

TP 3 ETL 622/LICENCE ELT/ U. Batna 2 / 2020

ASSOCIATION ONDULEUR (MLI) MACHINE A COURANT ALTERNATIF : MOTEUR ASYNCHROME A CAGE D'ECUREUIL

NB : Ce document est un prélude de préparation du TP 3

1. Intérêt du TP

Un onduleur de tension à modulation de largeur d'impulsion permet d'alimenter toute machine à courant alternatif, *AC-machine*, particulièrement un moteur asynchrone, avec une tension variable en amplitude et en fréquence entre autre pour faire varier sa vitesse dans des conditions de magnétisation optimale, voir figure1. L'énergie électrique appelée du réseau est redressée en continue ensuite filtrée (L, C) et enfin ondulée par l'onduleur alimentant le moteur en tension et fréquence variable. On passe de 50 Hz fixe vers une fréquence variable à volonté au niveau de la machine. En mode commande des machines AC, les commandes en fréquence représentent celles qui sont efficiente du point de vue rendement et performances énergétiques voire automatique (Commande vectorielle, par exemple)...

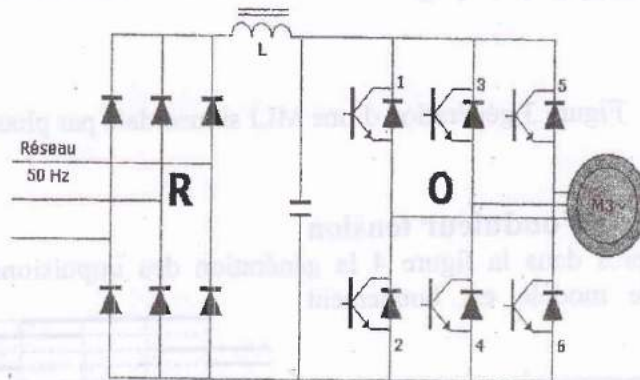
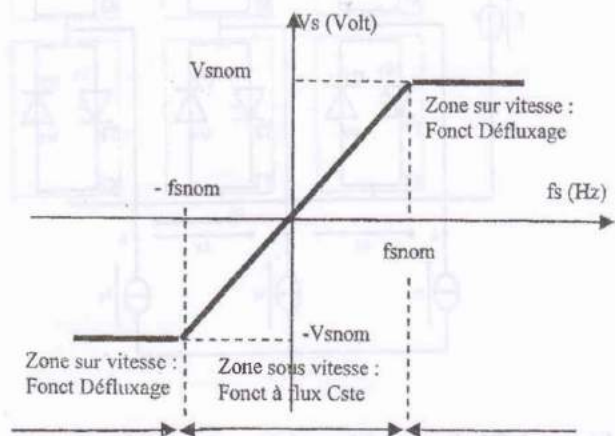


Figure 1 association Onduleur -Machine asynchrone triphasée

Les conditions optimales de fonctionnement en sous vitesses et survitesses de la machine sont obtenues lorsque la machine est commandée en $V/f = \text{Constante}$ pour les sous vitesses pilotées par les fréquences allant de zéro à la fréquence nominale (zone de fonctionnement à flux constant). Pour les survitesses, définissant la zone de fonctionnement en défluxage (du flux), la tension est maintenue constante et est égale à la tension nominale et donc la fréquence devient variable au delà du nominal, voir figure 2.



1 Figure 2 Fonctionnement Optimal MAS (Loi V/F)

2. C'est quoi cet onduleur à MLI?

Le signal de référence qui est la sinusoïde qu'on veut appliquer à la phase du moteur triphasé est comparé au signal triangulaire dit porteuse haute fréquence. Cette comparaison génère une tension hachée au niveau de la machine et donc par intégration on fait circuler un courant (une série de réponses exponentielles), donné ici en sinusoïde pour le fondamental (figure 3 à gauche) et dans sa vraie forme (figure 3 à droite).

