Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

PNEUMATICKÁ ZAŘÍZENÍ STROJŮ

učební opory

Jaroslav Kopáček
Miloslav Žáček

Určeno pro projekt:

Název: **Inovace studijních programů strojních oborů jako odezva na kvalitativní požadavky průmyslu**

Číslo: CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414
Operační program Rozvoj lidských zdrojů, Opatření 3.2
Realizace: VŠB – Technická univerzita Ostrava
Projekt je spolufinancován z prostředků ESF a státního rozpočtu ČR

Ostrava 2007

Obsah

	str.
Obsah	2
Příklady pro cvičení	3
Úlohy pro skladbu pneumatického obvodu na trenažérech	14
Experimentální úloha s proporcionálním rozváděčem pro polohování bezpístnicového pneumomotoru	27

Součástí učebních opor pro předmět Pneumatická zařízení strojů jsou videoklipy:

- Manipulátor soubor *Manipulator.wmv*
- Pneumatický servopohon soubor *Pneu_servopohon.wmv*

Ve videoklipu **Manipulátor** jsou předvedeny možnosti použití moderních pneumatických prvků pro manipulační účely v automatizovaných linkách. Manipulovanou součást přenáší přísavka uchycena na pístnici kompaktního válce určeného pro vakuové aplikace. Podtlak je k přísavce veden přímo dutou pístnicí od dvoustupňového ejektoru, který může dosáhnout až 84% vakua. Otáčení součásti provádí otočná úchopná hlavice, kterou tvoří kombinace kyvného pohonu a paralelního chapadla. Posuny těchto prvků zajišťují kompaktní válce se dvěma valivě uloženými vodícími tyčemi. Manipulátor je řízen programovatelným automatem.

Videoklip **Pneumatický servopohon** ilustruje text "Experimentální úloha s proporcionálním rozváděčem pro polohování bezpístnicového pneumomotoru" uvedený na straně 27.

Předmět: Pneumatické zařízení strojů – 338304/03

Příklady pro cvičení

Příklad 1

Je třeba vykonat tlakovou zkoušku potrubí, jehož vnitřní průměr je d_v = 300 mm a délka L = 10 m, stlačeným vzduchem o tlaku 2 MPa. K dispozici je pístový kompresor, který nasává 10 m^3 min^{-1} vzduchu při barometrickém tlaku 980 hPa a teplotě 17°C. Za jakou dobu zvýší kompresor tlak v potrubí na požadovanou hodnotu při konstantní teplotě, jestliže počáteční parametry vzduchu v potrubí jsou stejné jako v okolí (r = 288 J kg^{-1} K^{-1})?

Řešení

Potřebná hmotnost na vykonání tlakové zkoušky se zjistí ze stavové rovnice plynu

$$p\,.\,V = m\,.\,r\,.\,T$$

takže

$$\Delta m = \frac{V}{r\,T}\left(p_2 - p_1\right) = \frac{\pi\,d^2\,.\,L}{4\,r\,T}\left(p_2 - p_1\right) = \frac{\pi\,.\,0{,}3^2.100}{4\,.\,288\,.\,290}\cdot\left(2000 - 98\right).10^3 = 160{,}9\ \text{kg}$$

Hmotnostní tlak vzduchu

$$m_k = Q_{mk} = \frac{p_1\,.\,V_k}{r\,T} = \frac{980\,.\,10^2\,.\,10}{288\,.\,290\,.\,60} = 0{,}1955\ \text{kg s}^{-1}$$

kde apostrof označuje derivaci podle času

Čas, za který se zvýší tlak na potřebnou hodnotu.

$$\tau = \frac{\Delta\,m}{m_k} = \frac{160{,}9}{0{,}1955} = 823\ \text{s}$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Průměr potrubí	d_v (mm)	100	150	80	200	50	120	80	60	45	100
Délka potrubí	L (m)	25	20	100	30	200	40	60	120	90	30
Tlak zkuš. vzduchu	p_2 (MPa)	1,5	2	2,5	1	1,5	2	1,8	2,3	2	2,5
Barometrický tlak vzduchu	p_1 (hPa)	980									
Výkonnost kompresoru	V(m^3.min^{-1})	10	15	20	25	15	30	18	12	10	15
Teplota vzduchu	t_1 (°C)	15	18	20	10	15	25	20	18	15	20

Příklad 2

Jaký sací výkon musí mít vzduchový kompresor, který nasává vzduch z okolí o tlaku $p_0 = 95$ kPa a teplotě $t_0 = 17$ °C, jestliže má za 10 min naplnit vzdušník objemu V = 0,6 m^3 na tlak 3 MPa.

Řešení

Nasávaný hmotnostní tok vzduchu

$$m_k = \frac{\Delta m}{\tau} = \frac{p - p_0}{r \,.\, T_0 \,.\, \tau} V = \frac{(3 - 0{,}095) \,.\, 10^6 \,.\, 0{,}6}{288 \,.\, 290 \,.\, 600} = 0{,}0347 \text{ kg}$$

Výkonnost kompresoru

$$Q_s = \frac{r \,.\, T \,.\, m_k}{p_0} = \frac{288 \,.\, 290 \,.\, 0{,}0347}{95 \,.\, 10^3} = 0{,}0305 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Barometrický tlak	p_0 (kPa)	95									
Okolní teplota	t_0 (°C)	15	20	18	16	25	20	5	20	16	20
Doba naplnění	τ (min)	20	8	5	10	8	10	10	15	20	5
Objem vzdušníku	V (m^3)	1	1,5	0,4	0,8	1,2	1	0,8	0,3	1	1,5
Tlak ve vzdušníku	p (MPa)	2	1,5	3	2,5	1,2	2	1	1	1,5	2

Příklad 3

Je třeba určit teplotu vzduchu po polytropické kompresi vzduchu z tlaku 0,1 MPa na přetlak 0,5 MPa. Exponent komprese n = 1,31. Teplota vzduchu na začátku komprese je t_1 = 30°C.

Řešení

Teplotu vzduchu po kompresi stanovíme z rovnice polytropy

$$p_1 \,.\, v_1^n = p_2 \,.\, v_2^n$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 303 \,.\, \left(\frac{0{,}6}{0{,}1} \right)^{\frac{1{,}31-1}{1{,}31}} = 463 \text{ K}$$

přičemž

$$p_2 = p_1 + p_p = 0{,}1 + 0{,}5 = 0{,}6 \text{ MPa}$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Tlak vzduchu před kompresorem	p_1 (hPa)	980	950	1000	1100	1020	950	960	980	960	950
Tlak vzduchu po kompresi	p_2 (MPa)	0,6	0,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	1,2	1	1,5
Teplota vzduchu před kompresí	t_1 (°C)	10	15	18	20	15	15	18	16	10	16

Příklad 4

Má se vypočítat
a) izotermická
b) adiabatická $(\kappa = 1{,}4)$
c) polytropická (n = 1,2)

objemová práce potřebná ke kompresi z tlaku p_1 = 0,1 MPa na tlak p_2 = 0,4 MPa, jestliže je V_1 = 250 cm^3.

Řešení

Objemová práce
a) izotermická

$$A_i = p_1 \,.\, V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} = 0{,}1 \,.\, 10^6 .\, 250 \,.\, 10^{-6} .\, \ln \frac{0{,}4}{0{,}1} = 34{,}66 \text{ J}$$

b) adiabatická

$$A_a = \frac{1}{\kappa - 1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] = \frac{1}{0{,}4} 0{,}1 \,.\, 10^6 .\, 250 \,.\, 10^{-6} \left[\left(\frac{0{,}4}{0{,}1} \right)^{\frac{0{,}4}{1{,}4}} - 1 \right] = 30{,}37 \text{ J}$$

c) polytropická

$$A_p = \frac{1}{n - 1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{1}{0{,}4} 0{,}1 \,.\, 10^6 .\, 250 \,.\, 10^{-6} \left[\left(\frac{0{,}4}{0{,}1} \right)^{\frac{0{,}2}{1{,}2}} - 1 \right] = 32{,}49 \text{ J}$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Tlak vzduchu před kompresí	p_1 (MPa)	0,09	0,1	0,09	0,12	0,1	0,95	0,1	0,09	0,095	0,1
Tlak vzduchu po kompresi	p_2 (MPa)	0,6	0,8	1	1,5	0,8	1,2	0,5	1	1,2	0,8
Pracovní objem vzduchu	V_1 (cm^3)	200	400	800	600	300	150	600	380	250	100

Příklad 5

Přímočarý pneumomotor o průměru pístu D = 80 mm má při pracovním tlaku p = 0,6 MPa pracovat rychlostí v = 0,5 m s^{-1}. Jak velká je zapotřebí výkonnost kompresoru, zanedbáme-li pro malou délku vedení mezi kompresorem a pneumomotorem tlakovou ztrátu?

Řešení

a) Průtok tlakového vzduchu potřebný pro pneumomotor

$$Q = A\,.\,v = \frac{\pi}{4} D^2\,.\,v = \frac{\pi}{4}\,.\,0{,}08^2.\,0{,}5 = 0{,}0025\ \mathrm{m^3\ s^{-1}} \approx 0{,}15\ \mathrm{m^3\ min^{-1}}$$

b) Přepočet na výkonnost kompresoru při uvažované okolní teplotě t = 15°C, T = 288 K

$$Q_N = Q\frac{p_{abs}}{p_N}\frac{T_N}{T} = 0{,}15\ \frac{6+1}{1}\ \frac{293}{288} = 1{,}07 \quad \mathrm{m_N^3\ min^{-1}}$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Průměr pístu	D (mm)	50	63	32	100	120	80	25	50	100	63
Pracovní tlak	p (MPa)	0,5	0,6	0,4	0,55	0,4	0,5	0,6	0,45	0,6	0,55
Pracovní rychlost	v (m s^{-1})	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,4	0,2	0,3	0,35	0,4

Příklad 6

Z katalogu výrobce vyberte vhodný přímočarý pneumomotor pro tyto parametry: skutečná síla v pístnici $F_s = 1200$N, pracovní tlak na vstupu do pneumomotoru $p_1 = 0{,}6$ MPa. Velikost součinitele α, vyjadřujícího procento přídavku na třecí sílu, je pro daný případ $\alpha = 0{,}15$.

