

Questions

Les paramètres d'une turbine éolienne de type Savanius sont : C_p : Coefficient de puissance, λ :Vitesse spécifique, Ω_T : vitesse de rotation turbine, Ω_g : vitesse de rotation du générateur, Masse volumique de l'air $\rho=1,2$ (Kg/m^3), Rayon de l'éolienne $R_t= 0,5(m)$, Hauteur de la turbine : $H=2(m)$, Rapport de multiplicateur de vitesse : $G=1$, Vitesse spécifique optimale : $\lambda_{opt}=0.1495$; Coefficient de puissance maximal : $C_{p-max}=0.78$, $\pi = 3.14$

1/ Montrer que le couple mécanique produit par le turbine éolienne peut s'exprimer par : $T_T = C_T \times K \times v^2$
Où C_T est le coefficient du couple et K un constant, à déterminer, v est la vitesse du vent.

2/ Exprimer le couple électromagnétique de référence C_{ref} sous la forme $C_{ref}=K_{opt}.\Omega_g^2$, calculer K_{opt}

3/ - Tracer le diagramme de la vitesse de rotation d'une turbine éolienne à vitesse variable en fonction de la vitesse du vent, et expliquer les différentes zones de fonctionnement.

Questions de cours

1) Sachant que l'expression de la puissance aérodynamique est donnée par : $P_m = \frac{1}{2} C_p(\lambda) \rho \cdot 2 \cdot R_t \cdot H \cdot V_1^3$

Avec: $\lambda = \frac{\Omega_t R_t}{V_1}$

D'où l'expression du couple est la suivante : $T_t = \frac{P_m}{\Omega_t} = \frac{R_t P_m}{\lambda v} = \frac{C_p}{\lambda} \cdot \rho \cdot R_t^2 \cdot H v^2 = C_T \cdot \rho \cdot R_t^2 \cdot H \cdot v^2$

La valeur du coefficient de couple est déterminée par la formule suivante : $C_T = \frac{C_p}{\lambda}$

2) Le couple électromagnétique de référence est déterminé à partir d'une estimation du couple aérodynamique

$$C_{em-ref} = \frac{C_{aer-estimé}}{G}$$

Le couple aérodynamique estimé est déterminé par l'expression :

$$C_{aer-estimé} = \frac{1}{2} C_p \rho S \cdot \frac{1}{\Omega_{turbine-estimé}} V_{estime}^3$$

$$\Omega_{turbine-estimé} = \frac{\Omega_{mec}}{G}$$

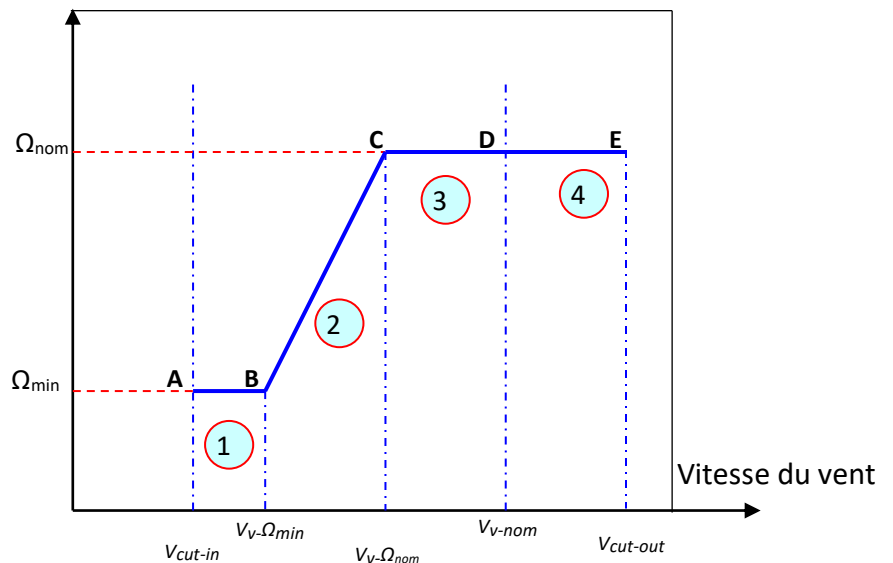
$$V_{estime} = \frac{\Omega_{turbine-estimé} \cdot R}{\lambda}$$

$$C_{cem-ref} = \frac{C_{pmax}}{\lambda_{opt}^3} \times \rho \times R^4 \times H \times \Omega_{mec}^2 = K_{opt} \times \Omega_{mec}^2 = 0.04725 \times \Omega_{mec}^2$$

3) Représentation du diagramme

de la vitesse de rotation de la turbine éolienne en fonction de la vitesse du vent

Vitesse de rotation



Explication des différentes zones de fonctionnement :

- zone1 « A-B »: L'éolienne commence à fonctionner à la vitesse du vent de connexion V_{cut-in} , à une vitesse de rotation Ω_{t-min} .
- zone2 « B-C » : Lorsque la vitesse de la génératrice est comprise entre les vitesses Ω_{min} et Ω_{nom} , un algorithme de commande est appliqué pour extraire la puissance maximale du vent. Le coefficient de puissance maximum correspond dans ce cas à un angle de calage optimal et constant.
- Zone3 « C-D » : Cette zone correspond au cas où la vitesse de rotation nominale est atteinte, tandis que la puissance générée arrive à des valeurs importantes mais inférieures à la puissance nominale.
- Zone4 « D-E » : Arrivée à la puissance nominale, un système d'orientation des pales « pitch control » est appliqué afin de limiter la puissance générée.
- Au-delà de la vitesse $\Omega_{cut-out}$, un dispositif de protection est actionné pour éviter des ruptures mécaniques.