

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav automatizace a měřicí techniky

Realizace a oživení řídicího systému pro regulaci průtoku

Bakalářská práce

Ústav: Ústav automatizace a měřicí techniky
Student: Adamec David
Vedoucí: Ing. Jan Pásek, CsC

Abstract:

Hlavním tématem této bakalářské práce je zprovoznění řídicího systému laboratorního modelu hydraulického obvodu s provedením následné regulace průtoku.

První část je věnována základům teorie řízení s následným popisem prvků hydraulického modelu .

Další části jsou věnovány identifikaci, návrhu PID regulátoru s programovou realizací pro PLC, popisem a nastavením akčního členu.

Poslední část se zabývá vizualizací a možnou konfigurací PID regulátoru prostřednictvím operátorského panelu.

Klíčová slova: PLC, PID regulátor

Brno University of Technology
Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Control, Measurement and Instrumentation

Realisation and commissioning of the control system for flow control in a hydraulic model

Bachelor's Thesis

Specialisation of study: Cybernetics, Control and Measurement
Student: Adamec David
Supervisor: Ing. Jan Pásek, CsC.

Abstract:

The dominant theme of this bachelor's thesis is launching of control system of laboratory model of hydraulic circuit with fulfilment follow-up flow control.

The first part is devoted to basics of theory of proceedings with follow-up description of components of hydraulic model.

Next parts are devoted to identification, suggestion of PID regulator with programme realization for PLC, description and configuration of actuating device.

The last part is engaged in visualization and possible configuration of PID regulator by means of operator panel.

Key words: PLC, PID regulator

Bibliografická citace

ADAMEC, D. *Realizace a oživení řídicího systému pro regulaci průtoku* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 41 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pásek, CsC.

P r o h l á š e n í

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma " Realizace a oživení řídicího systému pro regulaci průtoku " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne :

Podpis:

P o d ě k o v á n í

Děkuji tímto panu Ing. Janu Páskovi, CsC. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

V Brně dne :

Podpis:

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. ŘÍZENÍ.....	9
2.1 Základní dělení.....	9
2.2 Automatické řízení.....	9
2.3 Základní pojmy	10
2.4 Hydraulický model.....	11
2.5 Způsob provedení regulace	13
3. IDENTIFIKACE	14
3.1 Měření přechodové charakteristiky.....	14
3.2 Aproximace přechodové charakteristiky	15
4. PID REGULÁTOR	20
4.1 Výběr metody návrhu pid regulátoru.....	20
4.2 Metoda geometrického místa kořene	20
4.3 Funkční blok FB41	22
4.3.1 Vstupní parametry FB41.....	23
4.3.2 Výstupní parametry FB41.....	25
4.4 Program.....	27
5. AKČNÍ ČLEN.....	29
5.1 Popis Spart PS2.....	29
5.2 Princip činnosti	29
5.3 Diagnostická data.....	31
5.4 Převodní charakteristika.....	33
6. VIZUALIZACE.....	36
6.1 Operátorský panel	36
7. ZÁVĚR.....	39
8. LITERATURA	41

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdíl mezi ovládním a regulací	10
Obrázek 2: Základní blokové schéma regulačního obvodu	11
Obrázek 3: Technologické schéma hydraulického modelu	11
Obrázek 4: Regulační obvod hydraulického modelu	13
Obrázek 5: Naměřená přechodová charakteristika	15
Obrázek 6: Upravená přechodová charakteristika	16
Obrázek 7: Přechodová charakteristika přenosu řízení	21
Obrázek 8: Blokové schéma FB41	22
Obrázek 9: Vývojový diagram	27
Obrázek 10: blokové schéma	30
Obrázek 11: Převodní charakteristika	34
Obrázek 12: Screen PID regulátoru	37
Obrázek 13: Screen Graf	38

SEZNAM ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
w		Žádaná veličina
y		Regulovaná veličina
e		Regulační odchylka
x		Akční zásah
T_1	s	Časová konstanta
T_2	s	Časová konstanta
τ_2	s	Poměrová časová konstanta
τ_u	s	Poměrová časová konstanta
y_i		Pořadnice
K_R	s	Zesílení regulátoru
T_I	s	Integrační časová konstanta
T_D		Derivační časová konstanta
$F_{S(p)}$		Přenos soustavy
$F_{R(p)}$		Přenos regulátoru
TL		Tlakoměr
PT1		Senzor průtoku
PT2		Senzor průtoku
RV1		Regulační ventil
V1		Ruční ventil
V2		Ruční ventil
V3		Ruční ventil

1. ÚVOD

V oblasti průmyslů hlavně ve výrobní sféře je snaha nahradit pracovní činnost obtížně vykonatelnou nebo nevhodnou pro člověka strojovou mechanizací ovládanou řídicím systémem. Dříve více centralizovaný systém řízení nyní přechází v decentralizovaný systém řízení a to v podobě lokálních řídicích prvků, které provádějí řízení určitých částí technologických procesů. Tento způsob řízení je uplatňován prostřednictvím programovatelných automatů u kterých je velkou výhodou jejich modularita. V této práci bude modulárním programovatelným automatem vykonávaná činnost řízení průtoku v hydraulickém modelu. Práce není zaměřena na komunikační rozhraní ve vztahu programovatelný automat a senzory, ale na praktickou realizaci regulace průtoku s využitím programovatelného automatu a senzorů.

