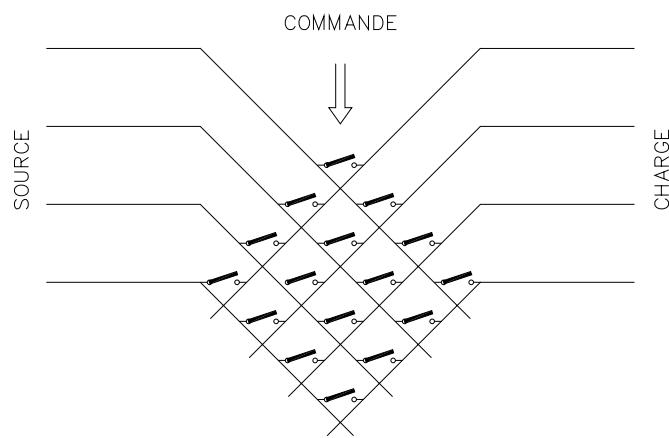


Électronique de Puissance



L'électronique de puissance est une
électronique de commutation

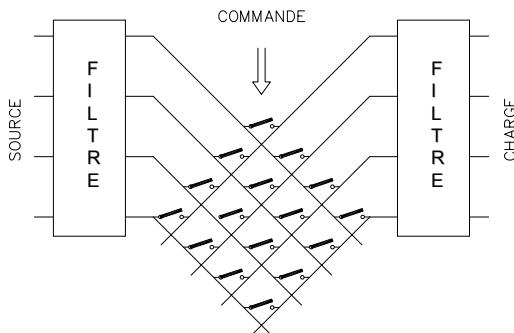


Faible dissipation dans les composants

Bon rendement énergétique



L'électronique de puissance est une électronique de commutation



Pour améliorer les formes d'onde des grandeurs électriques aux accès
importance du FILTRAGE - par la SOURCE ou la CHARGE
- par des FILTRES ADDITIONNELS

3



Les interrupteurs de l'électronique de puissance

- ✉ L'interrupteur non commandable : la fonction diode
- ✉ L'interrupteur commandé à la fermeture et à l'ouverture : la fonction transistor
- ✉ L'interrupteur commandé seulement à la fermeture : la fonction thyristor

4



La fonction diode

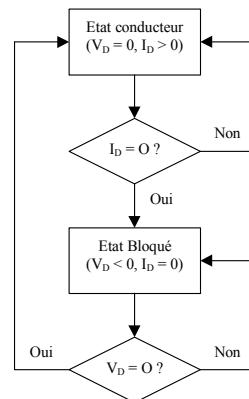
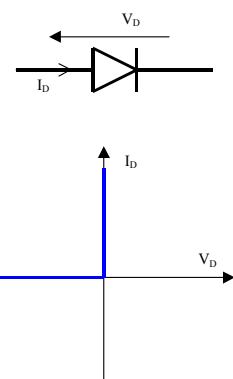
✉ Un interrupteur à ouverture et à fermeture spontanée

- il s'ouvre (cessé de conduire) quand le courant qui le traverse s'annule (descend en dessous d'une certaine valeur appelée courant de maintien).
- il se ferme (conduit) quand la tension à ses bornes devient positive (dépasse une certaine valeur appelée tension de seuil).

5



La fonction diode

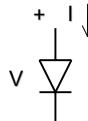
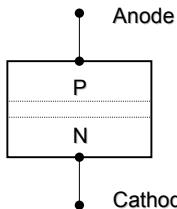


6

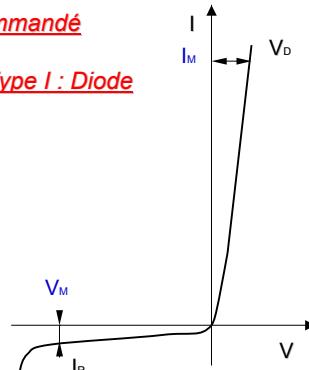


La fonction Diode

Interrupteur de puissance non commandé



Type I : Diode



- Courant direct maximum I_M limité par la puissance dissipée et le refroidissement.

- Tension inverse maximum V_M limitée par le *claquage* de la diode en inverse.

