaplayınız.

e) Tablo 1'deki Bessel fonksiyonları tablolarından ve önemli yanband kuralından yararlanarak ~~tablo~~ a, c, d şıkları için band genişliğini hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları Carson kuralından elde edilen sonuçlarla karşılaştırıp yorumlayınız.

f) b şıkında zaman domaini ifadesini yazdığınız FM işaretin spektrumunu önemli yanbantları için çiziniz. FM işaret ile taşınan toplam güç hesaplayınız. Taşıyıcı frekansta ve önemli yanbantlarda taşınan güç hesaplayınız.



a)  $x(t) = 0,25 \cdot \cos(2\pi 500t)$   $k_f = 8\pi \cdot 10^3$  (2)

$$X_c(t) = 4 \cdot \cos 2\pi 10^7 t$$

$$\beta = \frac{k_f \cdot A_m}{\omega_m} = \frac{8\pi \cdot 10^3 \cdot 0,25}{2\pi 500} = 2$$

Carson kuralına göre B.G.;

$$B.G. = 2 \cdot f_b (1 + \beta) = 2 \cdot 500 \cdot 3 = 3 \text{ kHz}$$

b)  $X_{FM} = A_c \cdot \cos\left(2\pi 10^7 t + k_f \int_0^t 0,25 \cdot \cos(2\pi 500t) dt\right)$

$$X_{FM} = 4 \cdot \cos\left(2\pi 10^7 t + \frac{8\pi \cdot 10^3 \cdot 0,25}{2\pi 500} \sin(2\pi 500t)\right)$$

$\rightarrow \beta$

$$X_{FM} = 4 \cdot \cos\left[2\pi 10^7 t + 2 \cdot \sin(2\pi 500t)\right]$$

c)  $x_1(t) = 0,25 \cdot \cos(2\pi 250t) \Rightarrow \beta_1 = \frac{k_f A_{m1}}{\omega_{m1}} = \frac{8\pi \cdot 10^3 \cdot 0,25}{2\pi 250} = 4$

$$B.G_1 = 2f_{m1}(1 + \beta_1) = 2 \cdot 250 \cdot (1 + 4) = 2 \cdot 250 \cdot 5 = 2,5 \text{ kHz}$$

d)  $x_2(t) = 0,5 \cdot \cos(2\pi 250t) \Rightarrow \beta_2 = \frac{k_f \cdot A_{m1}}{\omega_{m2}} = \frac{8\pi \cdot 10^3 \cdot 0,5}{2\pi 250} = 8$

$$B.G_2 = 2f_{m2}(1 + \beta_2) = 2 \cdot 250 \cdot (1 + 8) = 500 \cdot 9 = 4,5 \text{ kHz}$$



③ a şıkta için; Carson  $B_6 = 3 \text{ kHz}$

$$A_c = 4 \text{ V (Tayıcı genliği)} \quad 4 \times 0,01 = 0,04$$

Genliği 0,04'ten küçük olan yanbantlar önemli yanbantlar sayılır. Diğerleri hesaba katılmaz.

