

### 3. Laboratorijska vaja

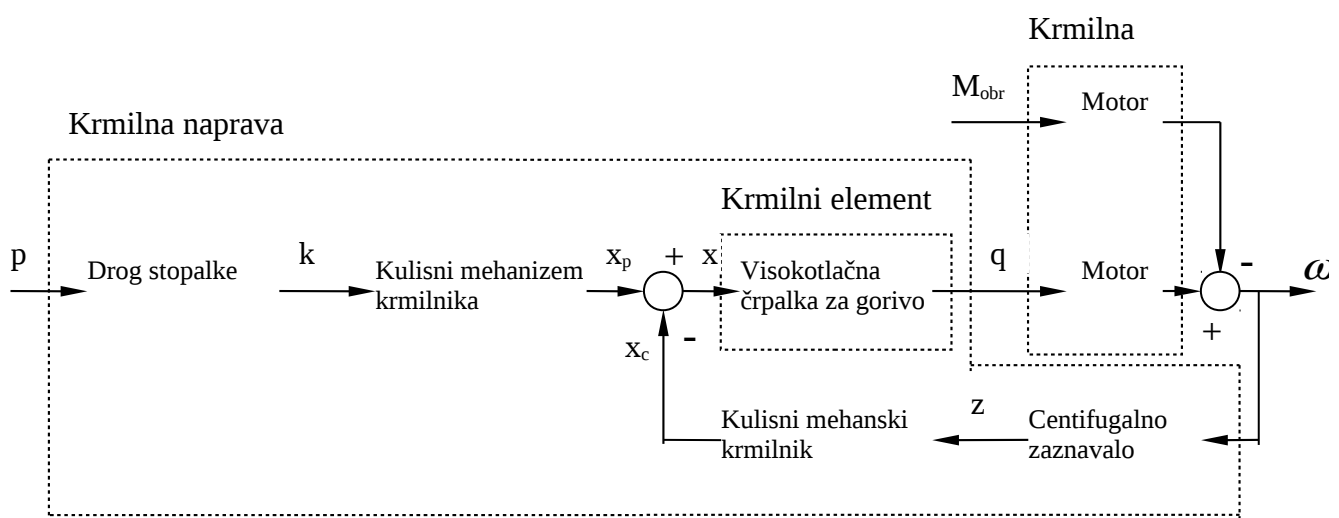
## UGOTAVLJANJE DINAMIČNIH LASTNOSTI MOTORJA Z NOTRANJIM ZGOREVANJEM

Definicija naloge:

Za motor z notranji zgorevanjem, ki se nahaja v LBTS, ugotovite naslednje njegove lastnosti:

1. Odvisnost momenta motorja od lege stopalke(krmilnega organa) za gorivo in vrtilne frekvence.
2. Na osnovi izmerjenih vrednosti momenta kot funkcije vrtilne frekvence in premika stopalke napišite linearizirano enačbo za motor!

Blokovna shema:



Potek vaje:

Najprej smo izmerili lastnosti motorja in sicer odvisnost momenta motorja(sile na zavori) od položaja stopalke za gorivo(količine goriva) in vrtilne frekvence. Medsebojne odnose med veličinami bomo linearizirali in tako izračunali koeficiente diferencialne enačbe gibanja motorja z notranjim zgorevanjem. S hitro spremembo položaja stopalke za gorivo bomo posneli prehodno funkcijo za vrtilno frekvenco in moment motorja.

