

Implementácia algoritmov riadenia elektrických pohonov

Igor Béla

Implementácia algoritmov riadenia elektrických pohonov

Učebný text na cvičenia z predmetu
Servopohony pre mechatronické aplikácie

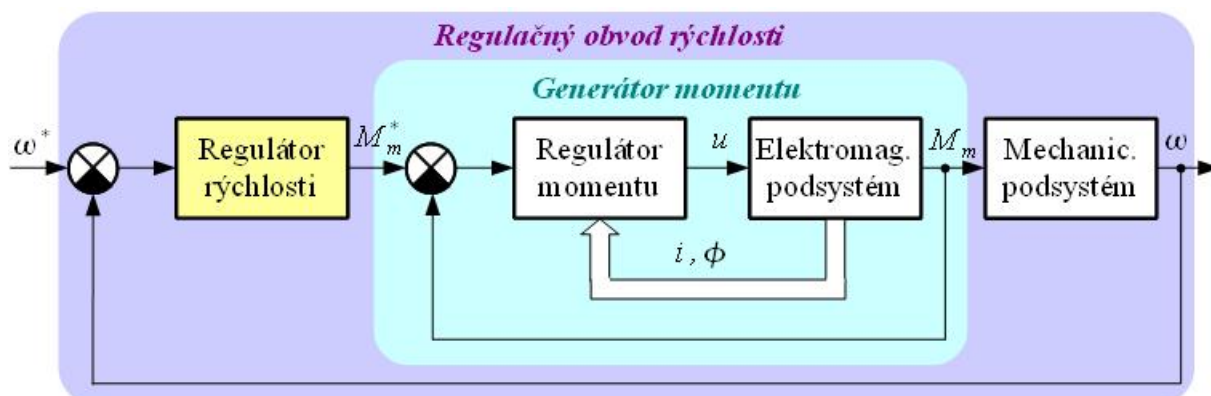
Slovenská Technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky
2017

Text bol vypracovaný vďaka podpore projektu č. 011STU-4/2015:
Elektronické pedagogicko-experimentálne laboratória mechatroniky

Obsah

1 Rýchlostný servopohon s generátorom momentu.....	3
1.1 Syntéza regulátora rýchlosti.....	3
1.2 Overenie vlastností rýchlostného servopohonu s jednosmerným motorom simuláciou.....	6
1.3 Overenie vlastností rýchlostného servopohonu meraním.....	9
2 Polohový servopohon s generátorom momentu.....	18
2.1 Opis regulačného obvodu a návrh regulátora polohy.....	18
2.2 Regulačný obvod polohy s generátorom momentu a riadením typu Master-Slave	21
2.3 Overenie vlastností polohového servopohonu meraním.....	23

1 Rýchlostný servopohon s generátorom momentu



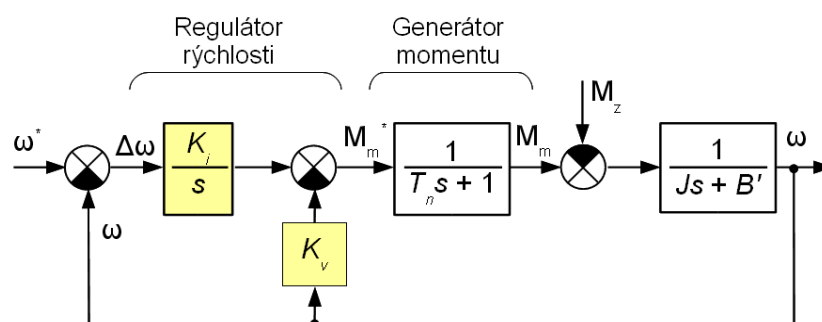
Obr. 1.1. Základná štruktúra regulačných obvodov rýchlostného servopohonu s generátorom momentu (GM)

Generátor momentu je spravidla realizovaný pomocou:

- regulačného obvodu prúdu rotora pre servopohon s jednosmerným motorom,
- regulačného obvodu prúdu statora pre servopohon s BLDC motorom
- metódami dynamického riadenia (vektorové riadenie, DTC riadenie) pre servopohon so synchronným, alebo asynchronným motorom.

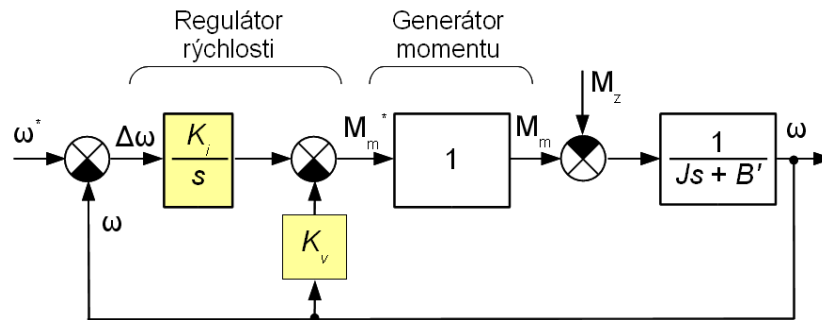
1.1 Syntéza regulátora rýchlosti

1.1.1 Štruktúra regulačného obvodu rýchlosti s generátorom momentu a IP regulátorom rýchlosti



Obr. 1.2. Štruktúra regulačného obvodu rýchlosti s generátorom momentu

1.1.2 Syntéza parametrov spojitého IP regulátora rýchlosti bez uvažovania dynamiky generátora momentu.



Obr. 1.3. Štruktúra regulačného obvodu rýchlosti bez uvažovania dynamiky generátora momentu

Prenosová funkcia regulačného obvodu rýchlosti:

$$\frac{\omega(s)}{\omega(s)^*} = \frac{K_i}{Js^2 + (B' + K_v)s + K_i} = \frac{\frac{K_i}{J}}{s^2 + \frac{B' + K_v}{J}s + \frac{K_i}{J}} \quad (1.1)$$

Prenosová funkcia vlastnej sústavy druhého rádu:

$$G_{01}(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\xi\omega_0s + \omega_0^2} \quad (1.2)$$

Charakteristické polynómy prenosovej funkcie uzavretého regulačného obvodu a vlastnej sústavy druhého rádu sa majú rovnať:

$$s^2 + \frac{B' + K_v}{J}s + \frac{K_i}{J} = s^2 + 2\xi\omega_0s + \omega_0^2 \quad (1.3)$$

z čoho vyplýva:

$$\frac{B' + K_v}{J} = 2\xi\omega_0 \Rightarrow K_v = 2\xi\omega_0J - B' \quad (1.4)$$

$$\frac{K_i}{J} = \omega_0^2 \Rightarrow K_i = J\omega_0^2 \quad (1.5)$$

Volí sa: b, ω_0 .

Musí platiť:

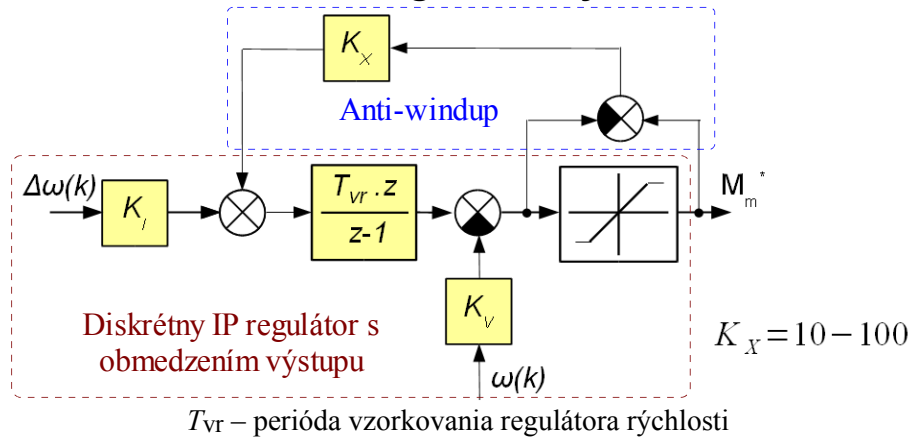
$$K_v > 0 \Rightarrow \omega_0 > \frac{B'}{2\xi J} \quad (1.6)$$

$$\omega_0 < \frac{1}{5T_n} \quad (1.7)$$

Na základe podmienok (1.6) a (1.7) platí (ak $\zeta = 1$):

- pre jednosmerný pohon: $0,2917 < \omega_0 < 200$ [rad/s]
- pre striedavý pohon: $0,27 < \omega_0 < 13,3$ [rad/s]

