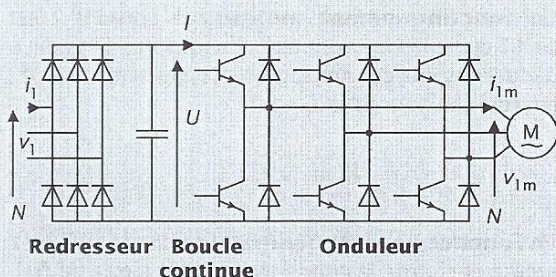


Fiche n° 5

Variateur pour moteurs asynchrones

- L'étude présente uniquement les variateurs à fréquence variable et à rapport U/f constant.

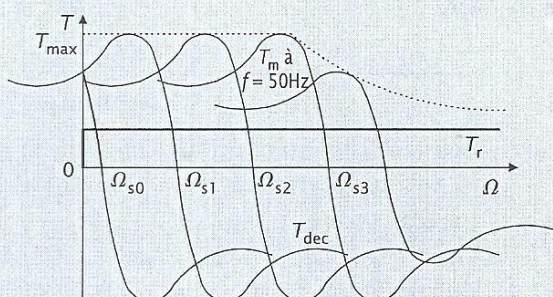
1. Structure de la partie puissance



Le redresseur monophasé ou triphasé permet de transformer l'énergie alternative en énergie continue.

L'onduleur recrée un réseau triphasé indépendant à tension et fréquence variable.

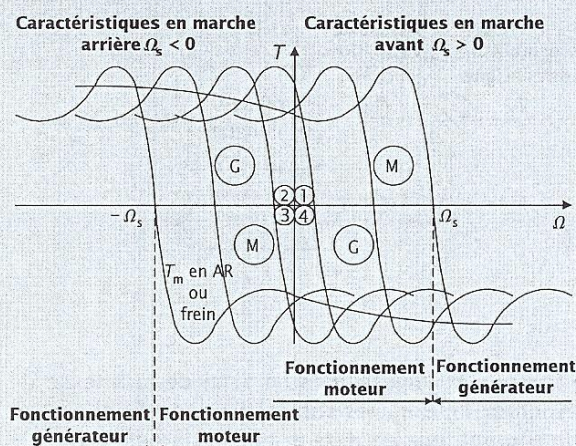
2. Caractéristiques électromécaniques machine variateur



La variation de fréquence permet de déplacer la vitesse de synchronisme Ω_s . Le fait de garder le rapport U/f constant permet de conserver le couple maximum. À la fréquence de 50 Hz, la tension est égale à U nominale.

Au-delà de 50 Hz, il n'est plus possible de conserver le rapport U/f constant car il faudrait alimenter le moteur sous une tension supérieure à U_n . La tension reste donc constante à U_n et le rapport U/f décroît.

3. Quadrants de fonctionnement



- Pour chaque courbe, il existe un fonctionnement moteur lorsque $\Omega < \Omega_s$ et un fonctionnement générateur lorsque $\Omega > \Omega_s$ aussi bien en marche avant qu'en marche arrière.

- La partie onduleur est réversible en puissance ; lorsque la machine fonctionne en génératrice, le courant I s'inverse dans la boucle continue.

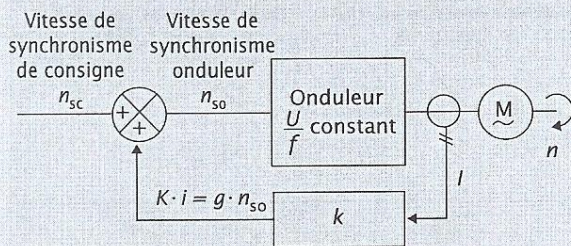
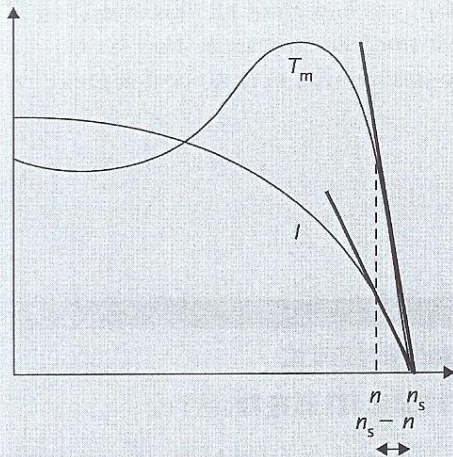
- En négligeant les pertes on obtient :

$$P_{\text{continu}} = U I = P_{\text{amas}} = T_{\text{em}} \Omega_s$$

$$\text{avec } U = \text{constante} \Rightarrow I = \frac{\Omega_s}{U} T_{\text{em}}$$

- Pour un Ω_s donné, le courant I représente le couple de la machine asynchrone.