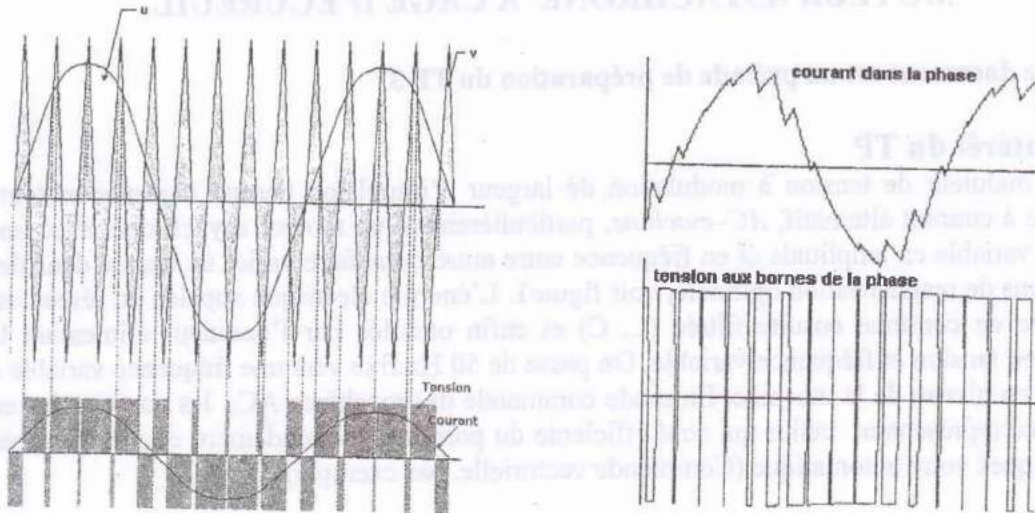


Figure 3 génération d'une MLI sinusoïdale par phase

3. Modélisation de l'onduleur tension

On donne ci-après dans la figure 4 la génération des impulsions d'un onduleur de tension et dont le modèle est bonnement utilisé.

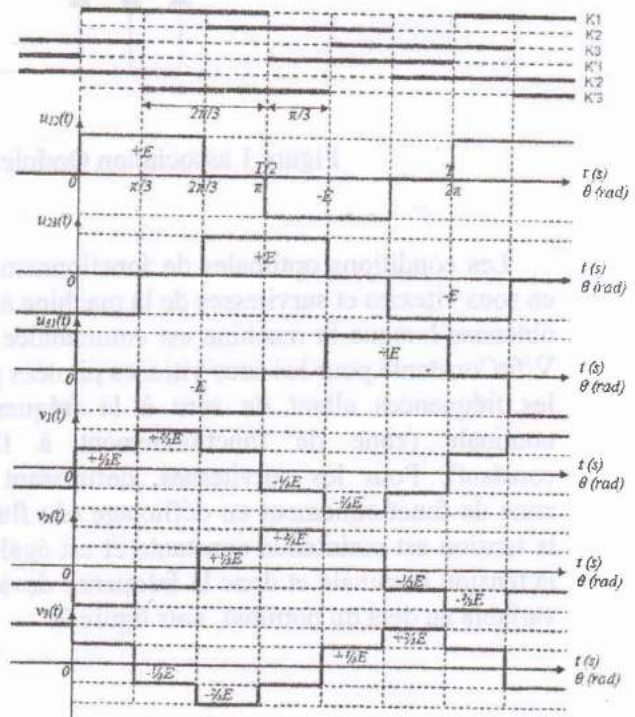
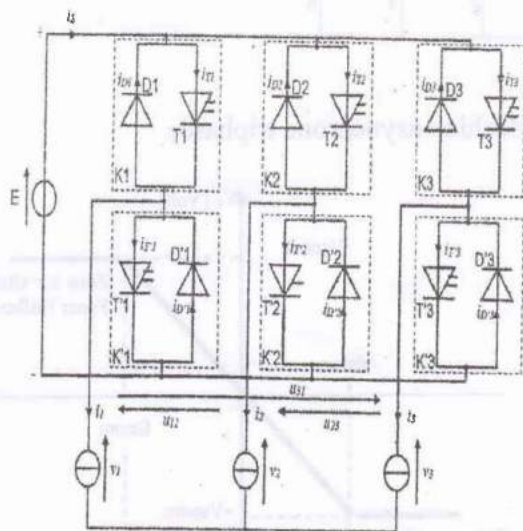


Figure 4 Génération d'impulsions Onduleur de tension

- (*) K_1, K_2 et K_3 sont les impulsions triphasées carrées générées par la commande, alors que K_1', K_2' et K_3' sont les impulsions disjointes respectives (Si $K_{1,2,3}=1$ alors $K_{1',2',3'}=0$).
- (*) Les différences respectivement effectuées sur K_1, K_2 et K_3 produisent, à une amplification près de la tension continue E , les tensions composées u_{12}, u_{23} et u_{31} .
- (*) Les tensions simples des phases sont calculées comme selon le développement suivant.

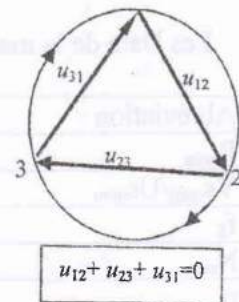
Pour un système de tension simple équilibré on a $\forall t, v_1(t) + v_2(t) + v_3(t) = 0$ et qui veut dire qu'il n'y aurait jamais d'harmonique 3 et multiple de 3 dans les tensions.

