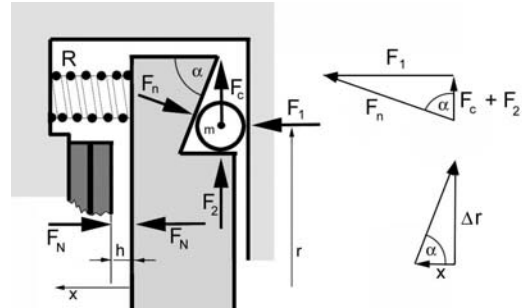


2-17. ábra

A 2-17. ábra olyan centrifugális tengelykapcsolót mutat, melyben a centrifugális erő hatására kifelé mozgó golyók ékpálya-hatás segítségével szorítják össze a surlódótárcsát.



2-18. ábra

Analízis 1

A 2-17. ábrán látható tengelykapcsoló működtető részének vázlatát a 2-18. ábra mutatja nagyon leegyszerűsített és idealizált alakban. Vizsgáljuk, hogy a szögsebesség függvényében hogyan változik az F_C centrifugális erő, a surlódótárcsát szorító F_N erő, a golyóra ható F_1 vízszintes és F_2 függőleges reakcióerő, a surlódótárcsa és a nyomólap közötti x távolság, valamint a röpsúly (golyó) r keringési sugara.

A folyamat három fázisra bontható.

1) Amíg a golyó nem modul ($x=0, r=r_0, F_N=0$), addig a centrifugális erő:

$$F_C = m r_0 \omega^2. \quad (1)$$

Ekkor $F_1 = F_{R0}$, de

$$F_1 = (F_C + F_2) \operatorname{tg} \alpha = (m r_0 \omega^2 + F_2) \operatorname{tg} \alpha = F_{R0}, \quad (2)$$

s innen

$$F_2 = \frac{R_{R0}}{\operatorname{tg} \alpha} - m r_0 \omega^2 \quad (3)$$

2) Amikor a golyó (és a nyomólap) mozog

($h > x > 0$), akkor $F_1 = F_R = F_C \operatorname{tg} \alpha$, így

$$F_{R0} + s x = m r \omega^2 \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

ahol

$$x = \frac{\Delta r}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{r - r_0}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (5)$$

A (4) és (5) egyenletből:

$$r = \frac{F_{R0} - \frac{s r_0}{\operatorname{tg} \alpha}}{m \omega^2 \operatorname{tg} \alpha} \quad (6)$$

illetve

$$x = \frac{r_0 m \omega^2 \operatorname{tg} \alpha - F_{R0}}{s - m \omega^2 \operatorname{tg} \alpha} \quad (7)$$

A centrifugális erő, az $F_C = m r \omega^2$, ahol az r a (6) képlet szerint változik, az $F_1 = F_R = F_{R0} + s x$, ahol az x a (7) képlet szerint változik. (Az F_2 természetesen zérus.)

3) Miután a h hézag eltűnt:

$$r = r_0 + h \operatorname{tg} \alpha = r_1. \quad (8)$$

Ezzel a centrifugális erő:

$$F_C = m r_1 \omega^2. \quad (9)$$

A nyomólapra ható vízszintes erők egyensúlyából

következik, hogy $F_1 - F_N - F_{R1} = 0$, ahol

$$F_{R1} = F_{R0} + s h \quad (10)$$

és

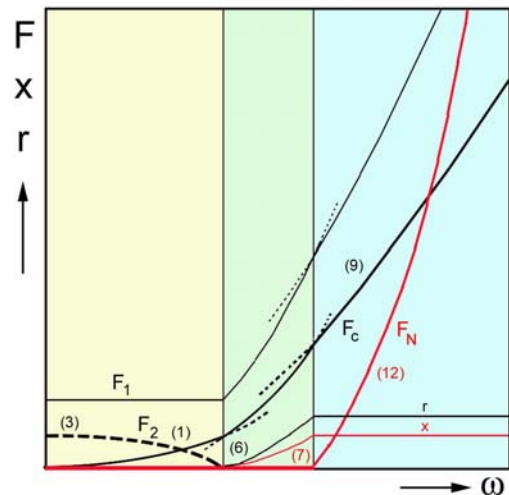
$$F_1 = m r_1 \omega^2 \operatorname{tg} \alpha, \quad (11)$$

tehát

$$F_N = F_1 = m r_1 \omega^2 \operatorname{tg} \alpha - F_{R0} + s h. \quad (12)$$

A képletek segítségével megrajzolható a három erő változásának és a két elmozdulásnak a diagramja (2-19. ábra).

