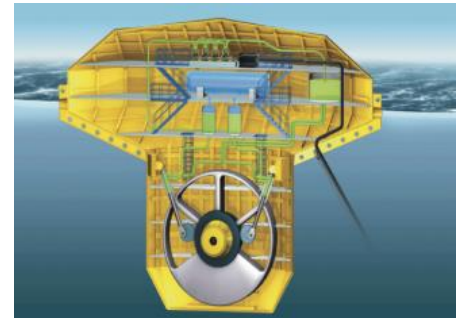
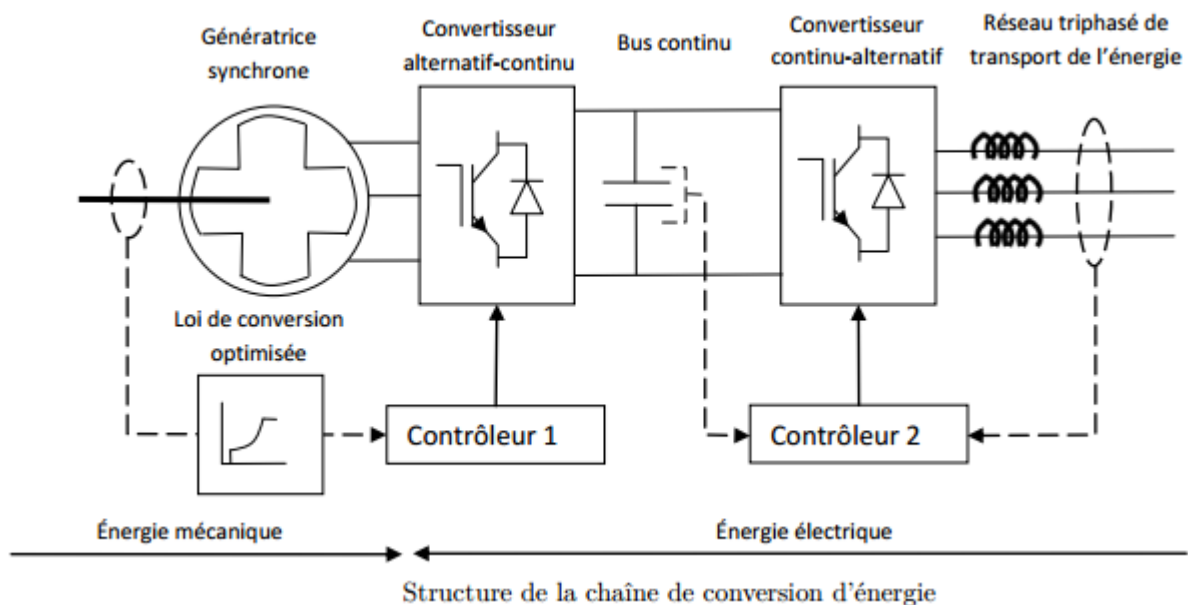


Système de récupération de l'énergie de la houle SEAREV

Le SEAREV est un flotteur ancré au large dans lequel est placé un pendule constituant le rotor d'une génératrice synchrone. L'énergie produite est adaptée afin d'être acheminée à la côte et injectée sur le réseau de transport EDF.

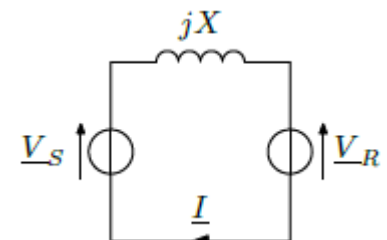


La structure de la chaîne de conversion électromécanique de la houlogénératrice est donnée dans la figure ci-dessous. Elle s'inspire des solutions employées dans les éoliennes à génératrice synchrone à large plage de vitesse et vitesse variable.