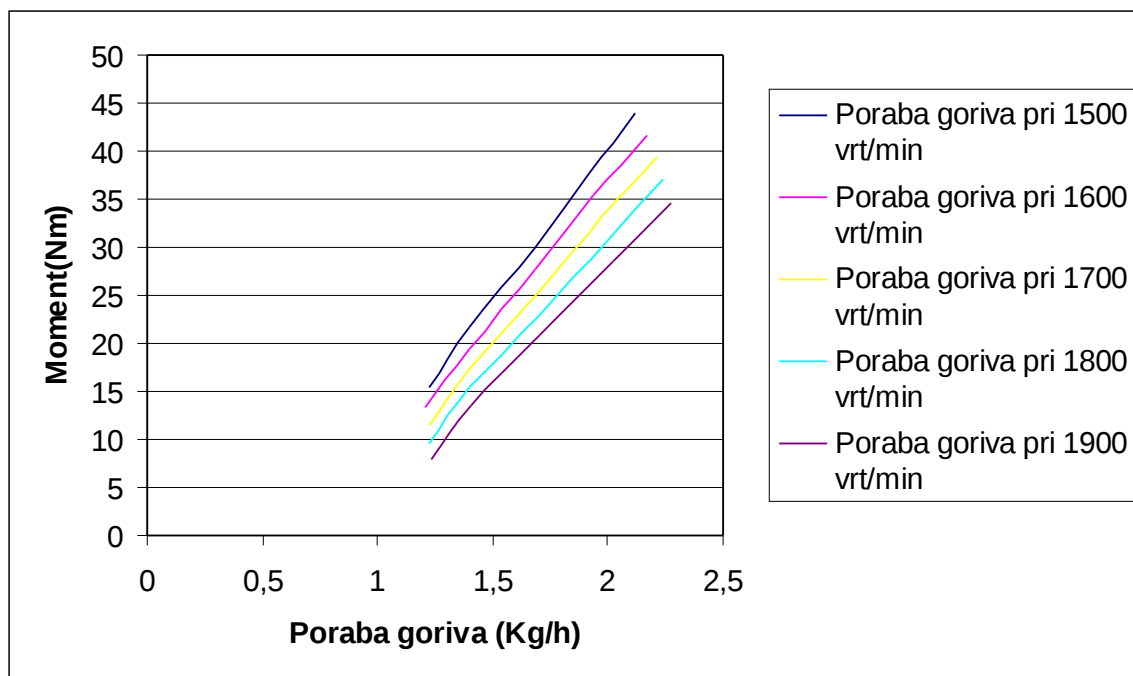
Podatki dobljeni na laboratorijski vaji.

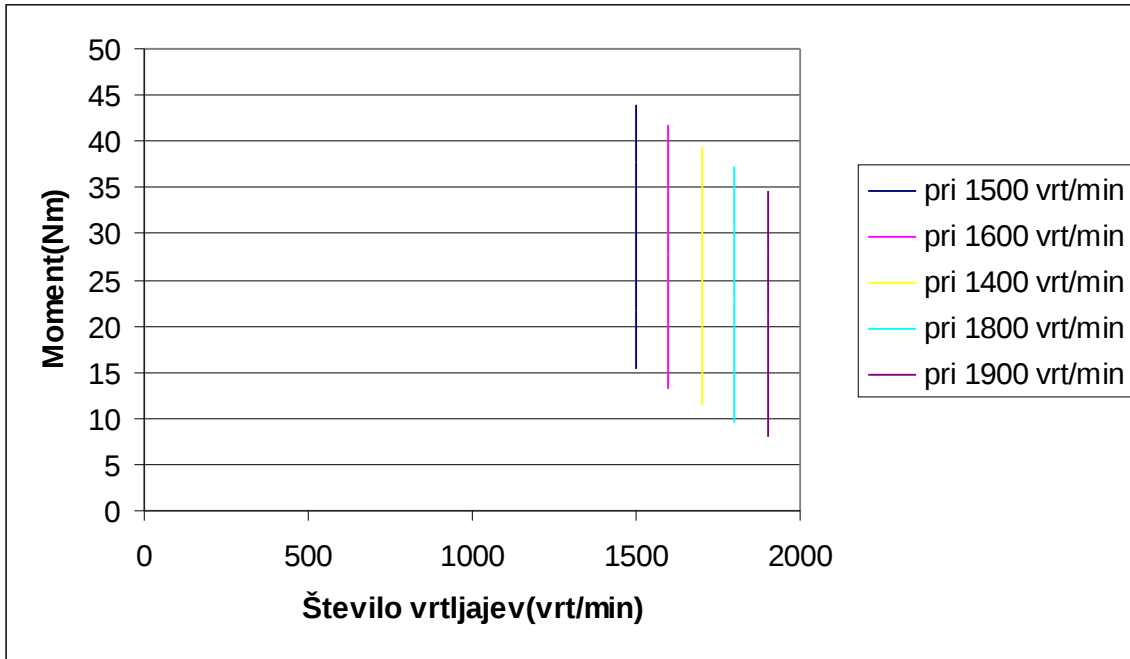
Število vrtljajev (vrt/min)	Potenciometer (mm)	Poraba goriva (Kg/h)	Moment na zavori (Nm)
1500	33	1,22	15,47
1500	34	1,4	21,68
1500	35	1,68	30,08
1500	36	1,92	37,62
1500	37	2,12	43,93
1600	33	1,21	13,27
1600	34	1,4	19,29
1600	35	1,68	27,68
1600	36	1,94	35,43
1600	37	2,17	41,73

1700	33	1,22	11,46
1700	34	1,4	17,28
1700	35	1,7	25,4
1700	36	1,97	33,04
1700	37	2,21	39,34
1800	33	1,22	9,55
1800	34	1,4	15,37
1800	35	1,7	23,01
1800	36	2	30,65
1800	37	2,24	37,15
1900	33	1,23	7,93
1900	34	1,41	13,56
1900	35	1,7	20,82
1900	36	2,02	28,46
1900	37	2,27	34,66

Legi potenciometra 25mm ustreza prosti tek - 0%  
 Legi potenciometra 65mm ustreza polni tek - 100%

1. Odvisnost momenta motorja od lege stopalke(krmilnega organa) za gorivo in vrtilne frekvence.





3. Na osnovi izmerjenih vrednosti momenta kot funkcije vrtilne frekvence in premika stopalke napišite linearizirano enačbo za motor!