4. Compensation de glissement



• Lorsque la vitesse n est proche de la vitesse de synchronisme n_s , les caractéristiques de couple et de courant peuvent être assimilées à des droites.

• Le couple T est proportionnel à $n_s - n = g n_s$.

Le courant I est également proportionnel à $n_s - n = g n_s$.

• La compensation de glissement consiste à augmenter la vitesse de synchronisme n_s proportionnellement au courant pour avoir une vitesse n constante quel que soit le couple.

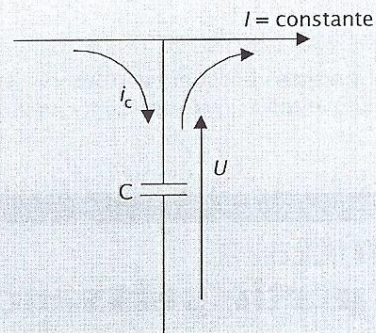
• La boucle additionneur/onduleur/retour courant donne la relation :

$$n_{s0} = n_{sc} + g n_{s0} \rightarrow n_{s0} = \frac{n_{sc}}{1-g}$$

• La vitesse du moteur est donc :

$$g = \frac{n_{s0} - n}{n_{s0}} \rightarrow n = n_{s0} \cdot (1 - g) \Rightarrow n = n_{sc}$$

5. Module de freinage



• En **fonctionnement moteur**, le courant I est positif et peut être supposé constant. La tension U aux bornes du condensateur est quasi constante, l'énergie stockée dans C vaut :

$$W_c = \frac{1}{2} C U^2$$

• En **fonctionnement génératrice**, le courant I est inversé et charge le condensateur. L'énergie de freinage est stockée dans le condensateur.

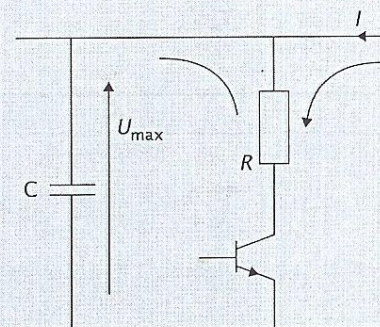
$$W_c = \frac{1}{2} C U^2 + W_f$$

• La tension U croît mais ne doit en aucun cas dépasser la valeur U_{max} indiquée par le constructeur.

$$W_c = \frac{1}{2} C U^2 + W_f < \frac{1}{2} C U_{max}^2$$

$$\Rightarrow W_f < \frac{1}{2} C (U_{max}^2 - U^2)$$

• Si l'énergie de freinage est trop importante, il faut prévoir une résistance de dissipation. Cette résistance doit être capable de dissiper toute l'énergie de freinage.



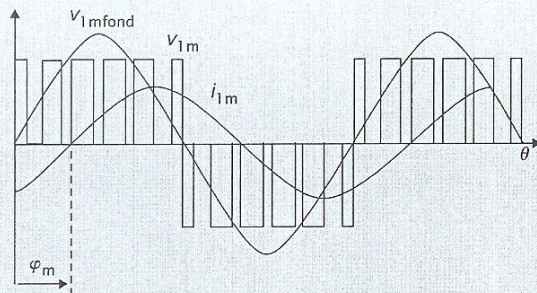
$$P_r = \frac{U_{max}^2}{R} > P_f \Rightarrow R < \frac{U_{max}^2}{P_f} = \frac{U_{max}^2}{W_f} t_f$$

avec t_f temps de freinage.