PUISSEANCE APPARENTE: $S_M = I_M \times V_M$

7



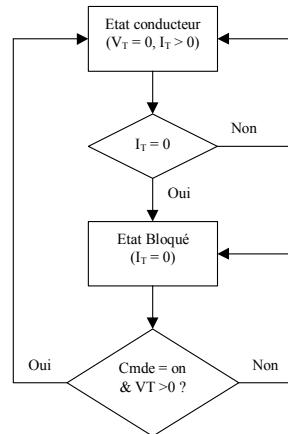
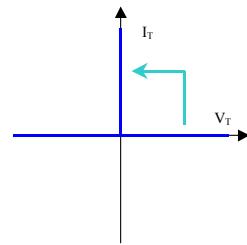
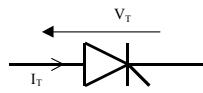
La fonction thyristor

✉ Un interrupteur à ouverture spontanée et à fermeture commandée

- il s'ouvre (cessé de conduire) quand le courant qui le traverse s'annule (descend en dessous d'une certaine valeur appelée courant de maintien) ⇒ comme une diode
- il se ferme (conduit) quand un signal de commande est envoyé sur la gâchette et que la tension à ses bornes est positive.



La fonction thyristor



Hacheurs

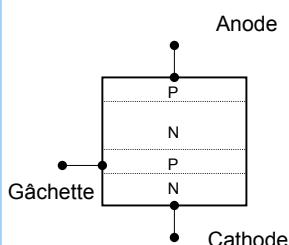
9



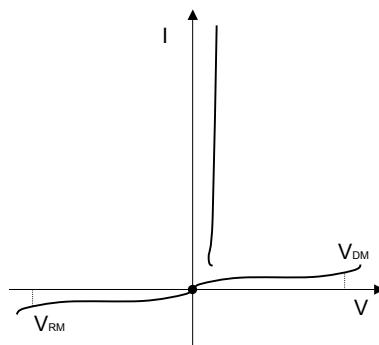
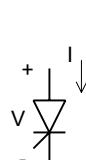
La fonction Thyristor

Interrupteur de puissance semi-commandé

Type II : Thyristor



$$V_{RM} = V_{DM}$$



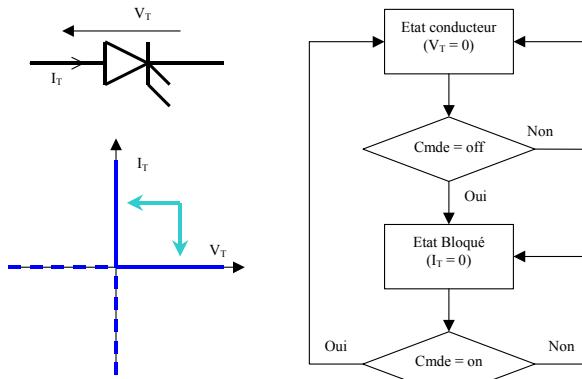
PUISANCE APPARENTE: $S_M = I_M \times V_M$

10



La fonction transistor

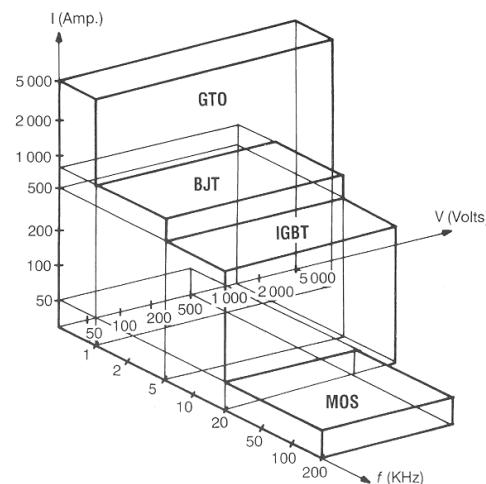
- ✉ Un interrupteur à ouverture et à fermeture commandée



