e-LEE

e-Learning for Electrical Engineering

# Commande MLI de l'onduleur triphasé

***Thématique :*** *Électronique de puissance*

↪ ***Chapitre :*** *Onduleurs*

↪ ***Section :*** *Commande MLI*

***Type ressource :*** ☒ *Exposé* ☐ *Laboratoire virtuel / Exercice* ☐ *Qcm*

*Dans ce cours, on montre comment on peut régler par la commande MLI les tensions de sortie d'un onduleur triphasé de tension à charge connectée en étoile.*

- *pré requis : Principe de la commande MLI*
- *niveau : 2 - deuxième cycle*
- *durée estimée : 1/2 heure*
- *auteur(s) : Francis Labrique (UCL)*
- *réalisation : Sophie Labrique*

Éducation et culture

UCL Université catholique de Louvain

HEI INGÉNIEURS POUR LE MONDE

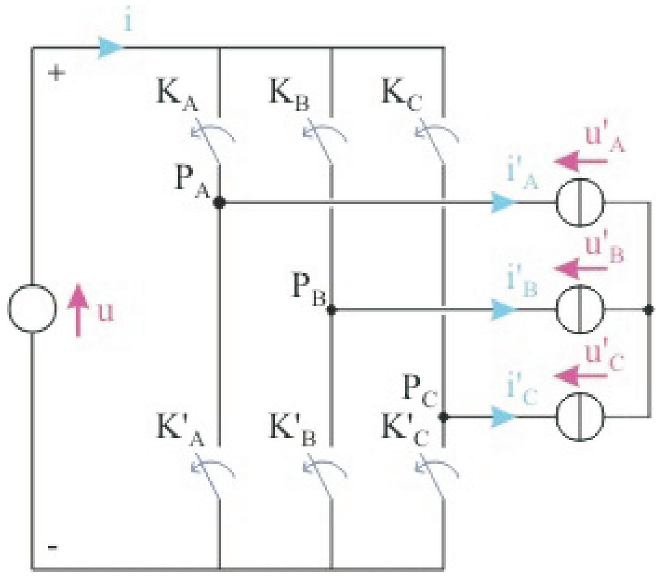
FACULTATEA DE ELECTROMECANICA

*Avec le soutien financier de la Commission Européenne. Le présent document n'engage que son(ses) auteur(s). La Commission ne saurait être tenue responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans ce document.*

# COMMANDE MLI DE L'ONDULEUR TRIPHASÉ

## RÉGLAGE DES TENSIONS $u'_A$, $u'_B$, $u'_C$

En appliquant une commande MLI aux trois bras, on impose aux potentiels $P_A$, $P_B$, $P_C$ de suivre en moyenne les ondes de références $P_{Aw}$, $P_{Bw}$, $P_{Cw}$ (figure 1).




• Si la charge est triphasée équilibrée à neutre isolé, on a en valeurs instantanées :

$$u'_A = 2/3P_A - 1/3P_B - 1/3P_C$$

$$u'_B = 2/3P_B - 1/3P_A - 1/3P_C$$

$$u'_C = 2/3P_C - 1/3P_A - 1/3P_B$$

• Ces relations sont aussi vraies en valeurs moyennes :

$$\begin{aligned} < u'_A(t) > &= \frac{1}{T}\int_{t-T/2}^{t+T/2} u'_A dt = \frac{2}{3} < P_A > -\frac{1}{3} < P_B > -\frac{1}{3} < P_C > \\ &\simeq \left[\frac{2}{3}P_{Aw}(t) - \frac{1}{3}P_{Bw}(t) - \frac{1}{3}P_{Cw}(t)\right]\frac{U/2}{\xi_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} < u'_B(t) > &= \frac{1}{T}\int_{t-T/2}^{t+T/2} u'_B dt = \frac{2}{3} < P_B > -\frac{1}{3} < P_A > -\frac{1}{3} < P_C > \\ &\simeq \left[\frac{2}{3}P_{Bw}(t) - \frac{1}{3}P_{Aw}(t) - \frac{1}{3}P_{Cw}(t)\right]\frac{U/2}{\xi_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} < u'_C(t) > &= \frac{1}{T}\int_{t-T/2}^{t+T/2} u'_C dt = \frac{2}{3} < P_C > -\frac{1}{3} < P_A > -\frac{1}{3} < P_B > \\ &\simeq \left[\frac{2}{3}P_{Cw}(t) - \frac{1}{3}P_{Aw}(t) - \frac{1}{3}P_{Bw}(t)\right]\frac{U/2}{\xi_0} \end{aligned}$$

• Si on veut qu'en moyenne $u'_A$, $u'_B$, $u'_C$ suivent des valeurs de référence $u'_{Aw}(t)$, $u'_{Bw}(t)$, $u'_{Cw}(t)$, comme $u'_A + u'_B + u'_C = 0$, on doit imposer la même relation aux références

