



**Idő, fordulatszám és tehetetlenségi
nyomaték mérése**

Mérés ideje: 2007. október 18.

Mérés helye: BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék Laboratóriuma

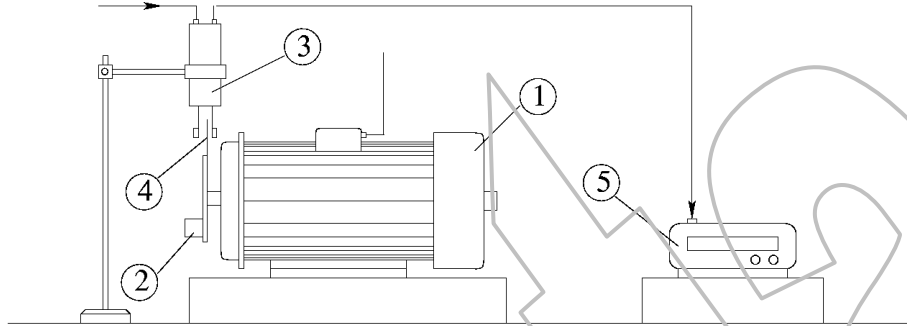
Mérésvezető:

Mérőszemélyzet névsora:

A mérés célja: villanymotor forgórész tehetetlenségi nyomatékának és ennek segítségével a motor tengelyére ható súrlódási nyomaték meghatározása a fordulatszám függvényében. A feladat sikeres végrehajtásához meg kell ismerni néhány alapfogalmat (fordulatszám, tehetetlenségi nyomaték, menetábra) és ezek mérési módszereit.

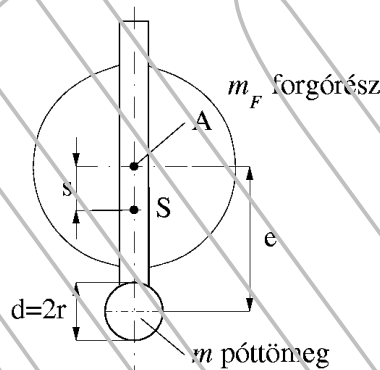
Tehetlenségi nyomaték meghatározása

Az 1. ábrán bemutatjuk a mérőberendezést és vázlatát. Látható, hogy a motor tengelyére a „2” jelű m póttömeget erősítettük fel (vö. a 2. ábrával is). Az így összeállított fizikai ingát a „4” jelű lemezre karcolt jelig kitérítjük. A „4” jelű lemez megszakítja a fény útját és a „3” jelű fotócellás impulzusadó keresztül elindítja, majd egy teljes lengés után leállítja az „5” jelű elektronikus időmérőt. A T lengésidő ismeretében a tehetlenségi nyomaték számítható az előzőek szerint. A lengésidő meghatározása során több lengés idejét átlagoltuk a mérési hibacsökkentése érdekében.



- ① Elektromotor
- ② Póttömeg
- ③ Fotocella és impulzusadó
- ④ A fény útját megszakító lemez
- ⑤ Időmérő

1. ábra: MÉRŐBERENDEZÉS A TEHETLENSÉGI NYOMATÉK MEGHATÁROZÁSÁHOZ



2. ábra: Póttömeg elhelyezése a motor forgórészén

A fizikai inga lengésideje:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta_A}{m \cdot g \cdot e}}$$

Ebből a lengésidő (T), a póttömeg tömegének (m) és átmérőjének, illetve a póttömeg a forgási középponttól mért távolságának (e) függvényében meghatározható a készített inga tehetlenségi nyomatéka a forgáspontra. A motor forgórészének tehetlenségi nyomatékát a Steiner tétel és a több tömeg együttes tehetlenségi nyomatékának meghatározására vonatkozó auditivitás segítségével tudjuk meghatározni:

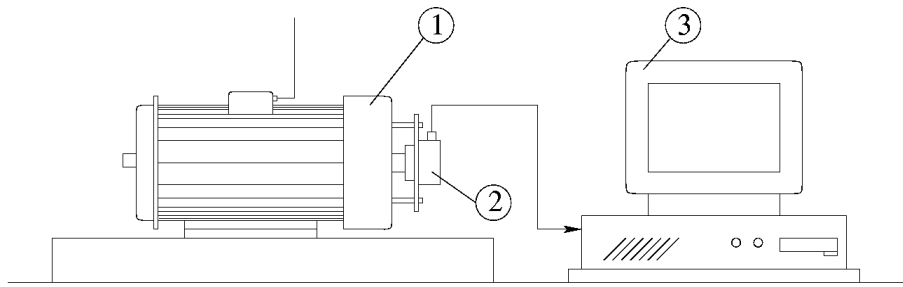
$$\Theta_A = \Theta + \frac{1}{2}mr^2 + me^2$$

E kettő segítségével a motor tehetlenségi nyomatéka meghatározható:

$$\Theta = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 mge - m\left(\frac{r^2}{2} + e^2\right)$$

A mérés pontosságát a párosával, különböző póttömegek mellett elvégzett mérések átlagolásával és a továbbiakban az átlagolt tehetlenségi nyomaték használatával érjük el.

