

C MACHINE ASYNCHRONE

Objectif de l'étude :

- ▶ Etudier le comportement de la machine asynchrone en fonctionnement génératrice.
- ▶ Analyser le dispositif de connexion au réseau.
- ▶ Etudier le principe du dispositif « OPTISLIP ».

Le schéma équivalent monophasé de la génératrice asynchrone est donné ci-dessous:

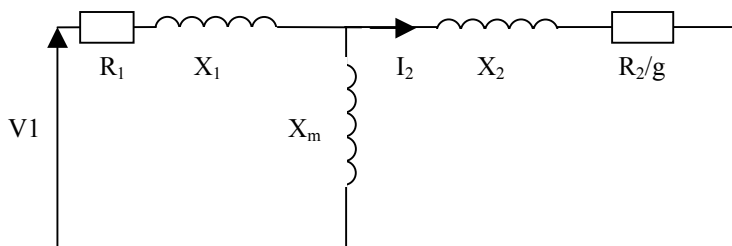


Figure 1

avec :

| | | | |
|-------|---|--------------------|---------------------------------------|
| R_1 | = | 7,7789 m Ω | résistance des enroulements du stator |
| X_1 | = | 118,772 m Ω | réactance de fuite du stator |
| X_m | = | 4,96566 Ω | réactance magnétisante |
| R_2 | = | 6,7439 m Ω | résistance des enroulements du rotor |
| X_2 | = | 0,105313 Ω | réactance de fuite du rotor |
| g | = | glissement | $(\Omega_s - \Omega_n) / \Omega_s$ |
| $V1$ | = | tension simple | |

C.1. ETUDE DU GENERATEUR ASYNCHRONE.

C.1.1 **CALCULER** la vitesse de synchronisme Ω_s . **PRECISER** à quoi correspond cette vitesse et comment l'obtenir sur la machine. **PLACER** Ω_s sur la caractéristique $T = f(\Omega)$.

C.1.2 A partir de l'allure de $T = f(\Omega)$, **DEDUIRE** et **TRACER** celle de $T = f(g)$. **INDIQUER** le quadrant correspondant au fonctionnement en génératrice. **CALCULER** le glissement nominal g_n . **PLACER** g_n sur la caractéristique $T = f(g)$.

C.1.3 **COMPLETER** le bilan de puissance de la génératrice. **EXPLIQUER** pourquoi les Pertes fers rotoriques ont pu être négligées dans ce bilan.

C.1.4 On se propose de déterminer la vitesse du vent qui permet à la génératrice de compenser ses propres pertes et celles du multiplicateur dont le rendement est égal à 90 %.

- ◆ Compte tenu de la valeur de I_2 , on négligera PFR et PJR.
 - ◆ On donne : Puissance mécanique disponible = $281,2355.V^3$
 - ◆ V = vitesse du vent
- ✓ **CALCULER** les pertes joules statoriques (PJS) et les pertes totales (PT) de la machine asynchrone.
 - ✓ **CALCULER** les pertes dans le multiplicateur, en **DEDUIRE** la valeur des pertes totales (P_{t0}) de l'aérogénérateur.
 - ✓ **DEDUIRE** des calculs précédents la vitesse du vent pour laquelle l'éolienne va commencer à débiter sur le réseau.

C.2. CONNEXION DE LA GENERATRICE AU RESEAU.

C2.1 ETUDE DE LA FONCTION « CONNEXION »

- ✓ A partir du schéma électrique unifilaire de l'éolienne VESTAS, **REALISER** le schéma multifilaire de la connexion de la génératrice au réseau. Vous ferez apparaître tous les éléments utiles et vous indiquerez leur repères respectifs
- ✓ **ETABLIR** une nomenclature des éléments présents dans votre schéma.
- ✓ Le constructeur utilise un gradateur à angle de phase dans le dispositif de connexion. **PRECISER** sur quelle grandeur électrique agit cet élément ainsi que sa fonction dans le dispositif

C2.2 CHOIX DES THYRISTORS

Conditions de fonctionnement :

- ◆ La machine fonctionne à son point nominal, l'angle de retard à l'amorçage des thyristors est nul ($\sin 180^\circ$).
- ◆ On considère que la pointe d'intensité qui peut apparaître lors du couplage de la machine au réseau n'excède pas 10 ms et 10 fois le courant efficace de la machine.
- ◆ La tension maximale aux bornes d'un thyristor bloqué est égale à $\frac{3}{2}V\sqrt{2}$, (V représente la tension simple du réseau).