Řešení

Celková síla

$$F = F_s + F_T = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p_1 = F_s(1+\alpha)$$

odkud

$$D = \sqrt{\frac{4 \,.\, F_s \,.\, (1+\alpha)}{\pi \,.\, p_1}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \,.\, 1200 \,.\, 1{,}15}{\pi \,.\, 6 \,.\, 10^5}} = 0{,}0541 \quad \text{m}$$

Nejblíže vyšší typizovaný průměr je D = 63 mm. Potřebnou sílu $F_s = 1200$ N se zvoleným průměrem dosáhneme při tlaku

$$p_1 = \frac{F_s(1+\alpha) \,.\, 4}{\pi \,.\, D^2} = \frac{1200 \,.\, 1{,}15 \,.\, 4}{\pi \,.\, 0{,}063^2} = 4{,}42 \,.\, 10^5 \text{ Pa}$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Skutečná síla v pístnici	F_s (N)	1000	1200	600	1500	800	400	500	650	400	600
Pracovní tlak	p_1(MPa)	0,4	0,6	0,4	0,6	0,55	0,4	0,6	0,45	0,55	0,5
Součinitel třecí síly	α (-)	0,12	0,1	0,18	0,2	0,08	0,15	0,1	0,12	0,14	0,1

Příklad 7

Pro zvolený pneumomotor z předchozího příkladu, jehož zdvih je H = 800 mm a počet zdvihů n = 24 min^{-1}, stanovte potřebný průtok.

Řešení

Zanedbáme-li objemové ztráty, bude

$$Q = V \cdot n = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H \cdot n = \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}063^2 \cdot 0{,}8 \cdot 24 = 0{,}0599 \quad \mathrm{m^3\ min^{-1}} \approx 60\ \mathrm{dm^3\ min^{-1}}$$

a při přepočtu na výkonnost kompresoru bude

$$Q_N = Q\,\frac{p_1}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_1} = 60\,\frac{4{,}5+1}{1} \cdot \frac{293}{290} = 333\ \mathrm{dm_N^3\ min^{-1}}$$

při zvolené teplotě v okolí t_1 = 17˚C, T_1 = 290 K.

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Zdvih pístnice	H (m)	100	125	160	80	320	50	400	500	25	100
Počet zdvihů	n (min^{-1})	20	15	10	15	5	25	8	10	15	20

Příklad 8

Jaký potřebný objem by měl mít vzdušník, na který jsou připojeny pneumatické mechanismy ve slévárně (pěchovačky, brusky, formovací a střásací stroje), jejichž spotřeba se během osmihodinové pracovní směny vyznačuje nerovnoměrností, danou délkou časových úseků τ_i a velikostí průtoku vzduchu Q_i:

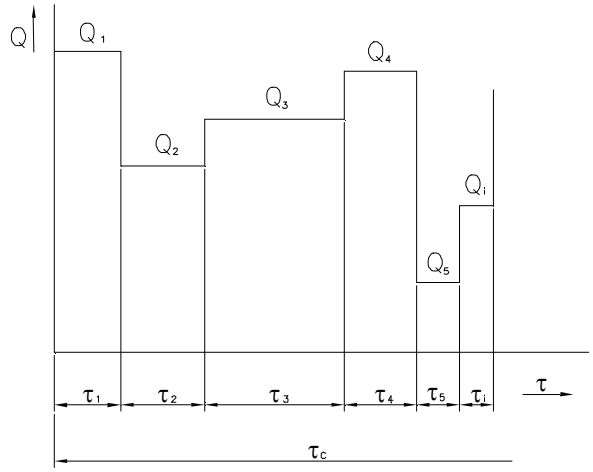
τ_1 = 30 min $\quad$ Q_1 = 410 dm^3 min^{-1}

τ_2 = 50 min $\quad$ Q_2 = 320 dm^3 min^{-1}

τ_3 = 210 min $\quad$ Q_3 = 400 dm^3 min^{-1}

τ_4 = 160 min $\quad$ Q_4 = 480 dm^3 min^{-1}

τ_5 = 30 min $\quad$ Q_5 = 200 dm^3 min^{-1}



Řešení

Výpočet velikostí vzdušníku provedeme pro ekvivalentní spotřebu

$$Q_{ce} = \sqrt{\frac{\sum Q_i^2 \cdot \tau_i}{\sum \tau_i}} = \sqrt{\frac{410^2 . 30 + 320^2 . 50 + 400^2 . 210 + 480^2 . 160 + 200^2 . 30}{30 + 50 + 210 + 160 + 30}} = 412{,}88 \text{ dm}^3\text{min}^{-1}$$

Přepočteme na normovaný průtok při přetlaku (manometrickém tlaku) ve vzdušníku

p = 6 bar ≈ 7 bar$_{abs}$ ≈ 0,7 MPa

$Q_{Nce} = Q_{ce} \cdot p_{abs}$ = 412,88 · 7 = 2 890,2 dm^3_N min^{-1}

Objem vzdušníku volíme $V_v = (0{,}4\ až\ 0{,}8)\, Q_{Nce}$, přičemž s přihlédnutím k požadovanému poklesu tlaku při odběru ze vzdušníku $\Delta\, p = 1$ bar ≈ 0,1 MPa

V_V = 0,8 . Q_{Nce} = 0,8 . 2912 = 2312 dm^3 ≈ 2,4 m^3

Příklady pro samostatné řešení:

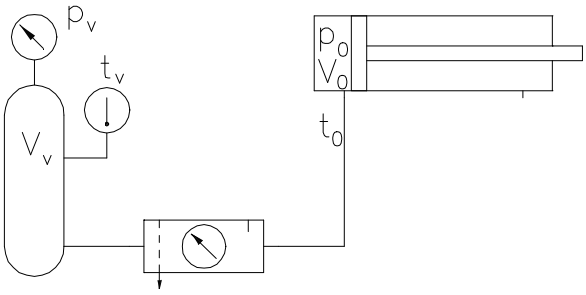
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Časové úseky	τ_1 (min)	20	15	30	60	25	35	10	60	35	15
	τ_2 (min)	15	30	60	25	40	50	55	35	40	40
	τ_3 (min)	220	250	280	180	150	100	150	200	160	200
	τ_4 (min)	100	120	40	60	85	120	155	85	200	90
	τ_5 (min)	20	20	15	100	120	85	65	45	10	40
Potřebný průtok v daném čase	Q_1 (dm^3 min^{-1})	100	250	380	400	260	350	150	180	350	260
	Q_2 (dm^3 min^{-1})	120	180	250	120	200	150	260	400	300	180
	Q_3 (dm^3 min^{-1})	200	100	400	150	180	200	300	130	400	125
	Q_4 (dm^3 min^{-1})	80	120	190	240	400	300	120	200	80	350
	Q_5 (dm^3 min^{-1})	50	180	200	320	190	240	280	300	65	200
Přetlak vzduchu ve vzdušníku	p (MPa)	0,6	0,8	1	1,2	0,85	0,6	0,8	0,5	0,8	0,6

Příklad 9

Jaký objem vzdušníku V_0 při tlaku p_1 a teplotě T_1je možno odebrat ze vzdušníku objemu V_v, v němž je tlak p_v teplota T_v, zvolíme-li dovolený pokles tlaku ve vzdušníku Δ p, na který je nastaven START-STOP regulátor kompresoru?

Dáno:

objem vzdušníku	$V_v = 10\ m^3$
tlak ve vzdušníku	$p_v = 0{,}55$ MPa
teplota ve vzdušníku	$t_v = 25°C$
tlak v pneumomotoru	$p_o = 0{,}4$ MPa
teplota v pneumomotoru	$t_o = 15°C$
dovolený pokles tlaku	$\Delta p = 0{,}1$ MPa



Řešení

Přepočet vzduchu ve vzdušníku po odběru na parametry pneumomotoru.

$$V_{v1} = \frac{p_v \,.\, V_v \,.\, T_o}{p_o \,.\, T_v} = \frac{0{,}65 \,.\, 10 \,.\, 288}{0{,}5 \,.\, 298} = 12{,}56\ m^3$$

Stav po odběru objemu o Δ p

$$V_{v2} = \frac{(p_v - \Delta p_v) V_v \,.\, T_o}{p_o \,.\, T_v} = \frac{(0{,}65 - 0{,}1) \,.\, 10 \,.\, 288}{0{,}5 \,.\, 298} = 10{,}63\ m^3$$

Z diference objemů $V_{v1} - V_{v2}$ stanovíme odebíraný objem.

$$V_0 = V_{v1} - V_{v2} = 12{,}56 - 10{,}63 = 1{,}93\ m^3$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Objem vzdušníku	V_v (m^3)	0,5	1,2	1,8	4	5,5	8	15	6	12
Tlak ve vzdušníku	p_v (MPa)	0,6	0,7	0,55	0,6	0,7	0,6	0,55	0,6	0,5
Teplota ve vzdušníku	t_v (°C)	20	15	25	-8	2	17	23	-8	22
Tlak v pneumomotoru	p_o(MPa)	0,5	0,45	0,38	0,48	0,55	0,5	0,35	0,52	0,35
Teplota v pneumomot.	t_o (°C)	22	17	21	5	8	19	20	7	23
Dovol. pokles tlaku	Δ p (MPa)	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,08	0,1	0,06

Příklad 10

Pneumatické bourací kladivo má spotřebu vzduchu Q_N = 1,3 m^3_N min^{-1} a je napojeno na mobilní kompresor pryžovou hadicí délky L = 22 m. Vypočtěte světlost přívodní hadice a tlakovou ztrátu v ní zvolené rychlosti proudění v = 15 m s^{-1} a pracovním absolutním tlaku p_{abs} = 7 bar.