První část bakalářské práce je věnována popisu teorie řízení s vysvětlením základních pojmů a jejich uplatnění při regulaci. V této části je zároveň uveden popis hydraulického modelu s uvedeným způsobem regulace.

Druhá část obsahuje popis a metodu identifikace hydraulického obvodu jako regulované soustavy.

Třetí část se zabývá návrhem PID regulátoru a jeho programovou realizace v prostředí Step7 pro řídicí PLC s uvedeným programovým popisem.

Ve čtvrté části je rozebíraná diagnostika, popis a nastavení akčního členu pro správnou činnost v hydraulickém obvodě.

Poslední část je věnována vizualizace s možností parametrizace PID regulátoru a sledováním regulační veličiny v reálném čase prostřednictvím operátorského panelu.

2. ŘÍZENÍ

2.1 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ

Řízení je úmyslné a jasně cílené působení na řízený objekt se snahou dosáhnout stavu jenž byl předem definován. Podle způsobu provádění řízení můžeme řízení rozdělit na ruční a automatické neboli řízení prováděno člověkem respektive strojem. [1]

U automatického řízení se rozeznává řízení přímé, kde proces řízení probíhá bez přívodu energie a řízení nepřímé, které je situováno přívodem energie, tento typ je reprezentován i v rámci této práce. [1]

Další dělení je uvedeno z hlediska technické realizace a to na řízení logické , spojitě, diskrétní a fuzzy. [1]

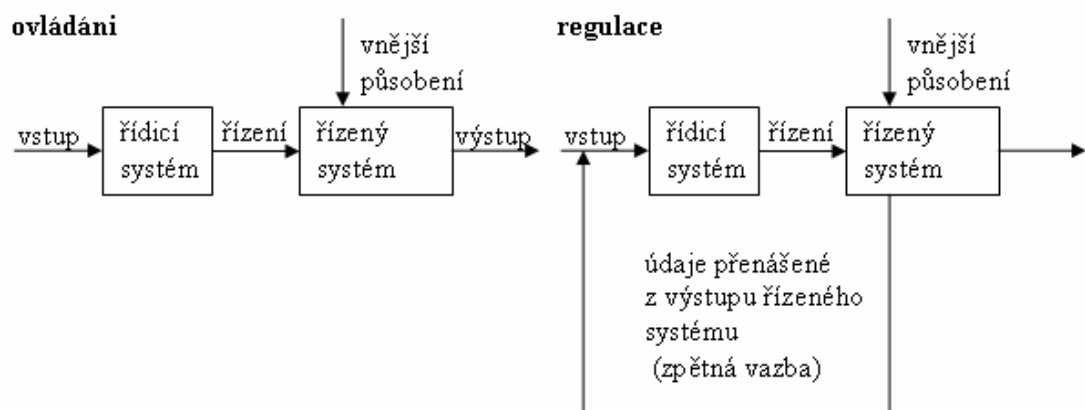
V rámci technické realizovatelnosti je forma diskrétního řízení vhodná zejména pro řídicí programovatelné automaty. Z tohoto důvodu se musí spojitý signál na vstupu programovatelného automatu převést na diskrétní signál s přihlédnutím na následné zpracování a vyhodnocení údajů. Výsledkem diskretizace signálu je posloupnost impulsů snímaných v krátkých časových intervalech v tzv. periodě vzorkování. V čase mezi jednotlivými odebranými vzorky nedochází k měření spojitého signálu, programovatelný automat tedy může zpracovat údaje z předešlých měření. [1]

2.2 AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ

Automatické řízení se v praxi dělí na řízené sekvenčních systému a řízení dynamických systému. Sekvenční řízení je takové, kdy řízený systém přechází postupně z jednoho stavu do následujícího stavu za předpokladu splnění určitých podmínek. V případě řízení dynamických systému je požadováno aby výstupní regulovaná veličina sledovala co nejvěrněji vstupní žádanou veličinu a to bez ohledu na nežádoucí vnější (poruchové) vlivy působící na řízenou soustavu. [4]

U řízení dynamických systému rozlišujeme zda výsledek řízení je zpětně kontrolován nebo nikoli, neboli zda je při procesu řízení zavedená zpětná vazba nebo

není. Podle toho rozeznáváme pojmy ovládaní a regulace (viz. obrázek č.1) a též vyšší formu řízení. Ovládáním se rozumí řízení bez zpětné vazby . Regulace je řízení se zpětnou vazbou, kdy výsledek reprezentován formou fyzikální veličiny je udržován na konstantní hodnotě a to i při změnách působících v neprospěch regulačního vývoje. Pod vyšší formu řízení řadíme optimální řízení, adaptivní řízení, učení a umělou inteligenci. [4]



