

5. Mécanique et dynamique

5.2 Dynamique du rotor



Hussein Ibrahim, Ph.D. - Antoine Brégaint, M.Sc.A.

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Charges dans un rotor idéal
- Modélisation du rotor
- Conclusion

Plan de cette présentation

- ***Introduction et objectifs***
- Charges dans un rotor idéal
- Modélisation du rotor
- Conclusion

Introduction et objectifs

- Les charges rotoriques les plus importantes sont celles associées à la poussée sur les pales et au couple entraînant le rotor.
- Afin d'avoir une idée des charges constantes s'exerçant sur l'éolienne, il peut être utile de modéliser le rotor comme un simple rotor rigide et idéal sur le plan aérodynamique.

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- ***Charges dans un rotor idéal***
- Modélisation du rotor
- Conclusion

Question

- Pour un rotor idéal, quelle est la dépendance entre la poussée et la vitesse du vent ?
 - A. Elle est proportionnelle à la vitesse du vent
 - B. Elle est inversement proportionnelle à la vitesse du vent
 - C. Elle varie avec le carré de la vitesse du vent
 - D. Elle varie avec le cube de la vitesse du vent
 - E. Il n'y a pas de dépendance

Charges dans un rotor idéal

❖ Pousée

- Pour un rotor idéal, la pousée, T en Newton, peut être déterminée à partir de cette équation :

$$T = C_T \frac{1}{2} \rho \pi R^2 U^2$$

C_T le coefficient de pousée égal à $\frac{8}{9}$ dans le cas du rotor idéal

ρ : la masse volumique de l'air en kg/m^3

R : le rayon du rotor en m

U : la vitesse du vent incident en m/s

- De cette manière, la pousée totale varie uniquement avec le carré de la vitesse.

Charges dans un rotor idéal

❖ Moment de flexion

- Le moment de flexion, en N.m, sur une seule pale pour une éolienne de B pales est donné par la relation suivante :

$$M_{\beta} [kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}] = \frac{1}{B} \int_0^R r \left(\frac{1}{2} \rho \pi 8 U^2 2r dr \right) = \frac{T}{B} \frac{2}{3} R$$

- La contrainte de flexion maximale due au moment au niveau de l'encastrement est :

$$\sigma_{\beta, max} [kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}] = \frac{M_{\beta} c}{I_b}$$

R : le rayon du rotor en m

c : la distance par rapport à la fibre neutre du volet en m

I_b : le moment quadratique de section de pale à l'encastrement en m^4

Charges dans un rotor idéal

❖ Force de cisaillement

- La force de cisaillement dépend directement de la force de poussée :

$$S_{\beta} [kg \cdot m \cdot s^{-2}] = \frac{T}{B}$$

- Le moment et la contrainte de flexion ainsi que la force de cisaillement dépendent du carré de la vitesse du vent et ne dépendent pas de la position angulaire de la pale.
- Les pales conçues pour des vitesses spécifiques plus élevées ont des moments d'inertie plus faibles, augmentant ainsi les contraintes au niveau de l'encastrement.

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Charges dans un rotor idéal
- ***Modélisation du rotor***
- Conclusion

Modélisation du rotor

- ❖ Modèle dynamique linéaire charnière-ressort :
 - Pale rigide attaché au moyeu par un système de charnière élastique.
 - Modèle aérodynamique stationnaire et linéaire.
 - Le caractère non-uniforme du vent est considéré comme des perturbations.
 - Hypothèse de solutions périodiques pour les déplacements.
 - Charges considérées : rotation du rotor, la gravité, mouvement de lacet (yaw), vent stationnaire

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Charges dans un rotor idéal
- Modélisation du rotor
- ***Conclusion***

Conclusion

- Cette présentation permet de connaître les hypothèses de bases de la modélisation du rotor idéal pour étudier les contraintes en vue de la conception.
- Pour connaître la démarche globale et la manière dont sont calculées les différentes charges et contraintes, vous pouvez consulter la partie 4.4 du livre de référence.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



MERCI



Questions ?

Hussein IBRAHIM, Ph.D
Tél: 418-962-9848 # 340
cc-hussein.ibrahim@etsmtl.ca
Hussein_ibrahim01@uqar.ca
Hussein.ibrahim@itmi.ca