1.1.3 Štruktúra diskrétno IP regulátora rýchlosti s anti-windup reset

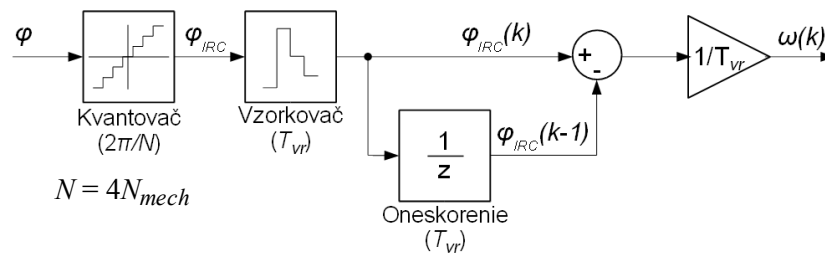


Obr. 1.4. Štruktúra diskrétno regulátora rýchlosti s anti-windup reset

1.1.4 Estimátor uhlovej rýchlosti s inkrementálnym snímačom polohy

Aktuálna uhlová rýchlosť $\omega(k)$ sa vypočíta z dvoch za sebou nasledujúcich vzoriek meranej polohy φ_{IRC} :

$$\omega(k) = \frac{\varphi_{IRC}(k) - \varphi_{IRC}(k-1)}{T_{vr}} \quad (1.8)$$

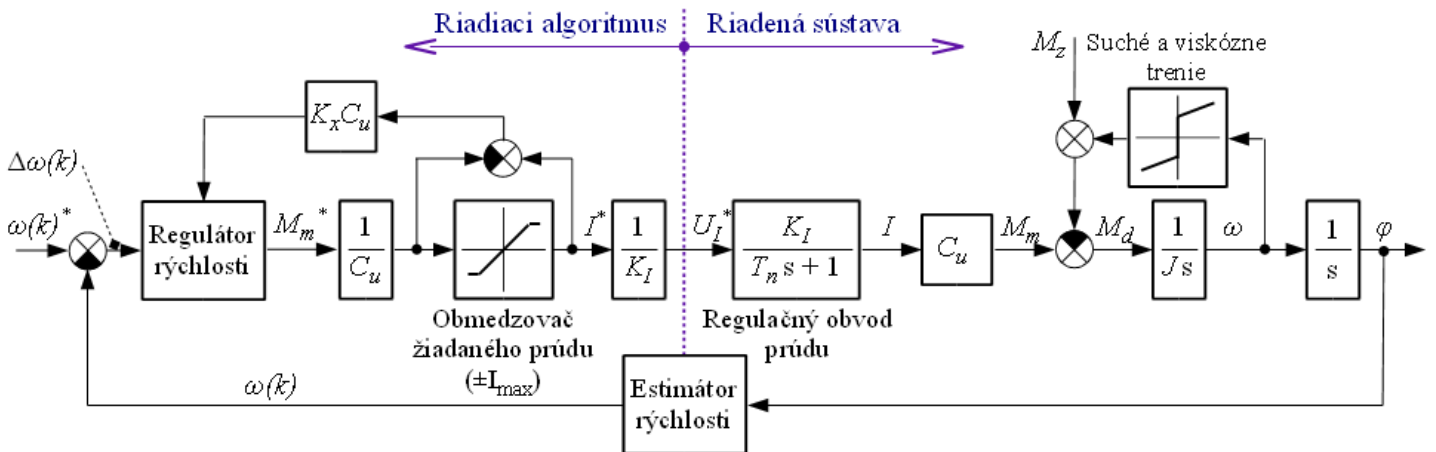


N – počet impulzov IRC snímača na jednu otáčku po štvornásobení

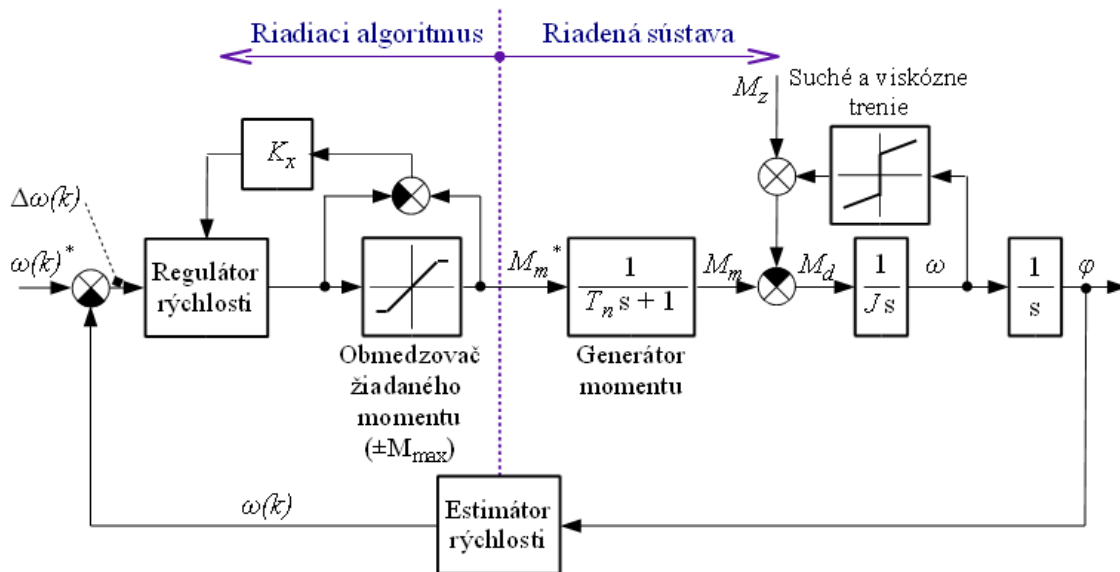
Obr. 1.5. Štruktúra estimátora rýchlosti s modelom inkrementálneho snímača polohy

1.2 Overenie vlastností rýchlostného servopohonu s jednosmerným motorom simuláciou

1.2.1 Štruktúra simulačného modelu regulačného obvodu rýchlosti



Obr. 1.6. Štruktúra regulačného obvodu rýchlosti s jednosmerným pohonom



Obr. 1.7. Štruktúra regulačného obvodu rýchlosti so striedavým pohonom

Periódá vzorkovania diskrétného regulátora rýchlosti musí spĺňať podmienku:

$$T_{vr} \leq \left(\frac{1}{15} \rightarrow \frac{1}{6} \right) \cdot \frac{2\pi}{\omega_0}$$

z čoho vyplýva:

- jednosmerný pohon: $T_{vr} \leq 2,1$ [ms],
- striedavý pohon: $T_{vr} \leq 31,49$ [ms],

1.2.2 Zadanie úloh na overenie vlastností regulačného obvodu rýchlosti simuláciou

Úlohy:

Overte vplyv vlastnej frekvencie ω_0 , periódy vzorkovania T_{vr} a záťažného momentu M_z na odozvu regulačného obvodu rýchlosti jednosmerného motora. Koeficient tlmenia ζ zvolíte v rozsahu 0,7 – 1.

Vykonajte simulačné experimenty pre dve hodnoty ω_0 , pričom pre každú hodnotu ω_0 overte vplyv periódy vzorkovania T_{vr} , na priebeh odozvy rýchlosti motora ω a odozvu uhlovej rýchlosti na skok záťažného momentu M_z .

Experimenty vykonajte pre dve žiadané hodnoty uhlovej rýchlosti ω^* :

1. pre „malú“ zmenu uhlovej rýchlosti ($\Delta\omega_1^*$), keď nedochádza k obmedzeniu žiadaného prúdu (momentu),
2. pre „veľkú“ zmenu uhlovej rýchlosti ($\Delta\omega_2^*$), keď dochádza k obmedzeniu žiadaného prúdu (momentu).

Pre každý simulačný experiment vyhodnoťte čas regulácie T_{reg} a veľkosť prerogulovania (ak k nemu dôjde).

Výsledky simulácií zapíšte do tabuľky 2.

