

Analog Haberleşme

Prof. Dr. İbrahim Altunbaş

1 Soru: Genlik Modülasyonu (GM) Demodülatör

Her birinde θ faz hatası olan birbirine dik iki lokal osilatör içeren Şekildeki demodülatör yapısını düşününüz. Demodülatörün girişine $x_c(t) = A_c(1 + mx(t))\cos\omega_c t$ klasik genlik modülasyonlu işaret (GM) gelsin ($\omega_c = 2\pi f_c$). $x(t)$ temelband bilgi işaretinin frekans spektrumu yine aşağıdaki şekilde gösterilmekte olup W band genişliğine sahiptir. Demodülatördeki alçak geçiren süzgeçlerin (AGS) band genişlikleri de W olup kazançları 1'dir.

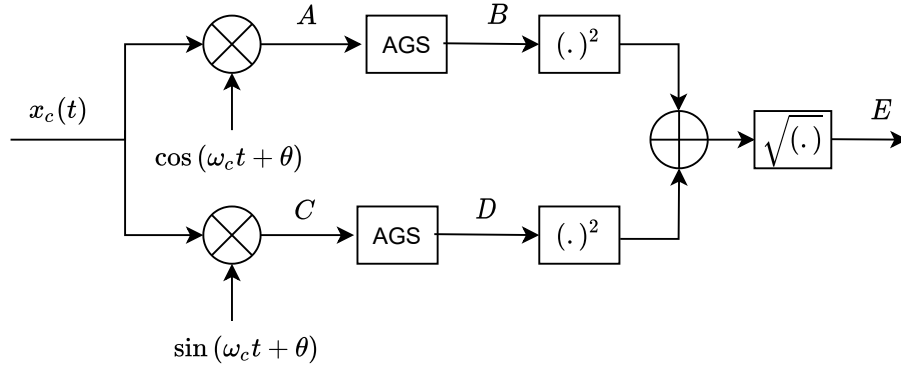


Figure 1: GM Demodülatör.

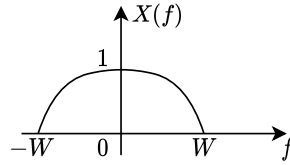


Figure 2: Bilgi işaretinin frekans spektrumu.

- A, B, C, D ve E noktalarındaki işareti zaman bölgesinde yazınız.
- A, B, C, D ve E noktalarındaki işaretin genlik ve faz spektrumlarını çiziniz.
- Bu demodülatörün, θ faz hatasına sahip tek lokal osilatörlü klasik GM demodülatörüne göre ne gibi bir üstünlüğü olduğunu yazınız.

1.1 Cevap:

a)

A noktasındaki işaret:

$$x_c(t) \cos(\omega_c t + \theta) = A_c(1 + mx(t)) \cos \omega_c t \cos(\omega_c t + \theta)$$

$$x_c(t) \cos(\omega_c t + \theta) = \frac{A_c}{2}(1 + mx(t)) \cos(2\omega_c t + \theta) + \frac{A_c}{2}(1 + mx(t)) \cos \theta$$

B noktasındaki işaret:

$$[x_c(t) \cos(\omega_c t + \theta)]_{\text{AGS}} = \frac{A_c}{2}(1 + mx(t)) \cos \theta$$

C noktasındaki işaret:

$$x_c(t) \sin(\omega_c t + \theta) = A_c(1 + mx(t)) \cos \omega_c t \sin(\omega_c t + \theta)$$

$$x_c(t) \sin(\omega_c t + \theta) = \frac{A_c}{2}(1 + mx(t)) \sin(2\omega_c t + \theta) + \frac{A_c}{2}(1 + mx(t)) \sin \theta$$

D noktasındaki işaret:

$$[x_c(t) \sin(\omega_c t + \theta)]_{\text{AGS}} = \frac{A_c}{2}(1 + mx(t)) \sin \theta$$