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

Il suffit de prendre (voir principe)

$$\begin{aligned} P_{Aw} &= u'_{Aw}\frac{\xi_0}{U/2} \\ P_{Bw} &= u'_{Bw}\frac{\xi_0}{U/2} \\ P_{Cw} &= u'_{Cw}\frac{\xi_0}{U/2} \end{aligned}$$

En effet, on a alors :

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

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

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

Mais on obtient aussi le résultat souhaité en posant :

$$\begin{aligned} P_{Aw}(t) &= u'_{Aw}(t)\frac{\xi_0}{U/2} + P_0(t) \\ P_{Bw}(t) &= u'_{Bw}(t)\frac{\xi_0}{U/2} + P_0(t) \\ P_{Cw}(t) &= u'_{Cw}(t)\frac{\xi_0}{U/2} + P_0(t) \end{aligned}$$

Le terme $P_0(t)$ ne fait que modifier les durées des intervalles durant lesquels on a simultanément $K_A$, $K_B$ et $K_C$ ON ou simultanément $K_A$, $K_B$ et $K_C$ OFF, c'est-à-dire modifier la manière dont on obtient $u'_A = u'_B = u'_C = 0$.

• **Modulation "sinus-triangle"**

En régime permanent les tensions qu'on veut appliquer à la charge sont un système triphasé équilibré de tensions sinusoïdales :

$$\begin{aligned} u'_{Aw} &= U_0 \sin(\omega_r t) \\ u'_{Bw} &= U_0 \sin(\omega_r t - 2\pi/3) \\ u'_{Cw} &= U_0 \sin(\omega_r t - 4\pi/3) \end{aligned}$$

En modulation dite "sinus-triangle", on prend :

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

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

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

Comme on doit avoir

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

les tensions $u'_{Aw}$, $u'_{Bw}$, $u'_{Cw}$ doivent avoir une amplitude de crête $U_0$ telle que

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

On pose généralement

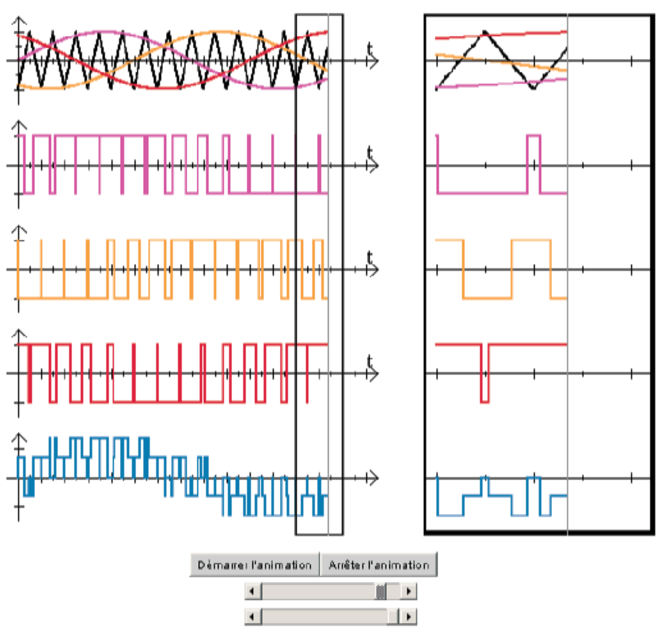
$$U_0 = r\,U/2 \qquad 0 < r < 1$$

ce qui permet d'écrire :

$$\begin{aligned} P_{Aw} &= r\xi_0 \sin(\omega t) \\ P_{Bw} &= r\xi_0 \sin(\omega t - 2\pi/3) \\ P_{Cw} &= r\xi_0 \sin(\omega t - 4\pi/3) \end{aligned}$$

Le coefficient $r$ est appelé le taux de modulation.
Si on normalise l'amplitude de la porteuse, c'est-à-dire si $\xi_0 = 1$, on a :

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




• **Modulation optimisée**

On peut optimiser la modulation par rapport à la modulation "sinus triangle" en prenant :

$$
\begin{aligned}
P_{Aw} &= r\sin(\omega t) + P_0(t)\\
P_{Bw} &= r\sin(\omega t - 2\pi/3) + P_0(t)\\
P_{Cw} &= r\sin(\omega t - 4\pi/3) + P_0(t)
\end{aligned}
$$

à condition de bien choisir $P_0(t)$.
Il suffit par exemple de choisir $P_0$ de manière à recentrer les références par rapport à la porteuse.
Si $u'_{jw}$ est la plus grande des tensions de référence et si $u'_{kw}$ est la plus petite des tensions de référence, on recentre les références en prenant

$$
P_0 = -\frac{(u'_{jw} + u'_{kw})}{2}\frac{\xi_0}{U/2}
$$

On peut alors aller jusqu'à une amplitude maximale des tensions égale à 1,15 $U/2$.