

EXAMEN 1*Document autorisé : une feuille recto-verso**Durée : 2 heures***Exercice 1 : Dimensionnement (35 pts)**

On souhaite dimensionner les ponts de Graëtz à thyristors et les transformateurs d'une ligne HVDC (Figure 1) qui permet d'échanger de l'énergie entre 2 réseaux triphasés alternatifs. Ces deux réseaux fonctionnent avec des fréquences et des niveaux de tension différents. Les caractéristiques des deux réseaux électriques et la ligne à courant continu sont les suivantes:

Réseau triphasé 1 : 300 kV à 60 Hz,

Réseau triphasé 2 : 350 kV à 50 Hz

Ligne CC: Puissance maximale: 200 MW, Tension maximale: 200 kV, Résistance totale de la ligne: $10\ \Omega$

On a rajouté des inductances sur la ligne CC, suffisamment importantes pour assurer un fonctionnement en conduction continue et pour pouvoir négliger l'ondulation de courant sur la ligne CC. On suppose aussi que les commutations de courant dans les convertisseurs sont instantanées.

- 1) Expliquer le principe du montage de la figure 1 en 5 lignes maximum en précisant la nature du convertisseur 1 et du convertisseur 2 ainsi que leur fonctionnement. Montrer un schéma continu équivalent de ce système en faisant apparaître les variables de réglage (angles de retard à l'amorçage α et β).
- 2) On préfère limiter l'angle de retard à l'amorçage du convertisseur 2 à $\beta=150$ degrés (pour éviter des problèmes de commutation). Calculer la valeur efficace de la tension ligne-ligne (côté alternatif) lorsque la tension continue, à l'entrée du convertisseur 2, est imposée à sa valeur maximale (200 kV).
- 3) Calculer le rapport de transformation et la puissance apparante du transformateur T_{inv} lorsque la ligne CC fournit sa puissance maximale
- 4) Calculer la valeur de l'angle de retard à l'amorçage du convertisseur 1 qui permet de fournir une puissance maximale (200 MW) au réseau 2. Calculer alors le rapport de transformation et la puissance apparante du transformateur T_{rect} .

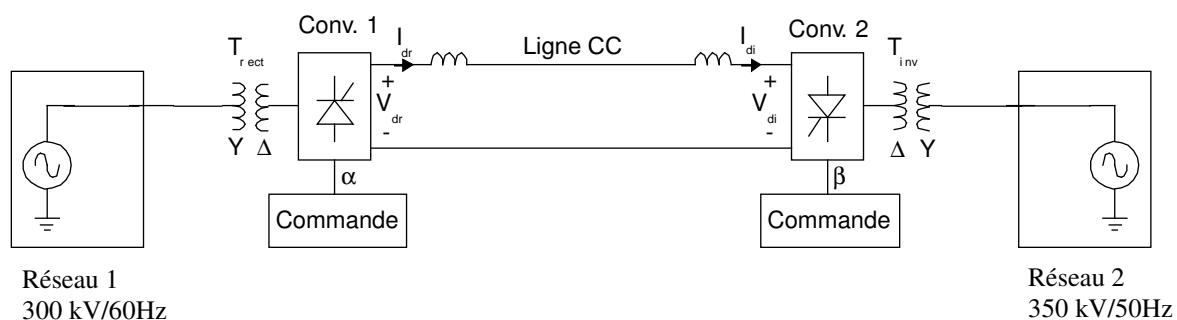


Figure 1 : Ligne HVDC

Exercice 2 : Tracés de forme d'onde (40 pts)

Suite à une erreur de câblage, un technicien a monté une diode à la place du thyristor T4 dans un montage redresseur triphasé double alternance (Fig.2). Il fait appel à votre expertise pour analyser les formes de signaux qu'il a mesurés lorsque le montage alimente une charge qui se compose d'une résistance de $R=3\ \Omega$ et d'une inductance de $L=100\ \text{mH}$. L'angle de retard à l'amorçage est réglé à 45 degrés. On considère que le courant dans la charge n'a pas d'ondulation et que le montage fonctionne toujours en conduction continue. On suppose aussi que les commutations de courant sont instantanées. La valeur efficace de la tension phase-neutre du réseau est égale à 120 V.