Gibanje motorja opišemo z 2. Newtonovim zakonom:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_E - M_{ob}$$

kjer je  $\omega$  krožna frekvenca,  $M_E$  je efektivni moment motorja,  $M_{ob}$  je moment obremenitve in  $J$  vztrajnostni moment.

Nadalje lahko ugotovimo, da je efektivni moment pri konstantnem razmerju gorivo – zrak in ustaljenih toplotnih razmerah odvisen od lege stopalke in krožne frekvence:

$$M_e = M_e(x, \omega)$$

Tudi za moment obremenitev velja podobno:

$$M_{ob} = M_{ob}(t)$$

$$\text{Enačba gibanja motorja je: } J \cdot \dot{\omega} - M_E(x, \omega) = -M_{ob}(t)$$

Naštete odvisnosti so nelinearne, zato vpeljemo namesto izrazov za spremenljivke njihove odstopke:

$$\omega = \omega_0 + \Delta\omega$$

$$x = x_0 + \Delta x$$

$$M_e = M_e + \Delta M_e$$

$$M_{ob} = M_{ob} + \Delta M_{ob}$$

Linearizacija da kot rezultat:

$$J \cdot \Delta \dot{\omega} + \left( \frac{\partial M_E}{\partial \omega} \right)_0 \cdot \Delta \omega - \left( \frac{\partial M_E}{\partial q} \right)_0 \cdot \Delta x = -\Delta M_{ob}(t)$$

V enačbo za motor uvedemo operator D, enačbo preuredimo in uvedemo konstante:

$$T_1 = \frac{-J}{\left( \frac{\partial M_e}{\partial \omega} \right)_0} \quad K_1 = \frac{\left( \frac{\partial M_e}{\partial x} \right)_0}{-\left( \frac{\partial M_e}{\partial \omega} \right)_0} \quad K_2 = \frac{1}{-\left( \frac{\partial M_e}{\partial \omega} \right)_0}$$

Tako lahko napišemo enačbo motorja v obliki:

$$(T_1 \cdot D + 1) \cdot \Delta \omega = K_1 \cdot \Delta x - K_2 \cdot \Delta M_{ob}(t)$$

Enačba gibanja motorja:

$$M = J \cdot \alpha$$

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_m - M_u - M_{obr}$$

$$M_e = M_m - M_u$$

$$M_m - M_u - M_{obr} = 0$$

$$M_{obr} = r \cdot F = 0,9549 \cdot 20 = 19,09 \text{ Nm} = M_e$$

Enačba motorja:

$$(T_1 D + 1) \Delta \omega = K_1 \cdot \Delta q - K_2 \cdot \Delta M_{obr}(t)$$

$$J = 0,15 \text{ kgm}^2$$

$$\Delta \omega = \frac{(1900 - 1500) \cdot 2 \cdot \pi}{60} = 41,88 \text{ s}^{-1}$$

$$\Delta q = \frac{2,27 - 1,21}{3600} = 2,94 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$T_1 = \frac{-J}{\left( \frac{\partial M_e}{\partial \omega} \right)} = \frac{-0,15}{\left( \frac{19,09}{41,88} \right)} = -0,33 \text{ s}$$

$$K_1 = \frac{\left( \frac{\partial M_e}{\partial q} \right)}{-\left( \frac{\partial M_e}{\partial \omega} \right)} = \frac{\left( \frac{19,09}{2,94 \cdot 10^{-4}} \right)}{-\left( \frac{19,09}{41,88} \right)} = 142118,98 \frac{\text{s}^2}{\text{kg}}$$

$$K_2 = \frac{1}{-\left( \frac{\partial M_e}{\partial \omega} \right)} = \frac{1}{-\left( \frac{19,09}{41,88} \right)} = -2,193 \frac{\text{s}}{\text{kgm}^2}$$

Sledi končna enačba:

$$(-0,33 \cdot D + 1) \cdot 41,88 = 142118,98 \cdot 2,94 \cdot 10^{-4} + 2,193 \cdot M_{obr}(t)$$