



۱. سیگنال پیام $x(t) = 3K(\cos 8\pi t + 2\cos 20\pi t)$ ورودی یک فرستنده AM با $\mu = 1$ و $f_c = 1000\text{Hz}$ است. K را طوری تعیین کنید که $x(t)$ به طور مناسبی نرمالیزه شود. سپس طیف خطی مثبت موج مدوله شده را رسم کنید.

پاسخ: به منظور مدولاسیون AM ابتدا باید سیگنال را نرمالیزه کنیم. بیشینه مقدار سیگنال $x(t)$ داده شده در لحظه صفر اتفاق می‌افتد که این مقدار باید کمتر از ۱ باشد. بنابراین:

$$|x|_{\max} = x(0) = 3K(1+2) = 9K \leq 1 \Rightarrow K \leq \frac{1}{9}$$

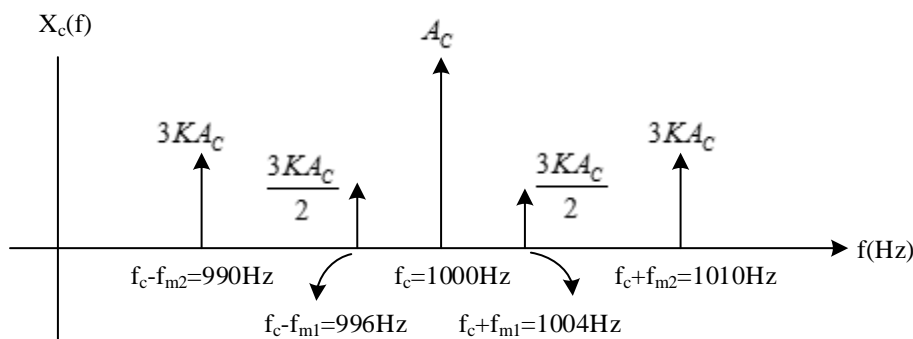
$$x_c(t) = A_c \left(1 + \mu \left[3K(\cos 8\pi t + 2\cos 20\pi t) \right] \right) \cos 2\pi f_c t$$

$$\mu = 1 \Rightarrow x_c(t) = A_c \cos 2\pi f_c t + A_c 3K \left[\frac{\cos(2\pi f_c - 8\pi)t}{2} + \frac{\cos(2\pi f_c + 8\pi)t}{2} \right] \\ + A_c 6K \left[\frac{\cos(2\pi f_c - 20\pi)t}{2} + \frac{\cos(2\pi f_c + 20\pi)t}{2} \right]$$

در صورت سوال طیف خطی یک طرفه خواسته شده است. بنابراین در ادامه بخش فرکانس مثبت تبدیل فوریه سیگنال ارسالی مدنظر است:

$$X_c(f) = A_c \delta(f - f_c) + \frac{3KA_c}{2} [\delta(f - f_c - 4) + \delta(f - f_c + 4)] \\ + \frac{6KA_c}{2} [\delta(f - f_c - 10) + \delta(f - f_c + 10)]$$

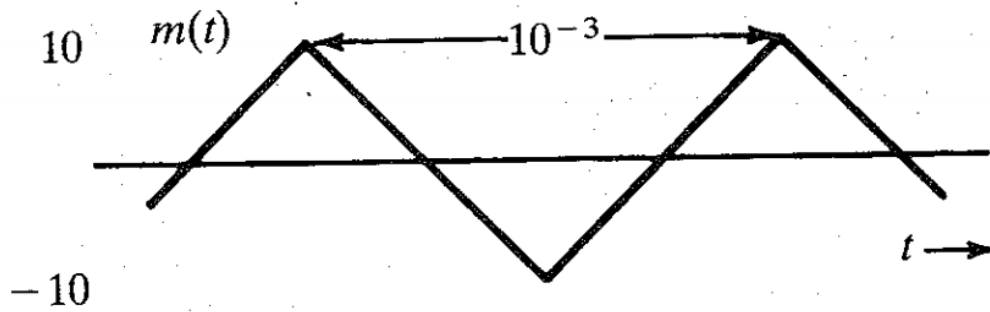
برای $f_c = 1000\text{Hz}$ با توجه به رابطه فوق داریم:



۲. سیگنال مدوله شده AM به فرم $[A + m(t)] \cos \omega_c t$ را برای سیگنال پیام متناوب شکل زیر $m(t)$ در

حالات مختلف مشخص شده رسم کنید:

الف) $\mu = 0.5$ ب) $\mu = 1$ ج) $\mu = 2$ د) $\mu = \infty$



ه) حالتی که $\mu = \infty$ است را تحلیل کنید.