E noktasındaki işaret:

$$\sqrt{\frac{A_c^2}{4}(1 + mx(t))^2 \cos^2 \theta + \frac{A_c^2}{4}(1 + mx(t))^2 \sin^2 \theta} = \frac{A_c}{2}(1 + mx(t))$$

b) A noktasındaki genlik spektrumu:

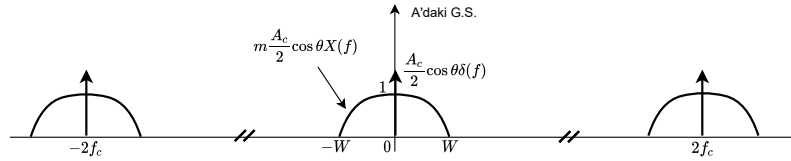


Figure 3: A'daki genlik spektrumu.

A noktasındaki faz spektrumu (Temel banddaki bileşenler $\cos \theta$ ile çarpıldığı durumda genlik etkilenir fakat faz etkilenmez.):

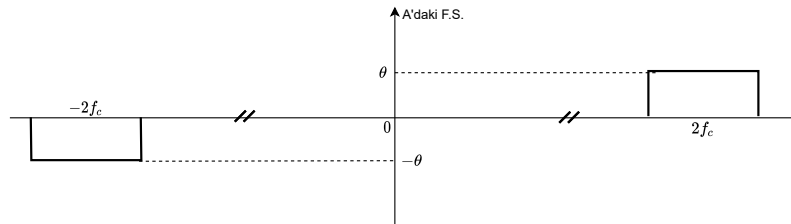


Figure 4: A'daki faz spektrumu.

C noktasındaki genlik spektrumu:

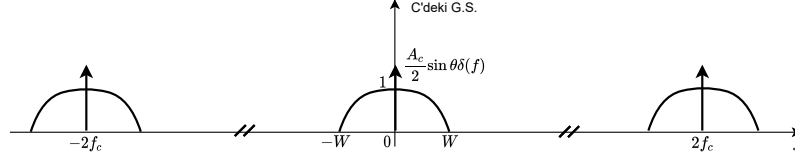


Figure 5: C'deki genlik spektrumu.

C noktasındaki faz spektrumu:

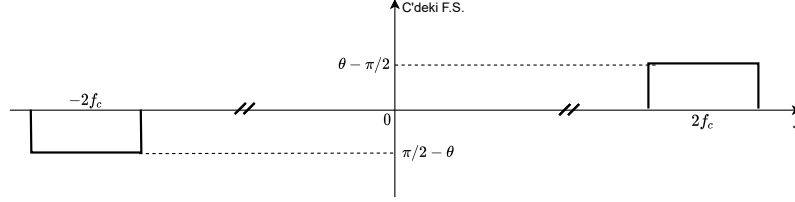


Figure 6: C'deki faz spektrumu.

A noktasındaki işaret AGS'den geçirildiği durumda B noktasındaki genlik spektrumu (B'deki faz spektrumu sıfırdır.) aşağıdaki şekilde verilmiştir. C noktasındaki işaret AGS'den geçirildiği durumda D noktasındaki genlik spektrumu (D'deki faz spektrumu sıfırdır.) aşağıdaki şekilde verilmiştir. E noktasındaki genlik spektrumu (E'deki faz spektrumu sıfırdır.) aşağıdaki şekilde verilmiştir.

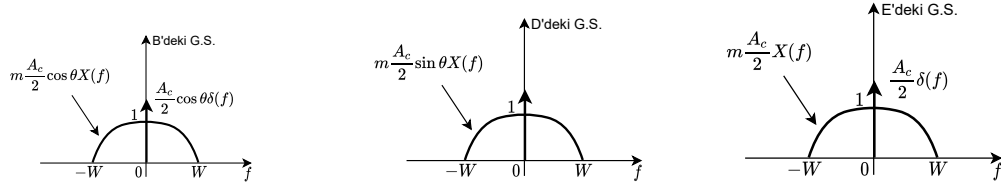


Figure 7: Sırasıyla B, D ve E noktalarındaki genlik spektrumları.

c) θ faz hatasına sahip tek lokal osilatörlü klasik GM demodülatörünün çıkışı $\frac{A_c}{2} (1 + mx(t)) \cos \theta$ olur. Sorudaki demodülatör θ 'yı kompanse ediyor.