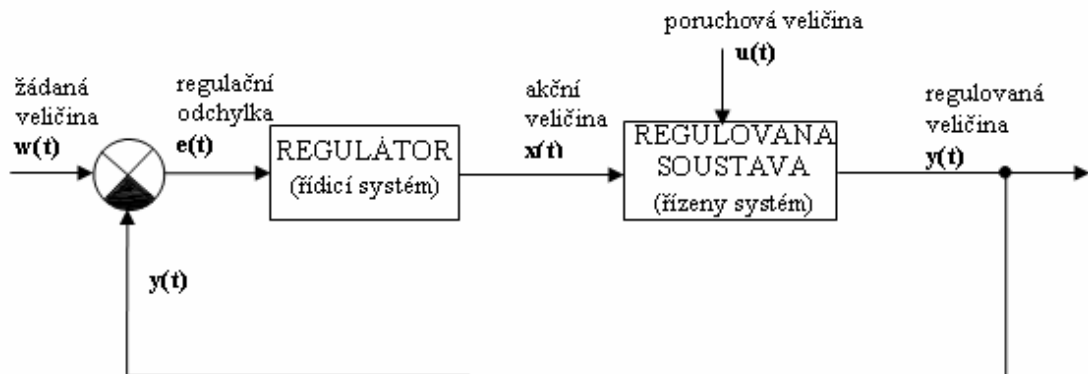
Obrázek 1: Rozdíl mezi ovládáním a regulací [1]

2.3 ZÁKLADNÍ POJMY

V automatizačních systémech se užívají tyto základní veličiny:

- regulovaná veličina – jedná se o výstupní veličinu řízeného systému , vlivem samotné regulace se udržuje na požadované hodnotě, značí se y .
- žádaná veličina – veličina, pomocí níž se nastavuje hodnota a časový průběh regulované veličiny, značí se w .
- regulační odchylka – její hodnota udává rozdíl mezi žádanou veličinou a regulovanou veličinou $e = w - y$. Hodnota této veličiny by měla být minimální, ideálně nulová.
- akční veličina – veličina působící na výstupu regulátoru a vstupu řízeného systému
- poruchová veličina – tato veličina má nežádoucí účinky na celý regulační proces, jejím působením na regulovanou soustavu dochází k ovlivňování regulované veličiny [4]

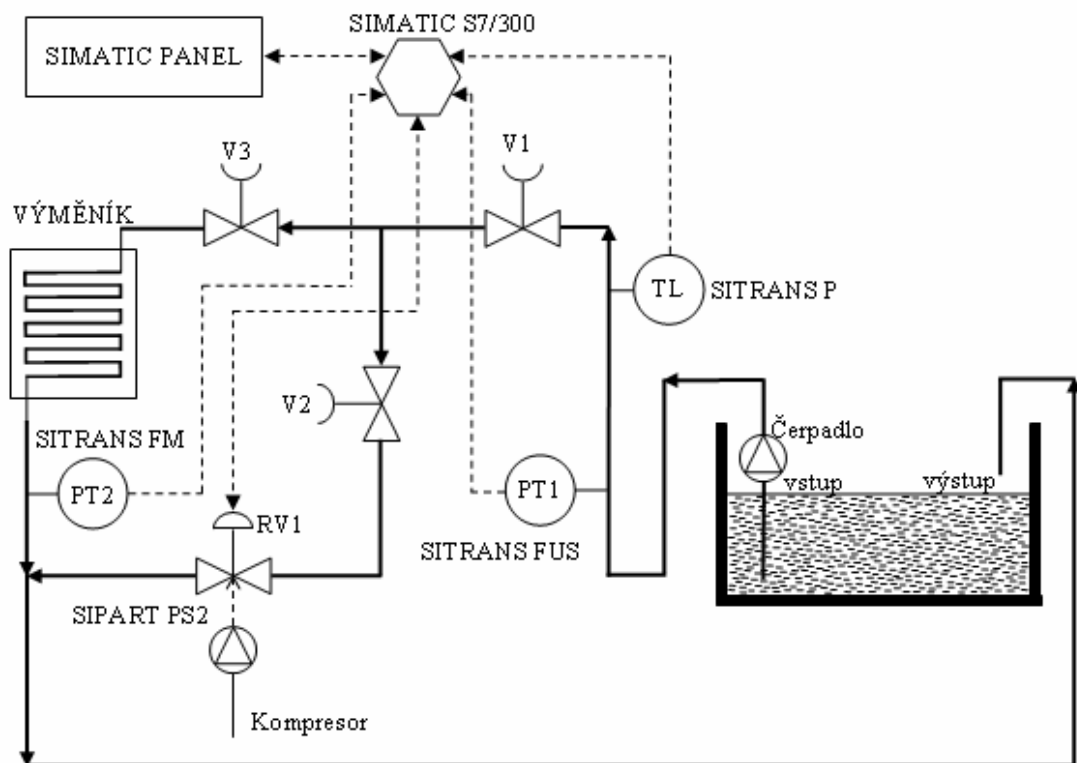
Na obrázku č. 2 je základní blokové schéma regulačního obvodu s názornou ilustrací jednotlivých regulačních veličin.