Řešení

$$Q = \frac{Q_N}{p_{abs}} = \frac{1{,}3}{7} = 0{,}186\ \mathrm{m^3 min^{-1}} = 11{,}4\ \mathrm{m^3 . h^{-1}}$$

$$d = 18{,}8\sqrt{\frac{Q}{v}} = 18{,}8\sqrt{\frac{11{,}14}{15}} = 16{,}2\ \mathrm{mm}$$

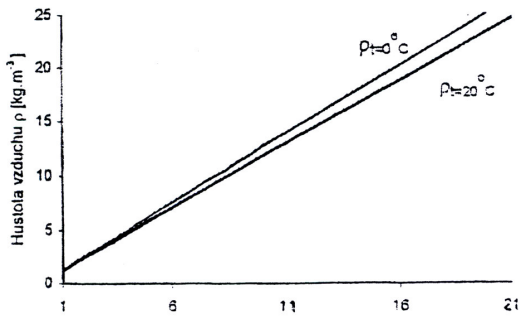
Nejblíže normovaný vyráběný vnitřní průměr d = 16 mm, v němž se zanedbatelně změní rychlost. Tlaková ztráta ve vedení.

$$\Delta\, p = \lambda\, \frac{L}{d}\, \frac{v^2}{2}\, \rho$$

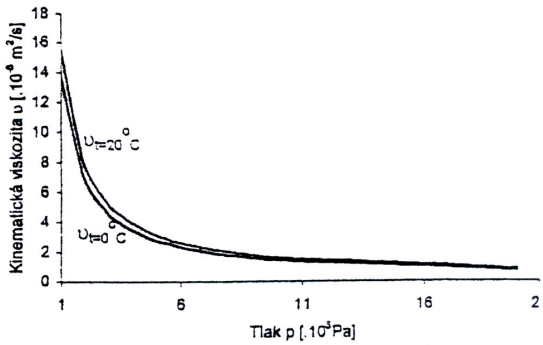
$$\lambda = 0{,}011 + 0{,}917\ .\ \mathrm{Re}^{-0{,}41} = 0{,}011 + 0{,}917\ .\ 103\,448^{-0{,}41} = 0{,}01906$$

$$\text{při Re} = \frac{v\ .\ d}{\upsilon} = \frac{15\ .\ 0{,}016}{2\ .\ 32\ .\ 10^{-6}} = 103\,448$$

(υ při p_{abs} = 7 bar a teplotě t = 20°C činí 2,32 m^2 s^{-1} viz obr. 2)



Obr. 1. Závislost kinematické viskozity Vzduchu na tlaku a teplotě



Obr. 2 Závislost hustoty vzduchu na tlaku a teplotě

tlaková ztráta po dosazení

(ρ při p_{abs} = 7 bar a teplotě t = 20°C činí 8,3 kg m^{-3} viz obr. 1)

$$\Delta p = 0{,}01906\ \frac{22}{0{,}016}\ \frac{15^2}{2}\ 8{,}3 = 24\,471\ \mathrm{Pa} \approx 0{,}24\ \text{bar, což je zanedbatelná tlaková ztráta.}$$

Příklady pro samostatné řešení:

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Spotřeba vzduchu	$Q_N(m^3_N min^{-1})$	1,1	0,9	1,6	1,4	1,3	2	1,8	1,2	1,5	1
Délka hadice	L (m)	12	15	20	32	26	14	18	28	30	8
Rychlost proudění	$v\ (m\ s^{-1})$	25	20	16	18	20	15	10	22	14	16
Pracovní tlak abs.	P_{abs} (bar)	4	5	8	6	7	4	5	6	7	6
Teplota okolí	t (°C)	20	15	18	10	12	22	16	25	8	10

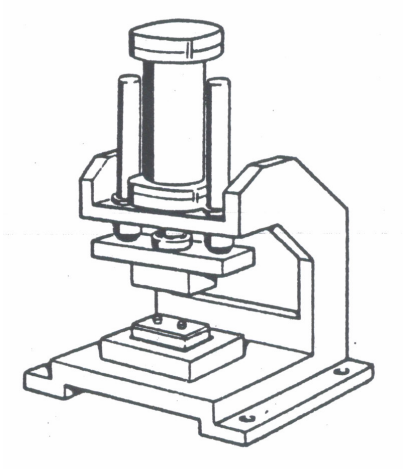
Předmět: Pneumatická zařízení strojů – 338304/03

Úlohy pro skladbu pneumatického obvodu na trenažérech

<u>Vzorová úloha</u>

Pneumatický lis s ručním ovládáním

Navrhněte pneumatický obvod lisu s dvouručním ovládáním tlačítky tak, aby obsluha měla z bezpečnostních důvodů zaměstnané obě ruce. Návrat lisovacího nástroje nastane až po dosažení požadovaného lisovacího tlaku, který je nastavitelný.

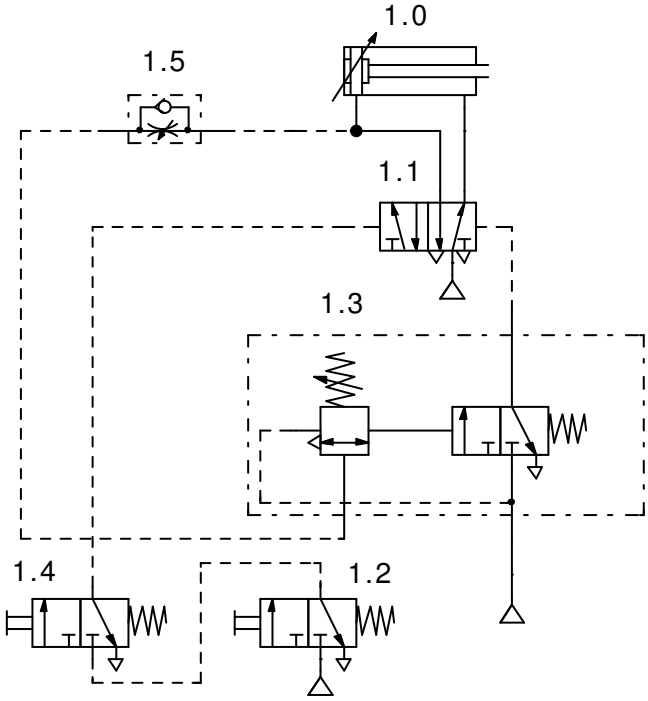


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu ovládání lisu s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z pobíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro.

Vypracování

Schéma obvodu nakreslené v softwaru FluidSIM



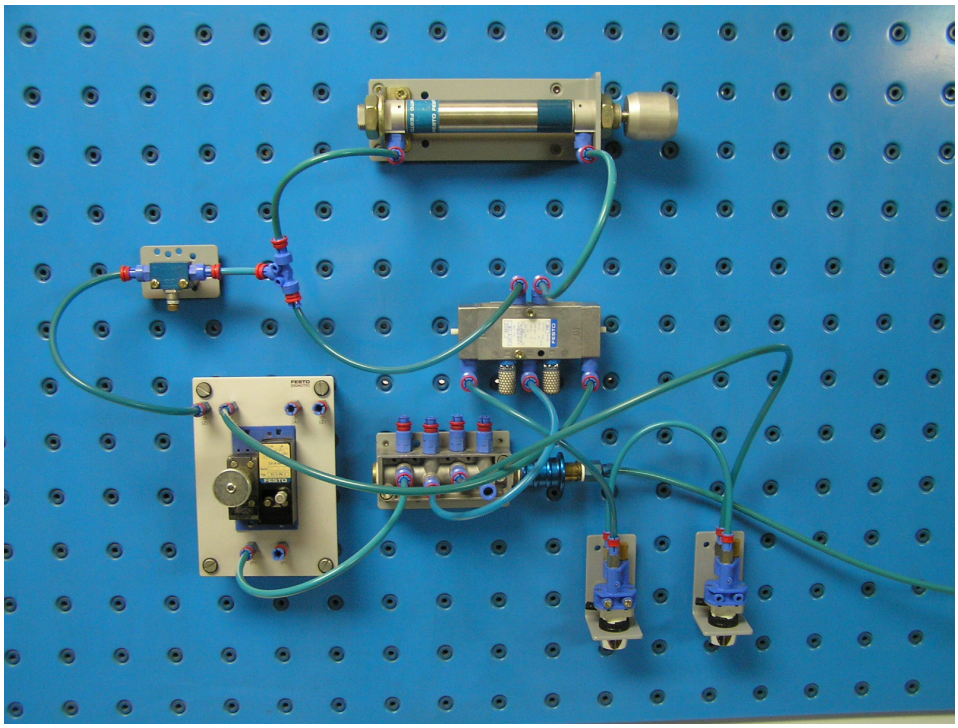
Specifikace prvků

1.0	přímočarý pneumomotor s oboustranným nastavitelným tlumením
1.1	5/2 rozváděč bistabilní ovládaný pneumaticky
1.2, 1.4	3/2 rozváděč monostabilní ovládaný tlačítkem
1.3	pneumatické tlakové relé, skládající se z tlakového ventilu a z 3/2 monostabilního rozváděče ovládaného pneumaticky
1.5	jednosměrný škrtící ventil

Popis funkce obvodu

Přívod tlakového vzduchu je přiveden z centrálního vzduchového rozvodu jednak na rozváděč 1.2, jednak na rozváděč 1.1 a také na pneumatické tlakové relé 1.3. Řízení směru pohybu přímočarého pneumomotoru 1.0 zajišťuje rozváděč 1.1. Ve výchozí poloze rozváděč propouští tlakový vzduch do pneumomotoru na stranu mezikruží, a tím ho udržuje v základní poloze. Po současném zmáčknutí rozváděčů 1.2 a 1.4 je přiveden řídící tlak k rozváděči 1.1, dojde k jeho přestavení a k vysouvání pístnice pneumomotoru. Po dosažení koncové polohy, nebo přitlačení pístnice s lisovacím přípravkem k výrobku dojde k nárůstu tlaku v přívodním potrubí na plné ploše pístu. Tento tlak je přes škrtící ventil 1.5 přiveden na vstup tlakového ventilu pneumatického tlakového relé. Škrticí ventil 1.5 zajišťuje zpomalení nárůstu tlaku a tím i zpomalení celého cyklu. Když tlak na vstupu relé dosáhne nastavené hodnoty přepustí tlakový ventil řídicí tlak na 3/2 rozváděč a ten se přestaví do otevřené polohy. Tím se dostane řídící tlak na rozváděč 1.1, ten se přestaví do výchozí polohy a tím se pístnice pneumomotoru zasune do základní polohy. Nyní je obvod připraven pro opakování celého pracovního cyklu.