$$\beta = 2 \quad \text{önemli yanbant}$$

$$J_0(2) = 0,22$$

$$J_1(2) = 0,58$$

$$J_2(2) = 0,35$$

$$J_3(2) = 0,13$$

Önemli yanbant  $n=3$

$$J_4(2) = 0,03 < 0,04 \text{ olduğu için iptal}$$

$$J_5(2) = 0,007 < 0,04 \text{ " " iptal}$$

~~d şıkta için; Carson~~

$$B_6 = 2 \times f_b \times n = 2 \times 500 \times 3 = 3 \text{ kHz}$$

c şıkta için; Carson  $B_{61} = 2,5 \text{ kHz}$

$$\beta = 4$$

$$J_0(4) = -0,4$$

$$J_1(4) = -0,07$$

$$J_2(4) = 0,36$$

$$J_3(4) = 0,47$$

$$J_4(4) = 0,28$$

$$J_5(4) = 0,13$$

$$J_6(4) = 0,05$$

$$J_7(4) = 0,02 < 0,04 \text{ iptal}$$

Önemli yanbant  $n=6$

$$B_{61} = 2 \times f_b \times n = 2 \cdot 250 \cdot 6 = 3 \text{ kHz}$$

d şıkta için; Carson  $B_{62} = 4,5 \text{ kHz}$ ,  $\beta = 8$

$$J_0(8) = 0,17$$

$$J_1(8) = 0,23$$

$$J_2(8) = -0,11$$

$$J_3(8) = -0,29$$

$$J_4(8) = -0,11$$

$$J_5(8) = 0,19$$

$$J_6(8) = 0,34$$

$$J_7(8) = 0,22$$

$$J_8(8) = 0,13$$

$$J_{10}(8) = 0,06$$

Önemli yanbant  $n=9$

$$B_6 = 2 \cdot 9 \cdot 250 = 4,5 \text{ kHz}$$



④

$$\beta = \frac{k_f \cdot A_m}{\omega_m} = \frac{8\pi \cdot 1000 \cdot 0,25}{2\pi \cdot 500} = 2$$

$\beta = 2$  iain  $f_c = 10 \text{ MHz}$

$$J_0(2) = 0,22 \Rightarrow A_c \times 0,22 = 4 \times 0,22 = 0,88$$

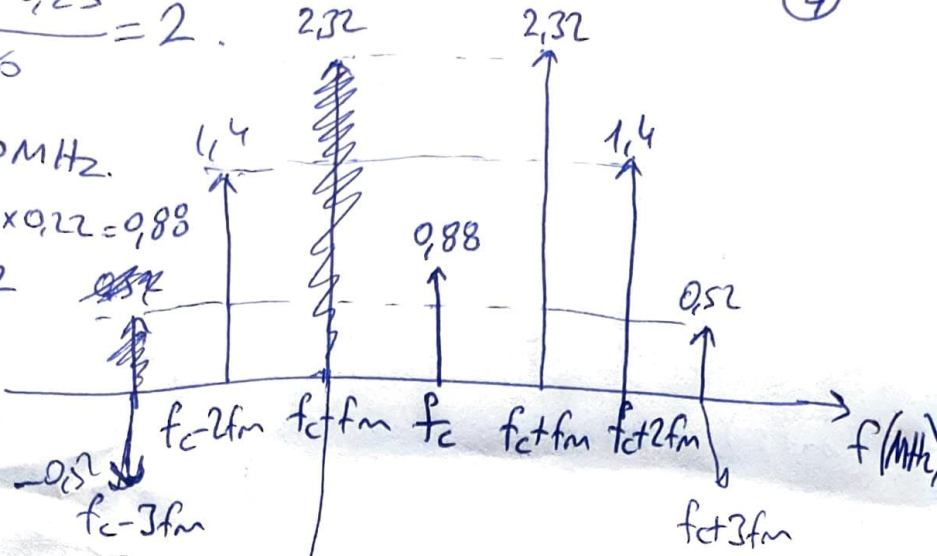
$$J_1(2) = 0,58 \Rightarrow 4 \times 0,58 = 2,32$$

$$J_2(2) = 0,35 \Rightarrow 4 \times 0,35 = 1,4$$

$$J_3(2) = 0,13 \Rightarrow 4 \times 0,13 = 0,52$$

$f_c = 10 \text{ MHz}$

$f_m = 0,5 \text{ kHz}$



~~FM~~

FM işaret ile taşınan güç;

$$\frac{1}{2} \frac{A_c^2}{2} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ Watt.}$$

Yanbantlarla ile taşınan güç

$$\frac{A_c^2 J_n^2(\beta)}{2} = \frac{4^2 \cdot (0,22)^2}{2} = 0,387 \text{ W (Taşıyıcı ile taşınan güç)}$$

$$\frac{4^2 (0,58)^2}{2} = 2,69 \text{ W}$$

$$\frac{4^2 (0,35)^2}{2} = 0,98 \text{ W}$$

$$\frac{4^2 (0,13)^2}{2} = 0,135 \text{ W}$$