Obrázek 2: Základní blokové schéma regulačního obvodu [4]

2.4 HYDRAULICKÝ MODEL

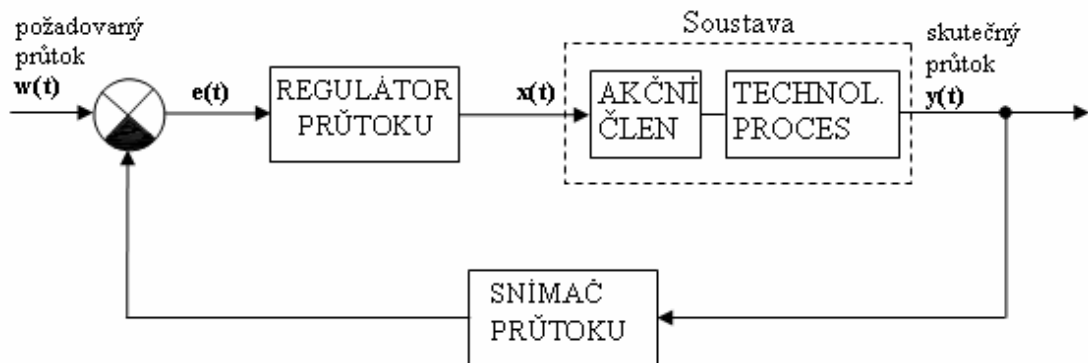
Technologické schéma hydraulického modelu je znázorněno na obrázku č. 3



Obrázek 3: Technologické schéma hydraulického modelu

Hydraulický model je tvořen vodní nádrží s čerpadlem, které pod konstantním tlakem vhání vodu do potrubí. Potrubí v celém modelu je realizováno hadicí s půlcoulovým průřezem. Potrubí je v obrázku č.3 znázorněno tlustou černou čarou, šipky znázorňují směr proudění vody v modelu. Jako přívodní potrubí je myšlena ta část potrubí v obvodu, ve které se nachází senzor průtoku PT1 (ultrazvukový průtokoměr SITRANS FUS), tlakoměr TL (SITRANS P) a ventil V1. Tlakoměr TL plní funkci orientačního měření tlaku v přívodní potrubí hydraulického modelu. Z obrázku č.3 je zřetelně vidět, že přívodní potrubí ve směru proudění od čerpadla v další části modelu přechází v tzv. bypass zapojení, tedy paralelně zapojené potrubí. Tím dochází k rozdělení potrubí na hlavní větev a vedlejší větev. V hlavní větvi ve směru průtoku se nachází ventil V3, tepelný výměník a senzor průtoku PT2 (indukční průtokoměr SITRANS FM). Ve vedlejší větvi, taktéž ve směru průtoku je řazen ventil V2 a regulační ventil RV1 (tvořen průtokovým ventilem BR11 a elektropneumatickým pozicionérem SIPART PS2). Pneumatický mechanismus regulačního ventilu RV1 je tlakovaný kompresorem na provozní hodnotu tlaku 4 Bary. Ventily V1, V2 V3 jsou ruční pákové ventily, které při běžném regulačním ději zůstávají otevřené. Těmito ventily lze ovlivňovat a měnit vlastnosti potrubí v jednotlivých částech modelu. Tepelný výměník v hlavní větvi plní funkcí zátěže. Přerušovaná čára znázorňuje řídicí signály mezi prvky hydraulického modelu, tedy průtokoměry PT1, PT2, regulačním ventilem RV, tlakoměrem TL a řídicím PLC Simatic S7/300. Součástí modelu je taky operátorský panel (SIMATIC PANEL OP 270), který komunikuje s PLC po síti Profibus-DP. Šipky znázorňují orientaci působení řídicích signálů mezi PLC a jednotlivými prvky modelu.

Regulační obvod hydraulického modelu je zachycen na obrázku č.4



Obrázek 4: Regulační obvod hydraulického modelu

Jako regulátor průtoku je v hydraulickém modelu použit funkční blok FB 41 pracující na principu PID algoritmu, tento funkční blok je integrován do prostředí Step7. Jako akční člen je použit regulační ventil RV1. Jako senzor průtoku je použit senzor PT2. Technologickým procesem jsou míněny změny průtokového množství kapaliny v hlavní větvi potrubí. Do soustavou je začleněn tepelný výměník a potrubí hydraulického modelu. Samotnou regulaci bude prováděna pro $w = konst$ tedy i pro $y = konst$ pro ustálený stav bez působení poruch. Jedná se o tzv. poměrovou regulaci.

2.5 ZPŮSOB PROVEDENÍ REGULACE

V samotném regulačním procesu jsou aktivně využity jen dva prvky modelu a to regulační ventil RV1 a senzor průtoku PT2. Způsob regulace je takový, že v hlavní větvi hydraulického modelu se mění průtok, který je měřen senzorem průtoku PT2 v závislosti na tom do jaké míry je otevřen ve vedlejší větvi regulační ventil RV1. Řídící algoritmus je obsažen v programu pro řídicí PLC. Parametry PID regulátoru lze zobrazovat a zároveň měnit prostřednictvím operátorského panelu Simatic panel OP 270, který komunikuje s PLC automatem. Simatic Panel také graficky zobrazuje hodnotu průtoku v hlavní větvi v reálném čase.

3. IDENTIFIKACE

U výběru metody identifikace soustavy se musí brát v úvahu za jakých podmínek lze provést samotnou dynamickou identifikaci soustavy. V rámci podmínek u hydraulického modelu se naskýtá způsob změření přechodové charakteristiky na výstupu soustavy v reakci na jednotkový skok známe velikosti na vstupu soustavy.

