

Convoyeur à palettes

Un convoyeur à palette est entraîné à vitesse variable par un moteur asynchrone triphasé à cage d'une puissance utile de 3kW. Pour cela on met en œuvre une structure de type onduleur triphasé alimenté par le réseau alternatif triphasé

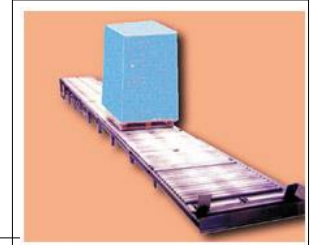
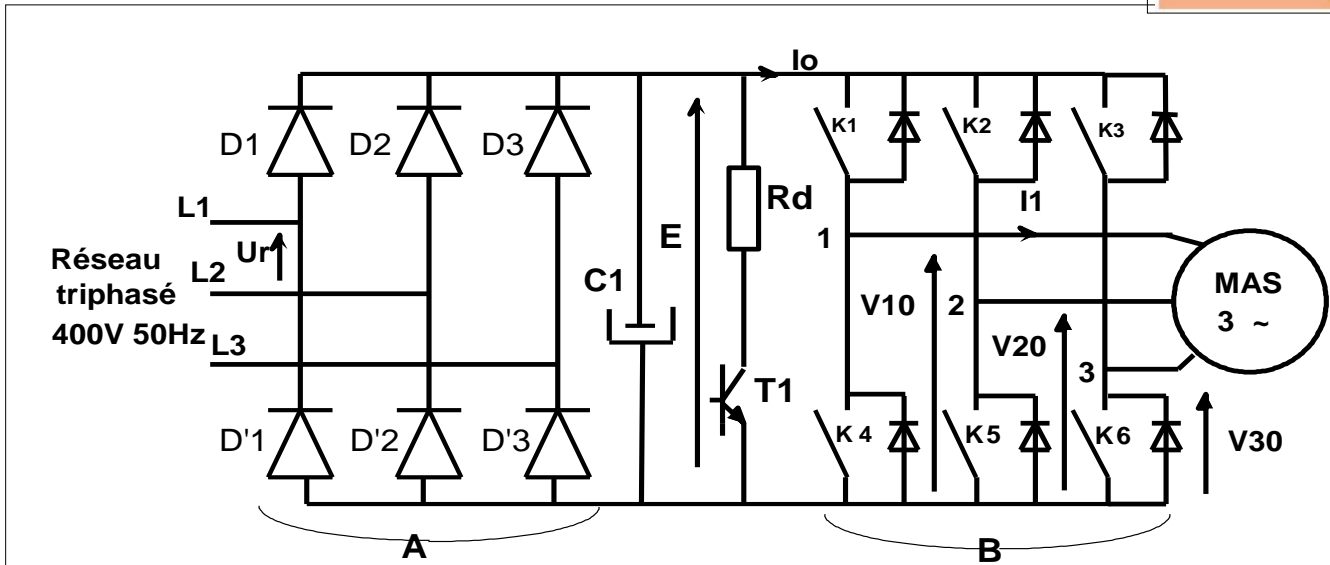


Schéma structurel et notations



1 Fonctions du variateur, réversibilité :

1.1 Donner le nom et le rôle des fonctions repérées A et B.

1.2 Proposer un composant permettant de réaliser les interrupteurs K_i . Indiquer comment on nomme l'association de K_i parallèle avec D_i .

1.3 Vérifier les règles d'association des sources (permanentes et transitoires) du réseau alternatif à la machine asynchrone en justifiant point par point. Montrer qu'il est nécessaire d'ajouter une inductance de filtrage L à un endroit que vous préciserez.

Le condensateur $C1$ permet un comportement en source de tension réversible en courant pour les régimes transitoires de très courtes durées. La valeur du condensateur est $C1 = 1000\mu\text{F}$.

Néanmoins, la machine associée à l'onduleur peut fonctionner en récupération (génératrice asynchrone) et le courant I_o prend alors une valeur moyenne négative.

