

Exercice 1

Soit le roulement n°22326 C soumis à un effort radial de 100 kN.

Sachant qu'il tourne à 630 tr/min, calculer :

- sa durée de vie nominale ;
- sa durée de vie s'il est soumis en plus, à une charge axiale de 30 kN ;
- sa durée de vie si la charge axiale supplémentaire vaut 60 kN.

Solution

a) La formule de la durée de vie est la suivante :

$$L_{10,h} = \frac{10^6}{60 \cdot N} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

où N est la vitesse angulaire en tr/min,

C, la charge dynamique de base,

P, la charge dynamique équivalente,

p, l'exposant valant 3 pour un contact ponctuel et 10/3 pour un contact linéique.

Dans notre cas, N = 630, P = 100000 et d'après le catalogue SKF, C = 978000 N.

Vu qu'on est en présence d'un roulement à rotule sur rouleaux, p = 10/3.

$$\text{Donc } L_{10,h} = \frac{10^6}{60 \cdot 630} \cdot \left(\frac{978000}{100000} \right)^{\frac{10}{3}} = 52922 \text{ heures}$$

b) Ici, nous avons un effort axial et un effort radial. D'après le catalogue SKF, la charge équivalente va dépendre du rapport des efforts axial et radial suivant la loi :

$$P = F_r + Y_1 \cdot F_a \text{ si } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P = 0.67 * F_r + Y_2 \cdot F_a \text{ si } \frac{F_a}{F_r} \geq e$$

Pour le roulement sélectionné, e vaut 0.35. (page 476 du catalogue SKF.)

Dans notre cas, le rapport des efforts vaut $0.3 < 0.35$, nous utiliserons par conséquent la première formule avec $Y_1 = 1.9$ (donné par le catalogue, pour le roulement 22326 cc/w33).

$$\Rightarrow P = 100000 + 1.9 * 30000 = 157000 \text{ N}$$

La durée de vie vaut par conséquent :

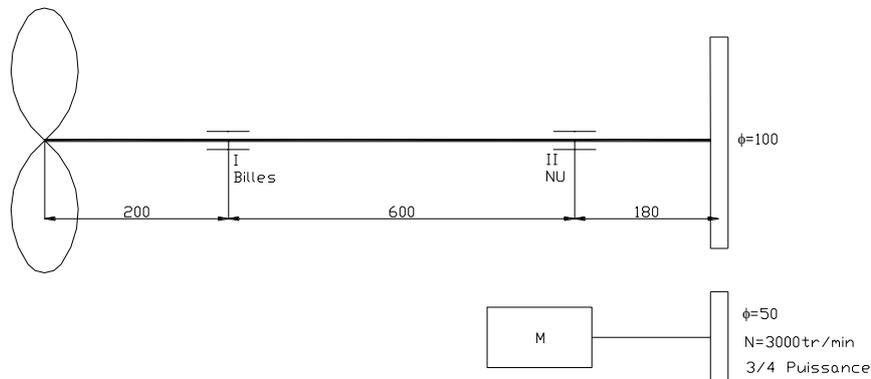
$$L_{10,h} = \frac{10^6}{60.630} \left(\frac{978000}{157000} \right)^{\frac{10}{3}} = 11766 \text{ heures}$$

c) En considérant un effort axial de 60000 N, le rapport des efforts $\frac{F_a}{F_r} = 0.6 > 0.35$.

On utilisera par conséquent la deuxième formule. avec le coefficient $Y_2 = 2.9$

$$\Rightarrow P = 100000 + 2.9 * 60000 = 241000$$

et la durée de vie : $L_{10,h} = \frac{10^6}{60.630} \left(\frac{978000}{241000} \right)^{\frac{10}{3}} = 2820 \text{ heures}$

Exercice 2

Un moteur électrique de 1600 W porte à l'extrémité de son axe une poulie de 50mm de diamètre. Il tourne à 3000 tr/min et travaille aux $\frac{3}{4}$ de sa puissance nominale. Par l'intermédiaire de courroies trapézoïdales, il entraîne une poulie de 100 mm calée sur un axe portant à son extrémité une hélice de ventilateur. Les deux axes sont horizontaux et situés dans un même plan vertical (axe moteur vers le bas). L'hélice est en porte-à-faux à 200 mm du palier voisin et la poulie, en porte-à-faux à 180 mm de l'autre palier. La distance entre les deux paliers est de 600mm.

Autres données :

- diamètre des portées de roulements de l'axe du ventilateur : 40 mm (les deux roulements sont à calage direct) ;
- masse de l'axe du ventilateur (sans poulie ni hélice) : 163.1 kg (masse supposée également répartie sur les deux roulements) ;
- Poussée de l'hélice : 900 N ;
- masse de la poulie : 10.2 kg ;
- masse de l'hélice : 30.6 kg.

On demande :

- a) La durée de vie calculée des roulements de l'axe du ventilateur, l'un de type rigide à une rangée de bille de la série de diamètre 3 du côté de l'hélice ; l'autre à rouleaux cylindriques de série de dimension NU2. On négligera les balourds provenant de l'hélice ;

- b) Le balourd provoqué par l'hélice en supposant pour celle-ci une excentricité d'un rayon de 0.2 mm pour le centre de gravité, ainsi que la charge équivalente totale sur le roulement à bille en tenant compte de ce balourd.

