17.0 EXERCICES STOCKAGE

Exercice 17.9 : L'énergie dans un volant d'inertie

Veuillez considérer ci-dessous les caractéristiques d'un volant à inertie n°1 avec un **cylindre en rotation plein** :

- Masse = 100 kg ;
- $\omega_{max} = 8000$ rpm ;
- Radius = 1.5m.

Veuillez considérer ci-dessous les caractéristiques d'un volant à inertie n°2 avec un **cylindre en rotation creux** :

- Masse = 20 kg ;
- $\omega_{max} = 8000$ rpm ;
- Radius extérieur = 1.5m;
- Radius intérieur = 1.2m.

Veuillez enfin considérer ci-dessous une liste des matériaux pouvant être utilisés pour construire la partie en rotation du volant à inertie :

	Acier	**Fibre de carbone**	**Béton**
Coût ($/kg)	5	20	1
Résistance maximale en tension (MPa)	2530	1600	3
Densité (kg/m^3)	7860	1750	2700

QUESTIONS :

Question 1 : Quel est le maximum d'énergie, en MJ, qui peut être stocké dans le volant d'inertie n°1 ? (Au dixième près)

Question 2 : Quelle sera la puissance fournie, en kW, par le volant n°1 avec 20 min de décharge complète ? Utiliser la question 1 (Arrondir à l'entier).

Question 3 : Quel est le maximum d'énergie, en MJ, qui peut être stocké dans le volant d'inertie n°2 ? (À la dixième près)

Question 4 : Calculez les rapports entre l'énergie et la masse, en kW par kg, pour les deux volants. Quel est le meilleur rapport ? (Arrondir à l'entier)

Question 5 : Vous devez concevoir un volant d'inertie à bas coûts (avec une capacité de 1MW pour 1h), lequel des matériaux du tableau précédent choisiriez-vous ? Supposer que la roue est un cylindre mince. Les données du volant n°1/2 ne doivent pas être employées.

REPONSES :

Question 1 : Quel est le maximum d'énergie, en MJ, qui peut être stocké dans le volant d'inertie n°1 ? (À la dixième près)

Il faut d'abord convertir la vitesse angulaire : $\omega = 8000 * \frac{2\pi}{60} = 838 \frac{rad}{s}$ puis, calculer le moment d'inertie de ce volant avec la formule suivant : $I = m * \frac{r^2}{2} = 100 * \frac{1{,}5^2}{2} = 112{,}5\ kg.m^2$

Finalement, il est possible de retrouver l'énergie maximum stockable : $E = I * \frac{\omega^2}{2} = 39{,}5\ MJ.$

Question 2 : Quelle sera la puissance fournie, en kW, par le volant n°1 avec 20 min de décharge complète ? (Arrondir à l'entier)

La puissance fournie sur cet intervalle de temps est de $P = \frac{E}{t} = \frac{39{,}5*10^3}{20*60} = 33\ kW.$

Question 3 : Quel est le maximum d'énergie, en MJ, qui peut être stocké dans le volant d'inertie n°2 ? (À la dixième près)

Pour le volant n°2 la vitesse angulaire est la même que pour le volant n°1, cependant, le moment d'inertie change car un cylindre creux est utilisé. Il devient : $I = m * \left(\frac{Re^2}{2} + \frac{Ri^2}{2}\right)^* = 36{,}9\ kg.m^2$

Finalement, il est possible de retrouver l'énergie maximum stockable : $E = I * \frac{\omega^2}{2} = 13\ MJ.$

Question 4 : Calculez les rapports entre l'énergie et la masse, en kW/kg, pour les deux volants. Quel est le meilleur rapport ? (Arrondir à l'entier)

Pour le volant n°1, le rapport est de : $R = \frac{E}{m1} = 395\ kW/kg.$

Pour le volant n°2, le rapport est de : $R = \frac{E}{m2} = 650\ kW/kg.$

Ainsi, le rapport est beaucoup plus important pour un cylindre en rotation creux. Cela démontre que la masse à l'extrémité est plus significative que celle vers l'intérieur du cylindre. Par conséquent, un volant avec une partie en rotation sous forme de cylindre creux, qui est composé d'un matériau avec une masse volumique importante, est plus intéressant qu'un volant avec une partie en rotation sous forme de cylindre plein, qui est composé d'un matériau avec une moins grande densité volumique.

Question 5 : Vous devez concevoir un volant d'inertie à bas coûts (avec une capacité de 1MW pour 1h), lequel des matériaux suivants choisiriez-vous ? Supposer que la roue est un cylindre mince. Les données du volant n°1/2 ne doivent pas être employées.

Il faut d'abord calculer la masse requise pour chaque matériau à l'aide de la formule énergétique suivante :

E [MWh]= m [kg]*tension [MPa]/densité [kg/m^3] ➔ m [kg]= E [Wh]*densité [kg/m^3]/tension [Pa] (on supprime Mega)
E [J/s x h x 3600s/h]*densité [kg/m^3]/tension [kg m /(s^2 m^2)]

Puis déterminer le prix en fonction de la masse : Prix = masse*prix/kg. Ainsi, il est possible de calculer les prix suivants pour chaque matériau :

	Énergie (MJ) :	3600	
	Acier	Fibre de carbone	Béton
Coût unitaire [$/kg]	5	20	1
Résistance [MPa]	2530	1600	3
Densité [kg/m^3]	7860	1750	2700
m = E*densité/tension [kg]	11184.19	3937.50	3 240 000.00
Coût = m*Coût unitaire [$]	55 921	78 750	3 240 000

NE pas oublier le facteur 3600 (il y a 3600 s dans une heure) dans le calcul de la masse.

L'acier représente alors le meilleur rapport qualité prix. Note, certains aciers ont une résistance supérieure à 2530 MPa, ce qui renforce cette conclusion.

Source (démonstration du moment d'inertie d'un cylindre creux) :
http://franzraemy.senseweb.ch/momentdintertie.pdf