6. Formes d'ondes

6.1 Fonctionnement moteur

a) Formes d'ondes côté moteur



- Puissance absorbée par la machine :

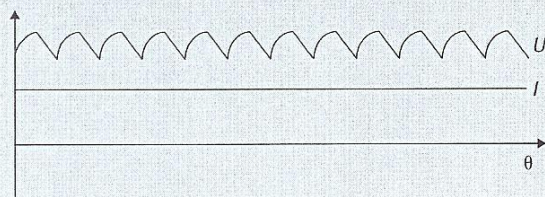
$$P_a = 3 \frac{1}{T} \int_0^T v_{1m} i_{1m} dt$$

v_{1m} , i_{1m} tension et courant instantané dans une phase du moteur.

$$P_a = 3 V_{1mfond} I_{1m} \cos \varphi_m$$

V_{1mfond} : valeur efficace du fondamental de la tension v_1 .
 I_{1m} : valeur efficace du courant i_{1m} supposé sinusoïdal.
 φ_m : déphasage entre i_1 et v_{1fond} .

b) Formes d'ondes de la boucle continue



- Puissance dans la boucle continue :

Si le filtrage est suffisant alors :

$$P_c = U I$$

c) Formes d'ondes côté réseau

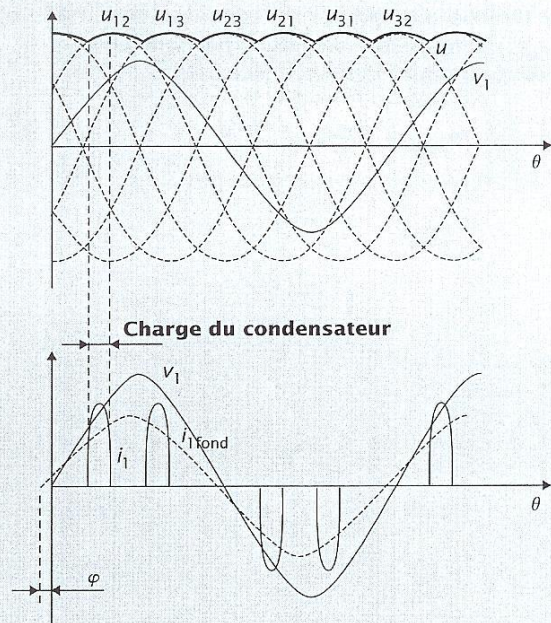
- Puissance absorbée au réseau :

$$P_r = 3 \frac{1}{T} \int_0^T v_1 i_1 dt$$

v_1 , i_1 tension et courant instantané dans une phase du réseau.

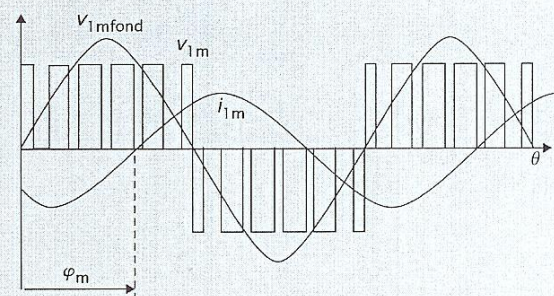
$$P_r = 3 V_1 I_{1fond} \cos \varphi$$

I_{1fond} : valeur efficace du fondamental de i_1 .
 φ : déphasage entre I_{1fond} et v_1 .



6.2 Fonctionnement génératrice

a) Formes d'ondes côté moteur

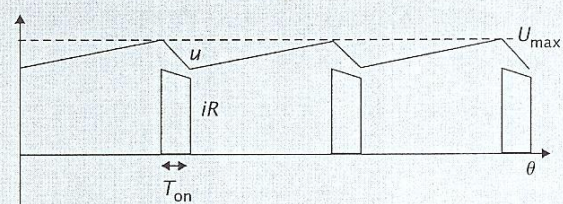


$$P_a = 3 V_{1mfond} I_{1m} \cos \varphi_m$$

V_{1mfond} : valeur efficace du fondamental de la tension v_1 .
 I_{1m} : valeur efficace du courant i_{1m} supposé sinusoïdal.
 φ_m : déphasage entre i_1 et v_{1fond} .

Ici φ_m est supérieur à $90^\circ \rightarrow$ la puissance P_a est négative.

b) Formes d'ondes de la boucle continue



- Lorsque la tension aux bornes du condensateur dépasse $U_{\max}$, le transistor se sature pendant le temps T_{on} ce qui a pour effet de le décharger.

$$iR_{\max} = \frac{U_{\max}}{R}$$

c) Formes d'ondes côté réseau

Il n'y a pas de courant consommé côté réseau car un pont de diode est irréversible en courant comme en tension. Les diodes sont bloquées car $U_c > U_{c \max}$.