

Comanda cu MD a invertoarelor trifazate

Tematica: *Electronică de putere*

→ **Capitol:** *Invertoare*

→ **Secțiunea:** *Comanda cu modulație în durată*

Tip resursă: *Expunere* *Laborator virtual / Exercițiu* *CVR*

Acest curs prezintă modalitatea prin care, prin comandă cu modulație în durată (MD) se pot regla valorile eficace ale tensiunilor de la ieșirea unui inverter trifazat de tensiune ce alimentează o sarcină conectată în stea.

- cunoștințe anterioare necesare: [principiul de comandă cu MD](#)
- nivel: ciclul 2
- durata estimată: 1/2 h.
- autor: [Francis Labrique](#)
- realizare: Sophie Labrique
- traducere: [Sergiu Ivanov](#)

1. Reglarea tensiunilor u'_A, u'_B, u'_C

Prin aplicarea comenzii cu MD celor trei brațe ale unui inverter trifazat, se impune de fapt ca potențialele V_A, V_B, V_C să urmărească, în valoare medie, formele de undă prescrise V_{Aw}, V_{Bw}, V_{Cw} (figura 1).

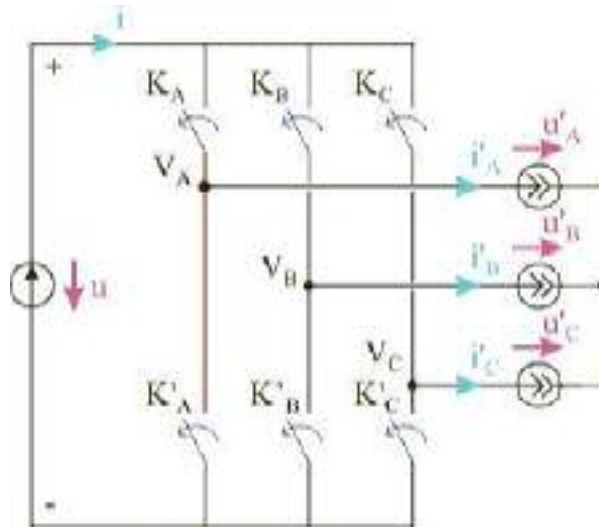


Figura 1

• Dacă sarcina este trifazată echilibrată, cu nulul izolat, în valori instantanee, tensiunile de fază sunt date de:

$$\begin{aligned} u'_A &= 2/3 V_A - 1/3 V_B - 1/3 V_C \\ u'_B &= 2/3 V_B - 1/3 V_A - 1/3 V_C \\ u'_C &= 2/3 V_C - 1/3 V_A - 1/3 V_B \end{aligned}$$

• Aceste relații sunt valabile, de asemenea, pentru valorile medii:

$$\begin{aligned} \langle u'_A(t) \rangle &= \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} u'_A dt = \frac{2}{3} \langle V_A \rangle - \frac{1}{3} \langle V_B \rangle - \frac{1}{3} \langle V_C \rangle \\ &\approx \left[\frac{2}{3} V_{Aw}(t) - \frac{1}{3} V_{Bw}(t) - \frac{1}{3} V_{Cw}(t) \right] \frac{U/2}{\xi_0} \\ \langle u'_B(t) \rangle &= \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} u'_B dt = \frac{2}{3} \langle V_B \rangle - \frac{1}{3} \langle V_A \rangle - \frac{1}{3} \langle V_C \rangle \\ &\approx \left[\frac{2}{3} V_{Bw}(t) - \frac{1}{3} V_{Aw}(t) - \frac{1}{3} V_{Cw}(t) \right] \frac{U/2}{\xi_0} \\ \langle u'_C(t) \rangle &= \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} u'_C dt = \frac{2}{3} \langle V_C \rangle - \frac{1}{3} \langle V_A \rangle - \frac{1}{3} \langle V_B \rangle \\ &\approx \left[\frac{2}{3} V_{Cw}(t) - \frac{1}{3} V_{Aw}(t) - \frac{1}{3} V_{Bw}(t) \right] \frac{U/2}{\xi_0} \end{aligned}$$

