

8.2 ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА 2

Задатак вежбе: Израчунавање фактора појачања мотора напонским управљањем у отвореној повратној спрези

Увод

Преносна функција мотора којим се напонски управља

Када се за нулте почетне услове на једначине 2.2, 2.3 и 2.5 примени Лапласова трансформација добијају се следеће алгебарске једначине:

$$E_a(p) = \Psi_f \omega, \quad (8.8)$$

$$(pL_a + R_a)I_a(p) = U_a(p) - E_a(p), \quad (8.9)$$

$$(pJ_m + B_m)\omega(p) = \Psi_f I_a(p). \quad (8.10)$$

Једначинама 8.8-8.10 одговара блок дијаграм на сл. 8.9. На основу ових једначина може се добити функција преноса једносмерног мотора управљаног струјом у колу ротора у следећем облику:

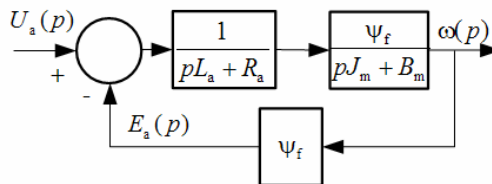
$$G(p) = \frac{\omega(p)}{U_a(p)} = \frac{\Psi_f}{(pL_a + R_a)(pJ_m + B_m) + \Psi_f^2} = \frac{K_m}{p^2 T_v^2 + p 2\zeta_r T_v + 1}, \quad (8.11)$$

где су K_m - фактор појачања, T_v - временска константа и ζ_r - релативни фактор пригушења

$$K_m = \frac{\Psi_f}{R_a B_m + \Psi_f^2}, \quad (8.12)$$

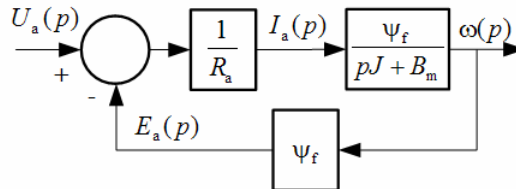
$$T_v = \sqrt{\frac{J_m L_a}{R_a B_m + \Psi_f^2}}, \quad (8.13)$$

$$\zeta_r = \frac{B_m L_a + J R_a}{2\sqrt{J_m L_a (R_a B_m + \Psi_f^2)}}. \quad (8.14)$$



Сл. 8.9 Структурни блок дијаграм једносмерног мотора управљаног напном ротора

Најчешће за моторе једносмерне струје важи да је електрична временска константа много мања од механичке тј. $L_a/R_a \ll J_m/B_m$, тако да се при моделовању истих вредност индуктивности кола ротора може занемарити $L_a \rightarrow 0$. Тада структурни блок дијаграм може бити представљен као на сл. 8.10.



Сл. 8.10 Модификовани блок дијаграм једносмерног мотора управљаног напонем ротора

Функција преноса на основу блок дијаграма на сл. 8.10. постаје:

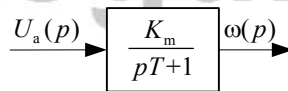
$$G(p) = \frac{\omega(p)}{U_a(p)} = \frac{K_m}{pT + 1} \quad (8.15)$$

где је временска константа T :

$$T = \frac{JR_a}{B_m R_a + \Psi_f^2} \quad (8.16)$$

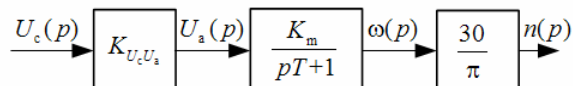
а фактор појачања K_m је исти као у случају $L_r \neq 0$:

$$K_m = \frac{\Psi_f}{B_m R_a + \Psi_f^2} \quad (8.17)$$



Сл. 8.11 Преносна функција мотора управљаног напонски

На сл. 8.12. је приказана шема управљања мотора у отвореној повратној спреси. Управљачки напон из рачунара U_c се преко NI USB 6009 картице доводи на PWM конвертор напона (фактора појачања $K_{U_c U_a}$) који даје одговарајући управљачки напон мотора- U_a . Излазна величина је брзина мотора $n(\text{min}^{-1})$.



