

Ecrit réparti n°2 : vendredi 11 janvier 2019

Durée : 2 h 00 – Sans document ni téléphone, avec calculatrice autorisée

Le sujet comporte 3 exercices indépendants

Exercice 1 : Injection de puissance sur le réseau

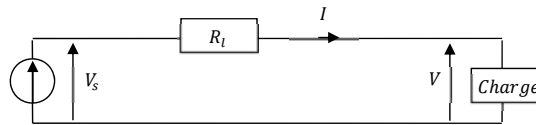


Figure 1 : Ligne de transport en continu

La Figure 1 schématise une ligne de transport en courant continu de longueur 10 km. La ligne, caractérisée par sa résistance $R_l = 0,25 \, \Omega$, est alimentée par une source de tension $V_s = 1000 \, V$ et alimente une charge purement résistive. On note P , la puissance active reçue par la charge et V la tension aux bornes de la charge.

- Exprimer I en fonction de V_s , V et R_l .
- Exprimer P en fonction de V_s , V et R_l .
- Calculer P_{max} la puissance maximale transmissible par la ligne.
- On définit $P_{95\%}$ comme étant la puissance telle que V vaut 95% de V_s . Exprimer $P_{95\%}$ en fonction de P_{max} , puis donner sa valeur numérique.
- Tracer la courbe tension-puissance $P(V)$, avec P en abscisse et V en ordonnée.
- On suppose maintenant que la charge est un ensemble de panneaux photovoltaïques qui fournissent de la puissance au réseau. Compléter la courbe tension-puissance $P(V)$ pour prendre en compte cette situation.
- On souhaite que la tension V soit toujours comprise entre 95% et 105% de V_s . Quelle est la puissance maximale que l'on peut injecter sur le réseau tout en respectant cette contrainte ?

Exercice 3 : Gradateur

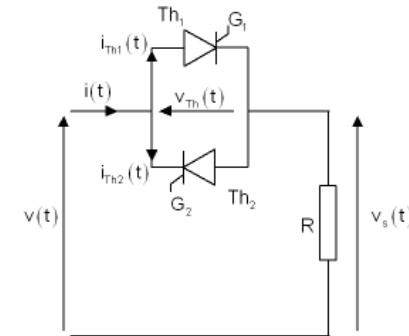


Figure 2 : Gradateur monophasé sur charge résistive

La Figure 2 représente le schéma d'un convertisseur alternatif-alternatif appelé gradateur. Le transfert de puissance depuis la source de tension jusqu'à la charge, purement résistive dans le cas présent, s'effectue au moyen de deux thyristors montés tête-bêche. Comme cela va être montré dans cet exercice, la commande de ces thyristors permet de contrôler la puissance transmise à la charge, mais au prix d'une dégradation du facteur de puissance.

La tension v , alternative sinusoïdale, a pour expression $v(\theta) = \sqrt{2}V \sin(\theta)$, avec $\theta = \omega t$. Le thyristor Th_1 est commandé avec un angle de retard à l'amorçage α par rapport à $\theta = 0$ et le thyristor Th_2 est commandé avec un angle de retard à l'amorçage α par rapport à $\theta = \pi$.

- Représenter les signaux de commande des thyristors en fonction de θ pour une valeur quelconque de α .
- Représenter les tensions v , v_s , v_{Th} ainsi que les courants i , i_{Th1} et v_{Th2} en fonction de θ pour une valeur quelconque de α comprise entre 0 et π .
- Que se passe-t-il pour $\alpha > \pi$? Est-il intéressant d'utiliser ces valeurs de α ?
- Montrer que la valeur efficace du courant i vaut : $I_{eff} = \frac{V}{R} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \sin 2\alpha}$. Préciser pour quelles valeurs de α cette expression est valide.
- Déterminer la puissance moyenne absorbée par la charge.
- Déterminer le facteur de puissance du dispositif. Commentaire(s) ?

Exercice 3 : Hacheur abaisseur-élevateur de tension (buck-boost)

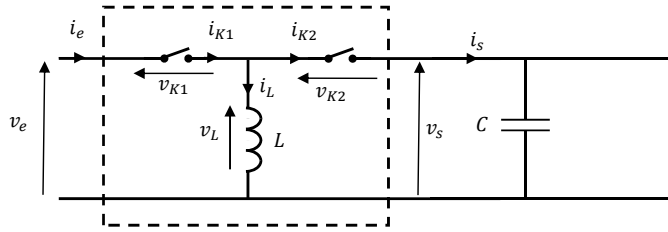


Figure 3 : Schéma d'un hacheur abaisseur-élevateur de tension

La Figure 3 donne le schéma de principe d'un hacheur abaisseur-élevateur de tension. Les interrupteurs K1 et K2 constituent une cellule de commutation dont la période de fonctionnement est T . K1 est fermé pendant l'intervalle $[0, \alpha T]$ et ouvert pendant l'intervalle $[\alpha T, T]$. On place en sortie un condensateur de capacité C assez grande pour que les variations temporelles de la tension de sortie v_s puissent être négligées. Le dispositif est alimenté par une source de tension v_e . On étudie le fonctionnement du convertisseur en régime permanent.

- La self du montage est caractérisée par son inductance L et sa résistance R . A quelle condition peut-on négliger R et modéliser la self par une inductance pure ? On supposera que cette condition est vérifiée dans tout l'exercice.
- Vérifier que les règles d'association source de tension / source de courant sont respectées tout au long du cycle de fonctionnement du convertisseur.
- Déterminer les valeurs de v_{K1} , v_{K2} et v_L sur les intervalles $[0, \alpha T]$ et $[\alpha T, T]$.
- Calculer $\langle v_L \rangle$ et montrer que le rapport de transformation vaut $\frac{v_s}{v_e} = -\frac{\alpha}{1-\alpha}$. Calculer la valeur de ce rapport de transformation pour $\alpha = 0,25$; $\alpha = 0,5$ et $\alpha = 0,75$. Justifier alors l'appellation de ce hacheur. Interpréter le signe de $\frac{v_s}{v_e}$.
- On suppose que $v_e = 12 V$ et $v_s = -24 V$. Calculer α , puis tracer les chronogrammes des tensions v_{K1} , v_{K2} et v_L pour ces valeurs.
- On note i_0 la valeur du courant i_L à $t = 0$. Etablir l'expression du courant i_L sur une période de fonctionnement. Quelle est la valeur maximale de i_L ?
- On suppose maintenant que la valeur de l'inductance L est assez grande pour pouvoir négliger les variations temporelles de i_L et faire l'approximation $i_L = i_0$. On donne par ailleurs la valeur numérique $i_0 = 30 A$.

Tracer les chronogrammes des trois courants i_L , i_e et i_s .

- Calculer $\langle i_e \rangle$ et $\langle i_s \rangle$, puis le rapport de transformation $\frac{\langle i_s \rangle}{\langle i_e \rangle}$.
- Calculer les valeurs moyennes des puissances d'entrée et de sortie. Sont-elles égales ?
- On souhaite réaliser un hacheur bidirectionnel en courant. Tracer le lieu des points de fonctionnement "tension-courant" des interrupteurs K1 et K2. En déduire le(s) composant(s) qu'il faut choisir pour réaliser chaque interrupteur.

Représenter le schéma du hacheur avec les composants choisis.