3.1 MĚŘENÍ PŘECHODOVÉ CHARAKTERISTIKY

Měření přechodové charakteristiky je častý způsob zjišťování dynamických vlastností soustavy. Soustava musí být před započítím samotného měření v ustáleném stavu, izolovaná od vnějších rušivých signálových vlivů teprve pak můžeme na její vstup přivést jednotkový skok. V tomto případě je jednotkový skok představován jako úplné uzavření otevřeného ručního ventilu V2, za podmínek, že ruční ventily V1 a V3 budou trvale otevřeny společně s nimi i regulační ventil RV1. Hodnoty průtoku v hlavní větvi jsou zaznamenány prostřednictvím průtokového senzoru PT2 v časovém intervalu po 0,5 sekundě.

Hodnoty naměřené pro přechodovou charakteristiku jsou zaznamenány v tabulce 1.

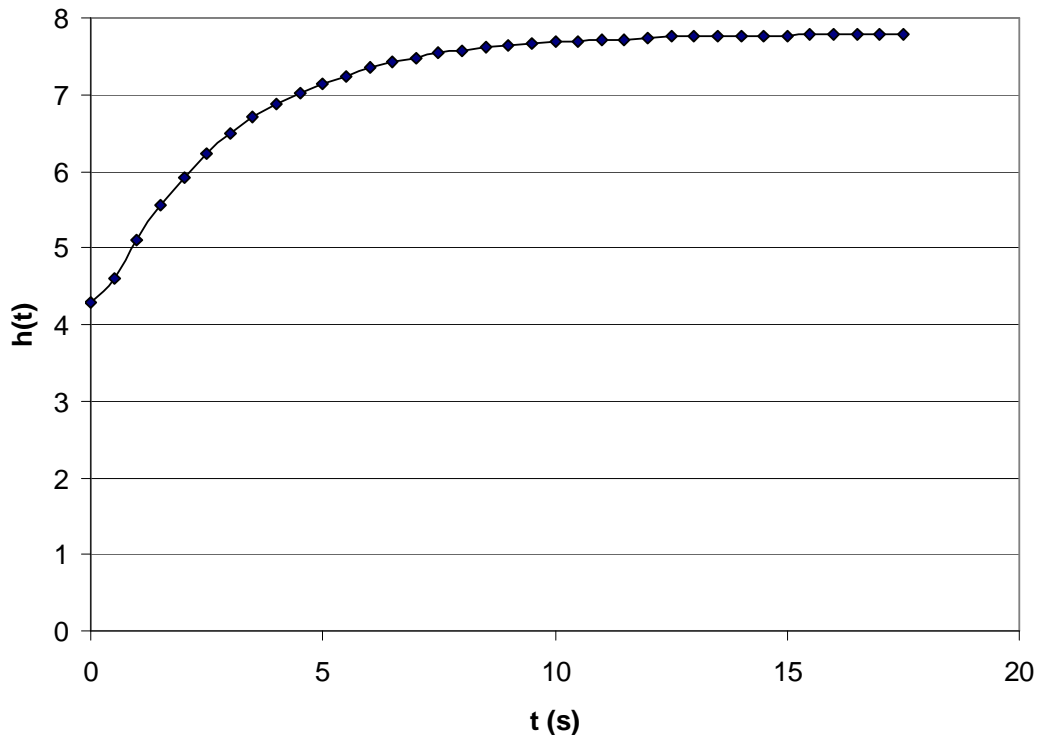
t(s)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
h(t)	4,298	4,587	5,102	5,557	5,924	6,232	6,49	6,699	6,87	7,016	7,135	7,243
t(s)	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5
h(t)	7,353	7,418	7,478	7,533	7,573	7,607	7,631	7,659	7,679	7,696	7,711	7,724
t(s)	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5
h(t)	7,738	7,753	7,753	7,76	7,767	7,767	7,769	7,774	7,78	7,78	7,783	7,785

Tabulka 1: Hodnoty přechodové charakteristiky

Při jednotkovém skoku došlo k nárůstu průtoku v hlavní větvi, naopak ve vedlejší větvi byla hodnota průtoku nulová vlivem uzavření ručního ventilu V2. Hodnota $h(t)$ v čase $t = 0$ sekund odpovídá počátku stavu přechodového děje. Hodnota $h(t)$ v čase $t = 17,5$ sekund odpovídá stavu po odeznění přechodového děje.

Na obrázku č.5 je vykreslená přechodová charakteristika regulačního obvodu hydraulického modelu.