• Cum se dorește ca valorile medii u'_A, u'_B, u'_C să urmărească valorile prescrise $u'_{Aw}(t), u'_{Bw}(t), u'_{Cw}(t)$, iar $u'_A + u'_B + u'_C = 0$, rezultă că și valorile prescrise trebuie să respecte relația

$$u'_{Aw}(t) + u'_{Bw}(t) + u'_{Cw}(t) = 0$$

Este suficient să se considere (vezi [principiul](#))

$$V_{Aw} = u'_{Aw} \frac{\xi_0}{U/2}$$

$$V_{Bw} = u'_{Bw} \frac{\xi_0}{U/2}$$

$$V_{Cw} = u'_{Cw} \frac{\xi_0}{U/2}$$

În consecință, va rezulta:

$$\langle u'_A(t) \rangle \simeq \frac{2}{3}u'_{Aw}(t) - \frac{1}{3}u'_{Bw}(t) - \frac{1}{3}u'_{Cw}(t) = u'_{Aw}(t)$$

$$\langle u'_B(t) \rangle \simeq \frac{2}{3}u'_{Bw}(t) - \frac{1}{3}u'_{Aw}(t) - \frac{1}{3}u'_{Cw}(t) = u'_{Bw}(t)$$

$$\langle u'_C(t) \rangle \simeq \frac{2}{3}u'_{Cw}(t) - \frac{1}{3}u'_{Aw}(t) - \frac{1}{3}u'_{Bw}(t) = u'_{Cw}(t)$$

Același rezultat se obține și dacă:

$$V_{Aw}(t) = u'_{Aw}(t) \frac{\xi_0}{U/2} + V_0(t)$$

$$V_{Bw}(t) = u'_{Bw}(t) \frac{\xi_0}{U/2} + V_0(t)$$

$$V_{Cw}(t) = u'_{Cw}(t) \frac{\xi_0}{U/2} + V_0(t)$$

Termenul $V_0(t)$ nu face decât să modifice duratele intervalelor când K_A , K_B și K_C sunt simultan ON sau OFF, respectiv, modalitatea prin care se obține $u'_A - u'_B - u'_C = 0$.

2. Modulația sinusoidală

În regim permanent, se dorește alimentarea sarcinii cu tensiuni ce să formeze un sistem trifazat echilibrat de tensiuni sinusoidale:

$$u'_{Aw} = U_0 \sin(\omega_r t)$$

$$u'_{Bw} = U_0 \sin(\omega_r t - 2\pi/3)$$

$$u'_{Cw} = U_0 \sin(\omega_r t - 4\pi/3)$$

În cazul modulației sinusoidale se consideră:

$$V_{Aw} = u'_{Aw} \cdot \frac{\xi_0}{U/2} = \frac{U_0 \xi_0}{U/2} \sin(\omega t)$$

$$V_{Bw} = u'_{Bw} \cdot \frac{\xi_0}{U/2} = \frac{U_0 \xi_0}{U/2} \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$V_{Cw} = u'_{Cw} \cdot \frac{\xi_0}{U/2} = \frac{U_0 \xi_0}{U/2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Cum trebuie ca

$$-\xi_0 < V_{Aw}, V_{Bw}, V_{Cw} < \xi_0$$

tensiunile $v'_{Aw}, v'_{Bw}, v'_{Cw}$ trebuie să aibă valoarea de vârf U_0 astfel încât

$$-U/2 < U_0 < U/2$$

Se poate scrie

$$U_0 = rU/2 \quad 0 < r < 1$$

ceea ce conduce la:

$$V_{Aw} = r\xi_0 \sin(\omega t)$$

$$V_{Bw} = r\xi_0 \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$V_{Cw} = r\xi_0 \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Coeficientul r se numește **factor de modulare în amplitudine**.