Un calcul préalable a montré que l'énergie récupérée était maximale pour une valeur particulière du couple résistant opposé par la génératrice synchrone au pendule. La conversion électromécanique est réalisée par une génératrice synchrone à aimants permanents associée à un convertisseur alternatif-continu fonctionnant en redresseur. Dans cette exercice, nous validons la structure de conversion en montrant qu'elle permet d'ajuster le réglage de la puissance électrique produite par la génératrice à sa valeur optimale puis nous déterminons les valeurs des paramètres de commande pour une puissance moyenne maximale de 400 kW correspondant à la houle.

La figure ci-contre représente le schéma équivalent monophasé de la génératrice synchrone débitant sur le convertisseur alternatif-continu modélisé comme une source de tension idéale.



On suppose que les courants et les tensions sont parfaitement sinusoïdaux de pulsation ω . On appelle :

- \underline{V}_S la représentation complexe de $v_s(t)$, force électromotrice de la génératrice synchrone
- \underline{V}_R la représentation complexe de $v_R(t)$, tension simple d'entrée du convertisseur alternatif-continu
- \underline{I} la représentation complexe de $i(t)$, le courant statorique.

La tension $v_s(t)$ est prise comme référence. On appelle δ l'avance de phase de $v_R(t)$ par rapport à $v_s(t)$ et φ l'avance de phase de $i(t)$ par rapport à $v_s(t)$. Enfin $X = l_s \cdot \omega$ est la réactance de la génératrice.

On donne $l_s = 35 \text{ mH}$. La génératrice est constituée de p_M paires de pôles, avec $p_M = 120$.

Q 1. Écrire la relation liant V_S, V_R et I en fonction des éléments du circuit.

Tracer l'allure de cette relation dans le plan complexe. Faire apparaître sur la figure les angles φ et δ .

Q 2. a) Exprimer la puissance active P_s fournie par la génératrice synchrone.

V_s, V_R et I sont respectivement les valeurs efficaces de $v_s(t), v_R(t)$ et $i(t)$.

On introduira la variable intermédiaire α , angle entre I et V_R .

b) En projetant les tensions, donner l'expression de P_s en fonction de V_s, V_R, X et δ .

Q 3. a) Exprimer la puissance réactive Q_s fournie par la génératrice synchrone.

b) En déduire l'expression de Q_s en fonction de V_s, V_R, X et δ .

Q 4. En fonctionnement normal, l'angle δ reste petit. Donner dans ces conditions l'expression approchée de P_s et de Q_s .

Q 5. En vous appuyant sur les résultats des questions précédentes, indiquez sur quels paramètres du système on peut agir pour régler le transfert d'énergie de la source vers la charge.

Le générateur étant pourvu d'aimant permanent, il n'est pas nécessaire de produire un courant magnétisant statorique. On peut donc imposer $Q_s = 0$.

Q 6. En déduire l'expression de V_R et de δ notamment en fonction de V_s .

Q 7. Le couple résistant appliqué par la génératrice au pendule s'écrit $C_r = -\lambda \dot{\theta}$.

a) Exprimer la puissance moyenne P_s en fonction de $\dot{\theta}$ et λ . (θ est l'angle de rotation de l'arbre de la machine synchrone par rapport au flotteur)

b) En déduire l'expression de δ en fonction de $V_s, X, \dot{\theta}$ et λ , puis de $K_u, l_s, \dot{\theta}, p_M$ et λ (la constante de force électromotrice K_u de la génératrice étant définie par $V_s = K_u \cdot \dot{\theta}$).

On donne $\dot{\theta}_{\max} = 0,25 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\lambda = 0,63 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$. Par ailleurs, lorsque $\dot{\theta} = \dot{\theta}_{\max}$, $V_s = 400 \text{ V}$.

c) En déduire la plage de variation de δ .

Q 8. L'arbre du générateur est équipé d'un capteur de position angulaire et de vitesse angulaire. On dispose également d'un capteur de courant dans chaque phase du stator. Sachant que δ est aussi l'angle entre les champs magnétiques créés par le rotor et ceux créés par le stator, conclure sur la possibilité de contrôler la puissance active convertie par la génératrice.