پاسخ: ابتدا باید سیگنال مدوله شده را به فرم استاندارد $x_c(t) = [1 + \mu m(t)] \cos \omega_c t$ بیان کنیم تا مقدار ضریب مدولاسیون μ را بتوانیم بر حسب مقدار مجهول A بیابیم. سپس می‌توان سیگنال مدوله شده را رسم کرد.

با توجه به شکل سیگنال پیام داده شده، بیشینه دامنه پیام برابر $m_p = 10$ است. بنابراین باید سیگنال پیام را به بیشینه دامنه آن نرمالیزه کنیم.

$$m_p = \max(m(t))$$

$$m(t) = m_p m_N(t)$$

که در آن $m_N(t)$ سیگنال پیام نرمالیزه شده است. بنابراین

$$x_c(t) = [A + m(t)] \cos \omega_c t \Rightarrow x_c(t) = [A + m_p m_N(t)] \cos \omega_c t = A \left[1 + \frac{m_p}{A} m_N(t) \right] \cos \omega_c t$$

مشاهده می‌شود که $\mu = \frac{m_p}{A}$ است.

$$\mu = 0.5 = \frac{m_p}{A} = \frac{10}{A} \Rightarrow A = 20 \quad (\text{الف})$$

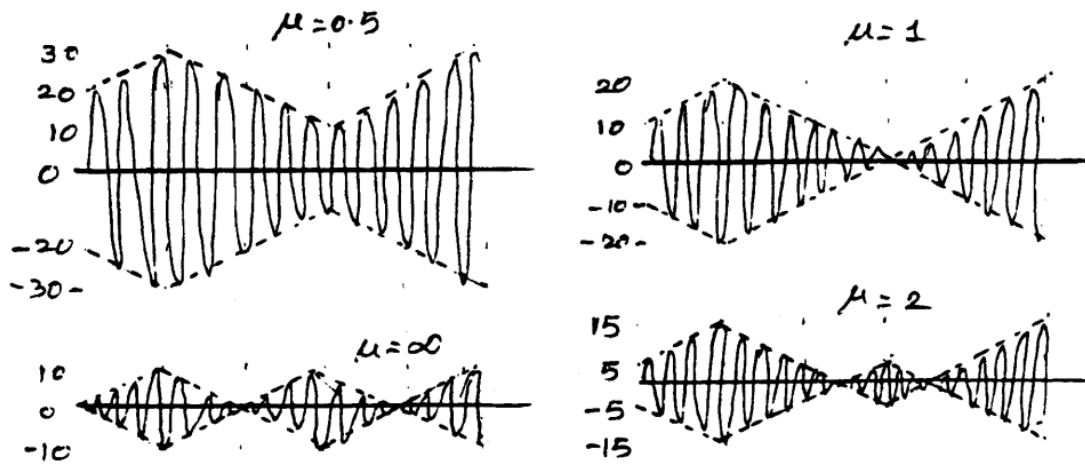
$$\mu = 1 = \frac{m_p}{A} = \frac{10}{A} \Rightarrow A = 10 \quad (\text{ب})$$

$$\mu = 2 = \frac{m_p}{A} = \frac{10}{A} \Rightarrow A = 5 \quad (\text{ج})$$

$$\mu = \infty = \frac{m_p}{A} = \frac{10}{A} \Rightarrow A = 0 \quad (\text{د})$$

ه) اگر $\mu = \infty$ باشد، آنگاه $A = \frac{m_p}{\mu} = 0$ خواهد بود. در نتیجه $[A + m(t)] \cos \omega_c t = m(t) \cos \omega_c t$

خواهد شد که همان‌طور که مشاهده می‌شود، سیگنال مدوله شده همان مدولاسیون DSB است



۳. برای مسئله ۲، توان سیگنال حامل را هنگامی که $\mu = 0.8$ است بیابید.