Normalizând amplitudinea tensiunii de referință (a purtătoarei), respectiv considerând $\xi_0 = 1$, rezultă:

$$V_{Aw} = r \sin(\omega t)$$

$$V_{Bw} = r \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$V_{Cw} = r \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

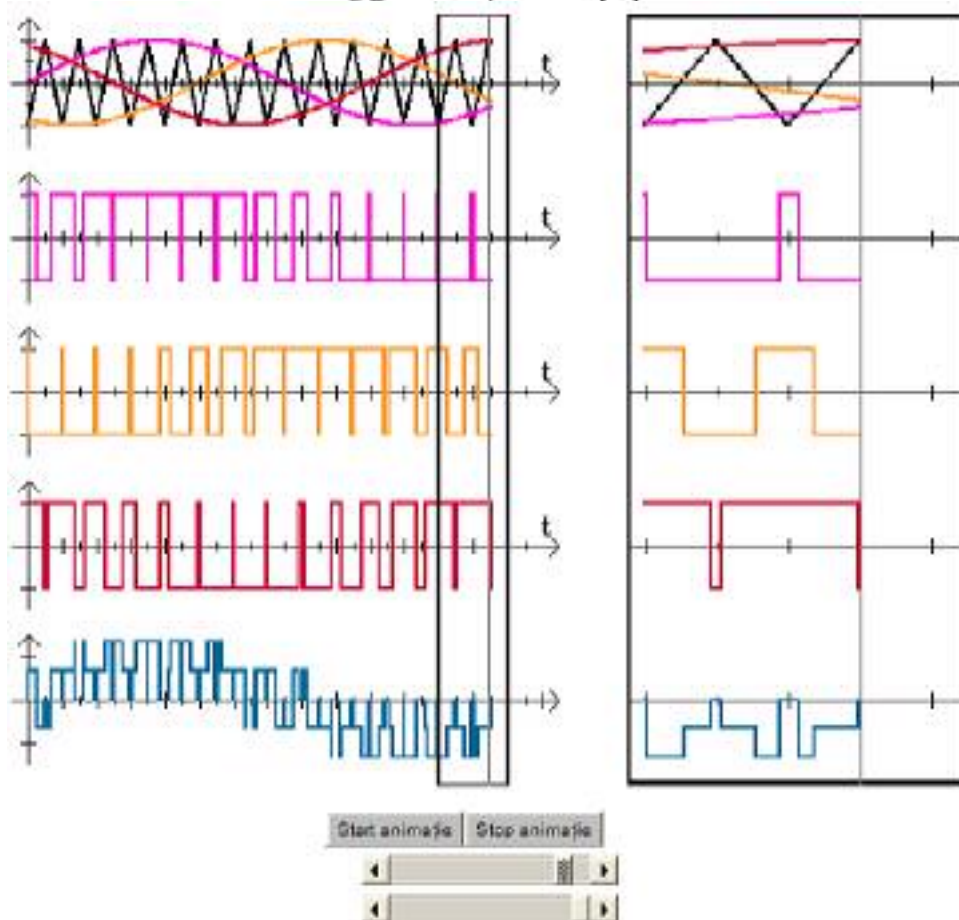


Figura 2

3. Modulația optimizată

Modulația sinusoidală poate fi optimizată, considerând:

$$\begin{aligned}V_{Aw} &= r \sin(\omega t) + V_0(t) \\V_{Bw} &= r \sin(\omega t - 2\pi/3) + V_0(t) \\V_{Cw} &= r \sin(\omega t - 4\pi/3) + V_0(t)\end{aligned}$$

cu condiția ca $V_0(t)$ să fi bine aleasă.

Este suficient, de exemplu, să alegem V_0 astfel încât valorile prescrise să fie re-centrate față de tensiunea de referință (purtătoare).

Dacă V_{\max} este cea mai mare dintre valorile prescrise, iar V_{\min} este cea mai mică dintre valorile prescrise, valorile prescrise vor fi re-centrate dacă se consideră

$$V_0 = -\frac{(u'_{jw} + u'_{kw})}{2} \frac{\xi_0}{U/2}$$

În acest caz, amplitudinea maximă a tensiunilor va fi $1,15U/2$.