11



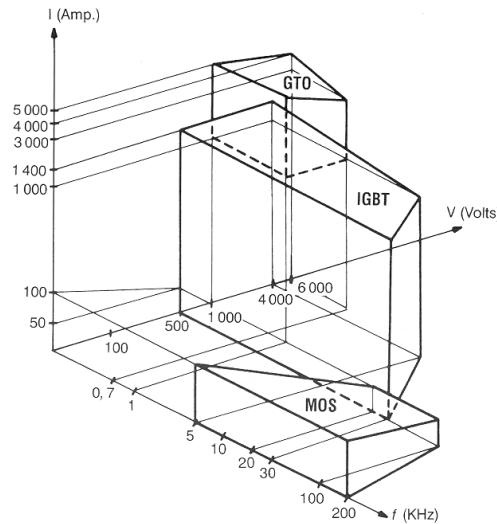
Performances des interrupteurs



12



Zones d'utilisation



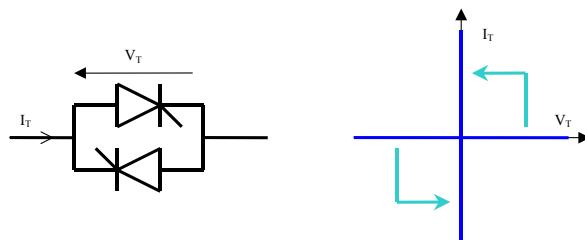
13



Autres interrupteurs

On peut créer d'autres interrupteurs électroniques de puissance en combinant les interrupteurs précédents (et leur commande).

✉ Exemple 1 : le **triac** = deux thyristors tête-bêche avec la même commande

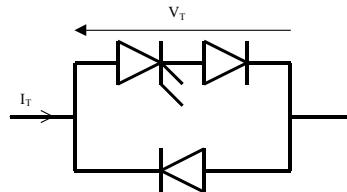


14



Autres interrupteurs

✉ Exemple 2 : transistor + diode série + diode anti-parallèle = transistor opérationnel

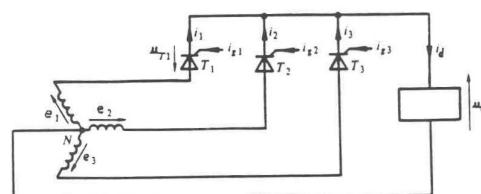


15

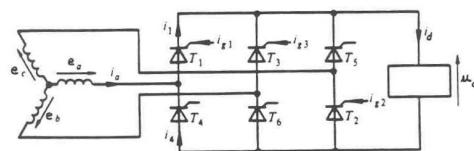


Circuits redresseurs à thyristors

Redresseur simple



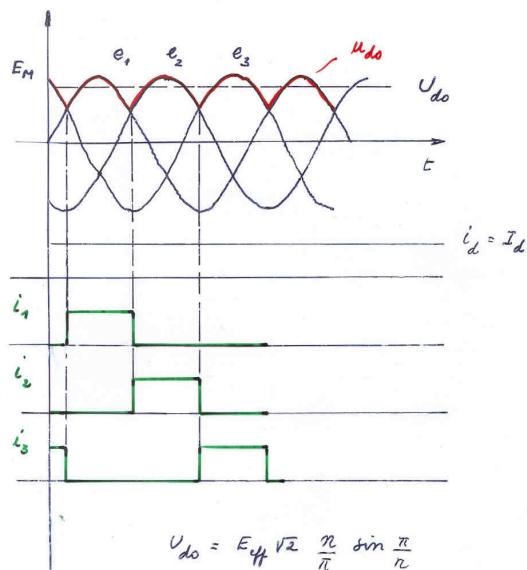
Redresseur en pont



16



Redresseur simple

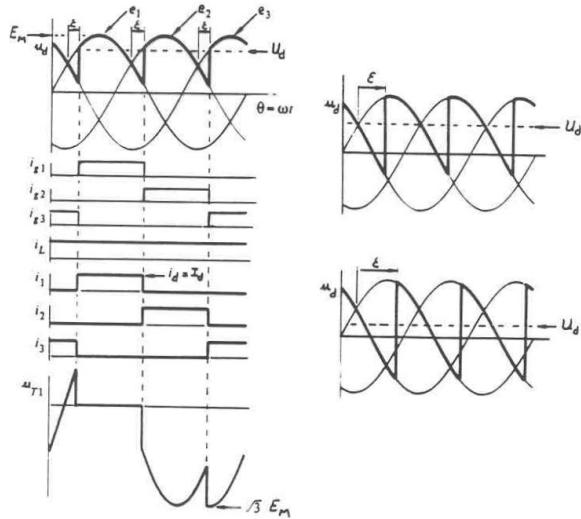


17



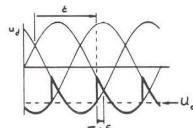
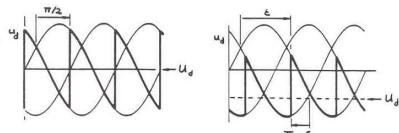
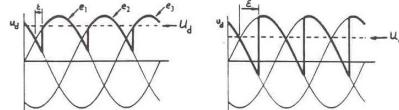
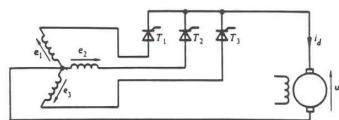
Redresseur simple commandé

