

## 8.4 ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА 4

**Задатак вежбе:** Одређивање коефицијента вискозног и Колумбовог трења при струјном управљању мотором у отвореној повратној спрези

### Увод

#### Преносна функција мотора којим се струјно управља

Применом Лапласове трансформације на једначине 2.4 и 2.5. добија се

$$\Psi_f I_a(p) = M_{em}(p), \quad (8.25)$$

$$M_{em}(p) = (pJ_m + B_m)\omega_m(p) + M_c(p). \quad (8.26)$$

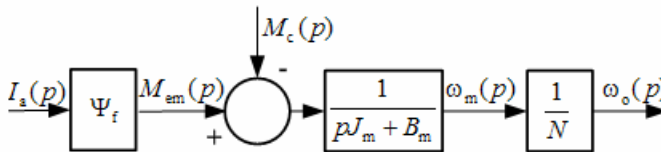
У једначини 8.26 момент оптерећења представља константно трење клизања-Колумбово трење -  $M_c$ .

Мотор поседује и редуктор преносног односа  $N$  па важи:

$$\omega_o(p) = \frac{1}{N} \omega_m(p), \quad (8.27)$$

где су  $\omega_m(p)$ -брзина мотора пре редуктора и  $\omega_o(p)$ -брзина мотора после редуктора.

Једначинама 8.25, 8.26 и 8.27 одговара структурни блок дијаграм приказан на сл. 8.21



Сл. 8.21 Блок дијаграм мотора управљаног струјом ротора

Преносне функције између брзине оптерећења и покретачког момента, односно брзине мотора после редуктора и поремећаја у виду Колумбовог трења су облика:

$$G_{I_a}(p) = \frac{\omega_o(p)}{I_a(p)} = \frac{1}{N} \frac{\Psi_f}{pJ_m + B_m}, \quad (8.28)$$

$$G_{M_c}(p) = \frac{\omega_o(p)}{M_c(p)} = -\frac{1}{N} \frac{1}{pJ_m + B_m}, \quad (8.29)$$

па је укупна брзина мотора после редуктора:

$$\omega_o(p) = \frac{1}{N} \frac{\Psi_f}{pJ_m + B_m} I_a(p) - \frac{1}{N} \frac{1}{pJ_m + B_m} M_c(p), \quad (8.30)$$

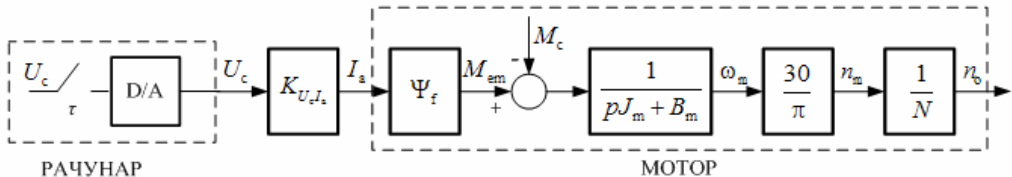
тј.

$$\omega_o(p) = \frac{1}{N} \frac{\Psi_f I_a(p) - M_c(p)}{pJ_m + B_m}. \quad (8.31)$$

### Мерење коефицијента вискозног и Колумбовог трења

На сл. 8.22 приказана је шема струјног управљања реалним мотором у отвореној повратној спреси,

где је  $K_{U_c I_a}$  – функција преноса електронског претварача у напонско струјном моду.



Сл. 8.22 Шема управљања реалним мотором у отвореној повратној вези

### Циљ вежбе

- Одређивање коефицијента вискозног трења
- Одређивање коефицијента Колумбовог трења
- Мерење карактеристичних променљивих мотора

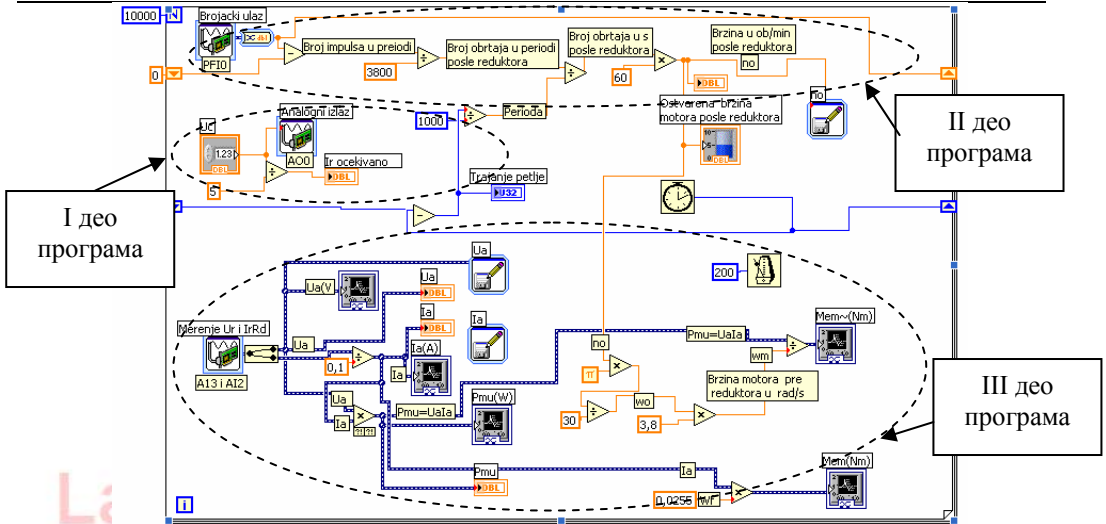
### Задатак

- Применом програмског пакета LabView снимити брзински одзив.
- Применом програмског пакета MATLAB графичком методом одредити временску константу брзинског одзива. На основу одређене константе одредити коефицијент вискозног трења.
- На основу постигнуте брзине стационарног стања и одређеног коефицијента вискозног трења прорачунати вредност Колумбовог трења.
- У Front Panel-у LabView програма испратити карактеристичне променљиве система: струју индукта, напон индукта, покретачки момент мотора, улазну снагу мотора.

