

Tema 1

Modulații Liniare

ML1 Un modulator ML realizează multiplicarea dintre o purtătoare cosinusoidală cu amplitudinea 3V și frecvența $f_p=1\text{MHz}$ și un semnal dreptunghiular de amplitudine 1V, factor de umplere 50%, frecvența $f_{dr}=10\text{kHz}$ și valoarea medie 3V. Se cere :

- Ce fel de semnal modulat ML se obține? Care sunt parametrii semnalului modulat? Calculați valoarea maximă și cea minimă a anvelopei semnalului modulat.
- Calculați puterea purtătoarei nemodulate, a semnalului modulator și puterea semnalului modulat. Care este puterea conținută de o bandă laterală a semnalului modulat ?
- Dacă descompunerea în serie Fourier a semnalului modulator este

$s_m(t) = 3 + \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1} \cdot \sin((2k-1) \cdot \omega_{dr} \cdot t)}{2k-1}$ (cu comp. continuă și amplitudinea specificată), dați expresia densității spectrale a semnalului modulat și reprezentați grafic acest spectru considerând armonicile 1 – 9 ale semnalului modulator.

ML2 Semnalul recepționat aplicat pe intrarea unui demodulator ML coerent are următoarea

expresie matematică: $s_r(t) = \frac{A}{2} \cos[(\omega_p + \omega_m)t] + \frac{A}{2} \cos[(\omega_p - \omega_m)t]$, iar purtătorul local este

$$s_p(t) = A \cos[(\omega_p + \Delta\omega)t].$$

- Ce fel de semnal modulat ML s-a recepționat?
- Dați schema bloc și ecuațiile de funcționare a demodulatorului de produs.
- Determinați expresia matematică a semnalului demodulat, dacă filtrul trece jos din componeta demodulatorului se consideră un filtru ideal cu frecvența de tăiere la $1.5f_p$
- Ce valoare trebuie să aibă $\Delta\omega$ ca semnalul demodulat să nu fie distorsionat
- Dacă $A=2$ calculați puterea semnalului recepționat.

ML3. Se dă o modulație de tip bandă laterală dublă purtătoare suprimată (BLD-PS) având frecvența purtătoare $f_p=1\text{MHz}$ și amplitudinea purtătoarei $A_p=2.5\text{V}$. Semnalul modulator este un semnal dreptunghiular bipolar cu factor de umplere 50%, amplitudinea $A_{dr}=0.3\text{V}$ și frecvența 20kHz . Se cere:

- Dați expresia semnalului modulat BLD-PS și reprezentați grafic alura spectrala a semnalului modulat.
- Calculați puterea semnalului modulator, a celui modulat și a purtătoarei
- Dacă descompunerea în serie Fourier a unui semnal dreptunghiular simetric bipolar este:

$$s_m(t) = \frac{4A_{dr}}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1} \cdot \cos((2k-1) \cdot \omega_{dr} \cdot t)}{2k-1}$$
 dați expresia spectrului semnalului modulat și

- reprezentați grafic acest spectru considerând armonicile 1-12 ale semnalului modulator.
- Dacă banda semnalului modulat este definită la o atenuare de 30dB a componentelor spectrale față de amplitudinea purtătoarei nemodulate, calculați lărgimea de bandă a semnalului modulat.

ML4.[1] În cadrul modulațiilor liniare, o posibilitate de a transmite semnale audio stereo (comercial - AM stereo) este de a utiliza modulația de amplitudine în cuadratură (QAM). Astfel, purtătoarea $s_I(t) = A_c \cos(\omega_c t)$ este modulată de semnalul $g_I(t) = V_0 + g_{left}(t) + g_{right}(t)$, unde V_0 este o componentă continuă $g_{left}(t)$ este semnalul audio “left”, iar $g_{right}(t)$ este semnalul audio “right”. Purtătoarea în cuadratură $s_Q(t) = A_c \sin(\omega_c t)$ este modulată de semnalul $g_Q(t) = g_{left}(t) - g_{right}(t)$.

- a) Demonstrați că semnalul sumă $g_{left}(t) + g_{right}(t)$ poate fi recuperat cu ajutorul unui detector de anvelopă. Cum se poate minimiza distorsiunea semnalului produs de detectorul de anvelopă? De ce este necesară recuperarea semnalului sumă prin această metodă?
Indicație: Anvelopa unui semnal de forma $x(t)\cos(\omega_c t) + y(t)\sin(\omega_c t)$ este $\sqrt{(x(t))^2 + (y(t))^2}$.
- b) Demonstrați că semnalul diferență $g_{left}(t) - g_{right}(t)$ poate fi recuperat cu ajutorul unui detector coerent.
- c) Cum se pot obține apoi semnalele $g_{left}(t)$ și $g_{right}(t)$ dorite?

[1] S. Haykin "Communication Systems"