Skladba obvodu na výukovém trenažéru Festo Didactic a jeho funkční odzkoušení



Závěr

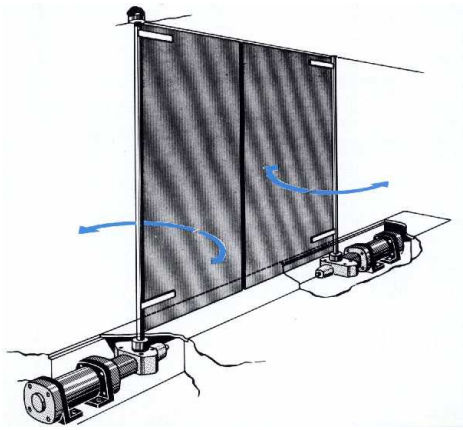
Funkčním odzkoušením byla ověřena správnost skladby pneumatického obvodu i volby jednotlivých prvků.

Předmět: Pneumatická zařízení strojů – 338304/03

Úlohy pro skladbu pneumatického obvodu na trenažérech

Úloha 1. Ovládání posuvných dveří

Navrhněte pneumatický obvod pro otevírání a zavírání dveří chladicího boxu dvěma pneumomotory. Ovládání má být realizováno dvěma tlačítky, jedním umístěným uvnitř objektu, druhým venku, a to tak, že stisknutím kteréhokoliv tlačítka se dveře otevřou, dalším stisknutím kteréhokoliv tlačítka se dveře zavřou. Doba setrvání v otevřené poloze je nastavitelná a poté se dveře automaticky zavřou.

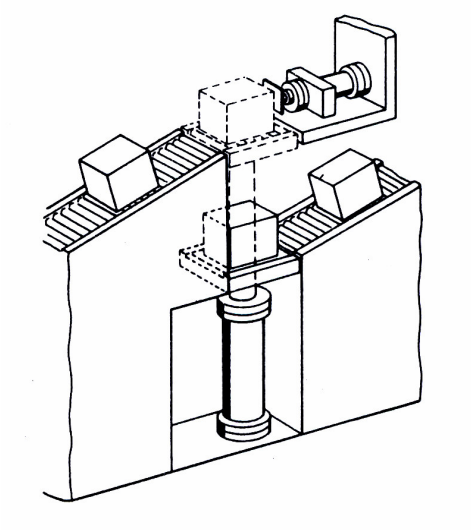


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu ovládání dveří s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro.

Úloha 2. Transport balíku mezi dvěma válečkovými dopravníky

Navrhněte pneumatický obvod pro zvedání balíku a jeho odtlačení ze zvedacího zařízení na pokračování válečkového dopravníku. Pracovní cyklus započne tím, že balík sjíždějící po gravitačním dopravníku stlačí doraz na konci dráhy. Doraz stimulujte tlačítkem. Tímto signálem se spustí zvedání balíku. V koncové poloze zdvihu je umístěn rozváděč s kladkou a ten dá signál pro odtlačení balíku. Koncová poloha odtlačení pak poskytne signál pro návrat zvedacího válce do výchozí polohy a tato poloha pak dá signál pro návrat tlačeného válce.

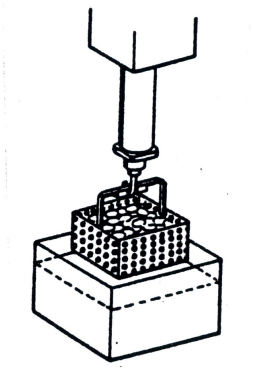


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu ovládání transportu s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro

Úloha 3. Mechanismus pro ponořování do čisticí lázně

Navrhněte pneumatický obvod pro mechanismus čisticí lázně. V lázni mají být očištěny podložky do vstřikovacích čerpadel. S nádobou naplněnou podložkami pohybuje v lázni dolů a nahoru přímočarý pneumomotor. Krajní polohy jsou sledovány rozváděči s kladkou a spouštění čistícího pochodu se provádí rozváděčem a aretací polohy (přepínač). Rychlost pohybu nádoby s podložkami nahoru a dolů má být stavitelná.

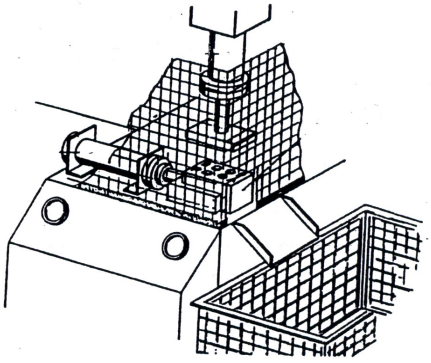


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu ovládání funkce čisticího mechanismu s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro

Úloha 4. Razící zařízení

Navrhněte pneumatický obvod pro řízení dvou pneumomotorů razícího zařízení. Vertikální pneumomotor slouží k ražení znaků a horizontální pneumomotor slouží k vysunutí součásti z pracovní polohy do sběrného koše. Vysouvání razícího pneumomotoru je podmíněno trvalým stlačením obou tlačítek, neboť vkládání předmětů k ražení je ruční. Po vyražení znaků se pneumomotor vrací do výchozí polohy, kde je dán impuls k činnosti vysunutí pneumomotoru pro transport oražené součásti do sběrného koše.

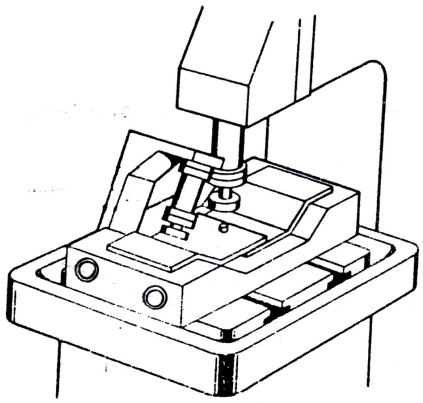


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu řízení razicího přípravku s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro

Úloha 5. Nýtovací zařízení

Na poloautomatickém pneumatickém lisu mají být snýtovány dva plechy. Plechy a nýt jsou vkládány do lisu ručně a po snýtování opět ručně vyjmuty. Automatická část cyklu se skládá z upnutí součástí upínacím pneumomotorem a snýtování vertikálním pneumomotorem. Pracovní cyklus má probíhat automaticky po trvalém stlačení startovacích tlačítek oběma rukama, až do jejich opětovného uvolnění.

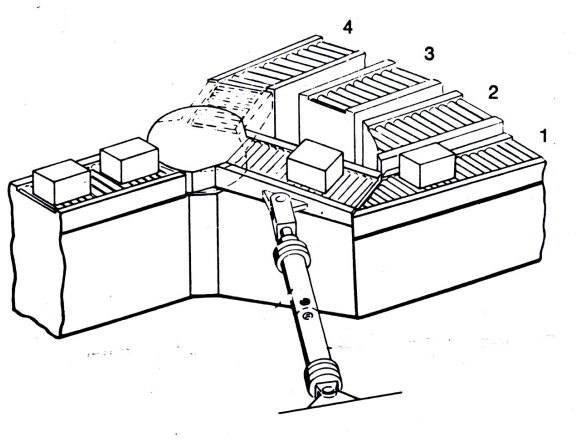


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu řízení nýtovacího lisu s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro

Úloha 6. Pneumatická výhybka

V balíkové poště přicházejí po dopravníku směrově netříděné balíky, které lze ručním řízením nasměrovat do čtyř různých směrů na pokračující dopravníky. Nastavení výhybky do jednotlivých směrů má být realizováno pomocí čtyř tlačítek a musí být možné v libovolném pořadí. Protože všechny čtyři polohy musí být zaujímány přesně a musí být stabilní, je výhodné pro polohování využít vícepolohový pneumomotor, tvořený dvěma pneumomotory o nestejném zdvihu.

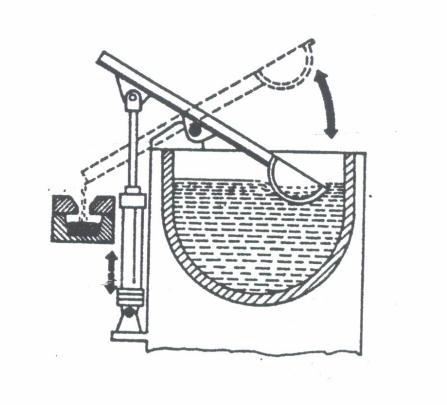


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu ovládání směrového transportu s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro

Úloha 7. Dávkovací zařízení tekutého kovu

Navrhněte pneumatický obvod mechanismu odběrového zařízení tekutého kovu ze sběrné pánve do licího žlábku. Počátek pracovního cyklu je dán startovacím ručním tlačítkem ovládaným rozváděčem. Po odběru kovu z pánve, kdy je dosažena vysunutá poloha pístnice se od narážky přepne řídicí rozváděč a následuje zasouvání pístnice a tím odběr kovu do žlábku. Rychlost pohybu pneumomotoru se dá regulovat v obou směrech pohybu.

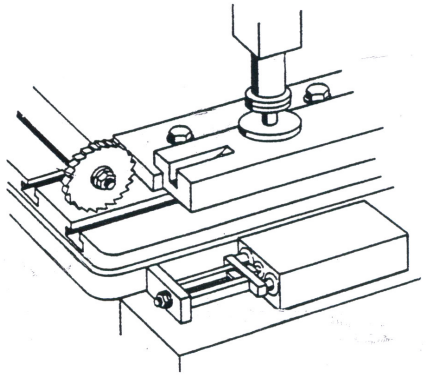


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu ovládání lžíce s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro.

Úloha 8. Pneumatický pohybový mechanismus drážkovací frézy

Navrhněte pneumatický obvod řízení drážkovací frézky. Obráběná součást je upnuta na stole vertikálním pneumomotorem a posuv stolu proti otáčející se fréze vykonává pneumaticko hydraulická posuvová jednotka, jejíž rychlost pohybu se dá nastavit. Funkce obvodu se startuje tlačítkovým rozváděčem a jeho pracovní cyklus se řídí koncovými rozváděči nebo koncovými elektrickými spínači.