Formes d'ondes



18

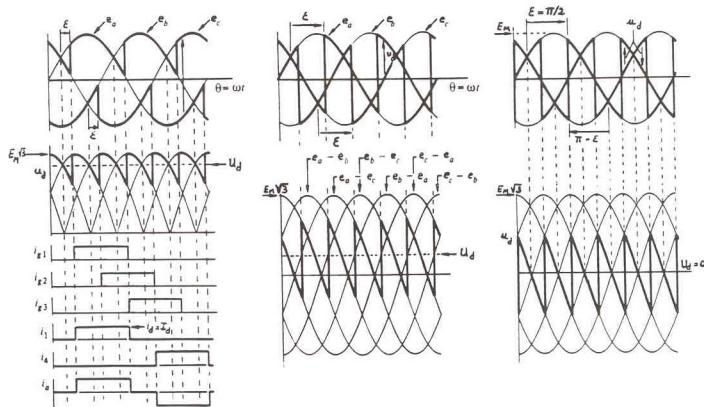
Fonctionnement en redresseur et en onduleur



19

Pont redresseur commandé

Formes d'ondes

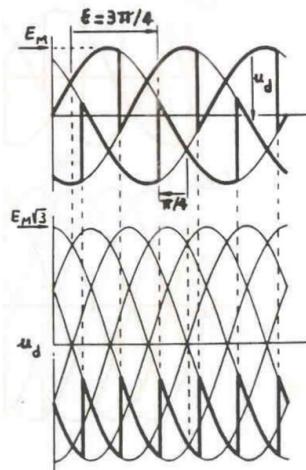


$$U_d = U_{d0} \cos \epsilon$$

20



Onduleur en pont - Formes d'ondes

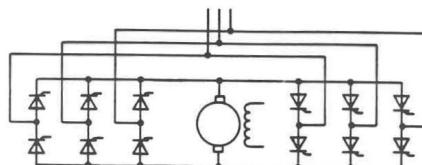


21

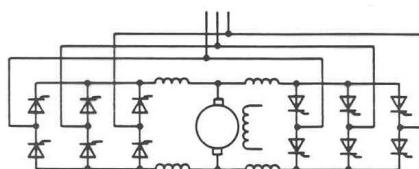


Montage tête-bêche de circuits redresseurs

Sans courants de circulation



Avec courants de circulation

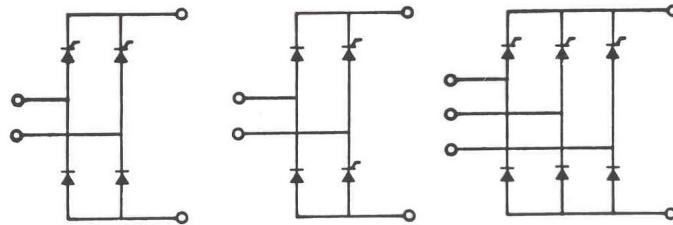


$$\varepsilon + \varepsilon' = \pi$$

22



Ponts Mixtes



$$U_d = U_{d0} \frac{1 + \cos \phi}{2}$$

23

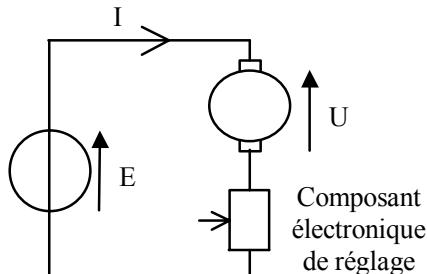
Les Convertisseurs Électroniques de Puissance



Montages de base pour la
conversion continu-continu



L'électronique de puissance est une électronique de commutation



✉ *Puissance fournie par la source : $E.I$*

✉ *Puissance absorbée par la charge : $U.I$*

✉ *Puissance à gérer par le composant :
 $(E-U).I$*

Hacheurs

25



L'électronique de puissance est une électronique de commutation

✉ *Deux possibilités pour minimiser la puissance dans le composant électrique*

- $I = 0 \Leftrightarrow$ Circuit ouvert
- $(E-U) = 0 \Leftrightarrow$ Court-circuit