D'autre part, d'après le schéma de la figure 4 on peut écrire aussi

$$u_{12}(t) = v_1(t) - v_2(t)$$

$$u_{23}(t) = v_2(t) - v_3(t)$$

$$u_{31}(t) = v_3(t) - v_1(t)$$



A tour de rôle, calculons les différences

$$u_{12}(t) - u_{31}(t), u_{23}(t) - u_{12}(t) \text{ et } u_{31}(t) - u_{23}(t)$$

$$\text{Où, } u_{12}(t) - u_{31}(t) = v_1(t) - v_2(t) - v_3(t) + v_1(t) = 2v_1(t) - v_2(t) - v_3(t)$$

Et donc on peut obtenir les tensions par simple différences des tensions composées divisées par 3 telles que:

$$v_1(t) = 1/3(u_{12}(t) - u_{31}(t)), v_2(t) = 1/3(u_{23}(t) - u_{12}(t)) \text{ et } v_3(t) = 1/3(u_{31}(t) - u_{23}(t))$$

On pourra utiliser un point fictif médian 0 tels que par exemple pour $u_{12} = u_{10} + u_{02} = u_{10} - u_{20}$ où on peut écrire que $u_{10} = (K_1 - 1/2) \cdot E$ et $u_{20} = (K_2 - 1/2) \cdot E$. Enfin le généraliser pour obtenir le modèle matriciel de l'onduleur

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = E \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 2/3 & -1/3 & -1/3 \\ -1/3 & 2/3 & -1/3 \\ -1/3 & -1/3 & 2/3 \end{bmatrix}}_{T_{OND}} \cdot \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix}$$

4. Modélisation succincte d'une machine asynchrone

On adopte le schéma équivalent suivant comme illustré sur la figure 5.

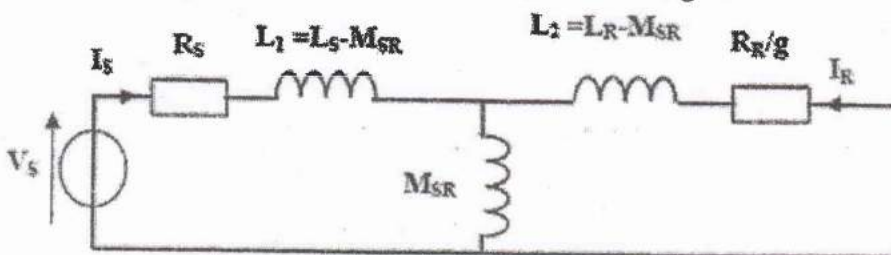


Figure 5 Schéma équivalent machine asynchrone

Le glissement g est donné par $g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = \frac{60f_s - pN}{60f_s}$ et caractérise la charge du couple résistant C_r .

(4*1) En utilisant le schéma équivalent de la figure 5, montrer que l'on peut obtenir le système d'équation suivant

$$\begin{pmatrix} V_S \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_S + jL_S\omega_s & jM_{SR}\omega_s \\ jM_{SR}\omega_s & R_R/g + jL_R\omega_s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_S \\ I_R \end{pmatrix} \quad \text{où, } \omega_s = 2\pi f_s$$

Le couple électromagnétique est $C_e = 3 \cdot p \cdot \frac{(R_R/g)I_R^2}{2\pi f_s}$

Les Data de la machine sont les suivants

Abréviation	Définition	Valeur	Unité SI
P_{nom}	Puissance utile de la machine	4,...	kW
V_{Snom}/U_{Snom}	Tension triphasée nominale	220/380	V
f_s	Fréquence nominale	50	Hz
N_{om}	Vitesse nominale	1458.5	tr/mn
p	Nombre de paire de pôles	2	
R_S	Résistance du stator	1,2	Ω
R_R	Résistance du rotor	1,8	Ω
L_S	Inductance cyclique stator	0,1568	H
L_R	Inductance cyclique rotor	0,1567	H
M_{SR}	Inductance cyclique mutuelle	0.1500	H
J	Moment d'inertie	0,05	Kgm ²

(4*2) Déterminer pour le point nominal, les courants du stator et du rotor ainsi que le couple nominal C_{nom} .

(4*3) Que veut dire $g=0$; $g \rightarrow \infty$ et $g=1$? Quel le cas le plus sévère pour g ? Expliquer.

(4*4) Comment devient le schéma équivalent pour ces cas spécifiques du glissement g ?