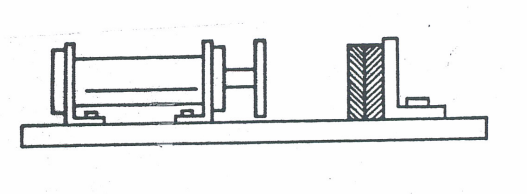


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu řízení pracovního cyklu frézky s popisem prvků
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro.

Úloha 9. Lisovací a lepicí zařízení

Navrhněte pneumatický obvod a jeho řízení pro lisovací a lepicí zařízení s časovým řízením pracovního cyklu. Vyžaduje se, aby pneumomotor po dosažení potřebné lisovací síly ve své vysunuté poloze setrval předem určený čas a pak se vrátil do své výchozí polohy, což musí nastat i v případě, kdy spouštěcí rozváděč je ještě zapnut. Start k novému pracovnímu cyklu může započít jen tehdy, když pneumomotor je již ve své zasunuté poloze.

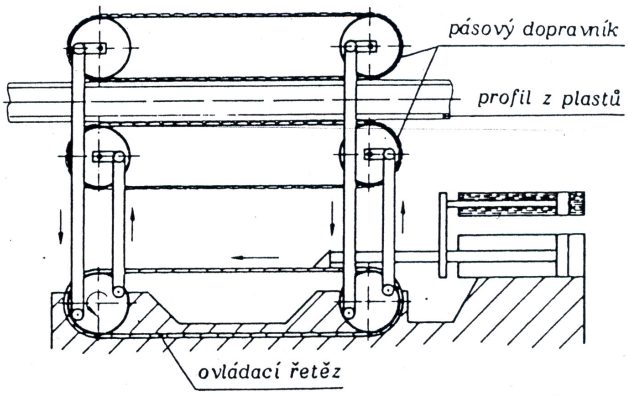


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu řízení daného zařízení
2. Popište jeho činnost
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro.

Úloha 10. Dopravník profilového materiálu

Navrhněte pneumatický obvod pásového dopravníku k dopravě různých plastových profilů. Vzdálenost dopravních pásů a přítlačná síla je přes kinematický mechanismus nastavována kvůli potřebné přesnosti pneumohydraulickým posuvovým motorem. Přestavování do potřebné polohy má být proveditelné dvěma tlačítkovými rozváděči. Pneumatický obvod je nutno doplnit tlačítkovým rozváděčem pro nouzové uvolnění přítlaku pásů.

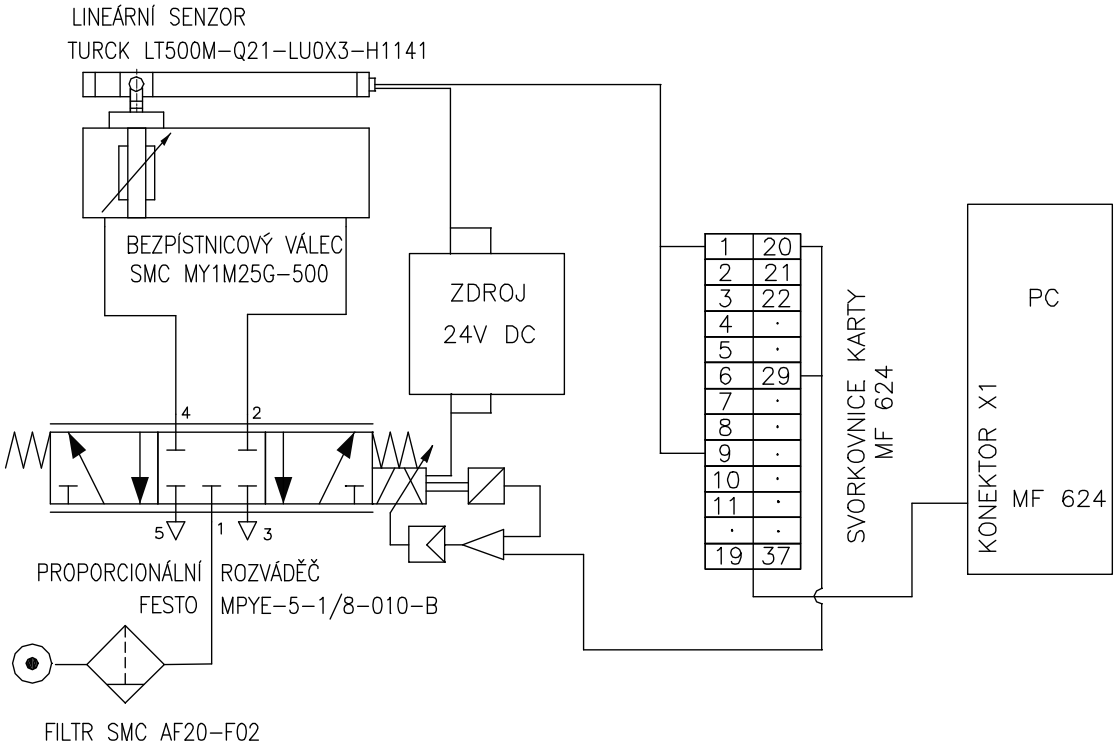


Vypracujte:

1. Návrh pneumatického obvodu ovládání dopravníku s popisem prvků
2. Popis jeho činnosti
3. Nakreslete schéma obvodu v jednom z probíraných software
4. Funkci navrženého obvodu odzkoušejte na výukovém trenažéru a pomocí programu PneuSim Pro.

Experimentální úloha s proporcionálním rozváděčem pro polohování bezpístnicového pneumomotoru.

1. Schéma úlohy



Obr. 1 Schéma úlohy

2. Popis úlohy

Bezpístnicový přímočarý pneumomotor je ovládán pomocí proporcionálního rozváděče. Pneumomotor je řady MY1M s kluzným vedením, saně jsou se 4 vodícími lištami. Těsnící pásek je z plastu, krycí pásek je ocelový s plastovaným povrchem. Průměr válce je 25 mm, zdvih 500 mm. Válec má nastavitelné tlumení koncových poloh. Rozsah pracovních tlaků je od 0,15 do 0,8 MPa. Do přívodů G1/8" jsou našroubována nástrčná šroubení pro plastové hadice o vnějším průměru 6 mm.

Proporcionální rozváděč je pěticestný, třípolohový se střední polohou uzavřenou. Normální jmenovitý průtok je 100 l/min. Do přívodů G1/8 jsou našroubována nástrčná šroubení pro plastové hadice o vnějším průměru 6 mm, na oba výfuky pak mosazné tlumiče hluku. Napájecí napětí je 17…30V DC (jmenovitá hodnota 24V). Požadovaná poloha se zadává ve formě analogového napěťového signálu 0…10V. Střední poloha rozváděče je dosažena při hodnotě 5 (±0,1)V. Hodnoty od 5 do 0V zajišťují průtok z přípoje 1 do 2, přičemž 4 je odvětráno do výfuku 5. Hodnoty od 5 do 10V pak zajišťují průtok z přípoje 1 do 4, přičemž 2 je odvětráno do výfuku 3. Připojovací zásuvka je 4 pólová kulatá pro konektor M12x1.

Přívod proporcionálního rozváděče je napojen hadicí na filtr s odlučovačem kondenzátu na výstupu z kompresoru ORFI 240/24. S ohledem na proporcionální rozváděč je požadovaná filtrační schopnost 5μm.

Příruba bezpístnicového pneumomotoru je mechanicky spojena se snímacím magnetem magnetostrikčního lineárního senzoru polohy. Napájecí napětí senzoru je 10…30V DC. Dráhu 0…500 mm senzor snímá analogovým napěťovým výstupem 0…10V se zobrazovací frekvencí 2 ms. Připojení je 4 pinovým konektorem M12x1.

Úloha je řízena pomocí multifunkční vstupně-výstupní karty MF624 vestavěné uvnitř PC za podpory softwarového prostředí Matlab + Simulink verze 7.3.0.267 (R2006b) a pomocí Real Time Toolboxu verze 4.0.

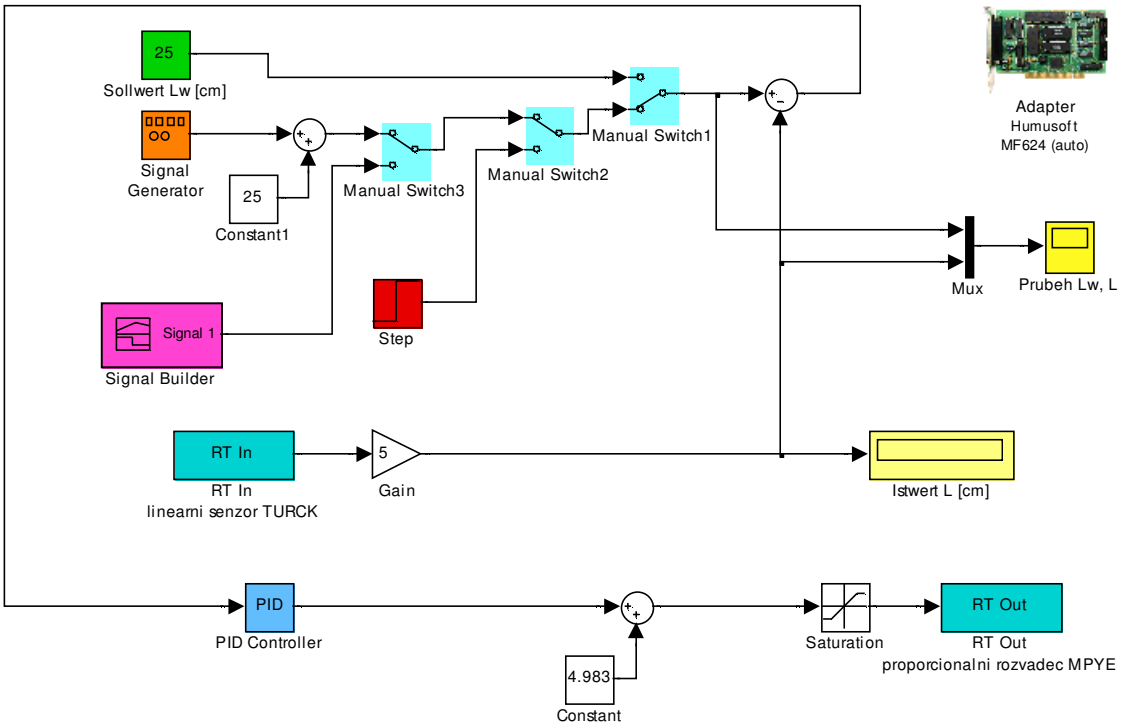
3. Uvedení úlohy do provozu

3.1 Proporcionální rozváděč i lineární senzor se připojí na stabilizovaný zdroj napětí 24V DC. U proporcionálního rozváděče se + pól připojí na pin 1 konektoru (hnědý vodič) a – pól na pin 2 konektoru (bílý vodič). U lineárního senzoru se + pól připojí na pin 1 konektoru (hnědý vodič) a – pól na pin 3 konektoru (modrý vodič).