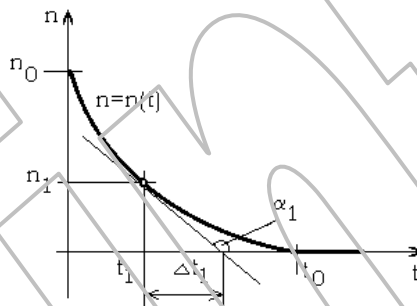
Súrlódási nyomaték meghatározása



- ① Elektromotor
- ② A fordulatszámmal arányos feszültség-jeladó
- ③ Számítógép

3. ábra: Mérőberendezés a kifutási méréshez

A súrlódási nyomaték méréséhez kifutási mérést végzünk el a 3. ábrán bemutatott berendezésen. Az „1” jelű elektromotor tengelyére fel van erősítve a „2” jelű tachométer dinamó, mely által adott jelet a „3” jelű számítógép feldolgozza. A jelfeldolgozás főbb lépései: az analóg jel digitalizálása, szűrése és ábrázolása az idő függvényében. A mérés során az állandó fordulatszámmal járó motort kikapcsoljuk és megvárjuk, amíg a megáll. Ezt követően a képernyőn megjelenik az $n=n(t)$ menetábra (4. ábra). A grafikon melletti táblázatból leolvassuk a menetábra néhány jellegzetes pontját.



4. ábra: Menetábra

A menetábra mérése során a második mérésnél meghatározott táblázatból megrajzolt kifutási görbét az 1. diagram tartalmazza, a súrlódási nyomatékot a görbe különböző pontjaiban a számítógépről leolvasott $(t, \varepsilon$ és $\omega)$ pontokban. A súrlódási nyomaték (M_s), a megadott ω értékénél, az átlagolt tehetetlenségi nyomaték segítségével, az alábbi összefüggés segítségével határozható meg:

$$M_s = \theta \cdot \varepsilon$$

Az összetartozó n és M_s számpárokot táblázatban összesítetjük, az így kapott súrlódási nyomaték-fordulatszám függvényt a 2. diagram tartalmazza.

A mérés során használt berendezések és eszközök:

| Eszköz | Típus | Gyári szám |
|-------------------|-------------------|------------|
| Villanymotor 1. | HZF 90L-4D/2340-1 | 1157/85 |
| Villanymotor 2. | HZF 90L-4D/2340-1 | 1659/85 |
| Fotocellás jeladó | Dysa | ... |
| Időmérő | | 109. |
| Jacquet indikátor | ... | ... |

Mért és számított adatok

Lengésidő / tehetetlenségi nyomaték mérése:

$$T = 0,777s$$

$$m = 1kg$$

$$d = 52mm$$

$$e = 88mm$$

$$\Theta_A = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 m \cdot g \cdot e = \left(\frac{0,777s}{2\pi}\right)^2 1kg \cdot 9,81\frac{m}{s^2} \cdot 0,088m = \underline{0,0132kgm^2}$$

$$\Theta = \Theta_A - \frac{1}{2}m \cdot r^2 - m \cdot e^2 = 0,0132kgm^2 - \frac{1}{2}1kg \cdot 0,052^2 m^2 - 1kg \cdot 0,088^2 m^2 = \underline{0,0041kgm^2}$$

Az átlagolt tehetetlenségi nyomaték: $\bar{\Theta} = \underline{0,00512kgm^2}$

Kifutási mérés, súrlódási nyomaték meghatározása:

| t[s] | n [1/s] |
|------|---------|
| 0 | 1503 |
| 3.5 | 1192 |
| 7 | 1026 |
| 10.5 | 883 |
| 14 | 756 |
| 17.5 | 643 |
| 21 | 539 |
| 24.5 | 444 |
| 28 | 356 |
| 31.5 | 272 |
| 35 | 185 |
| 38.5 | 115 |
| 42 | 43 |
| 45.5 | 0 |

