Ejercicio propuesto del tema 12: Embragues

ENUNCIADO:

En el embrague centrífugo de la figura 1, las 3 zapatas (en gris) pueden desplazarse a lo largo de los ejes X, Y y Z respectivamente debido a la fuerza centrífuga. A velocidades muy bajas, el mecanismo no funciona como embrague ya que los resortes se lo impiden (desembragado). Sin embargo a partir de cierta velocidad la fuerza centrífuga supera la acción de los resortes entrando en contacto las zapatas con el Eje 2 (embragado). La masa de cada una de las zapatas es m=1 kg, situado a una distancia del centro del Eje 1 de r=112,5 mm. Según se observa en la figura, el hueco entre zapata y el interior del Eje 2 (cuyo radio es R=150 mm) es de δ=5 mm cuando la zapata está en reposo. La rigidez de los muelles es K=25 N/mm y el coeficiente de fricción zapata-Eje 2 es μ=0.3. Se pide determinar la velocidad a partir de la cual el mecanismo funciona como embrague, y calcular el par de transmisión generado en función de la velocidad de giro del Eje 1, T=T(w).

Nota: para simplificar el cálculo, supóngase presión constante en el contacto zapata-Eje 2.

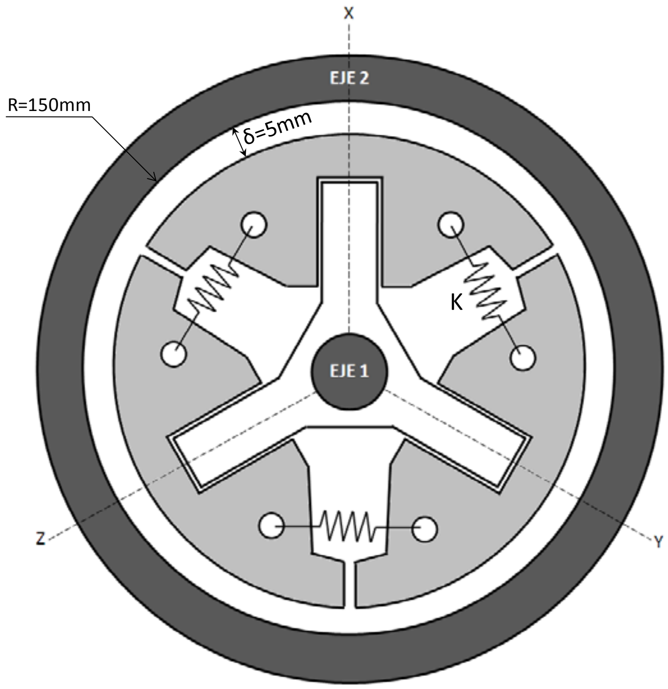
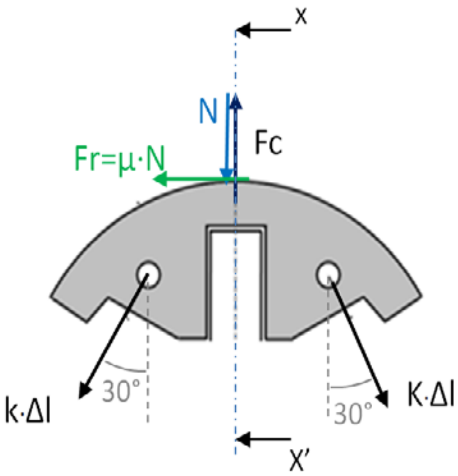
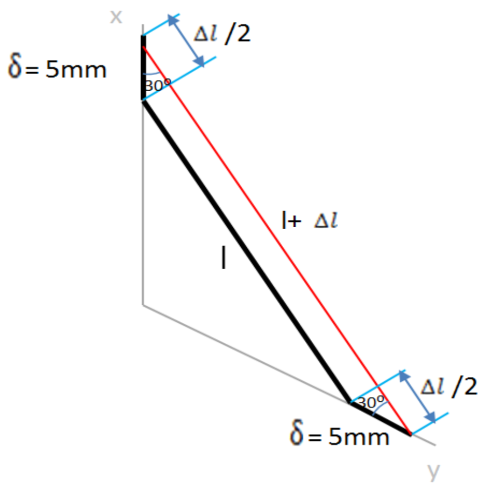


Figura 1. Imagen y esquema de un embrague centrífugo de tres zapatas.

SOLUCIÓN:

El primer paso es el aislamiento de una de las zapatas para identificar (ya que las 3 son idénticas) y analizar las fuerzas a las que está sometida, despreciando el peso de la zapata.





Si realizamos el equilibrio de fuerzas en la dirección x:

$$\sum F_x = 0 \; ; F_c = N + 2 \cdot K \cdot \Delta l \cdot cos30^{\text{o}}$$

Funciona como embrague cuando δ=5mm

En el instante inmediatamente previo al contacto zapata-eje 2:

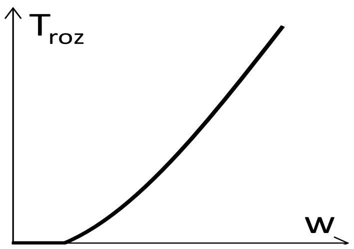
$\delta \cdot \cos 30 = \frac{\Delta l}{2} \rightarrow \Delta l = 2 \cdot \delta \cdot cos30^{\text{o}} = 2 \cdot 5mm \cdot cos30^{\text{o}} = 8{,}66mm$

$\mathrm{F_c = N + 2 \cdot K \cdot \Delta l \cdot cos30} \rightarrow$ N=0 cuando está a punto de producirse el contacto entre la zapata y el eje 2. Por lo tanto:

$F_c = 2 \cdot K \cdot \Delta l \cdot cos30^{\text{o}} \rightarrow m \cdot \omega^2 \cdot r = 2 \cdot K \cdot \Delta l \cdot cos30^{\text{o}}$

Siendo el radio del centro de gravedad 117,5 mm (112,5 + 5 mm)

$$1\, kg \cdot {\omega_1}^2 \cdot 0{,}117\, m = 2 \cdot 25000\, \frac{N}{m} \cdot 8{,}66 \cdot 10^{-3} m \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$



Despejando:

$$\omega_1 = 56{,}61 \frac{rad}{s} = 540{,}71\, rpm.$$

Cuando se produce el contacto zapata-eje 2

$F_c = N + 2 \cdot K \cdot \Delta l \cdot \cos 30^{o} \rightarrow N = F_i - 2 \cdot K \cdot \Delta l \cdot \cos 30^{o} =$

$m \cdot \omega^2 \cdot r - 2 \cdot K \cdot \Delta l \cdot cos30^{o} = 1\ kg \cdot {\omega_1}^2 \cdot 0{,}117\ m - 2 \cdot 25000\ \frac{N}{m} \cdot 8{,}66 \cdot 10^{-3} m \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

$N = 0{,}117\ {\omega_1}^2 - 375\ [N]$

Al haber 3 zapatas idénticas:

$$T_{ROZ} = 3 \cdot \mu \cdot N \cdot R = 3 \cdot 0{,}3 \cdot \left(0{,}117\ {\omega_1}^2 - 375 \right) \cdot 0{,}150$$
$$= 0{,}135 \cdot \left(0{,}117\ {\omega_1}^2 - 375 \right) Nm$$