Tabuľka 1: Tabuľka žiadaných hodnôt

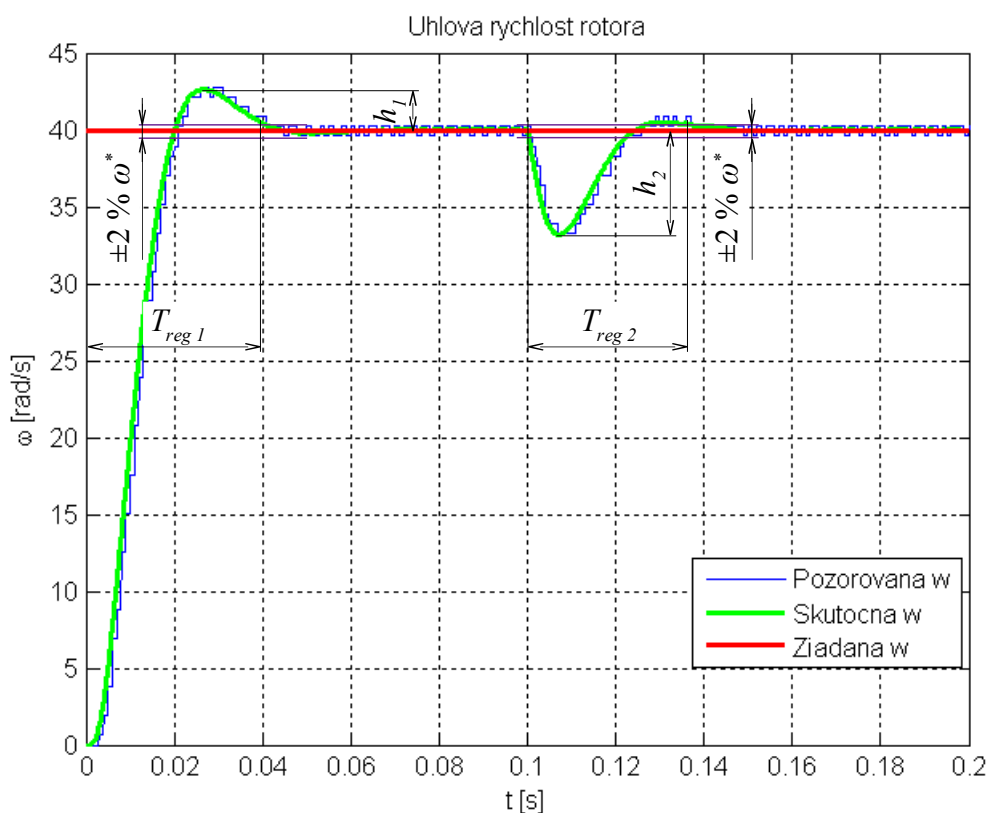
Pohon	ω_0 [rad/s]	T_{vr} [ms]	M_z [Nm]
Jednosmerný	0,3 – 200	1 – 2	0,1 – 0,2
Striedavý	0,27 – 13,3	1 – 30	0,5 – 3

Tabuľka 2: Výsledky simulácií ($\zeta = \text{konšt.}$, $\Delta M_z = \dots Nm$)

P.č.	ω_0 [rad/s]	T_{vr} [ms]	$\Delta\omega_1^* = \dots$ [rad/s]				$\Delta\omega_2^* = \dots$ [rad/s]			
			$T_{reg 1}$ [ms]	h_1 [rad/s]	$T_{reg 2}$ [ms]	h_2 [rad/s]	$T_{reg 1}$ [ms]	h_1 [rad/s]	$T_{reg 2}$ [ms]	h_2 [rad/s]
1	ω_{01}	T_{vr1}								
2		T_{vr2}								
3	ω_{02}	T_{vr1}								
4		T_{vr2}								

h_1 – veľkosť prerogulovania uhlovej rýchlosti [rad/s]

h_2 – maximálna odchýlka uhlovej rýchlosti pri skokovej zmene momentu záťaže [rad/s]



Obr. 1.8. Priebehy uhlových rýchlostí s vyhodnocovanými veličinami (v čase 0,1 [s] došlo ku skokovej zmene M_z)

1.2.3 Parametre riadenej sústavy

Jendosmerný pohon:

- $T_n = 0.001$ [s]; % Náhradná časová konštanta generátora momentu
- $K_{IM} = 1$ [V/A]; % Zosilnenie snímača prúdu
- $C_u = 0,0458$ [Vs]
- $J = 0,00012$ [kg.m²]
- $M_{z0} = 0,029$ [Nm]
- $B' = 0.00007$ [Nm/rad/s]
- $U_N = 24$ [V]
- $I_N = 8,5$ [A]
- $M_N = 0,39$ [Nm]
- $N = 10\,000$ [imp/ot]; % Počet impulzov IRC na jednu otáčku po štvornásobení

Striedavý pohon:

- $T_n = 0.015$ [s]
- $J = 0.005$ [kg.m²]
- $M_{z0} = 0.033$ [Nm]
- $B' = 0.0027$ [Nm/rad/s]
- $M_N = 6.4$ [Nm]
- $\omega_N = 2 \cdot \pi \cdot 50$ [rad/s]
- $N = 10\,000$ [imp/ot]

1.3 Overenie vlastností rýchlostného servopohonu meraním

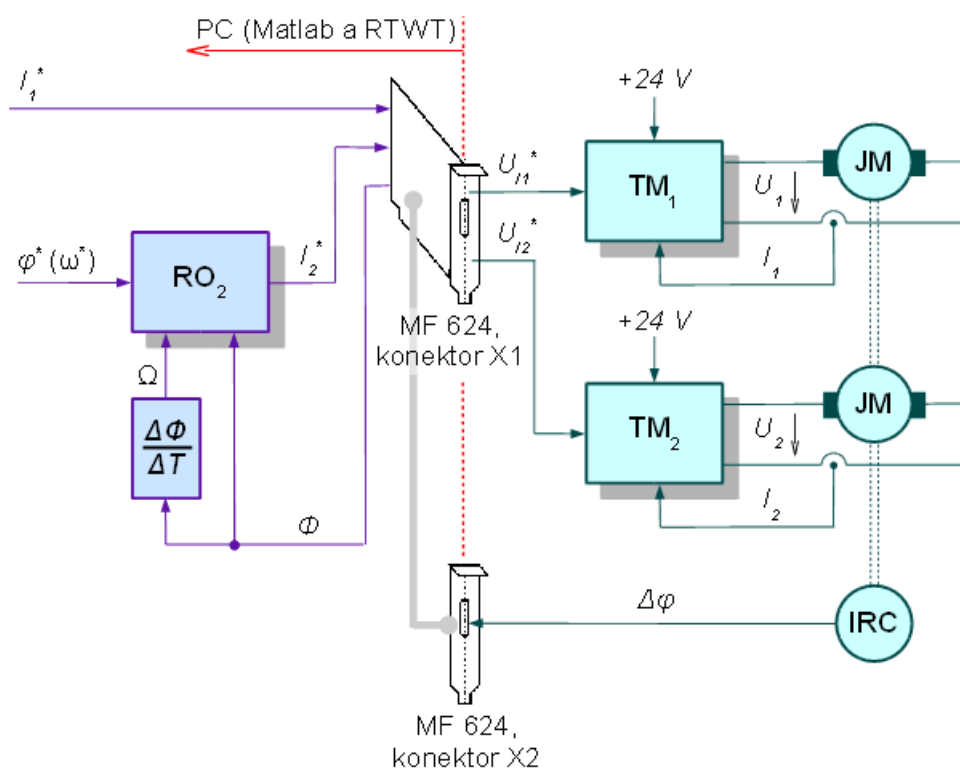
1.3.1 Opis meracích pracovísk

Meracie pracoviská pozostávajú z nasledovných komponentov:

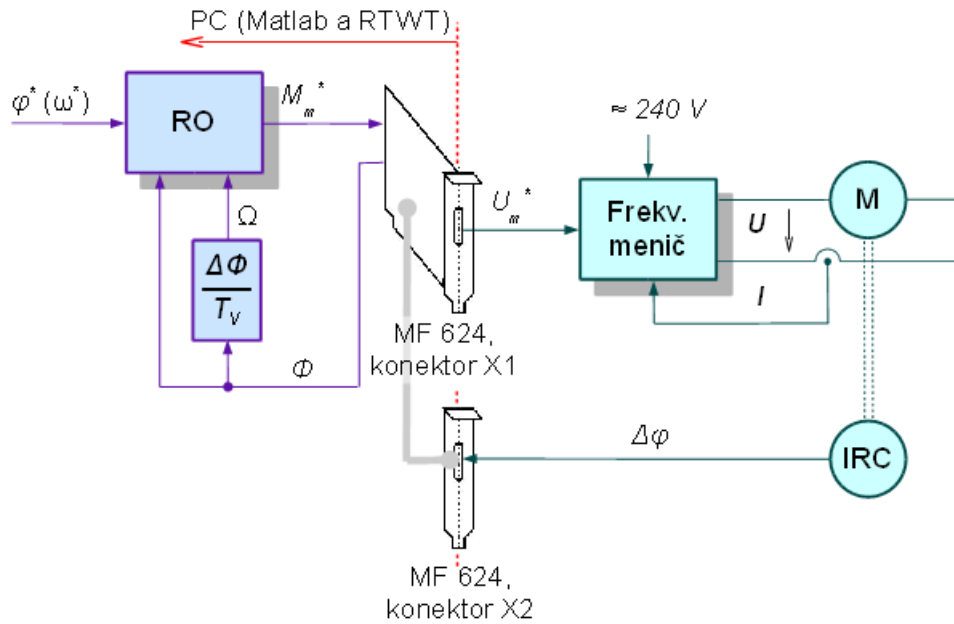
- Osobný počítač typu PC so vstupno/výstupnou kartou MF 624, nainštalovaným programom Matlab R2013b a Toolboxom Real-Time Windows Target
- Frekvenčný menič, alebo jednosmerný menič
- Asynchrónny motor, alebo jednosmerný motor
- Inkrementálny snímač polohy spojený s hriadeľom riadeného motora.