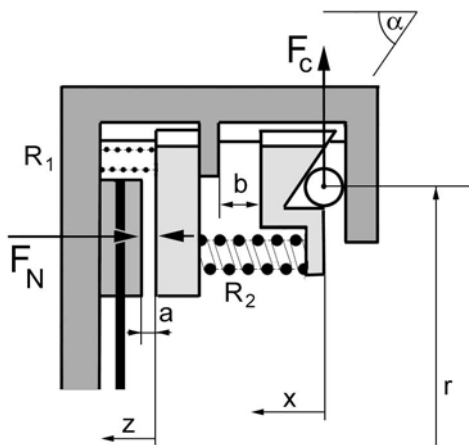
Itt a görbék a jellegzetességek kidomborítása érdekében torzítottak, nagyságrendileg nem reálisak



További előnyük az ilyen centrifugális tengelykapcsolóknak, hogy hirtelen fékezéskor a motor nem fullad le. Később készítettek olyan centrifugális tengelykapcsolókat, melyekkel már nehézség nélkül lehetett sebességet is váltani. Az alapelv mindegyikben ugyanaz: megmaradt a hagyományos tekercsrugó a nyomólap szorításához, a centrifugális erő csak ezeknek a rugóknak az előfeszítésére szolgált. Ilyen megoldást mutat a 2-20. ábra, amit szintén analizálunk.

Analízis 2

A 2-20. ábra a már ismertetett tengelykapcsoló (2-17. ábra) továbbfejlesztett változatának működető részletét mutatja.



2-20. ábra

Vizsgáljuk, hogy az F_C (centrifugális) erő függvényében hogyan változik az F_{R1} és az F_{R2} rugóerő, a „súrlódótárcsát” szorító F_N erő, a golyó r keringési sugara, a h_1 és a h_2 hézag.

Mozgás nincs, míg az F_C erő nem tudja az F_{R20} rugóerővel megtámasztott feszítő tárcsát

megmozdítani, azaz míg $F_{R20} > F_C \operatorname{tg} \alpha$. (Helyes méretezés esetén $F_{R20} > F_{R10}$)

A szorítólap mozgása közben (míg $F_{R2} > F_{R10}$):

$$x = \frac{r - r_0}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (1)$$

és

$$F_{R20} + s_2 x = F_C \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

Az (1) és (2) egyenletből:

$$r = r_0 + (F_C \operatorname{tg} \alpha - F_{R20}) \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{s_2}, \quad (3)$$

és

$$x = \frac{F_C \operatorname{tg} \alpha - F_{R20}}{s_2} \quad (4)$$

Ezalatt

$$F_{R1} = F_{R10}, \quad F_{R2} = F_{R20} + s x, \quad h_2 = h_{20} - x, \quad (5)$$

s természetesen $h_1 = h_0$ és $F_N = 0$.

A szorító- és a nyomólap együttes mozgása közben (míg $h_1 > 0$) az (1) képlet változatlanul érvényes, de a (2) képletet ki kell egészíteni az R_1 rugó adataival:

$$F_{R10} + s_1 z + F_{R20} + s_2(x-z) = F_C \operatorname{tg} \alpha. \quad (6)$$

Mivel $F_{R2} = F_{R1}$, ezért

$$s_1 z = s_2(x-z) \quad (7)$$

Az (1), a (6) és a (7) képletből:

$$x = \frac{F_C \operatorname{tg} \alpha - F_{R10} - F_{R20}}{\left(\frac{s_1 - s_2}{s_1 + s_2} + 1 \right) \cdot s_2} \quad (8)$$

$$r = r_0 + x \operatorname{tg} \alpha \quad (9)$$

$$z = \frac{F_C \operatorname{tg} \alpha - F_{R10} - F_{R20}}{2s_1} \quad (10)$$

A h_1 hézag eltűnése után a (2) egyenletet ismét át kell írni ($z = h_{20}$):

$$F_{R10} + s_1 h_{10} + F_{R20} + s_2(x - h_{10}) = F_C \operatorname{tg} \alpha \quad (11)$$

Az (1) és a (11) képletből:

$$x = \frac{F_C \operatorname{tg} \alpha - F_{R10} - s_1 h_{10} - F_{R20} + s_2 h_{10}}{s_2} \quad (12)$$

és

$$r = r_0 + x \operatorname{tg} \alpha. \quad (13)$$

Gyakorló példa 1 (Méretezés)

A 2-20. ábra jelöléseit felhasználva állapítsa meg a hézagok méretét és a rugóadatokat az alábbi követelmények figyelembevételével.