La documentation des thyristors est fournie (voir DT C1, DT C2 et DT C3).

- ✓ **REPRESENTER** l'allure du courant dans un thyristor. **CALCULER** les valeurs moyenne et efficace du courant qui le traverse (on prendra $I_{eff} = 1,57 I_{moy}$). **INDIQUER** les principaux critères de choix de ce type de composant.
- ✓ Le thyristor choisi par le constructeur est un SKT431F10DS. **VERIFIER** que ce composant est adapté à l'application.
- ✓ **CALCULER**, pour les conditions précisées, les pertes par conduction dans le thyristor (PTAV)
- ✓ En **DEDUIRE** la puissance maximale dissipée par les thyristors passants. **DETERMINER**, en rapport à la puissance nominale, le pourcentage représenté dans ces conditions par les pertes par conduction.
- ✓ **PRECISER** le rôle du contact K 700 situé en parallèle sur les thyristors. **JUSTIFIER** votre réponse.

C2.3 PROTECTION DES COMPOSANTS

- ✓ **PRECISER** le rôle du circuit RC, branché en parallèle sur les thyristors.
- ✓ **INDIQUER** le rôle du dissipateur associé aux thyristors. **CITER** les paramètres à prendre en compte pour choisir cet élément. Dans notre cas d'utilisation, le dissipateur peut-il être sous-dimensionné ?
- ✓ **JUSTIFIER** votre réponse.

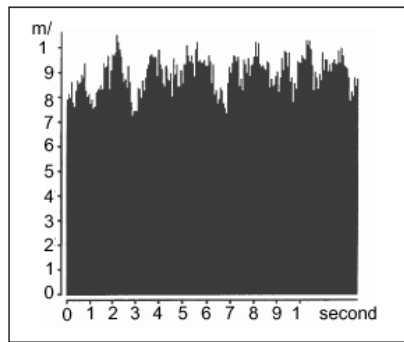
C.3. ETUDE DU PROCEDE OPTISLIP

La régulation de la puissance utile de l'aérogénérateur repose sur le contrôle de la portance, obtenu par action sur l'angle d'inclinaison des pales.

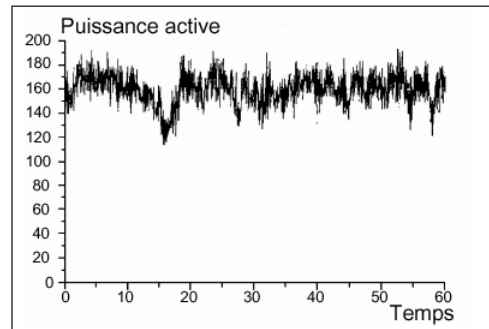
Le mécanisme de calage fait appel à un moteur hydraulique et le temps de réaction du dispositif est assez important. Il est estimé à huit secondes minimum.

Si ce dispositif est parfaitement adapté à des variations lentes de la vitesse du vent il est trop beaucoup trop lent pour réagir aux fluctuations rapides (rafales, turbulences dues au passage des pales devant la tour, etc.).

Ces variations sont également susceptibles d'engendrer fluctuations de la vitesse de l'éolienne et par conséquent, de la puissance électrique fournie (voir illustration ci-dessous).



Variation de la vitesse du vent



Puissance de sortie d'une éolienne classique

Pour limiter les fluctuations de la puissance électrique, le constructeur a équipé ses éoliennes d'un dispositif de régulation électronique baptisé **OPTISLIP** qui permet, par modification de la valeur de la résistance rotorique, d'obtenir une puissance de sortie de la génératrice la plus constante possible.