Riadiacou veličinou meničov je žiadaný moment motora a sústava menič – motor reprezentuje generátor momentu.

Riadiaci algoritmus je zbiehaný na počítači typu PC. Riadiaci algoritmus je vytváraný v prostredí Matlab – Simulink pomocou toolboxu „Real Time Windows Target“.

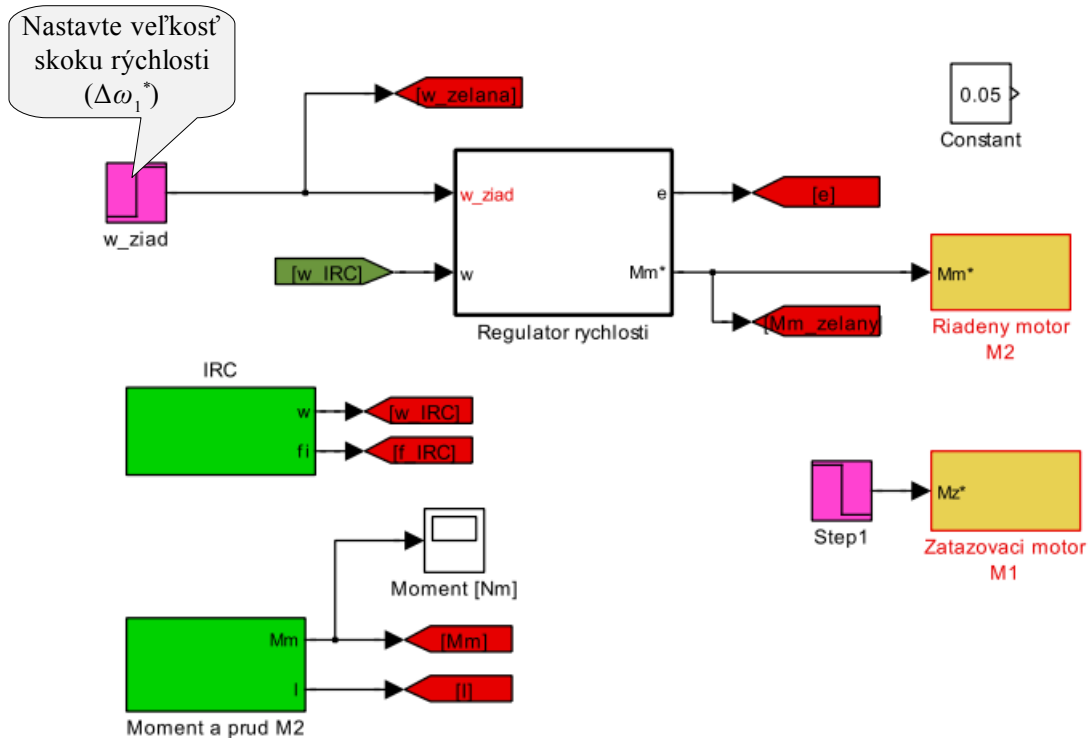


Obr. 1.11: Regulačné obvody polohového (rýchlostného) servosystému. Pohon č.1 je zaťažovací

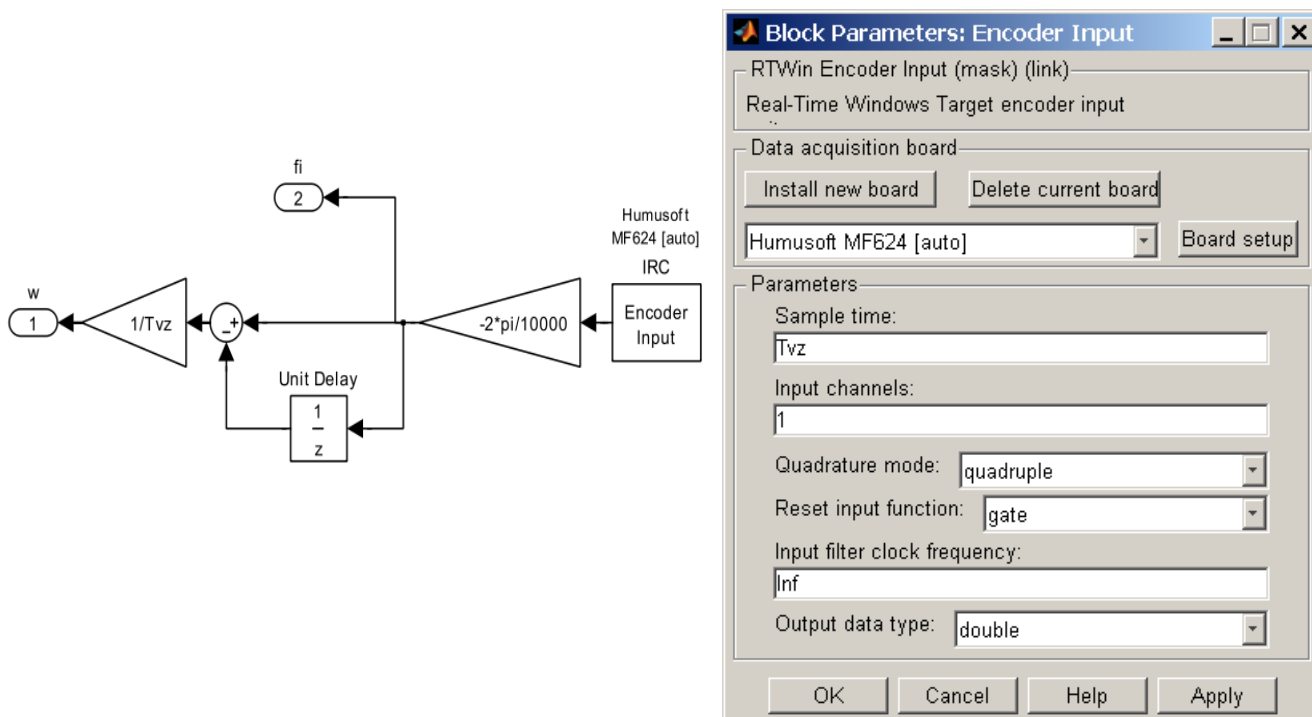


Obr. 1.11 Regulačné obvody polohového (rýchlostného) servopohonu so striedavým pohonom

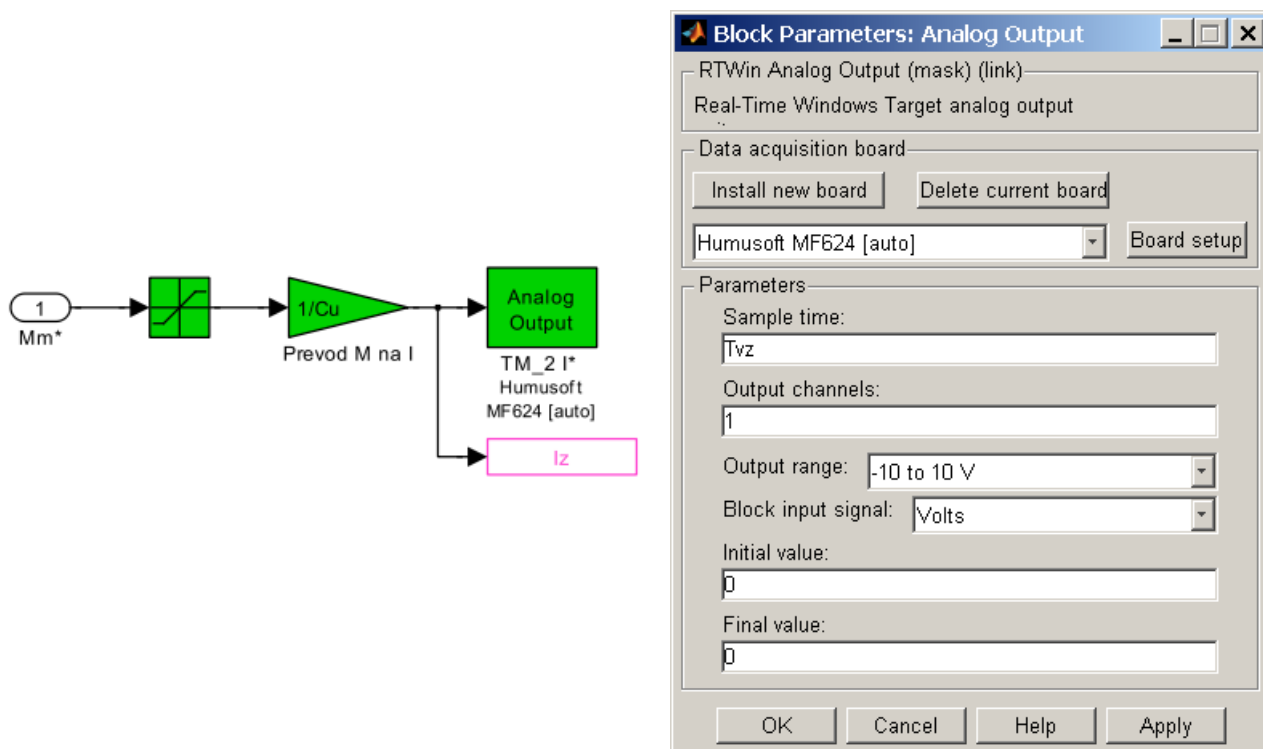
1.3.2 Riadiaca štruktúra ROR pre meranie na jednosmernom pohone