Ainsi le moteur lancé entraîne :

- une charge de masse $m = 500 \text{ kg}$ en translation à une vitesse $v = 10 \text{ km/h}$
- son propre rotor de moment d'inertie $J_m = 0,3 \text{ kg.m}^2$ en rotation à 1500 tr/min
- une cinématique dont le moment d'inertie est $J_c = 3 \text{ kg.m}^2$ au travers d'un réducteur de rapport $R = 1/10$

Lors d'une phase de ralentissement, l'ensemble des masses en mouvement doit passer à une vitesse nulle en un temps relativement court lors d'un arrêt d'urgence par exemple.

1.4 Discuter de la réversibilité énergétique de la structure complète entre machine électrique et réseau. Justifier votre réponse en exposant les problèmes posés.

1.5 Exprimer et calculer l'énergie cinétique totale du système pour les vitesses indiquées.

Lors de l'arrêt en mode récupératif, la transformation électromécanique se fait avec un rendement de 90%.

1.6 Déterminer alors l'énergie récupérable en Joules et montrer que la tension aux bornes du condensateur $C1$ va atteindre un niveau trop élevé en utilisant la relation $\Delta W_c = \frac{1}{2} (C \cdot \Delta U_c^2)$ liant la variation d'énergie dans le condensateur et la variation de tension à ces bornes.

1.7 Indiquer alors le rôle de la résistance R_d et la condition qui la mettra en service.

L'arrêt a lieu en $0,5 \text{ s}$ et un cycle de fonctionnement complet de la machine dure 5 s .

1.8 Déterminer la puissance $P_{r_{\max}}$ dissipée dans la résistance R_d lors du ralentissement ainsi que la puissance moyenne $\langle P_r \rangle$ dissipée dans R_d lors d'un cycle. Représenter le graphe de la puissance dans R_d en tant que phénomène périodique.

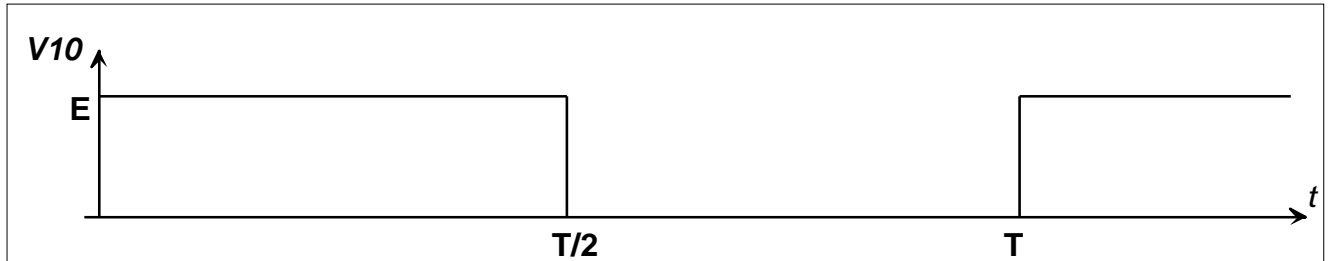
2 Principe de fonctionnement de l'onduleur de tension :

On suppose la valeur de C1 suffisante pour lisser la tension redressée par le pont triphasé à la valeur maximale de la tension composée U_r entre phases. On obtient ainsi une source de tension continue de valeur E.

2.1 Exprimer et calculer la valeur de E.

Commande en créneau pleine onde

La tension entre le point milieu du premier bras de l'onduleur et la borne négative de la source E, notée V_{10} , a pour allure en fonction du temps.