A **b** hézag $\omega = 12,66/\text{s}$ -nél kezdjen csökkenni, s $\omega = 17,42/\text{s}$ -nél tűnjön el. Az **a** hézag $\omega = 13,71/\text{s}$ -nél kezdjen csökkenni. Ekkor a **b** hézag már 2,5 mm-rel kisebb legyen. Az **a** hézag akkor

A nyomólap

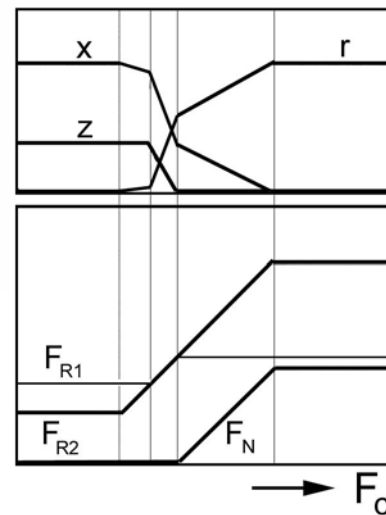
$$F_N = F_{R2} - F_{R1} = F_{R10} + s_2(x-z) - F_{R10} + s_1 z \quad (14)$$

erővel szorítja a súrlódótárcsát.

Minden mozgás megáll, amikor a h_1 hézag eltűnik. Ettől kezdve a súrlódótárcsa szorítása állandósul:

$$F_N = F_{R20} + s_2(h_2 - h_1) - F_{R10} + s_1 h_1. \quad (15)$$

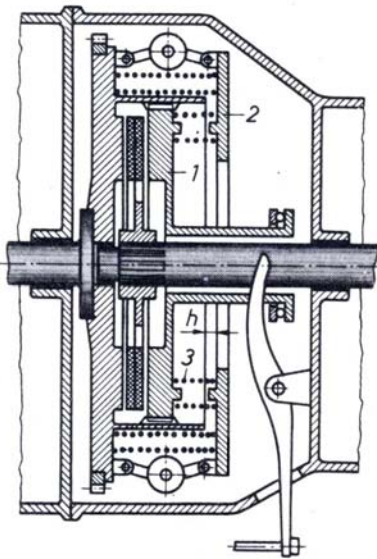
A képletek segítségével megrajzolható a három erő változásának és a három elmozdulásnak a diagramja:



2-21. ábra

Itt a görbék a jellegzetességek kidomborítása érdekében torzítottak, nagyságrendileg nem reálisak.

tűnjön el, amikor a **b** hézag csökkenése elérte a 11,5 mm-t. Ekkor az F_C erő éppen 48,5 N legyen. További adatok: $r_0 = 180$ mm, $m = 1$ kg, $\alpha = 30^\circ$



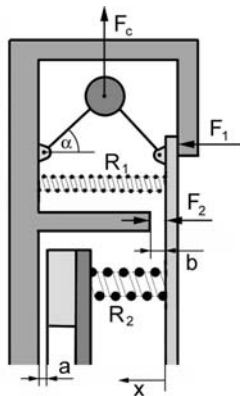
2-22. ábra

A 2-22. ábra olyan megoldást mutat, melyben a kifelé lendülő röpsúlyok nem ékpálya, hanem karok segítségével húzzák be a 2 megtámasztó tárcsát, ami a 3 rugók segítségével maga előtt tolja az 1 nyomólapot, ami közeledik a surlódótárcsához. Amikor a nyomólap hozzáér a súrlódótárcsához, a 2 tárcsa még tud tovább haladni, mindinkább összenyomva a rugókat.

A h hézag megtétele után a 2 tárcsa felütközik, a rugó nem rövidül tovább, a rugóerő nem nagyobb a hagyományos tengelykapcsolóban lévő rugóerőnél: nincs akadálya a nyomólap kiemelésének sebességváltás céljából.

A fordulatszám további növekedésével természetesen a röpsúlyokra ható centrifugális erő is tovább nő, de az csak a 2 tárcsa felütközését teszi szorosabbá.