Přechodová charakteristika



Obrázek 5: Naměřená přechodová charakteristika

3.2 APROXIMACE PŘECHODOVÉ CHARAKTERISTIKY

Aproximaci změřené přechodové charakteristiky lze provést nejvhodněji pomocí metody profesora Strejce. Jedná se o aproximaci metodou tečny v inflexním bodě přechodové charakteristiky $h(t)$. U této metody se vychází z faktu, že přechodová charakteristika $h(t)$ je v okolí inflexního bodu téměř přímková, takže lze tečnu v tomto bodě poměrně přesně určit. Touto metodou lze aproximovat stabilní statické dynamické systémy s minimální fází druhého a vyšších řádů bez kmitavých složek (bez vlastních frekvencí). Aproximace z přechodové charakteristiky se provádí buď přenosem n -tého řádu s vesměs stejnými časovými konstantami T nebo přenosem druhého řádu s různě velkými časovými konstantami T_1 a T_2 . Pro oba ze

zmíněných způsobu aproximace je rozhodující úsek $\tau_u = T_u / T_n$, jehož velikost rozhoduje o tvaru přenosu soustavy. [2]

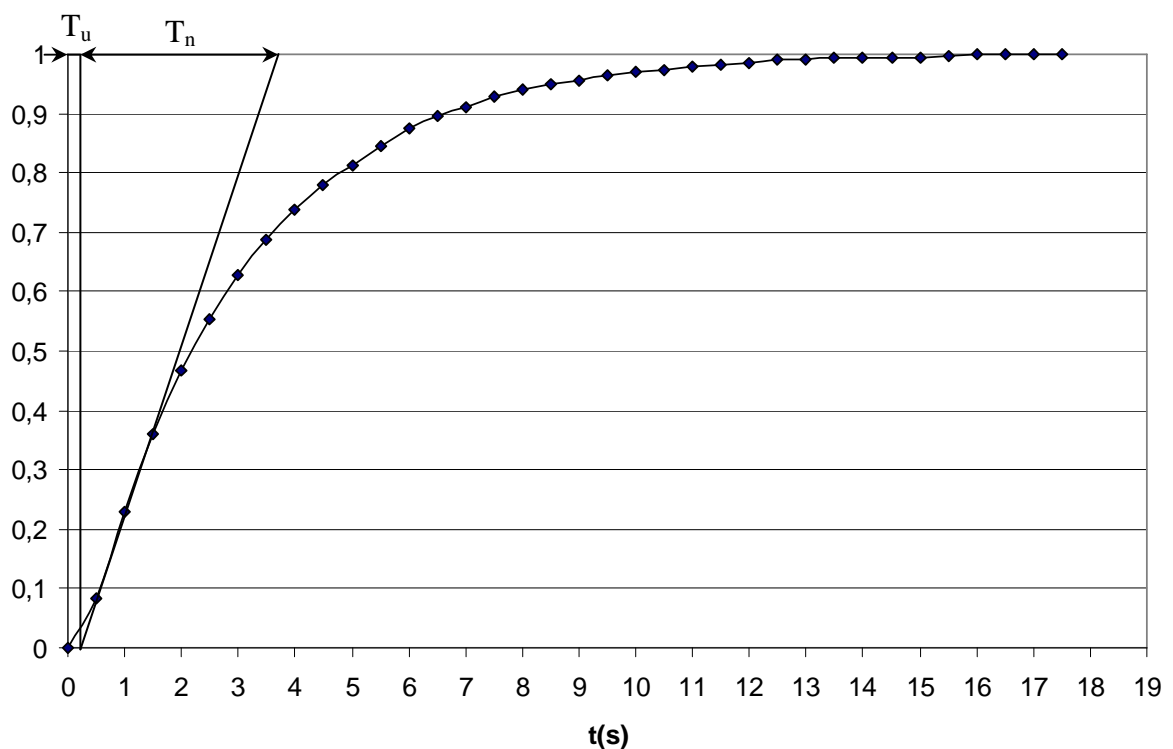
Aproximační tvary přenosů dle τ_u jsou následující:

$$F_S(p) = \frac{K}{(Tp + 1)^n} \quad \text{pro } \tau_u > 0,104$$

$$F_S(p) = \frac{K}{(T_1p + 1) \cdot (T_2p + 1)} \quad \text{pro } \tau_u < 0,104$$

Postup při této metodě je takový, že se změřená přechodová charakteristika překreslí v novém měřítku tak, aby se ustálená hodnota rovnala jedné. Takto překreslená přechodová charakteristika je znázorněna na obrázku č.6.

Přechodová charakteristika



Obrázek 6: Upravená přechodová charakteristika

Následně v odhadnutém inflexním bodě přechodové charakteristiky se nakreslí tečna, tím se určí doba průtahu T_u a náběhu T_n . Z přechodové charakteristiky jsou odečteny tyto hodnoty $T_u = 0,2$ a $T_n = 3,55$.

Následně z poměru těchto hodnot lze určit velikost hodnoty τ_u . Pro τ_u hodnotu tedy platí:

$$\tau_u = \frac{T_u}{T_n} = \frac{0,2}{3,55} = 0,056$$

Z výsledku je patrné, že hodnota $\tau_u < 0,104$, z toho následně plyne, že k aproximaci použijeme přenos druhého řádu s různě velikými časovými konstantami T_1 a T_2 . Vychází se z toho, že pro hodnotu přechodové charakteristiky $y(t_1) = 0,720$ je čas t_1 určen pouze součtem časových konstant systému.