On vous demande de tracer l'allure des signaux qu'on pourrait observer avec l'oscilloscope. **Faire des tracés sur (au moins) une période du réseau d'alimentation.** (aucune erreur ne sera tolérée sur chaque tracé: il n'y a pas une partie de courbe qui est correcte et l'autre pas)

- 1) **En haut de la feuille ci-jointe** : Tracer la forme des tensions $V_{AN}(t)$, $V_{BN}(t)$ et $V_{AB}(t)$ sur (au moins) une période entière du réseau d'alimentation et préciser les différents éléments en conduction.
- 2) **En bas de la feuille ci-jointe** : Tracer la forme de la tension aux bornes du thyristor T1, $V_{AKT1}(t)$ et le courant d'alimentation qui circule dans la phase 3; $I_{ph3}(t)$
- 3) Calculer la valeur de la tension moyenne aux bornes de la charge dans ces conditions de fonctionnement
- 4) Calculer la puissance (active) consommée par la charge dans ces conditions de fonctionnement et la puissance apparante à l'entrée de ce montage.

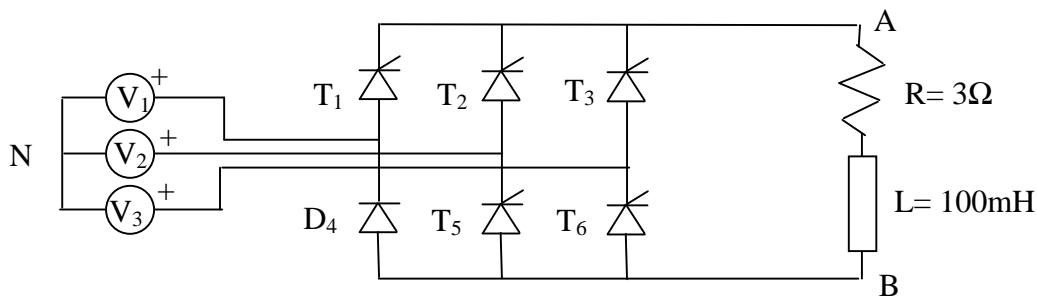


Figure 2

Exercice 3 : Analyse (25 pts)

- 1) Expliquer le fonctionnement du montage redresseur de la figure 3 (5 lignes max) et préciser la plage de réglage de la tension de charge. Montrer l'allure de la forme d'onde de la tension aux bornes de la charge en supposant que le thyristor fonctionne avec un angle de retard non nul (par exemple 90 degrés).
- 2) Montrer la structure d'un autre redresseur, bien connu, qui permet d'obtenir la même forme de tension aux bornes d'une charge résistive avec une source monophasé. Discuter alors des avantages de la structure de la figure 3 et de ses inconvénients par rapport au montage que vous avez proposé (5 lignes max)
- 3) Est que l'ajout d'un condensateur tel qu'indiqué à la figure 4 modifie le fonctionnement et la plage de réglage de la tension (justifier votre réponse en 3 lignes max).
- 4) Est que l'ajout d'une inductance et d'une diode tel qu'indiqué à la figure 5 modifie le fonctionnement et la plage de réglage de la tension (justifier votre réponse en 3 lignes max).

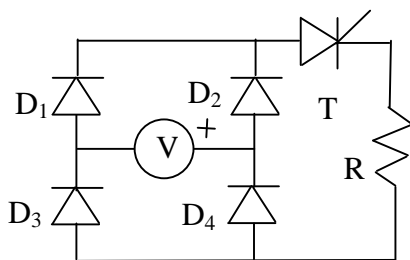


Figure 3

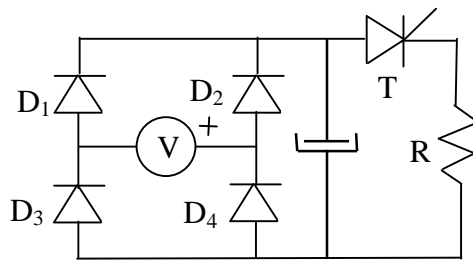


Figure 4

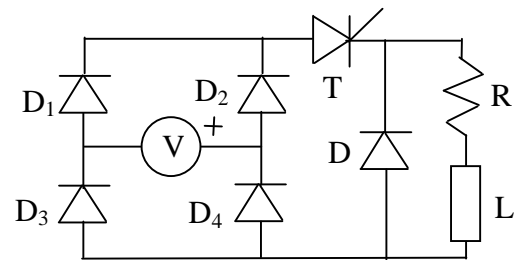


Figure 5