1. INTRODUCTION

Avant d’entrer dans le domaine de l’électronique de puissance, il est légitime de se poser la question de la raison de l’entrée dans ce domaine nouveau. C’est l’objet de cette activité dirigée ou nous allons répondre à la problématique :

**Pourquoi implanter des dispositifs de l’électronique de puissance dans les systèmes éoliens ?**

1. COURBES DE PUISSSANCE D’UNE EOLIENNE

Le réseau de caractéristique ci-dessous (Figure 1) présente l’évolution de la puissance mécanique sur l’arbre lent d’une éolienne de puissance nominale 600kW à une vitesse de vent de 15 m.s-1.

Pour des vitesses de vent supérieures à 15 m.s-1, la puissance est limitée à 600kW soit par calage de l’angle des pales (pitch) soit par décrochage aérodynamique (stall).



Figure 1

* 1. Sur la chaîne d’énergie ci-dessous (Figure 2), indiquer par une flèche rouge l’emplacement de la puissance mécanique dont l’évolution est tracée sur le réseau de caractéristiques (Figure 1).



Figure 2

* 1. En exploitant le réseau de caractéristiques, préciser quelles sont les grandeurs physiques qui influent sur la puissance disponible sur l’arbre lent.
1. DETERMINATION DES POINTS DE FONCTIONNEMENT

Le constructeur de cette éolienne précise que la vitesse de rotation de la **génératrice asynchrone**, mise en œuvre dans la conversion mécanique-électrique, pour le **point de puissance nominale de 600kW** est de **Ngen=1512 tr.min-1**. Cette valeur de vitesse se justifie par le fait que la génératrice qui possède **2 paires de pôles** est **couplée directement au réseau 50Hz** et que le fonctionnement en génératrice d’une machine asynchrone impose une vitesse de rotation légèrement supérieure à la vitesse de synchronisme (voir activités précédente).

L’étage d’adaptation mécanique, pris dans le sens du flux d’énergie, est un multiplicateur dont le facteur de multiplication égal à 67,5.

* 1. Sur la figure 2, placer à l’emplacement pertinent la valeur de vitesse Ngen=1512 tr.min-1.
	2. Calculer la vitesse de rotation de l’arbre lent en tr.min-1 à l’entrée de l’étage d’adaptation mécanique qui sera notée Nlent. Placer cette valeur sur la chaine d’énergie de la Figure 2.
	3. Calculer la vitesse angulaire de l’arbre lent lent exprimée en rd.s-1. En vous appuyant sur la valeur de puissance correspondant à cette vitesse, placer le point de fonctionnement sur le réseau de caractéristiques de la Figure 1.
	4. Préciser la valeur de la vitesse de rotation du rotor de la génératrice asynchrone lorsque la puissance est nulle. En déduire la vitesse de rotation en tr.min-1 puis en rd.s-1 à l’entrée de l’étage d’adaptation mécanique. Placer ce point sur l’axe des abscisses de la Figure 1.
	5. A l’aide des 2 points précédents, tracer la droite décrivant la caractéristique approchée puissance-vitesse de la génératrice ramenée sur l’arbre lent.
	6. En vous aidant du réseau de caractéristiques de la Figure 1, compléter le Tableau 1 en reportant pour chaque vitesse de vent la puissance disponible sur l’arbre en entrée de l’adaptation mécanique pour la vitesse de rotation calculée.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Vitesse du vent en m.s-1** | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 |
| **Puissance disponible en kW** |  |  |  |  |  |

Tableau 1

* 1. Commenter ces résultats en analysant plus particulièrement l’emplacement des points de fonctionnement en les comparants aux points de fonctionnement à puissance maximale pour chaque vitesse de vent.
1. CONTRAINTE POUR L’OPTIMISATION DU FONCTIONNEMENT

Vous venez de conclure sur le fait que la production d’énergie n’est pas maximum pour toutes les vitesses de vent. Nous allons maintenant analyser les contraintes d’une maximisation de la production.