3.2 Analogový výstup lineárního senzoru se připojí na svorkovnici karty MF624 a to 0 až 10V z pinu 4 konektoru senzoru na svorku 1 karty (analog input AD0 – kanál 1) a – pól z pinu 3 konektoru senzoru (modrý vodič) na svorku 9 karty (zem AGND).

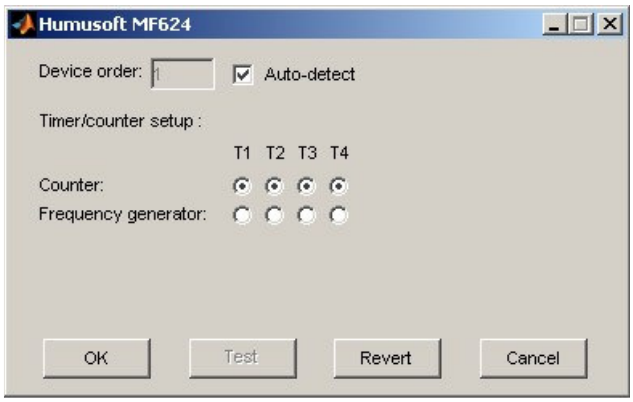
3.3 Řídicí napětí pro proporcionální rozváděč se připojí ze svorkovnice karty MF624 a to ze svorky 20 (analog output DA0 – kanál 1) a ze svorky 29 (zem GND) na pin3 konektoru proporcionálu + (modrý vodič) a na pin 4 konektoru proporcionálu – (černý vodič).

3.4 Spustí se Matlab a otevře se soubor **Ulohaprop2.mdl**. Soubor je uveden na obr. 2.

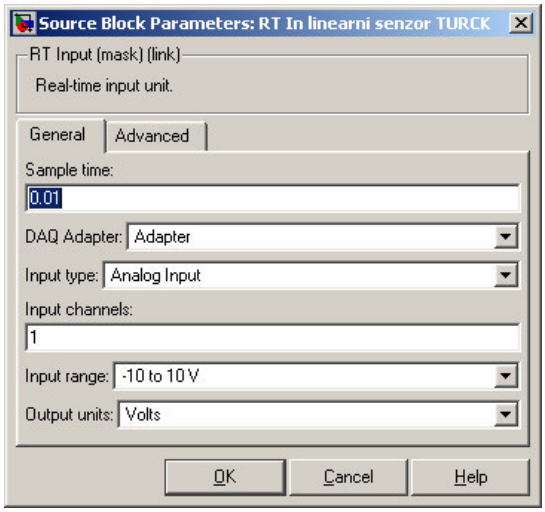


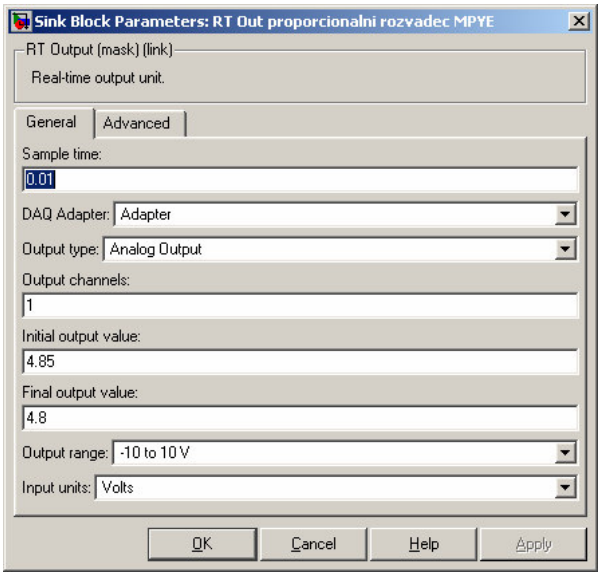
Obr. 2 Soubor **Ulohaprop2.mdl** v Simulinku