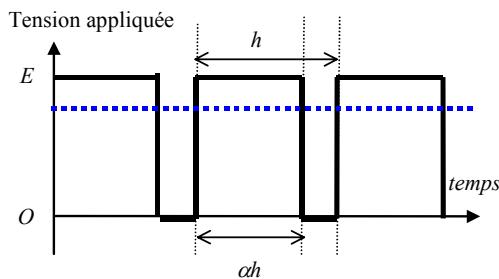
✉ *Le composant électrique de puissance ne peut travailler que comme un interrupteur*

Hacheurs

26



Comment dans ces conditions, obtenir une tension continue ?



✉ La tension appliquée comporte :

- une composante utile : la valeur moyenne αE
- une composante parasite à la fréquence $f = 1/h$



Filtrage de la composante parasite

✉ 1^{ère} possibilité : rajouter un circuit passif (RC, RL, LC)

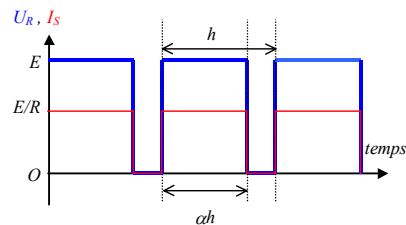
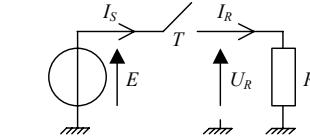
✉ 2^{ème} possibilité : profiter des caractéristiques de la charge : un moteur DC constitue un filtre RL du premier ordre (fréquence de coupure \approx quelques centaines de Hz à quelques kHz)



Montage élémentaire

✉ On désire alimenter un récepteur (résistif) par une source de tension

- En fermant l'interrupteur T , on connecte le récepteur à la source de tension E
- En l'ouvrant, on connecte le récepteur à une source de courant ($I_R = 0$)



Hacheurs

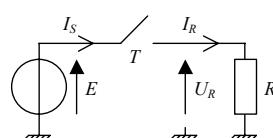
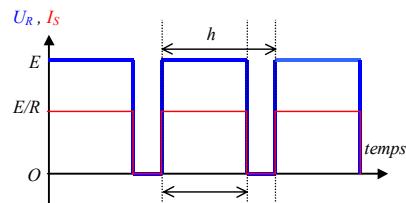
29



Montage élémentaire

✉ Commutations :

- Quant T est fermé, le courant qui le traverse est constant et égal à $I_S = I_R = E/R > 0$
⇒ Pas d'ouverture spontanée possible
- Quant T est ouvert, la tension à ses bornes est constante et égal à $E - U_R = E > 0$
⇒ Pas de fermeture spontanée possible



Hacheurs

30



Montage élémentaire

✉ Commutations :

- Quant T est fermé, le courant qui le traverse est constant et égal à
 $I_S = I_R = E/R > 0$

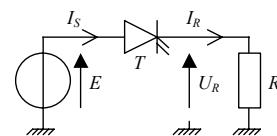
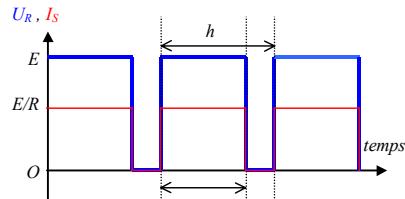
\Rightarrow Pas d'ouverture spontanée possible

- Quant T est ouvert, la tension à ses bornes est constante et égal à

$$E - U_R = E > 0$$

\Rightarrow Pas de fermeture spontanée possible

Hacheurs



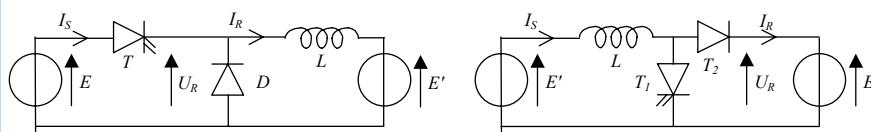
T doit être un interrupteur entièrement commandé

31



Réversibilité en puissance

- ✉ Les hacheurs série et parallèle sont irréversibles en puissance
- ✉ L'un peut transmettre une puissance d'une source de tension E vers un récepteur de tension E' ($E' < E$)
- ✉ L'autre peut transmettre une puissance d'une source de tension E' vers un récepteur de tension E ($E' < E$)