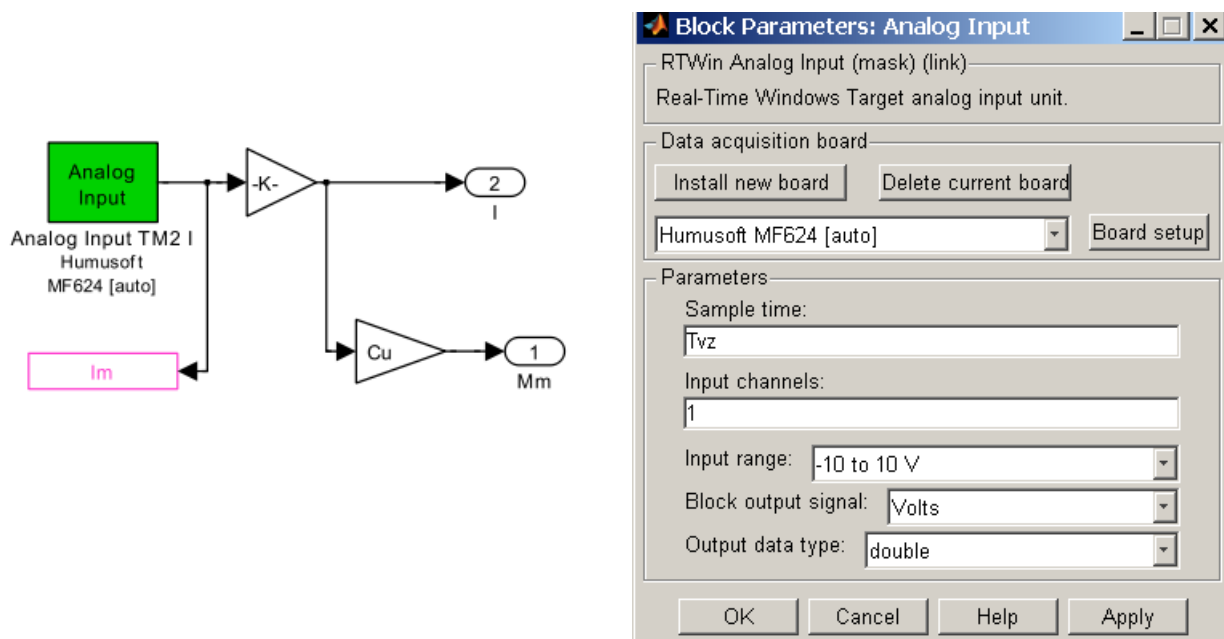
Obr. 1.12: Riadiaca štruktúra rýchlostného servosystému s jednosmerným pohonom



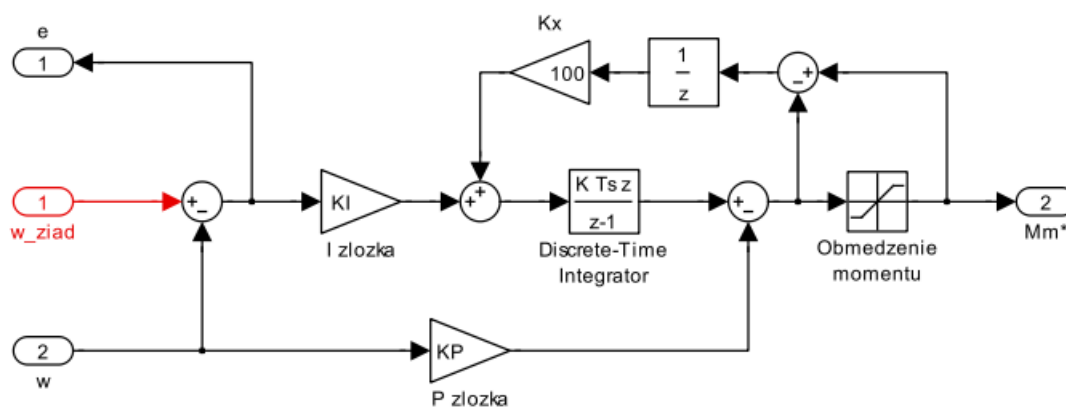
Obr. 1.13: Štruktúra bloku „IRC“ a nastavenie parametrov I/O bloku „Encoder Input“ ($T_{vz} = T_{vr}$ = perióda vzorkovania)



Obr.1.14: Štruktúra bloku „Riadený motor M2“ a nastavenie parametrov I/O bloku „Analog Output“



Obr. 1.15: Štruktúra bloku „Moment a prúd M2“ a nastavenie parametrov I/O bloku „Analog Input“



Obr. 1.16: Štruktúra bloku „Regulator rychlosti“
($KP = K_v$ = zesilnenie P-zložky regulátora rýchlosti)

1.3.3 Karta MF 624 (Humusoft)

Vlastnosti

- Osm single-ended 14-bitových analogových vstupů
- Osm 14-bitových analogových výstupů
- Krátká doba převodu
- 8 digitálních vstupů, 8 digitálních výstupů
- 4 vstupy inkrementálních snímačů (diferenciální)
- 4 čítače/časovače
- Nízká spotřeba
- Ovladač pro Real Time Toolbox pro MATLAB
- Ovladač pro Real-Time Windows Target
- Ovladač pro xPC Target
- Ovladač pro Windows, 32 i 64-bitové aplikace

Aplikace

- Měření stejnosměrných napětí
- Připojení převodníků a snímačů
- Měření vibrací a přechodových jevů
- Řízení a monitorování procesů
- Snímání a analýza průběhu
- Vícekanálový sběr dat
- Simulace v reálném čase
- Měření polohy
- Servosystémy
- Pulzně-šířková modulace
- Měření frekvence
- Měření času
- Generování pulzů/frekvence
- Čítání pulsů

Technické parametry

- **Analogové vstupy**

Kanály:	8 single-ended
A/D převodník:	14-bitový, doba převodu 10 microsec.
Čas převodu:	1.6 microsec. 1 kanál 1.9 microsec. 2 kanály 2.5 microsec. 4 kanály 3.7 microsec. 8 kanálů
Vstupní rozsahy:	+/-10 V
Vstupní impedance:	$10^{10} \square$
Spouštění:	programově, časovačem, externě

- **Analogové výstupy**

Kanály:	8 kanálů, 14-bitů
Výstupní rozsah:	+/-10 V
Výstupní proud:	5 mA max.
Čas ustálení:	31 microsec. FS změna +/-1/2 LSB

- **Digitální vstupy/výstupy**

Vstupní linky:	8, s úrovněmi TTL
Výstupní linky:	8, s úrovněmi TTL

- **Časovač/čítač**

Kanály:	4
Rozlišení:	32 bit, 20ns
Módy:	PWM, čítač, generování pulzu

- **Vstupy inkrementálních snímačů**

Vstupní kanály:	4, single ended nebo diferencialní
Vstupy:	A, B, Index
Vstupní frekvence:	max 2.5 MHz
Rozlišení:	32 bit

- **Všeobecné údaje**

Odběr proudu:	500 mA @ +5 V 150 mA @ +12 V
---------------	---------------------------------

Implementácia algoritmov riadenia elektrických pohonov

150 mA @ -12 V

Pracovní teplota: 0 to 50 °C (32 to 140 °F)

Konektor: 2 x DB-37 F

Sběrnice: PCI 5V or 3.3V

- **Podpora ovladačů**

Windows, systém a C programování

Real Time Toolbox pro Matlab

Real-Time Windows Target

xPC Target

- **Rozměry**

Délka karty: 15 cm

Karta vyžaduje jeden PCI slot + jednu pozici pro přídatný konektor.

1.3.4 Zadanie úloh na overenie vlastností regulačného obvodu rýchlosti meraním a simuláciou

Overte vplyv vlastnej frekvencie ω_0 a záťažného momentu M_z na odozvu regulačného obvodu rýchlosti. Koeficient tlmenia ζ zvolíte v rozsahu 0,7 – 1 (pracujte len s jednou hodnotou ζ). Perióda vzorkovania regulátora rýchlosti je daná: $T_{vr} = 0,001$ [s].