2.2 Les tensions V_{20} et V_{30} sont décalées respectivement de $-T/3$ et $-2T/3$ en retard par rapport à V_{10} .

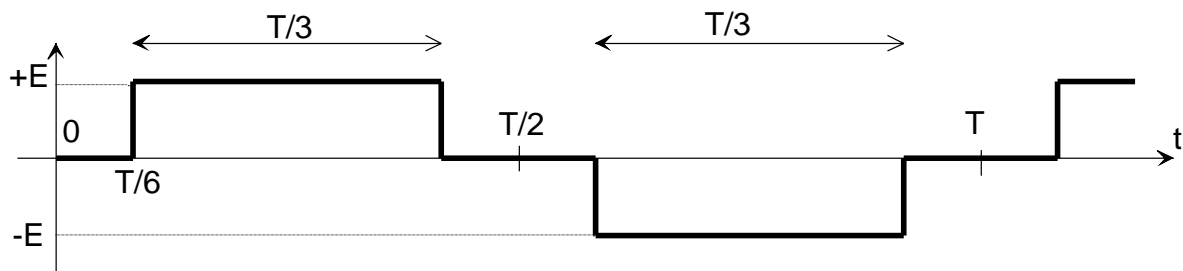
2.2.1 Tracer les tensions V_{10} , V_{20} et V_{30} sur le document réponse DR1.

2.2.2 Compléter ce document par les intervalles de conduction des différentes cellules repérés C1 à C6.

2.2.3 Dédire les tensions composées entre les bras de l'onduleur pris deux à deux et notées, U_{12} , U_{23} et U_{31} .

2.3 Donner la nature de l'impédance des enroulements du moteur, et justifier l'emploi de diodes en antiparallèle pour chacun des interrupteurs K.

On considère l'allure d'une tension composée $u(t)$ ci-dessous.



2.4 Reprendre cette courbe sur feuille et exprimer par un calcul intégral la valeur efficace U_{eff} de la tension $u(t)$, en fonction de E.

Faire l'application numérique si on retient $E = 560V$.

2.5 La décomposition en série de Fourier de la tension $u(t)$ a pour expression (2 premiers termes) :

$$u(t) = \frac{2E\sqrt{3}}{\pi} \left[\sin(\omega t) - \frac{1}{5} \sin(5\omega t) + \dots \right]$$

2.6 Calculer le taux de distorsion harmonique (THD) de la tension défini par :

$$THD(\%) = 100 \cdot \frac{\sqrt{U_{eff}^2 - U_1^2}}{U_1} \quad \text{avec } U_1 \text{ valeur efficace du fondamental.}$$

2.7 On tolère pour ce type d'application $THD(\%) < 15\%$. Commenter le résultat obtenu et ses conséquences sur le comportement du moteur.

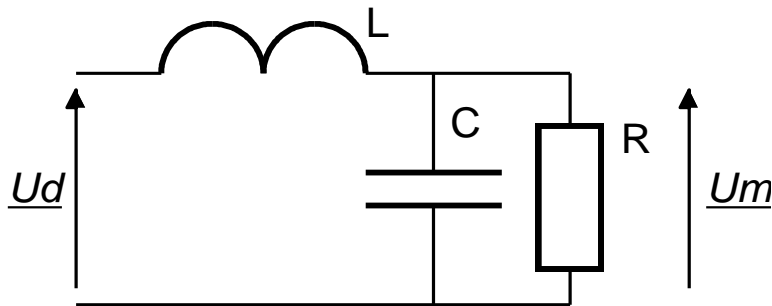
2.8 Proposer une autre méthode de commande des interrupteurs qu'un mode pleine onde, et esquisser alors l'allure d'une tension $U_{12}(t)$ sur une période.

2.9 Représenter alors le spectre de la tension si la fréquence de modulation est $f_m = 40\text{Hz}$ et celle de découpage est $f_d = 8\text{kHz}$.

3 Etude du filtre du bus continu*, dimensionnement de l'inductance.

* On appelle bus continu, la liaison entre les parties A et B du variateur.

Ce filtre, avec la charge raccordée en sortie, est modélisé par le schéma élémentaire suivant :



On ajoute une inductance L pour améliorer le taux de distorsion harmonique de courant appelé au secteur et assurer la bonne association des sources.

La valeur de C est celle de C1 soit 1000 μ F et celle de R est de 100 ohms.

On raisonne avec les grandeurs complexes.