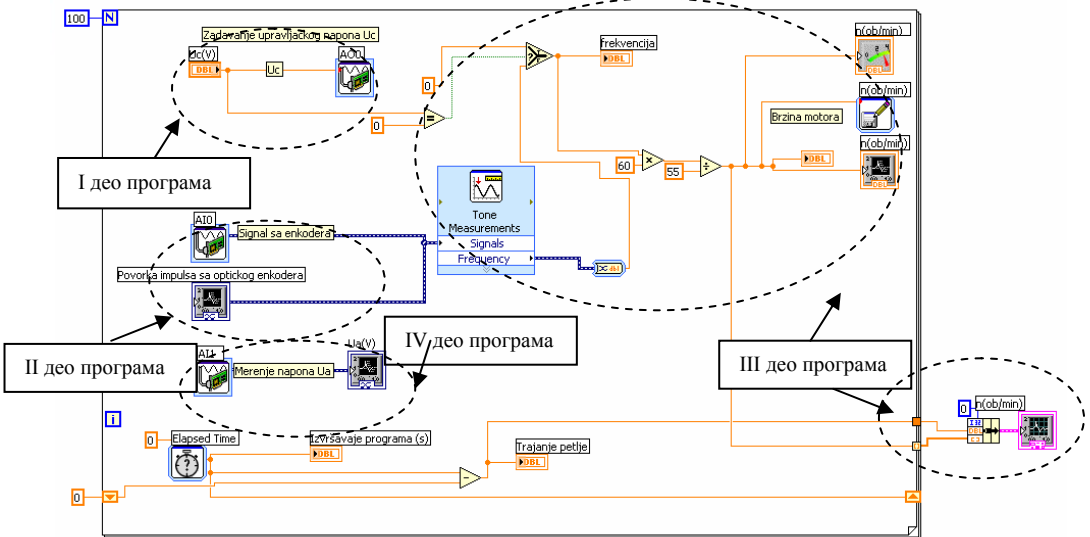
Циљ вежбе

- Мерење константе K_{nU_a} ;
- Провера вредности константе претварања PWM-а $K_{U_c U_a}$;
- Одређивање непознатог фактора појачања мотора K_m ;

Задатак

- Применом програмског пакета LabView и напонског управљања мотора у отвореној повратној вези за различите вредности управљачког напона из рачунара U_c , измерити:
 - напоне на индукту мотора U_a , и
 - брзину мотора n , при напону извора PWM-а $U_{iz} = 20\text{ V}$;
 - Променом вредности управљачког напона из рачунара U_c , посматрати промену облика сигнала са оптичког енкодера;
- Резултате приказати табеларно.
- На основу добијених резултата проценити вредности K_{nU_a} .
- Проверити да ли је константа претварања PWM-а $K_{U_c U_a} = 2.7$. када је $U_{iz} = 20\text{ V}$.
- На основу резултата мерења прорачунати фактор појачања мотора K_m .

Упутство за рад



Сл. 8.13 Блок дијаграм управљања мотора JS у отвореној повратној спрези реализована коришћењем програмског пакета LABVIEW

Применом програма LABVIEW задају се различите вредности управљачког напон из рачунара U_c (I део програма) дате табелом 8.1. D/A конверзија врши се посредством NI USB 6009 картице. Управљачки напон U_c се потом преко NI USB 6009 аналогног излаза А00 картице доводи на PWM конвертор напона који даје одговарајући управљачки напон мотора U_a . При мерењу је потребно подесити напон једносмерног напајања PWM-а на вредност $U_{iz} = 20V$. Мотор на свом излазу поседује оптички енкодер за мерење брзине са 55 окаца. Сигнал са оптичког енкодера, поворка импулса, се повезује са аналогним улазом А10 картице NI USB-6009, тј. са рачунаром (II део програма). Информација о брзини се добија мерењем фреквенције поворке импулса са енкодера коришћењем програмског пакета LABVIEW (III део програма), на основу релације:

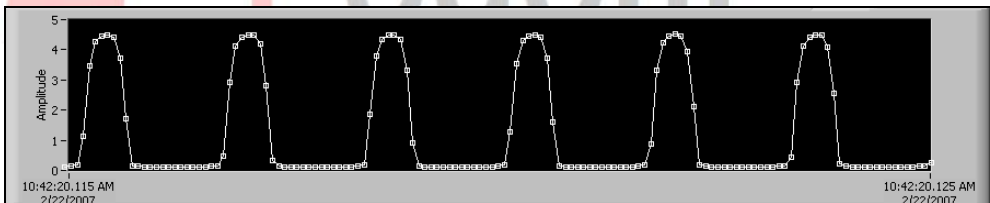
$$n = \frac{60 \cdot f}{55} \left[\text{min}^{-1} \right], \quad (8.18)$$

где је:

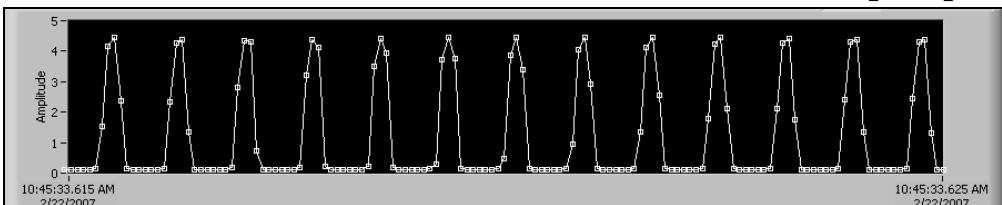
n - брзина мотора $[\text{min}^{-1}]$,

f - фреквенција сигнала са оптичког енкодера (Hz).

На сл. 8.14 и сл. 8.15 приказани су временски облици поворке импулса са оптичког енкодера при брзинама мотора 700 min^{-1} и 1500 min^{-1} .



Сл. 8.14 Временски облик сигнала са оптичког енкодера за брзину мотора $700 [\text{min}^{-1}]$



Сл. 8.15 Временски облик сигнала са оптичког енкодера за брзину мотора $1500 [\text{min}^{-1}]$

Напомена: Мерење брзине бројањем импулса у одређеном временском интервалу је чешће коришћен метод одређивања брзине мотора који поседује оптички енкодер, али пошто коришћени енкодер поседује релативно мали број окаца -55, овај начин детекције брзине се показао као недовољно прецизан.

Остварена брзина се у програму приказује графички и памти као текстуални фајл, који се може накнадно, применом програмског пакета MATLAB приказати и у додатно обрађивати.

Напон на намотајима индукта мери се коришћењем аналогног улаза А11.(IV део програма).

Табела 8.2 Измерене вредности управљачког напона мотора U_a , и брзине мотора n , за различите вредности управљачког напона U_c , и при напону извора $U_{iz} = 20\text{ V}$

U_c (V)	U_a (V)	n [min ⁻¹]
0.5		
1		
1.5		
2		
2.5		
3		
3.5		
4		
4.5		
5		

На основу добијених табличних вредности може се израчунати:

- константа превођења брзине мотора у напон на намотајима индукта мотора користећи релацију:

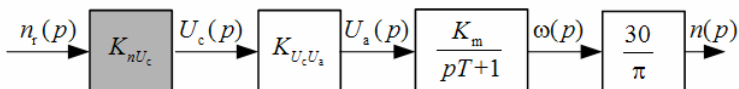
$$K_{nU_a} = \frac{\Delta U_a}{\Delta n}, \quad (8.19)$$

- константа превођења управљачког напона из рачунара U_c у управљачки напон мотора U_a према релацији:

$$K_{U_c U_a} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c}. \quad (8.20)$$

Одређивање фактора појачања мотора K_m

Ако се као улазна променљива посматра жељена вредност брзине n_r (min⁻¹), потребно је блок шеми са сл. 8.12 додати константу превођења брзине n у управљачки напон из рачунара U_c .



Сл. 8.16 Упроићена шематска представа управљања мотором у отвореној повратној спреси

Од мотора се захтева да прати жељени облик сигнала брзине, задат програмски преко референтног сигнала брзине, $n_r(\text{min}^{-1})$. Да би у стационарном стању брзина мотора достигла вредност референтног сигнала кад $p \rightarrow 0$ мора да важи:

$$\lim_{p \rightarrow 0} \frac{n(p)}{n_r(p)} = \lim_{p \rightarrow 0} K_{nU_c} K_{U_c U_a} \frac{K_m}{pT+1} \frac{30}{\pi} = 1. \quad (8.21)$$

На основу 8.21 следи:

$$K_{nU_c} K_{U_c U_a} K_m \frac{30}{\pi} = 1. \quad (8.22)$$

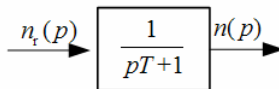
Пошто важи:

$$K_{nU_c} K_{U_c U_a} = K_{nU_a}, \quad (8.23)$$

следи израз за одређивање фактора појачања мотора:

$$K_m = \frac{\pi}{30 K_{nU_c} K_{U_c U_a}} = \frac{\pi}{30 K_{nU_a}}. \quad (8.24)$$

На основу израза 8.22 блок дијаграм управљања мотором у отвореној повратној спреси се своди на једноставан облик:

**Сл. 8.17** Упроићен блок дијаграм управљања мотором у отвореној повратној спреси