Gyakorló példa 2 (Elemzés)



2-23. ábra

A 2-22. ábra kinagyított részletének (2-23. ábra) felhasználásával rajzolja meg diagramban az F_c erő függvényében négy erő (F_1 , F_2 , FR_1 , FR_2) alakulását $0 < F_c < 4$ kN határok között.

Az egyszerűség kedvéért az a szöveget tekintse állandónak ($a = 45^\circ$).

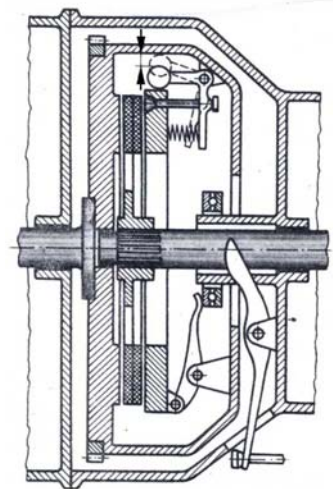
Adatok (a szemléletesség érdekében nem reálisak, torzítottak):

$$a = 10 \text{ mm} \quad b = 20 \text{ mm},$$

$$F_{R10} = 200 \text{ N}, \quad s_1 = 20 \text{ N/mm}$$

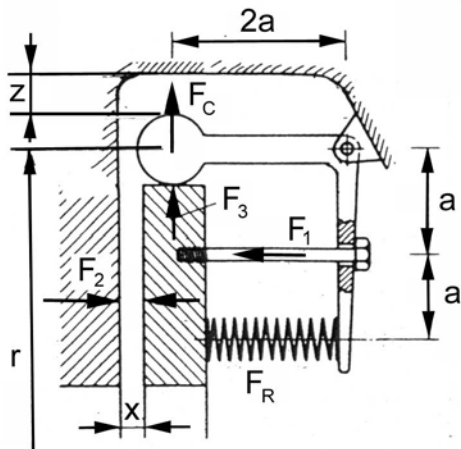
$$F_{R20} = 0 \text{ N}, \quad s_2 = 80 \text{ N/mm}.$$

A 2-24. ábra szintén olyan megoldást mutat, melyben a kifelé haladó röpsúlyok a rugókat a nyomólap irányában rövidítik meg. A röpsúly itt is megáll a h távolság megtétele után, a nyomólapot szorító rugóerő tehát itt is behatárolt, a kiemelés bármilyen fordulatszámon a hagyományos módon végrehajtható. Egyébként érdekesen van megoldva a nyomólap visszahúzása az alapjázat környékén: a röpsúly alsó karja és a nyomólap között nemcsak rugó található, hanem a rugó fölött (!) egy fejes rúd („szeg”) is van, a röpsúly karján átdugva. Mivel ez a rúd a kar forgástengelyéhez közelebb van, mint a rugó, ezért kilendüléskor a rugó rövidülés nagyobb, mint a nyomólap elmozdulása, illetve fordítva, a centrifugális erő csökkenésekor a hosszabodó rugó a röpsúlyt igyekszik alaphelyzetébe visszahozni, azaz a nyomólapot eltávolítani a surlódótárcsától. (Mi történne, ha a rúd és a rugó helyet cserélne?)



2-24. ábra

Gyakorló példa 3 (Elemzés)



2-25. ábra

A 2-24. ábra kinagyított részletének (2-25. ábra) felhasználásával rajzolja meg a fordulatszám függvényében öt erő (F_C , F_1 , F_2 , F_{R1} , F_{R2}) alakulását, valamint az x hézag és az r sugár változását. A szögelfordulásokat vegye kisszögűeknek. Az F_C erő görbéjét arra az esetre is rajzolja meg (végig), ha a sugárváltozást elhanyagolná.

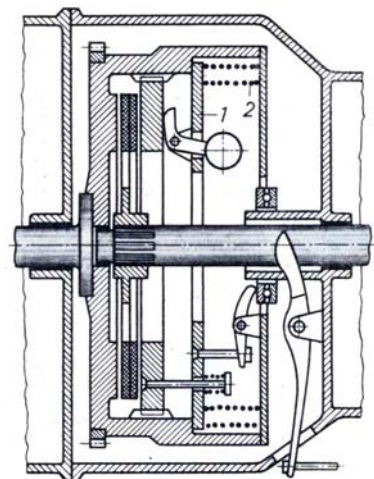
Adatok (nem reálisak):