3.5 V souboru Ulohaprop2.mdl se provede nastavení bloků Adapter, RT In, RT Out.



Obr. 3 Blok Adapter – Humusoft MF624

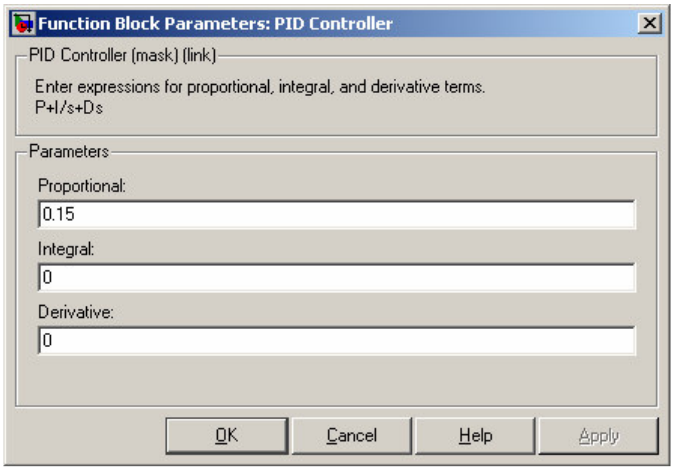




Obr. 4 Blok RT In

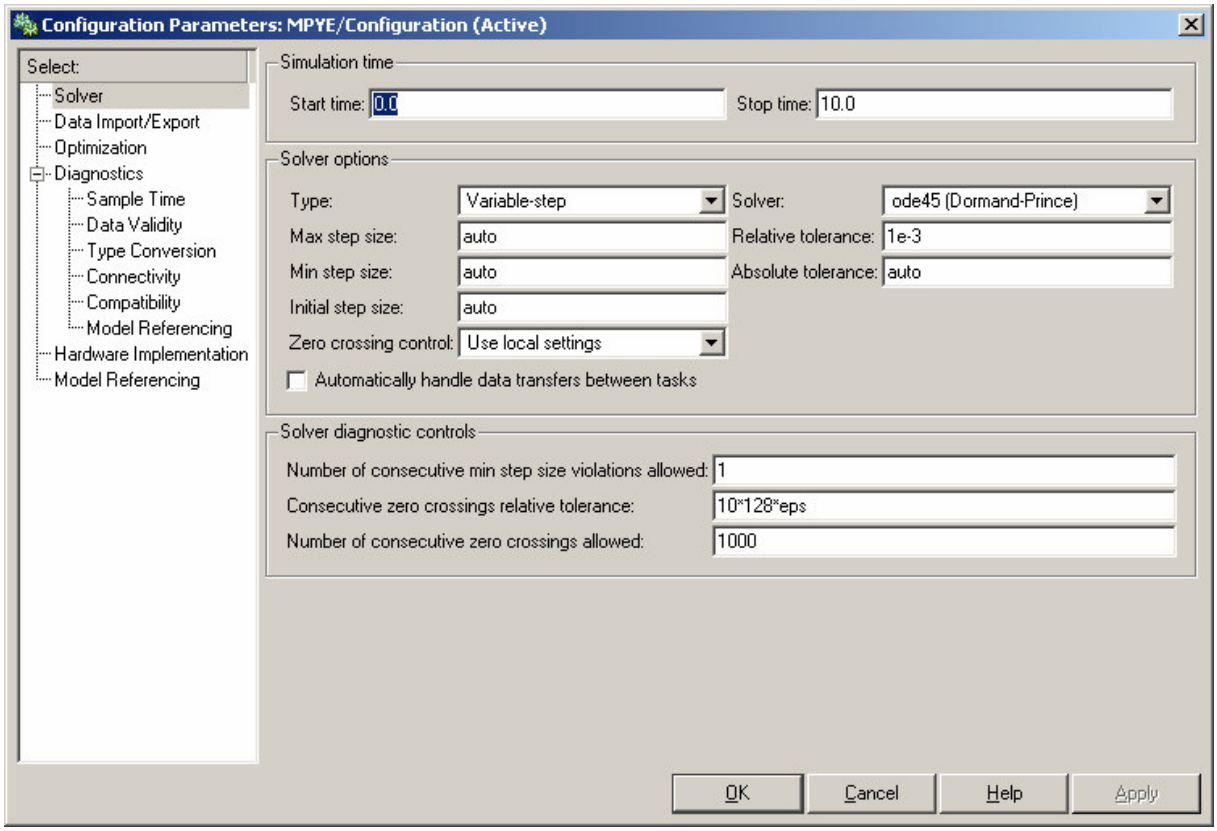
Obr. 5 Blok RT Out

3.6 V bloku *PID Controller* nastavíme proporcionální, integrační a derivační složku zesílení regulátoru.



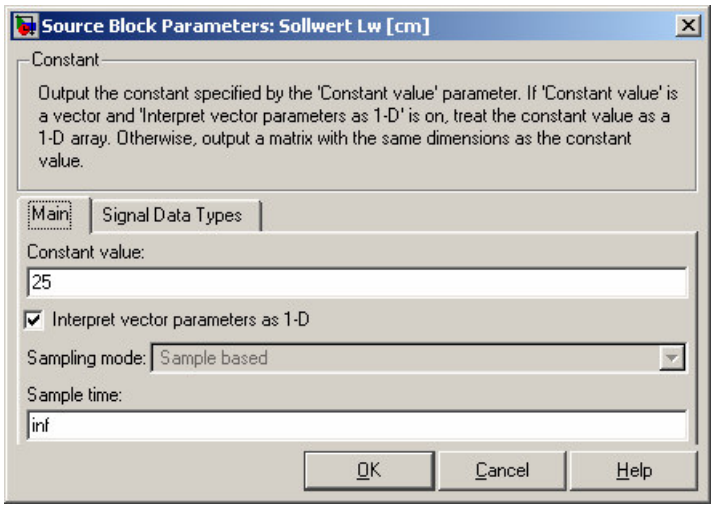
obr. 6 Blok PID Controller

3.7 Doba simulace se nastaví v bloku *Configuration Parameters*. Na obr. 7 je nastavená doba simulace (Stop time) 10 s.



Obr. 7 Blok Configuration Parameters

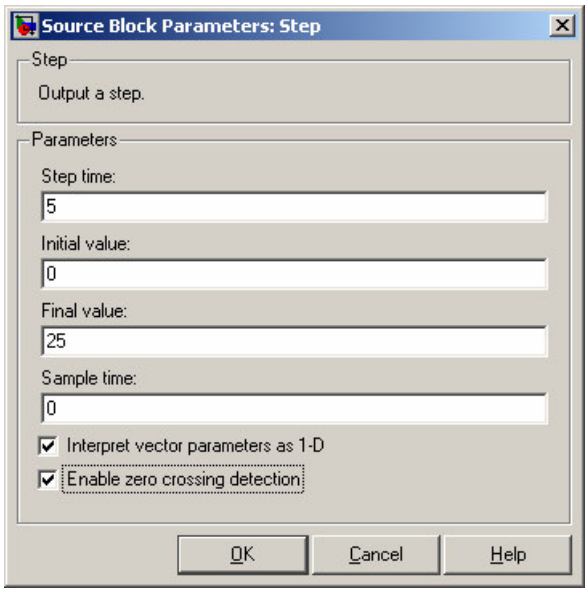
3.7 Požadovanou polohu lze vložit do bloku *Sollwert Lw [cm]*. Na obr. 8 je vložená poloha Lw = 25 cm. Nulová poloha L = 0 cm je v koncové poloze válce na straně konektoru lineárního senzoru. Protější koncová poloha válce představuje dráhu L = 50 cm.



Obr. 8 Blok Sollwert Lw [cm]

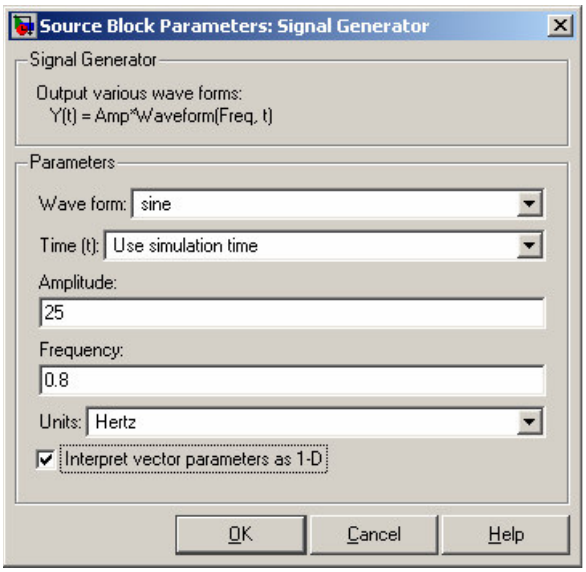
4. Možnosti přepínačů

4.1 Pomocí přepínačů *Manual Switch* lze připojit různé druhy žádané hodnoty. Lze připojit např. blok *Step* a pomocí něho vyšetřit přechodovou charakteristiku. Na obr. 9 je nastaven skok žádané hodnoty z 0 na 25 cm dráhy po uplynutí 5 s simulačního času.



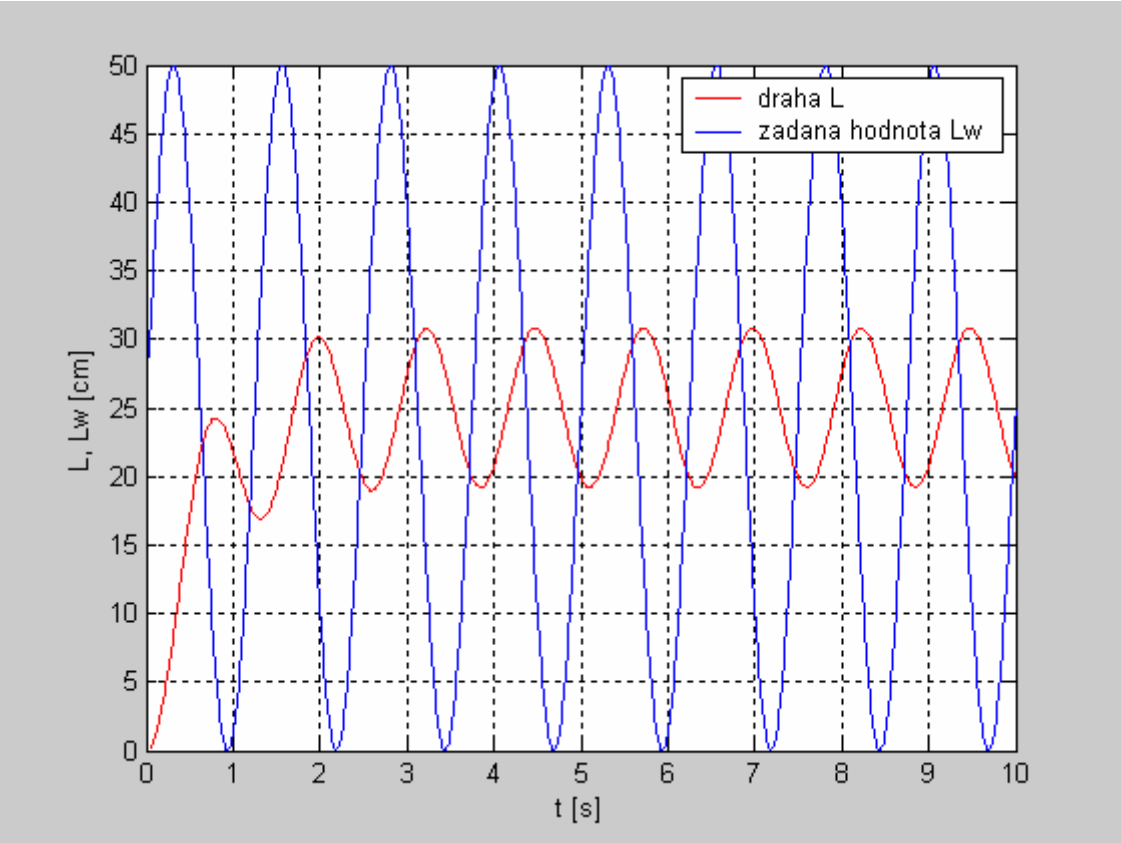
Obr. 9 Blok Step

4.2 Nebo lze připojit blok *Signal Generator*, který umožňuje generovat harmonický sinusový signál o různé frekvenci a tak vyšetřit i frekvenční charakteristiku systému. Na obr. 10 je nastavena frekvence 0,8 Hz při amplitudě 25 cm od střední hodnoty dráhy 25 cm (viz sumační blok s konstantou 25 ve větvi se *Signal Generator*em v modelu Ulohaprop2.mdl).



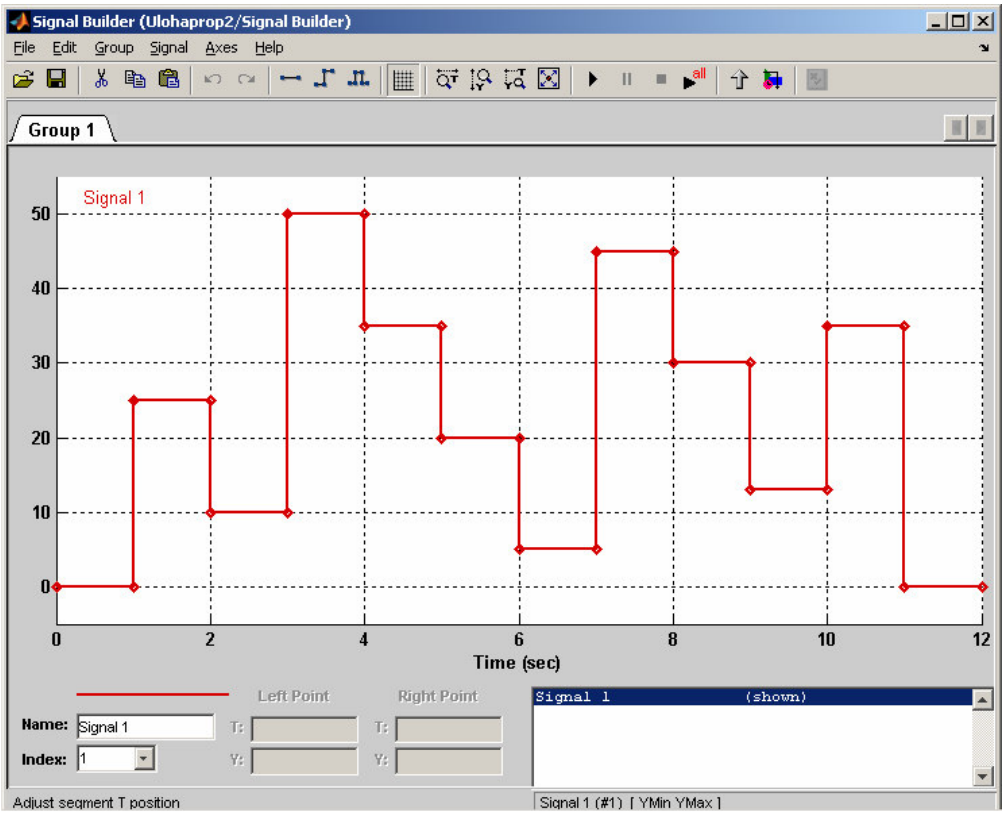
Obr. 10 Blok Signal Generator

Průběh signálů po dobu simulace lze sledovat, provedeme-li dvojklik na blok *Prubeh Lw,L*. Na obr. 11 je příklad znázornění odezvy systému na sinusový signál žádané hodnoty dráhy *Lw* při výše uvedeném nastavení *Signal Generátor*u. Změnami frekvence pak lze vysledovat vliv na amplitudu (zesílení) a na fázový posun skutečného průběhu dráhy *L*.