Hacheurs

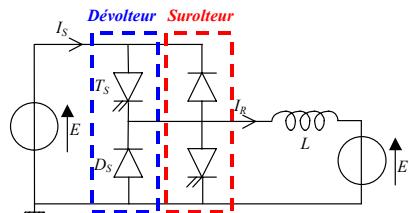
32



Réversibilité en puissance

✉ Fonctionnement :

- La tension du récepteur (E') est doit toujours être inférieure à celle de la source (E)
- Quand $I_R > 0$, la puissance va de la source vers le récepteur \Rightarrow seul le hacheur dévolteur fonctionne
- Quand $I_R < 0$, la puissance va du « récepteur » vers la « source » \Rightarrow seul le hacheur survoltEUR fonctionne



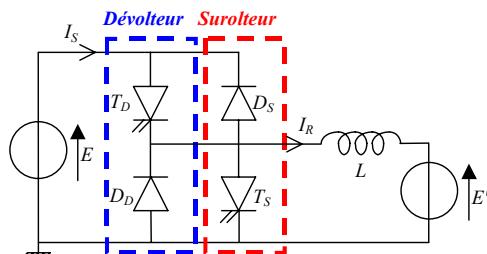
Hacheurs

33



Réversibilité en puissance

✉ Idée : associer un hacheur série et un hacheur parallèle pour obtenir un hacheur réversibles en puissance.