### Упутство за рад

На сл. 8.23 је представљен LABVIEW програм за експериментално одређивање трења у мотору и праћење променљивих система: напона, струје, улазне снаге и момента мотора при струјном управљању неоптерећеним мотором. Рачунар има улогу регулатора управљачког система. Коришћењем програмског пакета LABVIEW задаје се жељена вредност струје индукта мотора  $I_a(t)$ , тј. напонског сигнала  $U_c(t)$ , од  $0 \div 5V$  (I део програма). Овај управљачки сигнал  $U_c(t)$  се из рачунара доводи на аналогни излаз – А00 картице NI USB 6009, а са картице на улаз напонско/струјног претварача.

## Регулација електромоторних погона



Сл. 8.23 Блок Дијаграм LABVIEW програма за експериментално одређивање трења у мотору и праћење променљивих система

Напонско – струјни претварач чији је опис дат у оквиру лабораторијске вежбе 1 коришћен је у моду 1), када ради као претварач напонског нивоа  $0 \div 5V$  у струјни  $0 \div 1 A$ . Због велике брзине одзива операционог појачавача, функција преноса овог претварача се са задовољавајућом тачношћу у моду 1) може представити једним блоком чије је појачање  $K_{u_{c1a}} = 1/5$ .

На излаз напонско/струјног претварача везује микромотор. Због информације о брзини мотора (II део програма), сигнал са оптичког енкодера, поворка импулса, се повезује са бројачким улазом PF10 картице NI USB 6009, тј. са рачунаром. Брзина мотора пропорционална је броју импулса у задатом интервалу времена  $\tau = 200 ms$ .

Да би се у сваком тренутку имала информација о струји ротора, на ред са мотором повезан је отпорник отпорности  $R_d = 0.1 \Omega$ , чији се напон доводи на аналогни напонски диференцијални улаз AI3. Мерењем напона на крајевима отпорника одређена је и струја ротора  $I_a = U_{R_d} / R_d = U_{R_d} / 0.1$ . Поред струје ротора, мери се и напон на крајевима ротора  $U_a$ , коришћењем диференцијалне везе аналогног улаза AI2. При томе се води рачуна да његова вредност не пређе номиналну вредност напона  $U_n = 12V$ . Множењем напона мотора са струјом добија се и информација о улазној снази мотора  $P_{mu} = U_a I_a$ , а њеним дељењем са оствареном брзином мотора, и приближна вредност момента мотора  $M_{em}$ . Тачна вредност момента мотора добија се множењем струје ротора са константом момента мотора  $M_{em} = \Psi_f I_a$ . (III део програма) приказује мерење промениних система.

### Мерење коефицијента вискозног трења на основу добијене вредности временске константе брзинског одзива

За задату вредност управљачког напона рачунара  $U_c = 0.15V$  потребно је снимити брзински одзив. Пошто је временска константна микромотора којим се управља струјно једнака  $T = \frac{J_m}{B_m}$ , коефицијент вискозног трења се може одредити њеним мерењем тј:

$$B_m = \frac{J_m}{T} \quad (8.32)$$

### Одређивање Колумбовог трења на основу достигнуте вредности брзине стационарног стања

Колумбово трење се може одредити на основу постигнуте вредности брзине у стационарном стању и прорачунате вредности коефицијента вискозног трења на основу блок дијаграма са слике 8.22:

$$n_o(p) = \frac{30}{\pi} \frac{1}{N} \frac{1}{pJ_m + B_m} (U_c(p)K_{U_cJ_a} \Psi_f - M_c(p)) \quad (8.33)$$

Пошто се  $U_c$  задаје као јединична одскочна функција и пошто је Колумбово трење константно трење клизања, важи:

$$U_c(p) = \frac{U_c}{p} \text{ и } M_c(p) = \frac{M_c}{p}, \text{ па је} \quad (8.34)$$

$$n_o(p) = \frac{30}{\pi} \frac{U_c K_{U_cJ_a} \Psi_f - M_c}{p(pJ_m + B_m)N} \quad (8.35)$$

постигнута брзина стационарног стања се може исказати релацијом:

$$\begin{aligned} n_o(\infty) &= \lim_{p \rightarrow 0} p n_o(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p \frac{30}{\pi} \frac{U_c K_{U_cJ_a} \Psi_f - M_c}{p(pJ_m + B_m)N} = \\ &= \frac{30}{\pi} \frac{U_c K_{U_cJ_a} \Psi_f - M_c}{NB_m}, \end{aligned} \quad (8.36)$$

па је:

$$M_c = U_c K_{U_cJ_a} \Psi_f - \frac{n_o(\infty) \pi NB_m}{30} \quad (8.37)$$

**Напомена:** Коефицијент вискозног трења је зависан од радних услова: температуре и дужине рада мотора. При повећању температуре околине, коефицијент вискозног трења опада, што је последица загревања у лежајевима. Повећавањем дужине рада смањује се вредност овог коефицијента због додатних загревања у мотору. За вредност **Колумбовог трења** треба очекивати приближно константну вредност, независну од радних услова.