$$F_{R0} = 1200 \text{ N}, \quad s = 105 \text{ N/m}, \quad m = 1 \text{ kg},$$

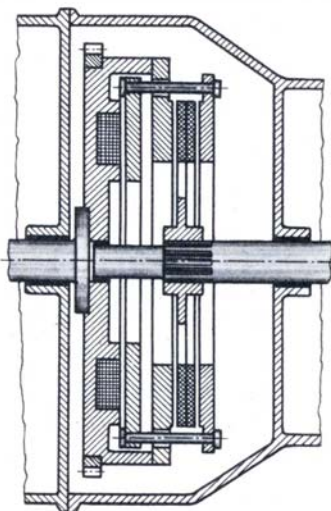
$$r_0 = 0,152 \text{ m}, \quad x_0 = 0,01 \text{ m}, \quad z_0 = 0,03$$

Van olyan megoldás (2-26. ábra), melyben a röpsúlyok visszafelé nyomják össze a rugókat, miközben a karok a nyomólapnak támaszkodnak. Meghatározott fordulatszám fölött az elinduló röpsúlyok az 1 tárcsát leemelik a házról, s kezdik összenyomni a rugókat. A rugóerő ilyenkor már nincs a házban rövidre zárva, hanem a nyomólapot nyomják a surlódótárcsához: a röpsúlyok a karok segítségével „közvetítik” a rugóerőt.

Mivel a röpsúlyok kilendülése itt is korlátozott (karjuk egy ablakon keresztül nyúlik ki), bizonyos fordulatszám fölött a röpsúlyok „kimerevednek”, a surlódótárcsa szorítása nem nő tovább, sebességváltáskor a tengelykapcsolót hagyományos módon oldani lehet.



2-26. ábra

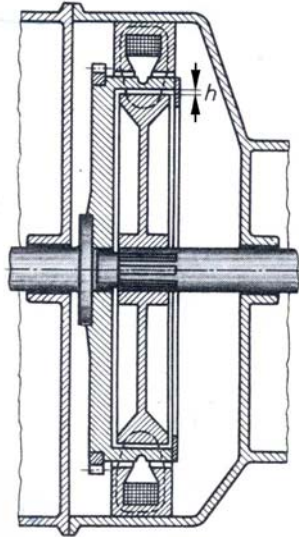


2-27. ábra

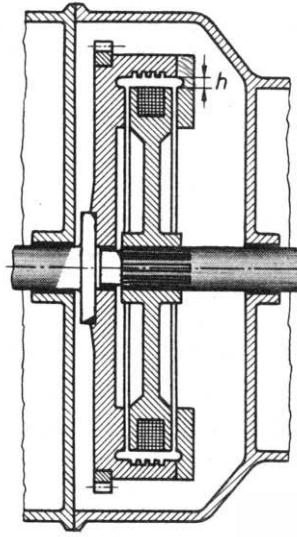
A nyomóingókat elvileg helyettesíthetjük elektromágnessel is (2-27. ábra) aminek a vezérlése nagyon egyszerű: villamos áram folytonos növelése-csökkentése, illetve be-ki-kapcsolása.

Az áramfogyasztás nem jelentős, ennek ellenére kedvezőbb, ha a hagyományos súrlódó felület helyett ún. „vasporos” hézagot alkalmazunk. A hézagot kitöltő vaspor mindaddig nem akadályozza a két felület egymáshoz viszonyított mozgását, de amikor mágneses teret létesítünk a hézagban, akkor a vaspor „összeragad”, szilárdan összeáll, s a két felület „összefékezi”. A mágneses teret elektromágnessel hozzuk létre.

A mágnes lehet álló (a tengelykapcsoló házára erősített) (2-28. ábra), amikor is a vasporral kitöltött h hézagon kívül egy légréven is keresztül kell az erővonalaknak menni.



2-28. ábra



2-29. ábra

Jobb a hatásfok, ha a mágnes a forgórészbe van beépítve (2-29. ábra). Igaz, ekkor az áramhozzávezetés csak gyűrűk segítségével valósítható meg.

A vasporos tengelykapcsolók áramfogyasztása nem jelentős, kb. 50 W. A vaspor tulajdonképpen 0,5-12 mikrométeres vaskarbon szemcse, grafitpor és valamilyen száraz dörzsanyag (pl. üvegpor) keveréke. Mennyisége 250...400 gramm (60...100 cm²). A hézag 1...1,5 mm.