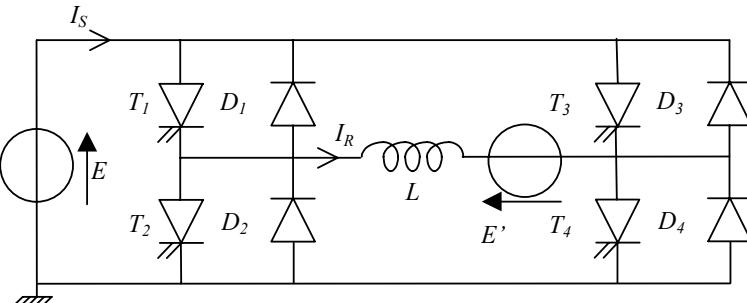


Hacheurs

34



Réversibilité en tension et en courant

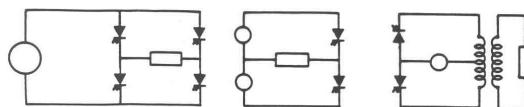


Hacheurs

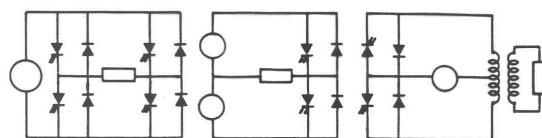
35



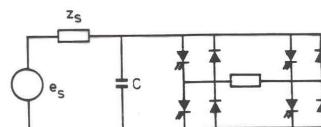
Montages onduleurs



Onduleurs de courant



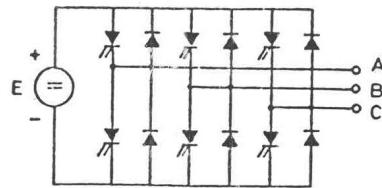
Onduleurs de tension



36

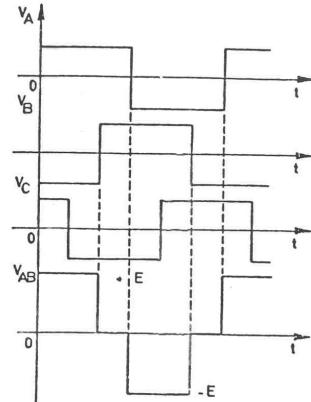


Onduleur de tension triphasé



Circuit onduleur

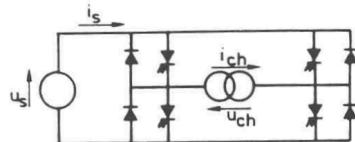
Tensions de charge



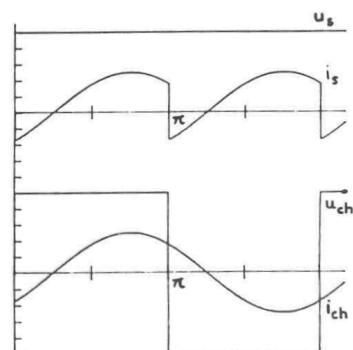
37



Circuit onduleur monophasé

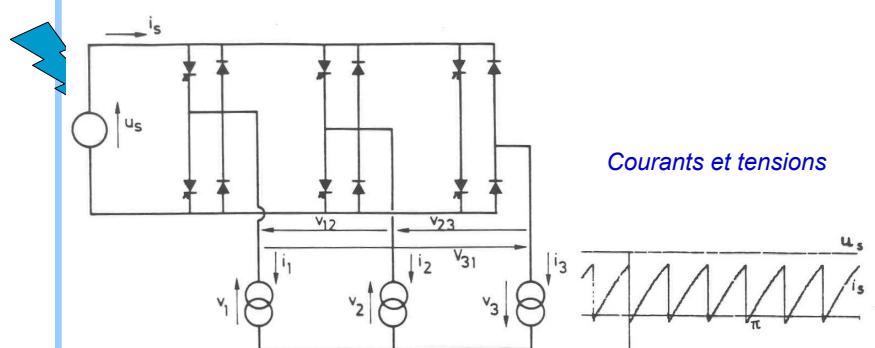


Courant et tension de source



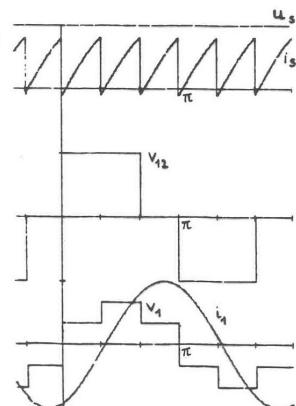
Courant et tension de charge

38



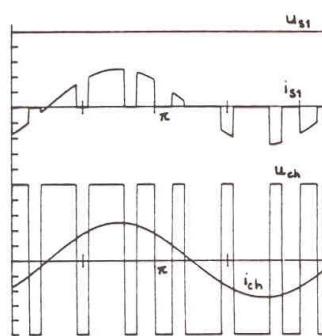
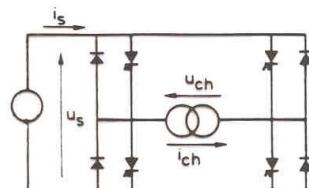
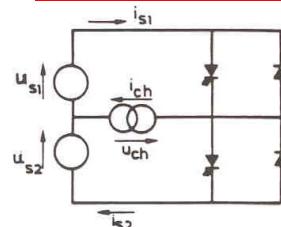
Circuit onduleur triphasé

Courants et tensions

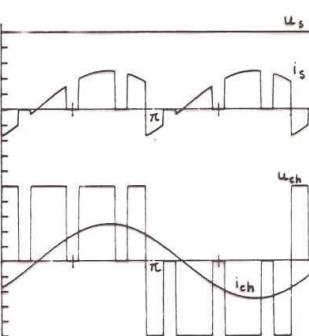


39

Onduleurs à modulation de largeur d'impulsions (MLI)

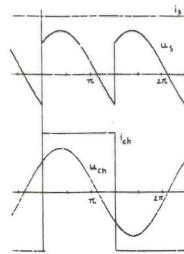
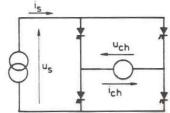


Onduleur en demi-pont



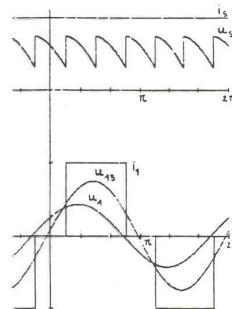
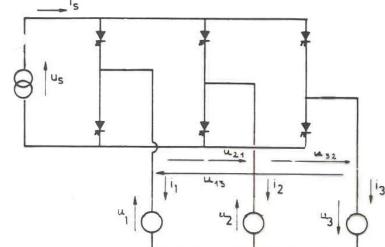
Onduleur en pont complet

40



Onduleur de courant monophasé

Onduleur de courant triphasé



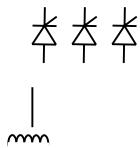
41



Conclusion

- ✉ Dans les entraînements électriques, l'alimentation des moteurs se fait par des convertisseurs électroniques de puissance
- ✉ Ces convertisseurs fonctionnent par commutation
- ✉ La fréquence de commutation, le courant et la tension qui peuvent être appliquées au moteur doivent être limités.

42



Hacheurs

43