3.1 Etablir la fonction de transfert et la mettre sous la forme

$$\underline{H}_{(j\omega)} = \frac{\underline{U}_{m(j\omega)}}{\underline{U}_{d(j\omega)}} = \frac{K_0}{1 + j \frac{2m\omega}{\omega_0} + \frac{j\omega}{\omega_0}^2}$$

3.2 Exprimer les paramètres K_0 , ω_0 et m en fonction des éléments R, L et C.

3.3 Esquisser le diagramme asymptotique de BODE en gain et phase de la fonction \underline{H} .

3.4 En sortie du redresseur, la tension $\underline{u}_D(t)$ est la somme :

- D'une composante continue égale à 560V notée \underline{U}_{D0} (tension moyenne redressée),
- D'une ondulation d'amplitude 5V et de fréquence égale à 6 fois celle du réseau notée \underline{U}_{D1} .

L'ondulation est approximée par son fondamental, il s'agit donc d'une grandeur purement sinusoïdale.

3.5 Donner la valeur de la fréquence de l'ondulation f_{ond} (Hz) et celle de sa pulsation ω_{ond} (rd/s).

3.4 Esquisser l'allure de $\underline{u}_D(t)$ avec toutes les indications utiles et exprimer $\underline{u}_D(t)$ numériquement avec les valeurs connues.

3.6 Situer sur le tracé de gain de \underline{H} , les deux composantes de $\underline{u}_D(t)$ sur l'axe des pulsations.

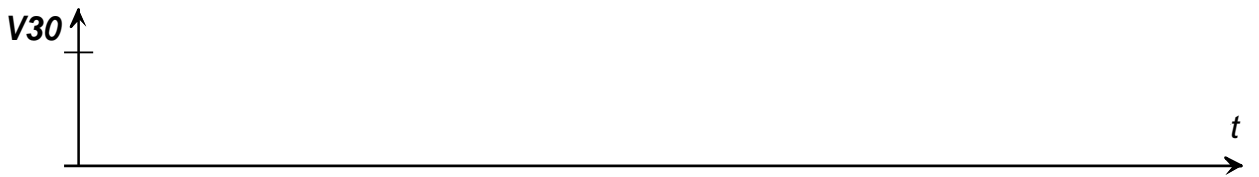
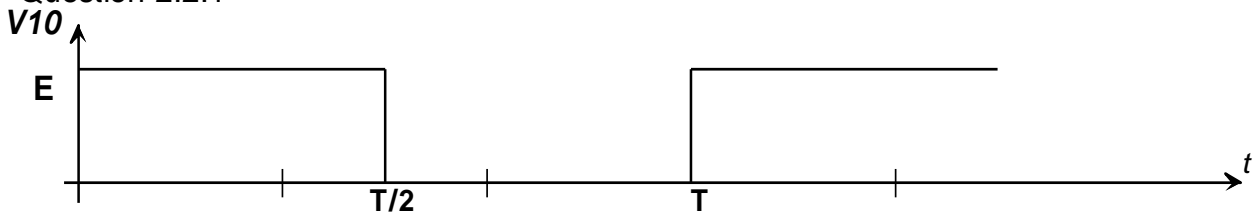
3.7 Déduire la valeur de la composante continue **notée** \underline{U}_{m0} en sortie de filtre.

3.8 Donner la relation qui permet de trouver la valeur numérique de l'ondulation de tension de sortie notée \underline{U}_{m1} .

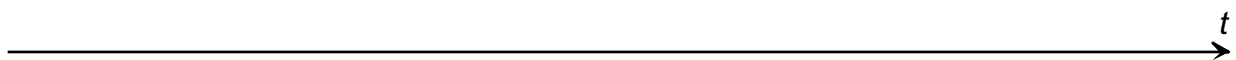
3.9 Déterminer* alors la valeur de L permettant d'atténuer l'ondulation de $\underline{u}_D(t)$ de 40dB.

* **L'utilisation du tracé asymptotique de gain, permet de trouver la solution sans utiliser la réponse à la question 3.8.**

Question 2.2.1



Question 2.2.2 (Intervalles de conduction)



Question 2.2.3 (tensions composées)