C.3.1 ETUDE DE LA SOLUTION PROPOSEE PAR LE CONSTRUCTEUR

- ✓ **CITER** les avantages et les inconvénients de la machine à rotor bobiné par rapport à une machine asynchrone à cage.

La variation de la puissance utile de la génératrice en fonction du glissement est fournie en annexe (voir DT C4).

En considérant que la vitesse du vent est constante ($g = \text{constante} = g_n$) et que la génératrice débite sa puissance nominale (voir courbe 1) :

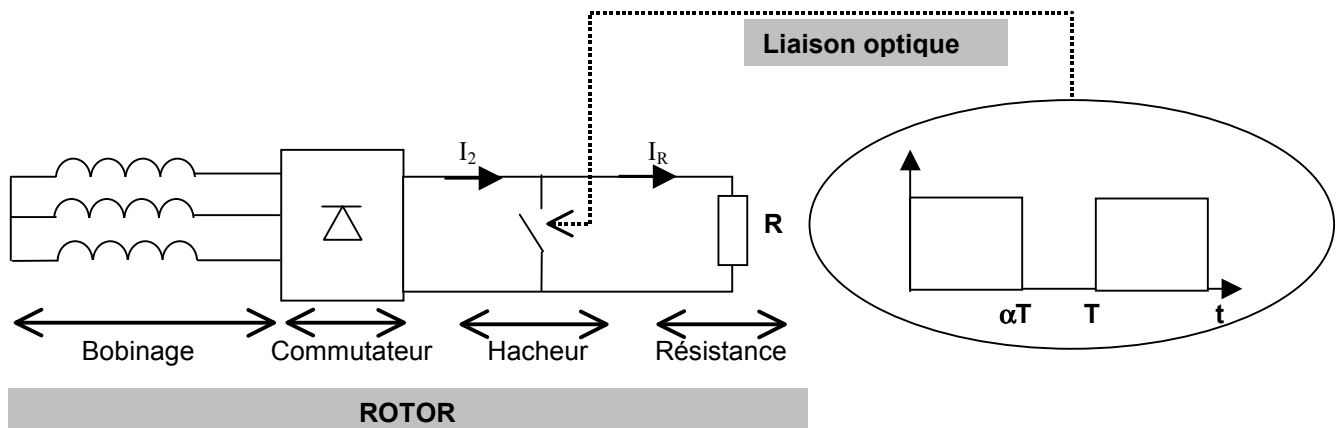
- ✓ **INDIQUER** ce qui advient si on double la valeur de la résistance rotorique.
- ✓ **PRECISER** ce que devient la puissance débitée par la génératrice si on ne change pas la valeur de la résistance R_2 , lorsque la vitesse du vent augmente rapidement et fait varier la vitesse de la génératrice.
- ✓ **INDIQUER** comment maintenir une puissance utile constante sachant que le contrôle des pâles n'aura pas le temps de réagir. **TRACER** le trajet du point de fonctionnement.

C.3.2 ETUDE DU PROCEDE OPTISLIP©

Pour des raisons évidentes de facilité de maintenance, on a placé directement sur le rotor de la machine une résistance dont on fait varier « électroniquement » la valeur par l'intermédiaire d'un hacheur.

Pour les mêmes raisons, il n'y a pas de bagues sur ce type de moteur et la commande du hacheur passe par l'intermédiaire d'un procédé de liaison optique.

Le principe de la variation de la résistance rotorique est indiqué ci-dessous :



- ✓ **EXPLIQUER** le rôle de chacun des éléments ci-dessus (sauf le bobinage).
- ✓ **PRÉCISER** pourquoi le hacheur doit impérativement être commandé par l'intermédiaire de la liaison optique.
- ✓ **ANALYSER** l'intérêt du procédé OPTISLIP[®] compte tenu de l'inertie du rotor et des contraintes mécaniques exercées sur le multiplicateur.