Počas jedného experimentu sa žiadaná rýchlosť bude meniť dvakrát v časoch t_1, t_2 :

- $t_1 = 0$ [s] → skok z 0 [rad/s] na 10 [rad/s],
- $t_2 = 1$ [s] → skok z 10 [rad/s] na zvolenú hodnotu (v závislosti na tom či pôjde o „malú“, alebo „veľkú“ zmenu rýchlosti),

Vykonajte simulačné experimenty pre dve hodnoty ω_0 ¹, pričom pre každú z nich overte odozvu uhlovej rýchlosti na skok žiadanej hodnoty a záťažného momentu (hodnotu záťažného momentu zvolíte podľa Tab. 1, pri všetkých simuláciách použite tú istú hodnotu M_z). Ku skoku momentu záťaže má dôjsť v čase $t_3 = 2$ [s] (po ustálení skutočnej rýchlosti na žiadanú hodnotu). Čas simulácie = 4 [s].

Experimenty vykonajte pre dva žiadané skoky uhlovej rýchlosti:

1. pre „malú“ zmenu uhlovej rýchlosti ($\Delta\omega_1^*$), keď nedochádza k obmedzeniu žiadaného prúdu/momentu,
2. pre „veľkú“ zmenu uhlovej rýchlosti ($\Delta\omega_2^*$), keď dochádza k obmedzeniu žiadaného prúdu/momentu.

Pre každý simulačný experiment vyhodnoťte čas regulácie T_{reg} a veľkosť preregovania (ak k nemu dôjde).

Na reálnom pohone vykonajte experiment pre jednu zo zvolených hodnôt ω_0 a pre „malú“ zmenu žiadanej hodnoty uhlovej rýchlosti. Pri meraní na jednosmernom pohone overte aj vplyv skokovej zmeny momentu záťaže M_z na priebeh uhlovej rýchlosti ($M_z = 0,1$ [Nm]).

Vypracujte písomnú správu (písanú rukou), ktorá bude obsahovať:

- Štruktúru regulačného obvodu rýchlosti jednosmerného motora a parametre riadenej sústavy.
- Odvodenie parametrov IP regulátora rýchlosti.
- Priebehy nasledovných veličín:
 - pre simulačné experimenty:
 1. $\omega^*, \omega_{IRC}, \omega$
 2. M_m^*, M_m
 - pre experimenty na reálnom pohone:
 3. ω^*, ω_{IRC}
 4. M_m^*
- Vyhodnotenie výsledkov simulácií a meraní podľa tabuľky 2 (môže byť vytlačená).
- Zhodnotenie dosiahnutých výsledkov.

1 Zvolené hodnoty ω_0 budeme označovať ω_{01}, ω_{02} : $(\omega_0 \in \{\omega_{01}, \omega_{02}\})$.

Implementácia algoritmov riadenia elektrických pohonov

Tabuľka 1: Tabuľka žiadaných hodnôt

Pohon	ω_0 [rad/s]	M_z [Nm]
Striedavý	5 – 20	1 – 4
Jednosmerný	50 – 120	0,1

Tabuľka 2: Výsledky simulácií a merania ($T_{vr} = 1$ [ms], $\zeta = \text{konšt.}$, $\Delta M_z = \dots$ [Nm])

P.č.	ω_0 [rad/s]	$\Delta\omega_1^* = \dots$ [rad/s]				$\Delta\omega_2^* = \dots$ [rad/s]			
		$T_{reg\ 1}$ [ms]	h_1 [rad/s]	$T_{reg\ 2}$ [ms]	h_2 [rad/s]	$T_{reg\ 1}$ [ms]	h_1 [rad/s]	$T_{reg\ 2}$ [ms]	h_2 [rad/s]
1 [†]	ω_{01}								
2 [†]	ω_{02}								
3 [‡]	ω_{01} , alebo ω_{02}					–	–	–	–

[†] – simulácia

[‡] – experiment na reálnom zariadení

h_1 – veľkosť preregulovania uhlovej rýchlosti [rad/s]

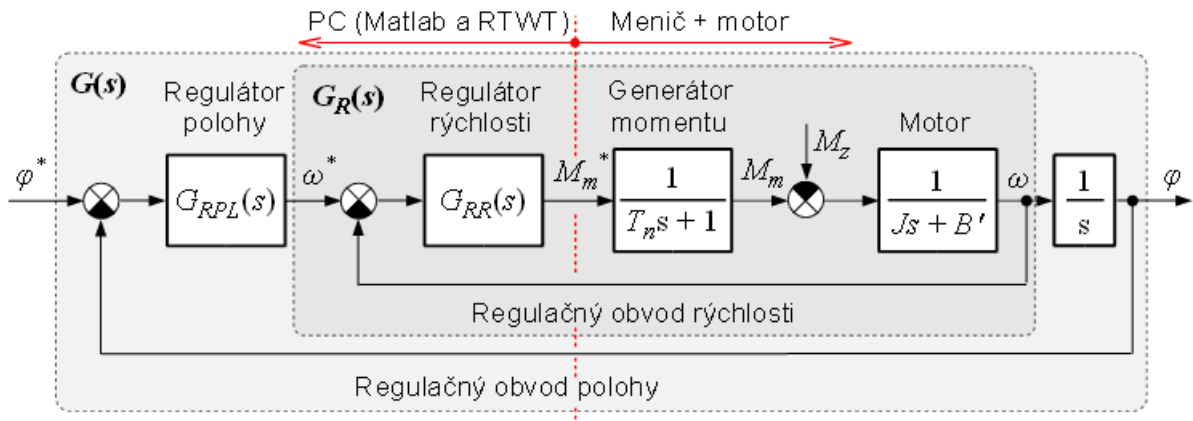
h_2 – maximálna odchýlka uhlovej rýchlosti pri skokovej zmene momentu záťaže [rad/s]

hodnoty ω_{01} a ω_{02} sa volia v rozsahu hodnôt podľa tabuľky 1

2 Polohový servopohon s generátorom momentu

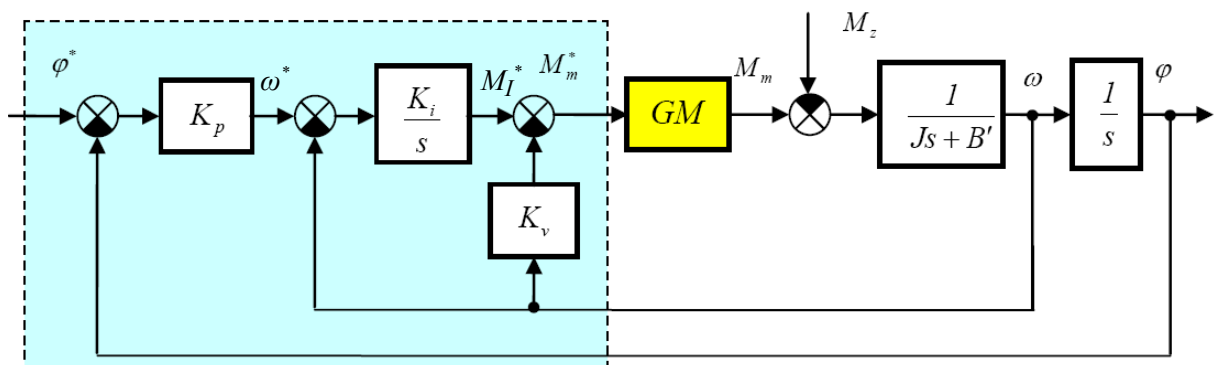
2.1 Opis regulačného obvodu a návrh regulátora polohy

2.1.1 Štruktúra regulačného obvodu polohy



Obr. 2.1: Štruktúra polohového servopohonu s podradeným regulačným obvodom rýchlosti

2.1.2 Syntéza regulátorov polohy a rýchlosti s PIV štruktúrou



Obr. 2.2: Štruktúra regulačného obvodu polohy s PIV regulátorom

Prenosová funkcia regulačného obvodu rýchlosti (s IP regulátorom rýchlosti) pri zanedbaní dynamiky generátora momentu:

$$F_{ROR}(s) = \frac{\omega(s)}{\omega^*(s)} = \frac{K_i}{Js^2 + (B' + K_v)s + K_i} \quad (2.1)$$