$$(T_1 + T_2) = \frac{t_1}{1,2564}$$

Z grafu přechodové charakteristiky se odečte časový úsek t_1 . Hodnota $t_1 = 3,8$ s. Lze tedy dosadit:

$$(T_1 + T_2) = \frac{t_1}{1,2564}$$

$$(T_1 + T_2) = \frac{t_1}{1,2564} = 3,024 \text{ s}$$

Naopak pro čas t_2 jsou pořadnice přechodové charakteristiky $y(t_2)$ nejvíce závislé na poměru časových konstant $\tau_2 = T_2 / T_1$. Závislost je uvedena v tabulce 2. Pro t_2 platí:

$$t_2 = 0,3574 \cdot (T_1 + T_2) = 0,2845 \cdot t_1$$

Lze tedy vypočítat dvě hodnoty t_2 a následným aritmetickým průměrem určit konečnou hodnotu t_2 :

$$t_{21} = 0,3574 \cdot (T_1 + T_2) = 0,3574 \cdot 3,024 = 1,080 \text{ s}$$

$$t_{22} = 0,2845 \cdot t_1 = 0,2845 \cdot 3,8 = 1,081 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{t_{11} + t_{12}}{2} = \frac{1,080 + 1,081}{2} = 1,080 \text{ s}$$

Z grafu přechodové charakteristiky se odečte hodnota $y(t_2)$ a z tabulky č.2 se určí $\tau_2 = T_2 / T_1$. Hodnota přechodové charakteristiky pro $y(t_2) = 0,24$, čemuž se podle tabulky č.2 blíží nejvíce $\tau_2 = 0,1280$

$y(t_2)$	0,3000	0,2900	0,2800	0,2700	0,2600
τ_2	0,0000	0,0228	0,0435	0,0635	0,0837
$y(t_2)$	0,2500	0,2400	0,2300	0,2200	0,2100
τ_2	0,1049	0,1280	0,1539	0,1838	0,2196
$y(t_2)$	0,2000	0,1900	0,1800	0,1700	0,1611
τ_2	0,2639	0,3216	0,4031	0,5378	1,0000

Tabulka 2: Hodnoty závislosti $y(t_2)$ a τ_2

Následně je známe, že $\tau_2 = T_1/T_2$, k tomu je znám součet (T_1+T_2).

$$\tau_2 = \frac{T_1}{T_2}$$

$$T_1 + T_2 = 3,024 \Rightarrow T_1 = 3,024 - T_2$$

$$\tau_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3,024 - T_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{3,024}{(1 + \tau_2)} = \frac{3,024}{(1 + 0,1280)} = 2,68 \text{ s}$$

$$T_1 = 3,024 - 2,68 = 0,344 \text{ s}$$

Podle tabulky č.3 lze také určit τ_2 podle známého τ_u .

$\tau_u = T_u / T_n$	0,016	0,03	0,05	0,062	0,072	0,084	0,092
$\tau_2 = T_2 / T_1$	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
y_i	0,058	0,104	0,148	0,177	0,197	0,224	0,240
$\tau_u = T_u / T_n$	0,097	0,1	0,102	0,103	0,103	0,104	
$\tau_2 = T_2 / T_1$	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
y_i	0,250	0,256	0,260	0,263	0,264	0,264	

Tabulka 3: Hodnot pořadnice y_i a poměrových konstant τ_u a τ_2

Pro hodnotu $\tau_u = 0,056$ odpovídá dle tabulky č.3 hodnota $\tau_2 = 0,125$. Stejným způsobem se vypočtou hodnoty časových konstant T_1 a T_2 jako u předešlého způsobu, kdy byla zjištěna hodnota τ_2 .

Platí tedy:

$$\tau_2 = \frac{T_1}{T_2}$$

$$T_1 + T_2 = 3,024 \Rightarrow T_1 = 3,024 - T_2$$

$$\tau_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3,024 - T_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{3,024}{(1 + \tau_2)} = \frac{3,024}{(1 + 0,125)} = 2,68 \text{ s}$$

$$T_1 = 3,024 - 2,68 = 0,344 \text{ s}$$

U takto vypočítaných konstant T_1 a T_2 se z důvodu malé hodnoty T_u , která je určena jako hodnota s velkou relativní chybou uvažuje vážený aritmetický průměr vypočtených konstant T_1 a T_2 , s tím že hodnota konstant vypočtených podle tabulky č.3 je brána s poloviční vahou.

$$T_1 = \frac{T_{11} + \frac{T_{12}}{2}}{1,5} = \frac{2,68 + \frac{2,68}{2}}{1,5} = 2,68 \text{ s}$$

$$T_2 = \frac{T_{21} + \frac{T_{22}}{2}}{1,5} = \frac{0,344 + \frac{0,344}{2}}{1,5} = 0,344 \text{ s}$$

Statické zesílení K určíme jako podíl ustálených hodnot vybuzeného a budicího signálu.

$$K = \frac{[y(\infty) - y(0)]}{[u(\infty) - u(0)]} = \frac{\Delta y}{\Delta u}$$

$$K = \frac{[7,785 - 4,298]}{[1 - 0]} = \frac{3,487}{1} = 3,487$$

Δy ... skutečný rozdíl fyzikální veličiny na výstupu dynamického systému Δy

Δu ... velikost realizovaného skoku skutečné fyzikální veličiny na vstupu soustavy, při kterém byla reakce měřena Δu

Přenos identifikované soustavy je tedy:

$$F_{S(p)} = \frac{K}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)}$$

$$F_{S(p)} = \frac{3,487}{(2,68 p + 1) \cdot (0,344 p + 1)}$$

4. PID REGULÁTOR

4.1 VÝBĚR METODY NÁVRHU PID REGULÁTORU

Při výběru metody se vychází z toho, že je již provedena identifikaci soustavy, tedy je znám její přenos. Z této skutečnosti je již možno zvolit příslušnou metodu návrhu.