Obr. 11 Odezva systému na sinusový signál Lw

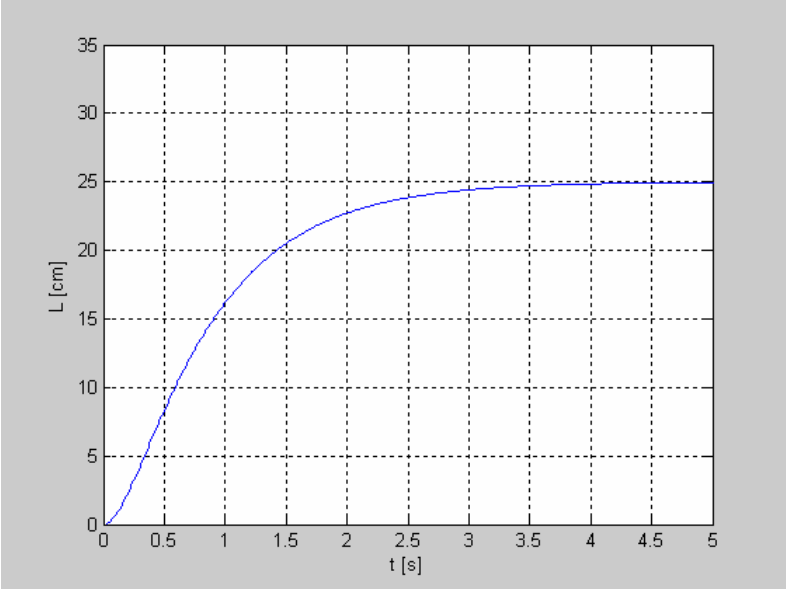
4.3 Pomocí přepínačů *Manual Switch* lze připojit také blok *Signal Builder*, který umožňuje vložit určitý sled poloh (program). Na obr. 12 je příklad takového programu, kdy se každou vteřinu mění žádaná hodnota dráhy *Lw* z počáteční hodnoty 0 cm na 25 cm, pak na 10 cm, 50 cm, 35 cm, 20 cm, 5 cm, 45 cm, 30 cm, 12 cm, 35 cm a nakonec opět na 0 cm.



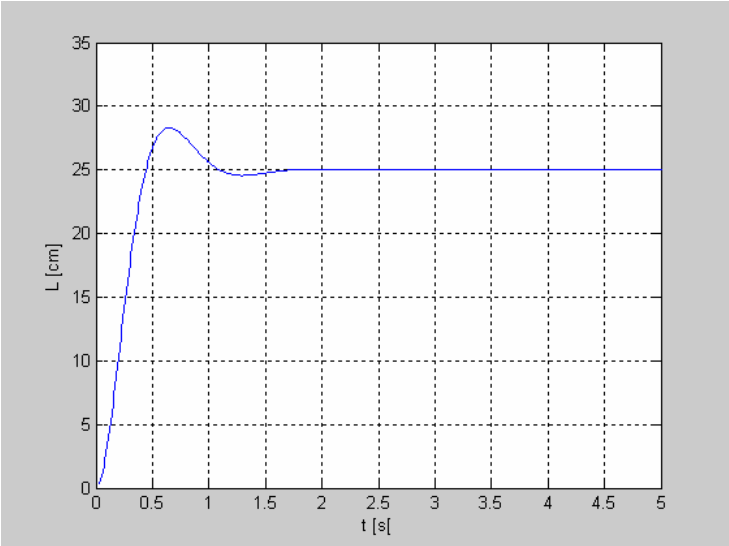
Obr. 12 Blok Signal Builder

5. Ladění PID regulátoru

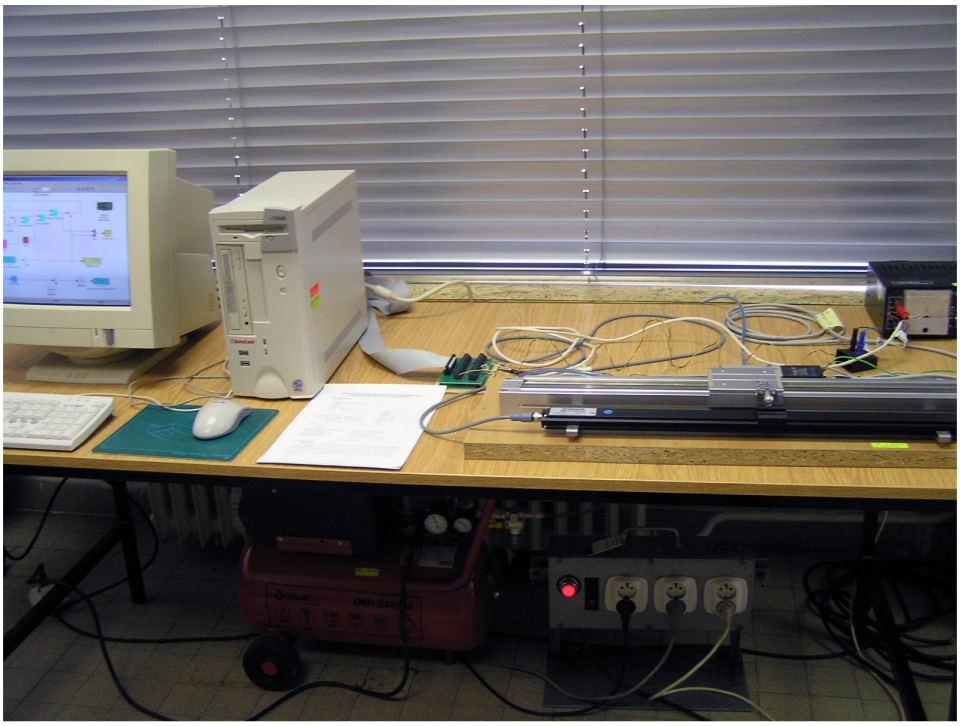
5.1 Nyní je možné experimentovat tím, že budeme měnit proporcionální event. integrační složku zesílení v bloku *PID Controller*, čímž měníme kvalitu regulace včetně doby regulace.



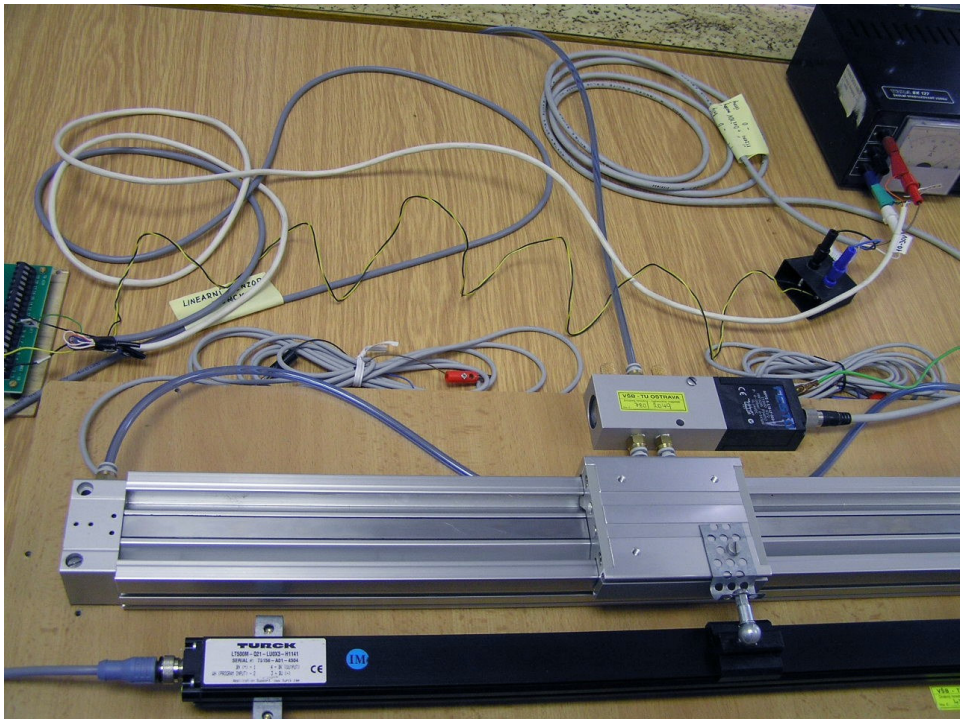
Obr. 12 Průběh dosažení polohy s malou proporcionální složkou zesílení



Obr. 13 Průběh dosažení polohy s větší proporcionální složkou zesílení



Obr. 14 Uspořádání úlohy v laboratoři



Obr. 15 Detail připojení lineárního senzoru a proporcionálního rozváděče

Tab. 1 Svorkovnice karty MF624 připojená do konektoru X1

Označení	Kanál Channel		SVORKY	SVORKY	Kanál Channel		Označení
AD0	1	Analog inputs	**1**	**20**	1	Analog outputs	DA0
AD1	2		**2**	**21**	2		DA1
AD2	3		**3**	**22**	3		DA2
AD3	4		**4**	**23**	4		DA3
AD4	5		**5**	**24**	5		DA4
AD5	6		**6**	**25**	6		DA5
AD6	7		**7**	**26**		Napájení	–12V
AD7	8		**8**	**27**		Napájení	+12V
AGND	– (zem)	Analog ground	**9**	**28**		Napájení	+5V
DA6	7	Analog outputs	**10**	**29**	Digital ground		GND
DA7	8		**11**	**30**	TTL compatible digital outputs		DOUT0
DIN0	TTL compatible digital inputs		**12**	**31**			DOUT1
DIN1			**13**	**32**			DOUT2
DIN2			**14**	**33**			DOUT3
DIN3			**15**	**34**			DOUT4
DIN4			**16**	**35**			DOUT5
DIN5			**17**	**36**			DOUT6
DIN6			**18**	**37**			DOUT7
DIN7			**19**				

Žlutě jsou zvýrazněny zapojené svorky.

6. Závěr

Úloha umožňuje demonstrovat servopneumatické polohování bezpístnicového pneumomotoru a zahrnuje vypracování modelu pro měření délky (polohy příruby bezpístnicového pneumomotoru) a generování akčního signálu pro řízení proporcionálního rozváděče pomocí multifunkční vstupně-výstupní karty MF624 fy Humusoft, vestavěné uvnitř PC, za podpory softwarového prostředí Matlab + Simulink a pomocí Real Time Toolboxu.