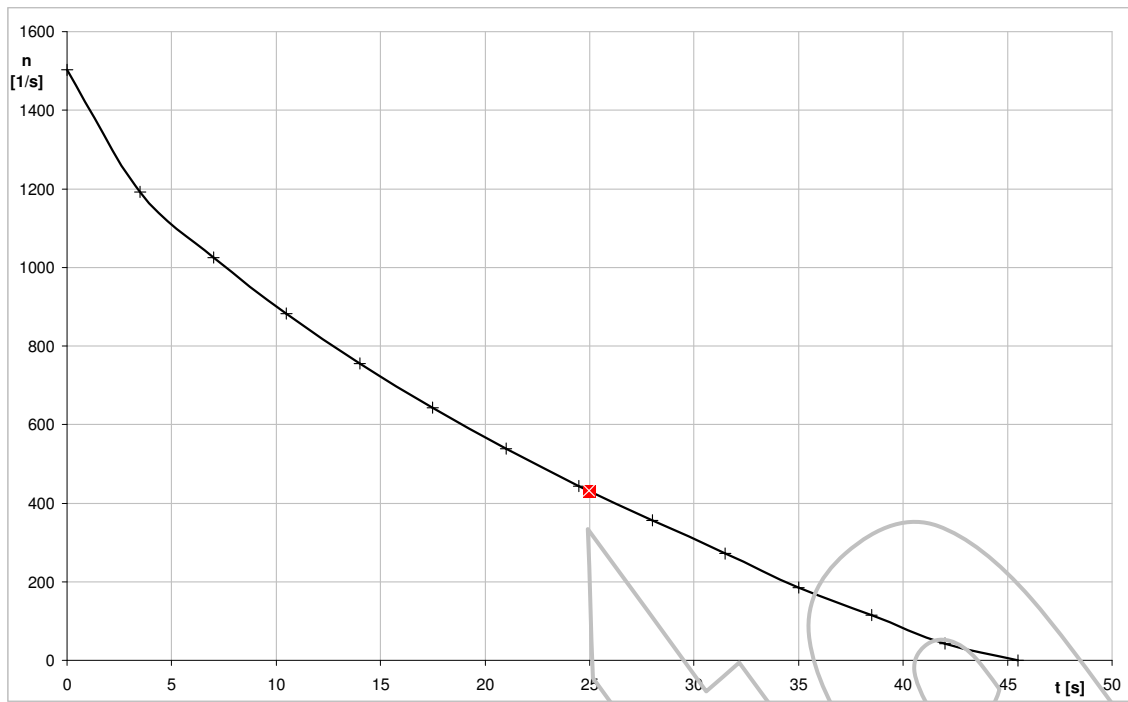
Saját mérési pont

| t[s] | n [1/s] | ϵ [rad/s ²] |
|-------|---------|----------------------------------|
| 24.97 | 432 | -2.65 |

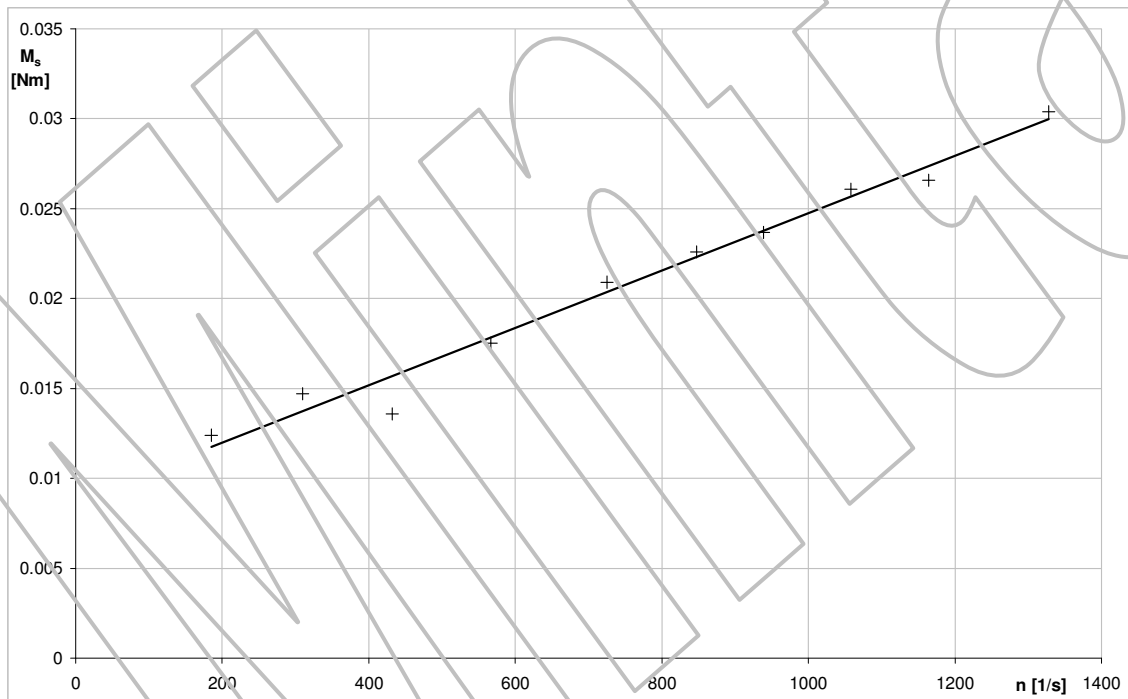
$$M_s = \bar{\Theta} \cdot \epsilon = 0,00512kgm^2 \cdot 2,65\frac{rad}{s^2} = \underline{0,0136Nm}$$

Az eredmények táblázatos összefoglalása

| n [1/s] | M_s [Nm] |
|---------|------------|
| 135 | 0.0124 |
| 310 | 0.0147 |
| 432 | 0.0136 |
| 567 | 0.0175 |
| 725 | 0.0209 |
| 848 | 0.0226 |
| 939 | 0.0237 |
| 1058 | 0.0261 |
| 1164 | 0.0266 |
| 1328 | 0.0304 |



1. diagram: Kifutási mérés eredménye



2. diagram: Súrlódási nyomaték