* 1. Reporter respectivement sur les lignes 2 et 3 du Tableau 2 ci-dessous les valeurs maximales des puissances disponibles sur l’arbre lent et les vitesses angulaires correspondantes en entrée de l’étage d’adaptation mécanique pour chaque vitesse de vent du réseau de caractéristiques de la Figure 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Vitesse du vent en m.s-1** | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 |
| 2 | **Puissance disponible maximale en kW** |  |  |  |  |  |
| 3 | **Vitesse de rotation en rd.s-1** |  |  |  |  |  |
| 4 | **Vitesse de rotation de l’arbre lent en rd.s-1** |  |  |  |  |  |
| 5 | **Vitesse de rotation de l’arbre de la génératrice asynchrone en tr.min-1** |  |  |  |  |  |
| 6 | **Compatibilité avec le fonctionnement d’une génératrice asynchrone ?** |  |  |  |  |  |

Tableau 2

* 1. Sur la ligne 4 du Tableau 2, calculer pour chaque vitesse de vent la vitesse de rotation de l’arbre lent en Nlent tr.min-1.
	2. Sur la ligne 5 du Tableau 2, calculer pour chaque vitesse de vent la vitesse de rotation de l’arbre de la génératrice asynchrone en Ngen tr.min-1
	3. Compléter la ligne 6 du Tableau 2 en précisant par OUI ou NON si la valeur de la vitesse de rotation de l’arbre de la génératrice asynchrone est compatible avec son fonctionnement en génératrice.
	4. Résumer la problématique permettant d’extraire la puissance maximum disponible pour n’importe quelle vitesse du vent.
1. EXAMEN D’UNE SOLUTION

Vous venez d’identifier que pour extraire le maximum de puissance, il faut être capable de modifier la valeur de la vitesse de rotation de l’arbre lent et donc de la vitesse de rotation de l’arbre lent de la génératrice asynchrone tout en conservant le mode de fonctionnement en génératrice.

Dans cette partie, vous allez justifier de la nécessité d’ajouter un élément pour permettre cette variation.

* 1. Compléter la ligne 2 du Tableau 3 en reportant la valeur de la vitesse de l’arbre de la génératrice à la puissance maximale (voir Tableau 2) pour une vitesse de vent de 13 m.s-1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Vitesse du vent en m.s-1** | 13 |
| 2 | **Vitesse de l’arbre de la génératrice synchrone pour la puissance maxi en tr.min-1** |  |
| 3 | **Valeur proposée de vitesse de synchronisme en tr.min-1** |  |
| 4 | **Fréquence des grandeurs électriques en Hz** |  |

Tableau 3

* 1. Sur la ligne 3 du Tableau 3, proposer une valeur de vitesse de synchronisme notée NS permettant d’obtenir le fonctionnement en génératrice de la machine asynchrone avec la vitesse de l’arbre indiqué sur la ligne 2 du Tableau 3.
	2. Calculer la valeur de la fréquence des grandeurs électriques fS permettant d’obtenir la vitesse de synchronisme choisie. Reporter cette valeur sur la ligne 4 du Tableau 3 ainsi que sur la Figure 3.
	3. Rappeler la valeur de la fréquence des grandeurs électriques du réseau notée fres et placer cette valeur sur la Figure 3. Comparer cette valeur à fS et conclure sur les conditions d’obtention du point de fonctionnement de la question 5.2.

La Figure 3 présente une solution pour résoudre la problématique identifiée à la question ci-dessus. Dans cette partie, vous allez justifier la présence du bloc supplémentaire dans cette chaîne d’énergie.



Figure 3

* 1. Conclure sur la fonction du bloc de conversion statique.
1. SYNTHESE

Vous venez de comprendre l’intérêt de la mise en œuvre d’une conversion statique des grandeurs électriques dans une chaîne de conversion éolien : permettre de maximiser la production d’énergie et ainsi, pour le consommateur **réduire le cout du kWh**.

Le domaine de la conversion statique, qui est celui de **l’électronique de puissance**, intègre les **convertisseurs statiques** qui sont des dispositifs chargés d’adapter et de contrôler, par une régulation adaptée, les grandeurs électriques de façon à accroître l’efficacité énergétique des systèmes éoliens entres-autres.