Prenosová funkcia regulačného obvodu polohy:

$$G(s) = \frac{\varphi(s)}{\varphi^*(s)} = \frac{\frac{K_p F_{ROR}(s)}{s}}{1 + \frac{K_p F_{ROR}(s)}{s}} = \frac{\frac{K_p K_i}{J}}{s^3 + \frac{K_v + B'}{J}s^2 + \frac{K_i}{J}s + \frac{K_p K_i}{J}} =$$

$$= \frac{K_p K_i}{Js^3 + (B' + K_v)s^2 + K_i s + K_p K_i} = \frac{\frac{K_p K_i}{J}}{s^3 + \frac{B' + K_v}{J}s^2 + \frac{K_i}{J}s + \frac{K_p K_i}{J}} = \frac{M(s)}{N(s)} \quad (2.2)$$

Prenosová funkcia sústavy tretieho rádu s trojnásobným reálnym pólom:

$$G_3(s) = \frac{\omega_0^3}{(s + \omega_0)^3} = \frac{\omega_0^3}{s^3 + 3\omega_0 s^2 + 3\omega_0^2 s + \omega_0^3} = \frac{M_3(s)}{N_3(s)} \quad (2.3)$$

Žiadame, aby prenosové funkcie $G(s)$ a $G_3(s)$ mali rovnaké póly. Preto musí platiť:

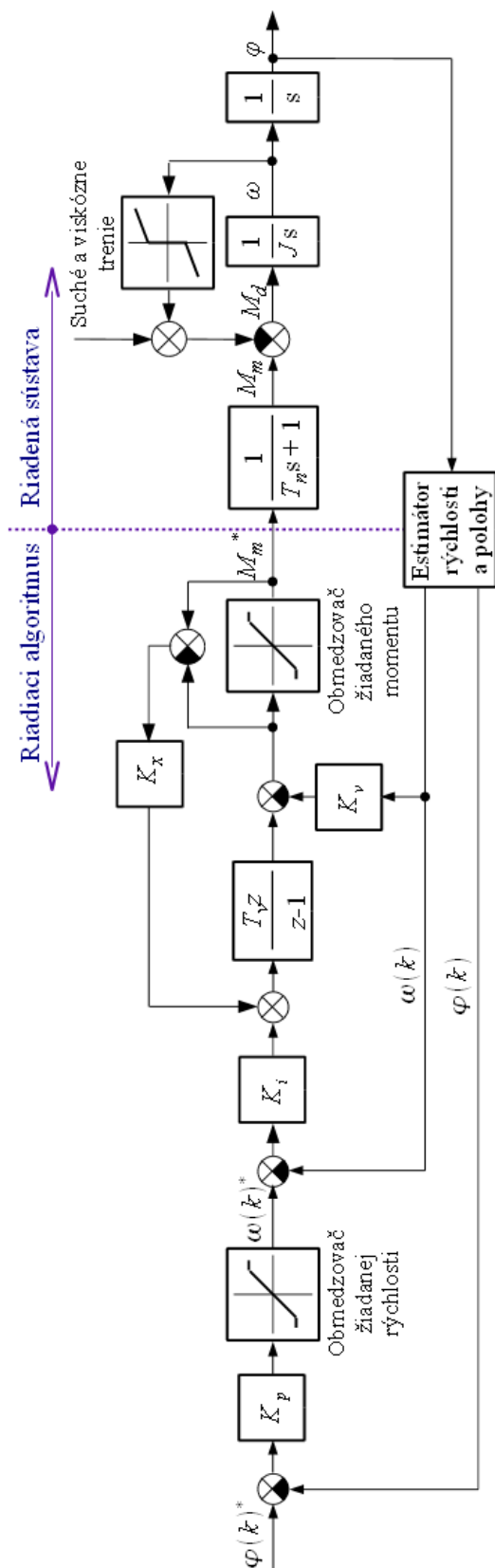
$$N(s) = N_3(s) \quad (2.4)$$

Parametre regulátorov:

$$K_p = \frac{\omega_0}{3}; \quad [s^{-1}]$$

$$K_i = 3\omega_0^2 J; \quad [Nm \cdot rad^{-1}] \quad (2.5)$$

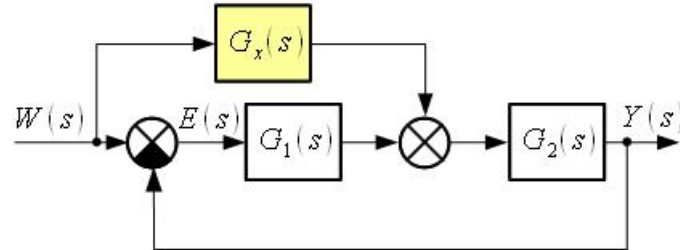
$$K_v = 3\omega_0 J - B'; \quad [Nm \cdot s \cdot rad^{-1}]$$



Obr. 2.3. Bloková schéma simuláčného modelu regulačného obvodu polohy s diskretnými regulátormi

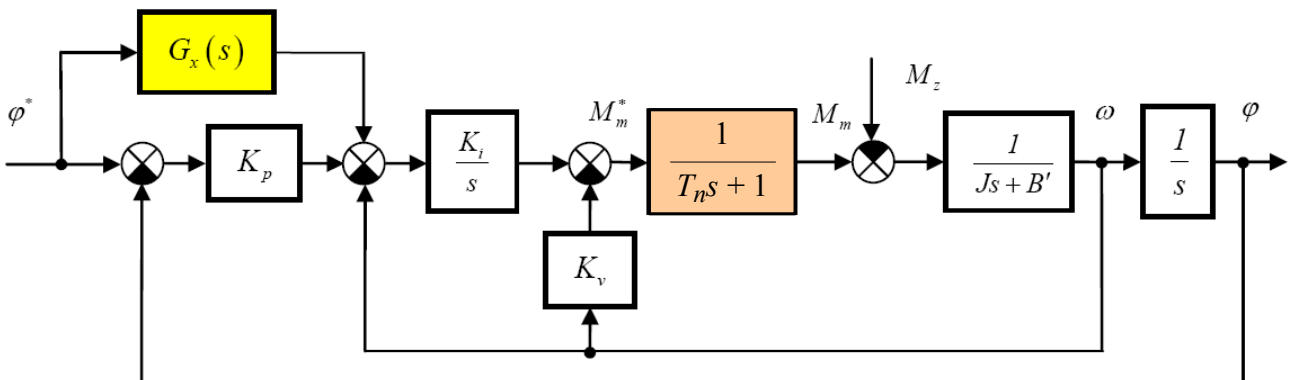
2.2 Regulačný obvod polohy s generátorom momentu a riadením typu Master-Slave

2.2.1 Odvodenie predkorekčných konštánt



Obr. 2.4: Všeobecná schéma kombinovaného riadenia

$$G_e(s) = \frac{E(s)}{W(s)} = 0 \quad \rightarrow \quad G_x(s) = \frac{1}{G_2(s)} \quad (2.6)$$



Obr. 2.5: Bloková schéma polohového servopohonu s PIV štruktúrou a predkorekciou $G_x(s)$

Prenosová funkcia regulačného obvodu rýchlosti:

$$G_R(s) = \frac{\omega(s)}{\omega^*(s)} = \frac{K_i}{s(1+T_n s)(B' + J s) + K_v s + K_i} \quad (2.7)$$

Prenosová funkcia $G_2(s)$:

$$G_2(s) = G_R(s) \cdot \frac{1}{s} = \frac{K_i}{s(1+T_n s)(B' + J s) + K_v s + K_i} \cdot \frac{1}{s} \quad (2.8)$$

Prenosová funkcia predkorekčného člena:

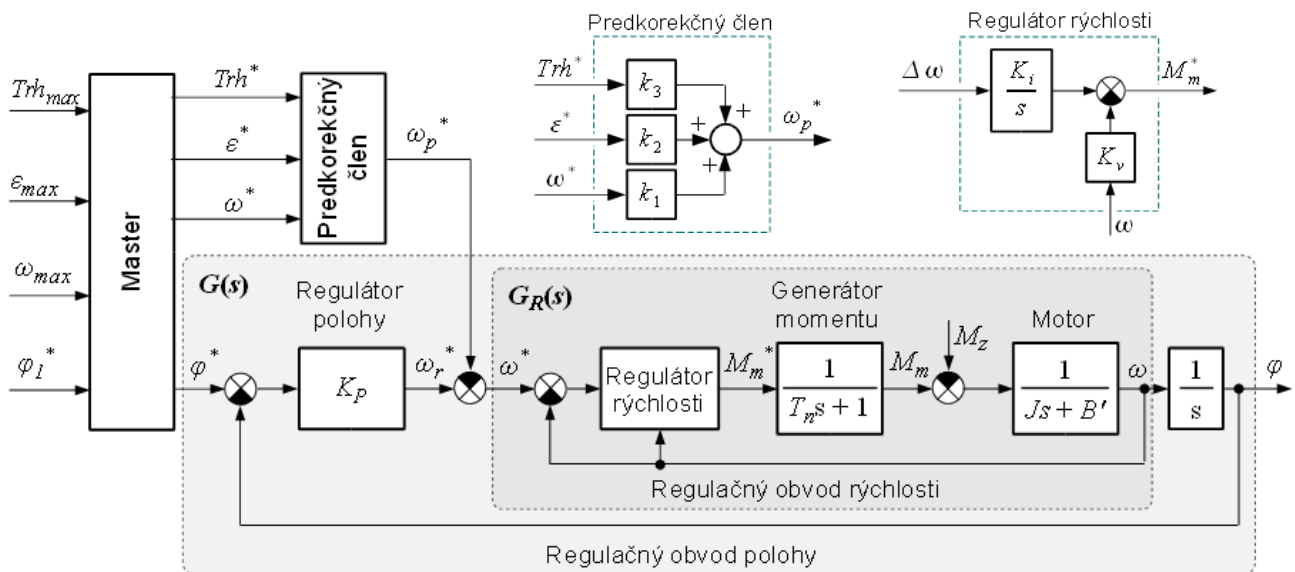
$$G_x(s) = \frac{1}{G_2(s)} = \frac{K_i s + (K_v + B') s^2 + (J + T_n B') s^3 + T_n J s^4}{K_i} \quad (2.9)$$