Solution

a) Durée de vie

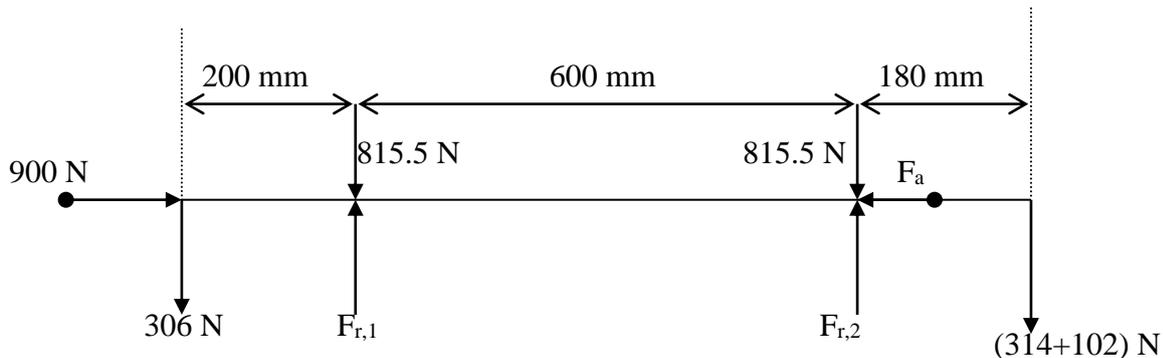
◆ Calcul de l'effort.

$$F = \frac{\text{puissance}}{\text{vitesse périphérique}} = \frac{1600 * 0.75}{\pi * 0.1 * \frac{1500}{60}} = 157 \text{ N}$$

Admettons un coefficient de frottement de 2 pour la courroie.

$$\Leftrightarrow F_{\text{corrigé}} = 2 * 153 = 314 \text{ N}$$

Le schéma rendu libre de l'axe du ventilateur est :



L'équilibre horizontal nous fournit la valeur de l'effort axial : $F_a = 900 \text{ N}$.

L'équilibre des moments autour des appuis 1 et 2 nous fournissent les équations suivantes :

$$600 * F_{r,2} = 600 * 815.5 + 780 * (314 + 102) - 200 * 306 ;$$

$$600 * F_{r,1} = 600 * 815.5 + 800 * 306 - 180 * (314 + 102)$$

Nous trouvons : $F_{r,1} = 1098.7 \text{ N}$ et $F_{r,2} = 1254.3 \text{ N}$.

◆ Choix des roulements

Sachant que le diamètre de l'arbre vaut 40, les deux derniers chiffres du numéro de série du roulement valent : $\frac{40}{5} = 8$.

Pour le roulement à bille : diamètre 3 (deuxième chiffre = 3). D'où le n° du roulement 6308. Ce qui nous donne d'après le catalogue SKF, $C = 41\ 000 \text{ N}$ et $C_0 = 24\ 000 \text{ N}$.

Pour déterminer la charge équivalente, nous devons comparer le rapport F_a/F_r ($=0.84$) à e .

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{900}{24000} = 0.0375 \approx 0.04 \Rightarrow e = 0.24 \text{ (page 185 catalogue SKF).}$$

$$0.84 > 0.24 \Rightarrow P_{\text{éq}} = 0.56 * 1098.7 + 1.8 * 900 = 2235.44 \text{ N.}$$

La durée de vie du roulement à billes vaudra :

$$L_{10} = \left(\frac{41000}{2235.44} \right)^3 = 6169 * 10^6 \text{ cycles} = 68\,551.9 \text{ heures.}$$

Quant aux roulements à rouleaux cylindriques, il est de la série des dimensions NU2 avec un diamètre intérieur d de 40 mm. \Rightarrow roulement n° NU208 EC. Le catalogue SKF nous fourni la capacité statique de base : $C = 53\,900 \text{ N}$.

$$L_{10} = \left(\frac{53900}{1254.3} \right)^{3/10} = 277944 \text{ cycles soit } 3088270.2 \text{ heures.}$$

b) Intervention du balourd

Lorsque la charge varie (cas du balourd), il faut déterminer la charge moyenne constante qui est de même direction et a la même influence sur la durée que la charge variable réelle.

La force centrifuge due au balourd vaut :

$$F_c = m * \omega^2 * r = 30.6 * \left(2 * \pi * \frac{1500}{60} \right)^2 * 0.0002 = 151 \text{ N}$$

En écrivant l'équilibre des moments, autour du roulement 2, nous trouvons :

$$F_{R,2} * 600 = 151 * 800$$

$$\Leftrightarrow F_{R,2} = 201.3 \text{ N}$$

$$\Leftrightarrow \frac{F_1}{F_1 + F_2} = \frac{1099}{1099 + 201.3} = 0.842$$

$$f_m = x^2 - x + 1 = 0.843^2 - 0.843 + 1 = 0.867$$

$$F_m = f_m * (F_1 + F_2) = 1127 \text{ N}$$

$\Leftrightarrow P_{\text{éq}} = X.F_m + Y.F_a = 0.56 * 1127 + 1.8 * 900 = 2241 \text{ N}$. A comparer avec $P_{\text{éq}}$ du premier cas ($= 2223 \text{ N}$). Vu que c'est presque la même valeur, on peut conclure que l'influence du balourd est négligeable sur la durée de vie.