

CONVERSION ÉLECTROMÉCANIQUE

RÉCUPÉRATION DE L'ÉNERGIE DE LA HOULE MARINE: SYSTÈME SEAREV

1 Présentation

L'énergie solaire est à l'origine de la formation de la houle qui représente une énergie nette disponible évaluée entre 140 et 700 TWh/an, soit 1 à 5% de la demande mondiale en électricité. La puissance moyenne par mètre de front de vague se situe entre 10 et 100 kW.m⁻¹. Les laboratoires de recherche de l'École Centrale de Nantes, et de l'École Normale Supérieure de Rennes travaillent actuellement au développement d'un prototype de houlogénératrice (projet *SEAREV*).

Il s'agit d'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*.

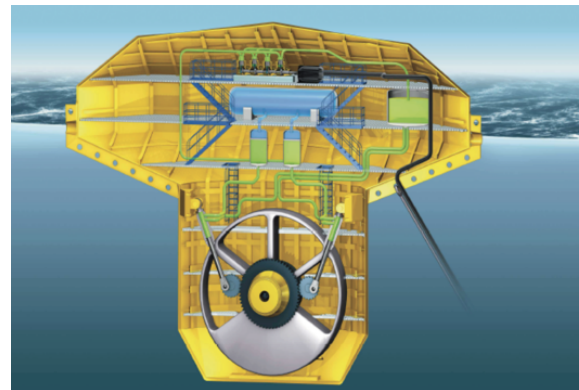
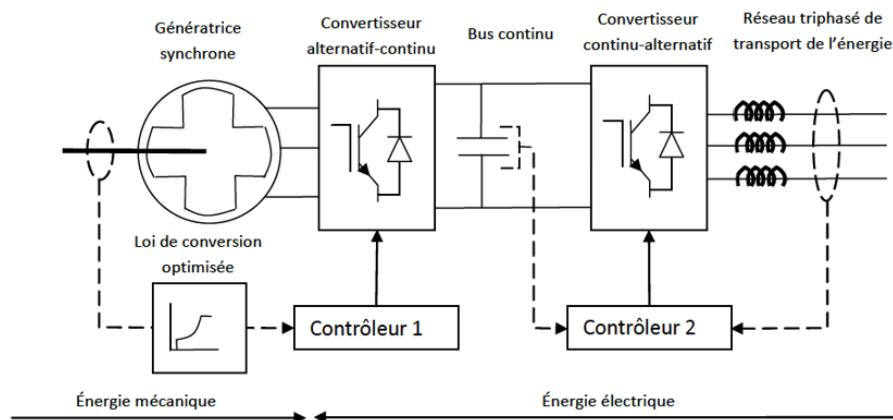

 FIGURE 1 – Système *SEAREV*


FIGURE 2 – Structure de la chaîne de conversion d'énergie

La structure de la chaîne de conversion électromécanique de la houlogénératrice est donnée FIGURE 2. Elle s'inspire des solutions employées dans les éoliennes à génératrice synchrone à large plage de vitesse et vitesse variable.

La FIGURE 3 représente le schéma équivalent monophasé de la génératrice synchrone débitant sur le convertisseur alternatif-continu modélisé comme une source de tension idéale.

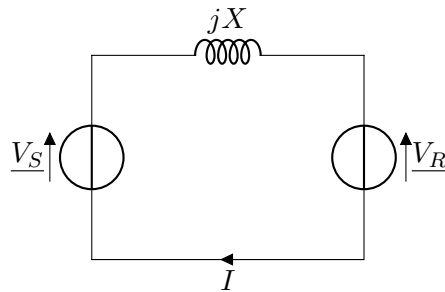


FIGURE 3 – Schéma équivalent monophasé de la génératrice synchrone débitant sur le redresseur

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 et \underline{I} la représentation complexe de $i(t)$, le courant statorique.

La tension $v_S(t)$ est prise comme référence. On appelle δ le déphasage de $v_R(t)$ par rapport à $v_S(t)$ et φ le déphasage de $i(t)$ par rapport à $v_S(t)$.

Enfin, $X = L_S \omega$ est la réactance de la génératrice. On donne $L_S = 35$ mH. La génératrice est constituée de p_M paires de pôles, avec $p_M = 120$.

2 Travail demandé

Question 1 Écrire la relation liant \underline{V}_S , \underline{V}_R et \underline{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 .

Question 2 Exprimer la puissance active P_S fournie par la génératrice synchrone. En déduire l'expression de P_S en fonction de V_S , V_R , X et δ . V_S et V_R sont respectivement la valeur efficace de $v_S(t)$ et de $v_R(t)$.

Question 3 Exprimer la puissance réactive Q_S fournie par la génératrice synchrone. En déduire l'expression de Q_S en fonction de V_S , V_R , X et δ .

Question 4 En fonctionnement normal, l'angle δ reste petit. Donner dans ces conditions l'expression approchée de P_S et de Q_S .

Question 5 En vous appuyant sur les résultats des questions précédentes, indiquer 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 $Q_S = 0$.

Question 6 En déduire l'expression de V_R et de δ .

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

Question 7 Exprimer la puissance moyenne P_S , transmise à la génératrice, en fonction de $\dot{\theta}$ et λ . 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 $V_S = K_u\dot{\theta}$).

On donne $\dot{\theta}_{\max} = 0,25 \text{ rad.s}^{-1}$ et $\lambda = 0,63 \cdot 10^7 \text{ N.m.s}$. Par ailleurs, lorsque, $\dot{\theta} = \dot{\theta}_{\max}$, $V_S = 400 \text{ V}$.

Question 8 En déduire la plage de variation de δ .

Question 9 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. Conclure sur la possibilité de contrôler la puissance active convertie par la génératrice.