Po úprave:

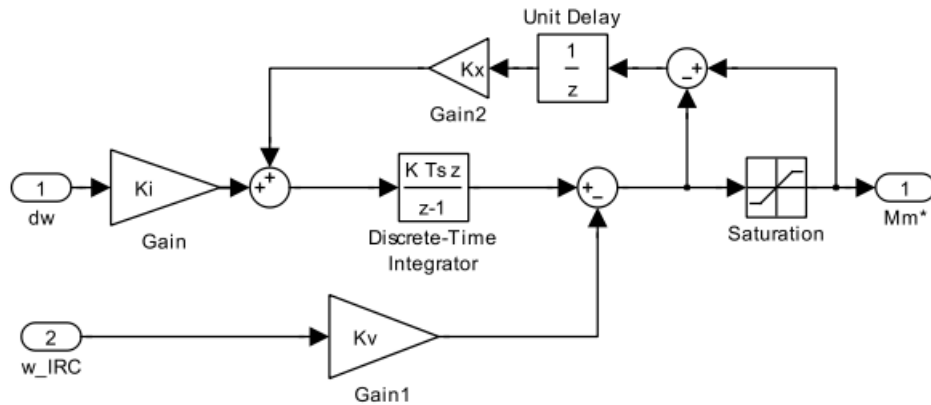
$$G_x(s) = s + \frac{K_v + B'}{K_i} s^2 + \frac{J + T_n B'}{K_i} s^3 + \frac{T_n J}{K_i} s^4 = k_1 s + k_2 s^2 + k_3 s^3 + k_4 s^4 \quad (2.10)$$

$$k_1 = 1; k_2 = \frac{K_v + B'}{K_i}; k_3 = \frac{J + T_n B'}{K_i}; k_4 = \frac{T_n J}{K_i}; \quad (2.11)$$

2.2.2 Štruktúra regulačného obvodu polohy s riadením Master-Slave



Obr. 2.6: Štruktúra polohového servopohonu s Master-Slave riadením



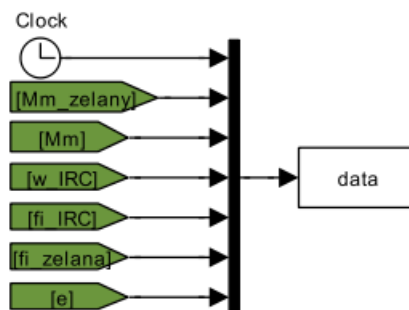
Obr. 2.8 Obsah bloku „Reg. rychlosti“ pre PIV štruktúru riadenia

2.3.2 Opis experimentov

Experimenty majú umožniť vyhodnotenie dynamických vlastností ROPL pre malé a veľké premiestnenie, s predkorekciou a bez predkorekcie. Porovnajme veľkosť regulačnej odchýlky polohy ($e = \varphi^* - \varphi_{IRC}$) s predkorekciou a bez predkorekcie. Vykreslite priebehy všetkých zaznamenných veličín, ktoré sa nachádzajú v premennej „data“.

Príklad vykreslenia meranej polohy:

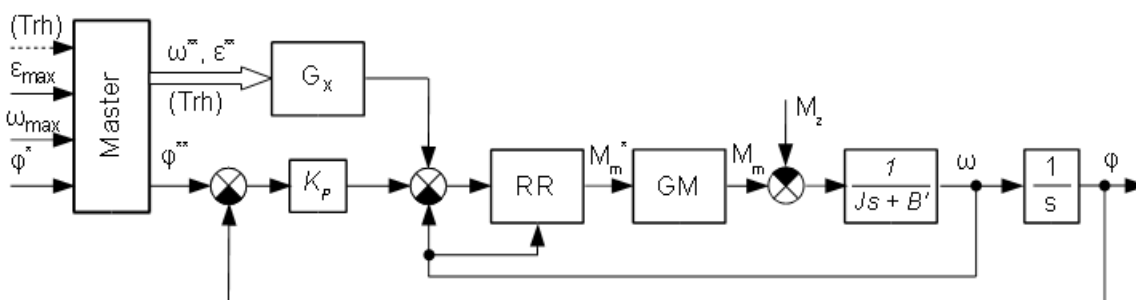
```
plot(data(:,1),data(:,5))
```



Obr. 2.9 Štruktúra v riadiacej schéme, ktorá realizuje zápis veličín do premennej „data“

2.3.3 Zadanie úloh na overenie vlastností regulačného obvodu polohy meraním a simuláciou

Navrhňte číslicový Master-Slave polohový servopohon s PIV štruktúrou riadenia a predkorekciou od uhlovej rýchlosti a zrýchlenia (pre 4D Master aj predkorekcia od trhu). Typ Master generátora zvolte. Vlastnosti navrhnutého riešenia overte simuláciou a na fyzikálnom modeli. Písomne spracujte všetky úlohy uvedené nižšie. Na základe riešenej problematiky vytvorte prezentáciu, kde odprezentujete riadenú štruktúru, postup návrhu a dosiahnuté výsledky.



Obr. 2.10 Master-Slave polohový servopohon

Parametre generátora momentu a motora:

Param.	Jednotky	Hodnota		Opis parametra
		AC pohon	DC pohon	
M_n	N.m	6,4	0,39	Nominálny moment motora
ω_n	rad/s	157	314	Nominálna uhlová rýchlosť
T_n	ms	15	1	Časová konštanta generátora momentu
J	kg.m ²	0,005	0,00012	Moment zotrvačnosti redukovaný na hriadeľ motora
M_{z0}	N.m	0,033	0,029	Suché trenie
B'	N.m/rad/s	0,0027	0,00007	Konštanta viskózneho trenia
N_{IRC}	imp/ot	2500	2500	Základné (mechanické) delenie inkrementálneho snímača polohy

V rámci riešenia sa zamerajte na nasledovné úlohy:

1. Spracujte teoretický základ k danej riadiacej štruktúre. Vypočítajte hodnoty parametrov regulátorov a predkorekčných konštánt. Uveďte tiež zvolenú hodnotu vlastnej frekvencie ω_0 a zvolené obmedzenia veličín Master generátora. Ku každému parametru uveďte jeho fyzikálnu jednotku.
2. Zostavte simulačný model s diskretnými regulátormi a obmedzením akčnej veličiny. Maximálne hodnoty master generátora nastavte na cca 3/4 z nominálnych hodnôt pohonu.
3. Simulačne overte navrhnutú Master-Slave polohovú štruktúru pre malé ($\pi/2 - 2\pi$) a veľké ($10\pi - 50\pi$) premiestnenie.
4. V ustálenom stave simulačne vyšetrite vplyv skoku záťaže ($10 - 35\% M_n$).

Implementácia algoritmov riadenia elektrických pohonov

5. Vyšetrite vplyv predkorekcie na kvalitu riadenia pre malé premiestnenie.
6. Navrhnutý polohový servopohon realizujte na fyzikálnom modeli. Vykonajte rovnaké experimenty ako pri simuláciách.
7. Porovnajete výsledky simulačných experimentov a meraní na fyzikálnom modeli.
8. Dosiahnuté výsledky zhodnoťte.

Poznámka:

Písomné riešenie projektu má obsahovať: zadanie, rozbor a riešenie úlohy, zhodnotenie návrhu a realizácie, zoznam použitej literatúry. Pre každý simulačný experiment a merania na reálnom zariadení zaznamenajte priebehy nasledovných veličín: žiadaná a skutočná poloha (φ^{**} , φ), regulačná odchýlka ($\varphi^{**} - \varphi$), uhlová rýchlosť rotora (ω), žiadaný moment motora (M_m^*).