پاسخ: با توجه به پاسخ سوال قبل داریم:

$$\mu = \frac{m_p}{A} \Rightarrow A = \frac{m_p}{\mu} = \frac{10}{0.8} = 12.5$$

$$\Rightarrow P_c = \frac{A^2}{2} = \frac{12.5^2}{2} = 78.125$$

۴. یک سیستم FM با $f_\Delta = 30\text{KHz}$ برای $W = 10\text{KHz}$ طراحی شده است. وقتی که سیگنال مدوله کننده تک تون با دامنه واحد و فرکانسهای مختلف $f_m = 0.1\text{KHz}$ ، $f_m = 1\text{KHz}$ و $f_m = 5\text{KHz}$ فرض شده است، تقریباً چند درصد از پهنای باند کل (B_T) اشغال شده است؟

پاسخ: سیستم فوق برای همه پیامهایی با بیشینه پهنای باند $W = 10\text{KHz}$ طراحی شده است. با توجه به رابطه پهنای باند تقریبی گفته شده، داریم:

$$D = \frac{f_\Delta}{W} = \frac{30}{10} = 3 \Rightarrow B_T = 2(f_\Delta + 2W) = 2(30 + 2 \times 10) = 100\text{KHz}$$

حال برای تک تک سیگنالهای تک تون گفته شده می توان پهنای باند لازم را محاسبه نمود:

$f_m (\text{KHz})$	$\beta = \frac{f_\Delta}{f_m}$	$B = 2(\beta + 2)f_m$	$\frac{B}{B_T}$
0.1	$\beta = \frac{30\text{KHz}}{0.1\text{KHz}} = 300$	$B = 2(300 + 2) \times 0.1\text{KHz} = 60.4\text{KHz}$	$\frac{60.4\text{KHz}}{100\text{KHz}} = 60.4\%$
1	$\beta = \frac{30\text{KHz}}{1\text{KHz}} = 30$	$B = 2(30 + 2) \times 1\text{KHz} = 64\text{KHz}$	$\frac{64\text{KHz}}{100\text{KHz}} = 64\%$
5	$\beta = \frac{30\text{KHz}}{5\text{KHz}} = 6$	$B = 2(6 + 2) \times 5\text{KHz} = 80\text{KHz}$	$\frac{80\text{KHz}}{100\text{KHz}} = 80\%$

۵. یک مولد FM مستقیم، برای کنترل از راه دور یک ماشین به کار رفته است. محدوده مجاز مقادیر پهنای

باند سیگنال پیام (W) را به نحوی پیدا کنید که B_T ، نیازهای پهنای باند کسری ($\frac{B_T}{f_c}$) را برآورده سازد.

انحراف فرکانس ماکزیمم 150KHz به کار رفته است و انتخاب فرکانس سیگنال حامل (f_c) دلخواه است.

پاسخ: همان طور که می دانیم، پهنای باند کسری ($\frac{B_T}{f_c}$) باید بین ۱ تا ۱۰ درصد باشد. از طرف دیگر

می دانیم پهنای باند تقریبی مدولاسیون فرکانس برابر $B_T \approx 2(f_\Delta + 2W)$ است. بنابراین:

$$f_\Delta = 150 \text{ KHz} \quad B_T \approx 2(f_\Delta + 2W)$$

$$0.01 < \frac{B_T}{f_c} < 0.1 \quad \Rightarrow \quad 0.01 f_c < 2 f_\Delta + 4W < 0.1 f_c$$

حال با انتخاب فرکانس سیگنال حامل می توانیم محدوده مجاز مقادیر پهنای باند را مشخص کنیم:

$$f_c = 10 \text{ MHz} \quad \frac{(0.01 \times 10 \text{ MHz}) - (2 \times 150 \text{ KHz})}{4} < W < \frac{(0.1 \times 10 \text{ MHz}) - (2 \times 150 \text{ KHz})}{4}$$

$$W < 175 \text{ KHz}$$

$$f_c = 50 \text{ MHz} \quad \frac{(0.01 \times 50 \text{ MHz}) - (2 \times 150 \text{ KHz})}{4} < W < \frac{(0.1 \times 50 \text{ MHz}) - (2 \times 150 \text{ KHz})}{4}$$

$$50 \text{ KHz} < W < 1175 \text{ KHz}$$

$$f_c = 100 \text{ MHz} \quad \frac{(0.01 \times 100 \text{ MHz}) - (2 \times 150 \text{ KHz})}{4} < W < \frac{(0.1 \times 100 \text{ MHz}) - (2 \times 150 \text{ KHz})}{4}$$

$$175 \text{ KHz} < W < 2425 \text{ KHz}$$

موفق باشید

صفوی