

INPT-ENSEEIH

1^{ère} année Génie Electrique - Automatique

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

COURS DE H.FOCH

21/05/03

Durée 2 h (avec documents réduits à 1 fiche A4)

On se propose d'étudier l'alimentation d'un équipement de « chauffage par induction ».

Cette alimentation est constituée d'une *source de courant électronique* (hacheur ou redresseur) commutée par un *commutateur de courant* afin de fournir un courant alternatif rectangulaire à un *inducteur* couplé à la charge et *compensé* (accordé).

L'étude va porter sur les trois constituants de ce dispositif.

Partie I : L'inducteur et sa compensation

Le principe du « chauffage par induction » consiste à induire, au moyen d'une bobine (l'inducteur), des courants alternatifs (généralement de fréquence élevée – quelques kHz à quelques centaines de kHz) dans une pièce conductrice résistive qui se trouve échauffée par les pertes ohmiques dues à la circulation de ces courants.

Un schéma équivalent (très) simplifié peut se présenter sous forme d'une mise en parallèle de la résistance à chauffer, R_{ch} , et d'une inductance représentative de l'inducteur, L_{ind} .

A la fréquence de travail, F_{osc} :

$$R_{ch} \gg L_{ind} * \omega_{osc}$$

La compensation consiste à neutraliser l'effet de l'inductance par un condensateur d'accord, C_{acc} , placé en parallèle avec l'ensemble R_{ch} , L_{ind} .

Ce condensateur doit être tel que, à la fréquence de travail souhaitée (F_{osc}), le courant détourné par le condensateur soit strictement égal et opposé à celui détourné par l'inductance. Dans ces conditions (à la fréquence F_{osc}), la charge totale à alimenter se ramène à la seule résistance R_{ch} .

En instantané, le circuit parallèle $R_{ch} // L_{ind} // C_{acc}$ est-il équivalent à une source de tension ou une source de courant et pourquoi ?

Doit-il donc être alimenté par une source de courant alternatif ou de tension alternative et pourquoi ?

Application numérique :

$$R_{ch} = 10 \Omega$$

$$L_{ind} = 8 \mu H$$

$$F_{osc} = 20 \text{ kHz}$$

Déterminer la valeur du condensateur d'accord à 20 kHz : C_{acc}

On injecte dans l'ensemble RLC un courant tel que la tension aux bornes du circuit ait une valeur de 200 V eff.

Calculer la puissance reçue par la pièce à chauffer.

Déterminer la valeur des courants qui circulent dans L_{ind} et dans C_{acc} .

Partie II : Le commutateur de courant

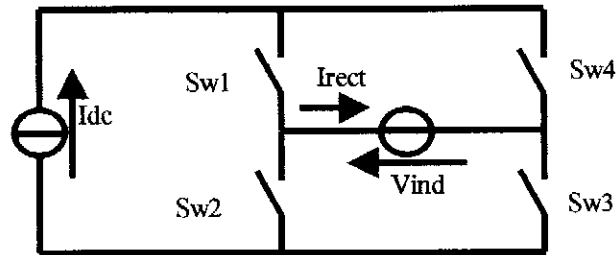
On assimile l'ensemble précédent à une source de tension alternative supposée sinusoïdale, V_{ind} , à 20 kHz.

On désire concevoir une source de courant alternatif susceptible d'alimenter la source V_{ind} .

Expliquer pourquoi, sous l'aspect énergétique, la forme du courant alternatif importe peu si l'on fait l'hypothèse que V_{ind} est sinusoïdale.

Expliquer, en particulier, pourquoi le courant alternatif peut être simplement rectangulaire et pourquoi ses harmoniques ne créent aucune puissance.

Etudier une structure de conversion en pont à 4 interrupteurs susceptible de créer cette source de courant rectangulaire 180°, I_{rect} , à partir d'une source de courant continu, I_{dc} , supposée constante (bien filtrée).



- Figure 1 -

Identifier les deux cellules de commutation qui constituent ce convertisseur et rappeler les règles de commande que doivent respecter les 4 interrupteurs.

Ce montage est-il dévolteur ou survolteur si l'on raisonne dans le sens « source de courant, I_{dc} , vers source de tension, V_{ind} » ?

Proposer une commande 180°, non modulée, des 4 interrupteurs en prenant référence de fréquence et de phase sur la tension V_{ind} .

Le courant rectangulaire I_{rect} n'est *pas forcément en phase* avec V_{ind} .

Combien la caractéristique statique des interrupteurs Sw1 à Sw4 doit-elle posséder de segments distincts.

En choisissant un cas de déphasage *avant* du courant I_{rect} par rapport à la tension V_{ind} , dessiner un chronogramme faisant référence à V_{ind} et représentant les 4 courants des 4 interrupteurs Sw1 à Sw4. Représenter, de même, la tension aux bornes de l'un des interrupteurs, Sw1, par exemple. Déterminer, en fonction des valeurs de I_{dc} et de V_{ind} , les tenues en courant et en tension nécessaires pour les interrupteurs Sw1 à Sw4.

Donner un exemple de composant(s) semiconducteur(s) susceptible(s) de jouer le rôle des interrupteurs Sw1 à Sw4 (on prendra en considération les caractéristiques statiques nécessaires ... mais aussi la gamme de fréquence visée ~ 20kHz). Discuter.

Partie III : La source de courant électronique

On cherche maintenant à réaliser la source de courant continu, I_{dc} , qui alimente le « commutateur de courant » de la figure 1.

La puissance totale du dispositif est fournie par un réseau alternatif triphasé 400v/50Hz.

La « source de courant électronique » doit *supporter et fournir les courants des courts-circuits* (fréquents dans les applications industrielles) de la charge.

III – 1 – Première alternative : Proposer un schéma de convertisseur direct qui, à partir du réseau *de tension* triphasé, permette de réaliser une *source de courant* continu.

Comment appelle-t-on généralement ce convertisseur ?

Quels types de semiconducteurs doit-on utiliser pour le constituer ?

Quel élément passif doit-on intercaler entre ce convertisseur et le commutateur de courant ? Comment le dimensionner ?

Quel type de commande doit-on appliquer aux semiconducteurs qui vont le constituer : une commande en boucle ouverte de tension ou une commande en boucle fermée de courant ?

III – 2 – Deuxième alternative : On redresse, tout d'abord, les tensions alternatives du réseau par un pont de diodes, suivi d'un filtre capacitif qui procure une *source de tension* continue supposée constante (bien filtrée).

Quel type de montage peut-on alors utiliser pour créer la *source de courant continu souhaitée* ?

Quels types de semiconducteurs doit-on utiliser pour le constituer ?

Quel élément passif doit-on intercaler entre ce dernier convertisseur et le commutateur de courant ? Comment le dimensionner ?

Quel type de commande doit-on appliquer au(x) semiconducteur(s) qui le constitue(nt) : une commande en boucle ouverte de tension ou une commande en boucle fermée de courant ?