2 Soru: Artık Yan Band(AYB)

Bir ÇYB işareti artık yan band (AYB) süzgecinden geçirilerek AYB işareti oluşturuluyor. AYB süzgecinin frekans karakteristiği şekilde verilmiştir. ÇYB işareti $x_{\text{ÇYB}}(t) = 4x(t) \cos 2\pi 10^4 t$ biçiminde ise $x(t) = A \sin 10^3 \pi t$ bilgi işareti için,

a) AYB modülasyonlu işaretin zaman bölgesindeki ifadesini bulunuz.

b) AYB demodülatörünü çizerek, $x(t)$ 'nin alıcı kısımda yeniden elde edildiğini gösteriniz.

NOT) $\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$

$$H(f)\delta(f-f_0) = H(f_0)\delta(f-f_0)$$

$$X_{\text{AYB}}(f) = C(f)H(f)$$

$$\mathbb{F}\{\sin \omega_0 t\} = \frac{\delta(f-f_0) - \delta(f+f_0)}{2j}$$

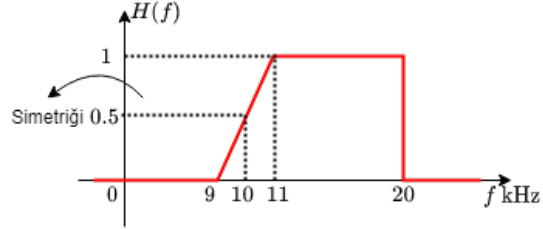


Figure 8: AYB Süzgecinin transfer fonksiyonu.

2.1 Cevap:

a)

$$\begin{aligned} x_{\text{ÇYB}}(t) &= 4x(t) \cos 2\pi 10^4 t = 4A \sin 10^3 \pi t \cos 2\pi 10^4 t \\ &= 2A [\sin 2\pi 10500 t - \sin 2\pi 9500 t] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{\text{AYB}}(t) &= x_{\text{ÇYB}}(t) * h_v(t) \\ &= 2A \left[\underbrace{\frac{3}{4} \sin 2\pi 10500 t + \frac{1}{4} \sin 2\pi 9500 t}_{\text{Süzgeçten}} \right] \end{aligned}$$

b)

$$\begin{aligned} x_{\text{AYB}}(t) \cos \omega_c t &= x_{\text{AYB}}(t) \cos 2\pi 10^4 t \\ &= A \left[\frac{3}{4} \sin 2\pi 20500 t + \frac{3}{4} \sin 2\pi 500 t - \frac{1}{4} \sin 2\pi 19500 t + \frac{1}{4} \sin 2\pi 500 t \right] \end{aligned}$$

Yani, $[x_{\text{AYB}}(t) \cos \omega_c t]_{\text{AGS}} = A \sin 2\pi 500 t = x(t)$

NOT: Frekans bölgesinde

$$x_{\text{AYB}}(t) \cos \omega_c t \xleftrightarrow{\mathbb{F}} \frac{1}{2} [X_{\text{AYB}}(f-f_c) + X_{\text{AYB}}(f+f_c)]$$

$$x_{\text{AYB}}(t) \cos \omega_c t \xleftrightarrow{\mathbb{F}} \frac{1}{4} [X(f)H(f-f_c) + x(f)H(f+f_c) + X(f-2f_c)H(f-f_c) + X(f+2f_c)H(f+f_c)]$$

$$[x_{\text{AYB}}(t) \cos \omega_c t]_{\text{AGS}} \xleftrightarrow{\mathbb{F}} \frac{1}{4} [H(f-f_c) + H(f+f_c)] X(f) = \alpha X(f) \xleftrightarrow{\mathbb{F}^{-1}} \alpha x(t)$$