

# Analog Haberleşme

Prof. Dr. İbrahim Altunbaş

December 9, 2021

## 1 Soru: Genlik Modülasyonu (GM)ve Tek Yan Band (TYB)

GM ile yayın yapan bir radyo istasyonunun ortalama taşıyıcı gücü ( $P_c$ ) 1 kW'dır. Bilgi işaretinin 15 kHz'lik bir sinüsoidal işaret olması durumunda, yan bandlardaki gücün ( $2P_{YB}$ ), toplam verici gücüne ( $P_T$ ) oranı, yani verim %20'dir.

- Modülasyon derinliğini ( $m$ ), yan bandlardaki gücü ve toplam verici gücünü bulunuz.
- Modülasyonlu işaretin maksimum genliği kaç Volttur?
- Modülasyonlu işaretin band genişliğini bulunuz.
- Bu işaretin alınmasında kullanılabilecek eşzamanlı demodülatör devresini çiziniz ve gerekli büyüklükleri belirtiniz.
- Aynı sinüsoidal işaret, TYB kullanılarak iletilseydi, verici gücü ve modülasyonlu işaretin band genişliği ne olurdu?
- Elde ettiğiniz sonuçlardan da yararlanarak, GM ile TYB modülasyonunu karşılaştırınız.

### 1.1 Cevap:

Biliyoruz ki,  $x_c(t) = A(1 + mx(t))\cos(2\pi f_c t)$  ve  $f_c = 15$  kHz.

a) Verim= $\mu = \frac{2P_{YB}}{2P_{YB} + P_c}$  şeklindedir. Biliyoruz ki  $P_c = A^2/2$ ,  $2P_{YB} = m^2 A^2 < x^2(t) > /2$  ve  $P_T = P_c + 2P_{YB}$ .

$$\mu = \frac{\frac{m^2 A^2 < x^2(t) >}{2}}{\frac{m^2 A^2 < x^2(t) >}{2} + \frac{A^2}{2}} = \frac{m^2 < x^2(t) >}{m^2 < x^2(t) > + 1}$$

Gösterilebilir ki  $< x^2(t) > = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} \sin^2 \left( \frac{2\pi t}{T} \right) dt = 1/2$ 'dir.

$$\mu = 0.2 = \frac{m^2/2}{m^2/2 + 1} = \frac{m^2}{m^2 + 2}$$

$$0.8m^2 = 0.4$$

$$\boxed{m = 0.707}$$

Yan bandlardaki güç

$$\mu = 0.2 = \frac{2P_{YB}}{2P_{YB} + P_c}$$

$$2P_{YB} = 0.2 (2P_{YB} + P_c)$$

$$1.6P_{YB} = 200$$

$$\boxed{2P_{YB} = 250 \text{ Watt}}$$

Toplam güç

$$P_T = P_c + 2P_{YB}$$

$$P_T = 1000 + 250$$

$$\boxed{P_T = 1250 \text{ Watt}}$$

b)  $C_{max} = A(1+m)$  olduğuna ve  $m$  a) şıkında bulunduğuna göre  $A$ 'yı bulmamız gerekiyor. Bunun için

$$P_c = 1000 = A^2/2$$

$$A = 44.7$$

bulunur.  $C_{max} = A(1+m)$  ise  $C_{max} = 44.7(1+0.707) = 76.34$  Volt'dur.

c)  $BG = 2f_m = 2.15.10^3 = 30.10^3 = 30$  kHz dir.

d)

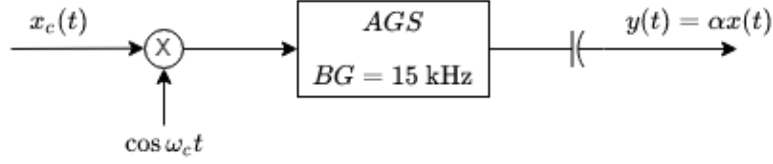


Figure 1: Eşzamanlı demodülatör devresi.

e) TYB modülasyonu kullanılsaydı  $P_T = P_{YB} = 125$  Watt ve  $BG = 15$  kHz olurdu.

f) Görüldüğü gibi TYB modülasyonunda verici gücü GM'dekine göre çok küçüktür. Ayrıca band genişliği de GM'dekinin yarısıdır. Buna karşılık, TYB modülatörlerinin pratik olarak gerçekleştirilmesi, genlik modülatörlerinin gerçekleştirilmesinden daha zordur.

## 2 Soru: Artık Yan Band(AYB)

$x(t) = \cos \omega_m t$  işareti,  $f_c$  frekanslı,  $A_c$  genlikli bir taşıyıcı yardımıyla AYB modülasyonlu  $x_c(t)$  işarete dönüştürülüyor. AYB süzgeci için,  $H(f_c + f_m) = 0.5 + a$  ve  $H(f_c - f_m) = 0.5 - a$  olduğuna göre,

a)  $x_c(t)$ 'nin ifadesini yazınız.

b)  $x_c(t)$ 'nin  $a = 0$  için ÇYB,  $a = \pm 0.5$  için TYB modülasyonlu işarete dönüştüğünü gösteriniz.

### 2.1 Cevap:

a)

$$x_{\text{ÇYB}}(t) = A_c \cos \omega_c t \cos \omega_m t = \frac{A_c}{2} [\cos(\omega_c + \omega_m)t + \cos(\omega_c - \omega_m)t]$$

Süzgeç çıkışında

$$\begin{aligned} x_c(t) &= \frac{A_c}{2} [(0.5 + a) \cos(\omega_c + \omega_m)t + (0.5 - a) \cos(\omega_c - \omega_m)t] \\ &= \frac{A_c}{2} [0.5 \cos(\omega_c + \omega_m)t + 0.5 \cos(\omega_c - \omega_m)t + a \cos(\omega_c + \omega_m)t - a \cos(\omega_c - \omega_m)t] \\ &= \frac{A_c}{2} [\cos \omega_c t \cos \omega_m t - 2a \sin \omega_c t \sin \omega_m t] \end{aligned}$$

b)  $a = 0$  için ÇYB işaret,

$$x_c(t) = \frac{A_c}{2} \cos \omega_c t \cos \omega_m t$$

$a = \pm 0.5$  için TYB işaret,

$$x_c(t) = \frac{A_c}{2} \cos(\omega_c \pm \omega_m)t$$

**NOT:**

$$X_c(f) = \frac{A_c}{2} [X(f - f_c) + X(f + f_c)] H_v(f)$$

$$\cos x + \cos y = 2 \cos \left( \frac{x + y}{2} \right) \cos \left( \frac{x - y}{2} \right)$$

$$\cos x - \cos y = -2 \sin \left( \frac{x + y}{2} \right) \sin \left( \frac{x - y}{2} \right)$$