4.2 METODA GEOMETRICKÉHO MÍSTA KOŘENE

V praxi se tato metoda také zkráceně označuje jako kořenový hodograf. Využívá se především znalosti jednotlivých pozic nul a pólu přenosu otevřeného regulačního obvodu, přičemž se zkoumá stabilita uzavřeného regulačního obvodu. Pro samotný návrh PID regulátoru není kladena váha na samotný postup pravidel pomocí nichž se sestavuje kořenový hodograf, ale zaměření je směřováno na významné aspekty ovlivňující vlastnosti PID regulátoru a jeho následné působení na regulovanou soustavu.

Jako prostředek při tomto návrhu PID regulátoru lze použít program Matlab, konkrétně toolboxovou utilitu Sisotool se zobrazením kořenového hodografu. Pomocí tohoto nástroje lze libovolně přidávat nuly a póly regulátoru, nastavovat zesílení regulátoru a zároveň přímo pozorovat změny, které se následně uplatňují v uzavřeném regulačním obvodu mezi samotným regulátorem a regulovanou soustavou v oblasti frekvenčních charakteristik a to ve formě amplitudové a fázové charakteristiky tak i rozložení nul a pólu a jejich pohybu při změně zesílení regulátoru. [4]

Přenos soustavy je:

$$F_{S(p)} = \frac{K}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)} = \frac{3,487}{(2,68 p + 1) \cdot (0,344 p + 1)}$$

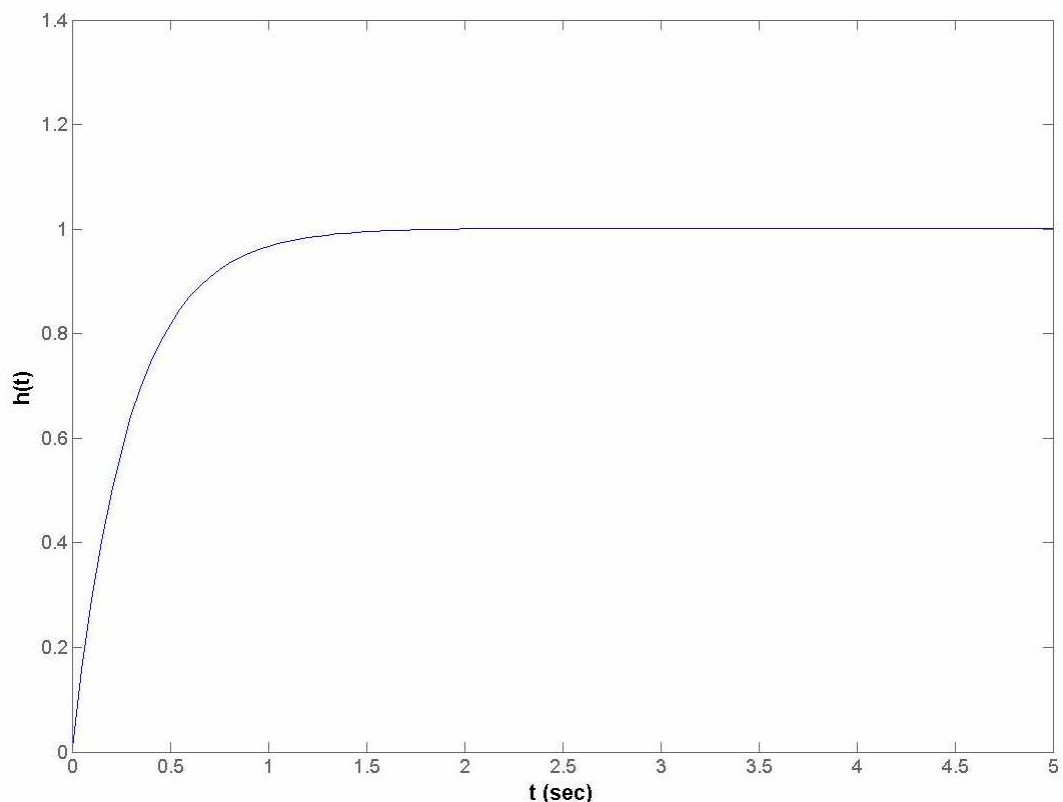
Tvar přenosu PID regulátoru je :

$$F_{R(p)} = \frac{K_R \cdot (T_I \cdot p + 1) \cdot (T_D \cdot p + 1)}{p}$$

Po analýze regulačního obvodu byly zvoleny a dosazeny do přenosu PID regulátoru následující číselné konstanty:

$$F_{R(p)} = \frac{K_R \cdot (T_I \cdot p + 1) \cdot (T_D \cdot p + 1)}{p} = \frac{1 \cdot (2,68 \cdot p + 1) \cdot (0,344 \cdot p + 1)}{p}$$

Na obrázku č.7 je vykreslená přechodová charakteristika přenosu řízení v odezvě na jednotkový skok v hydraulickém modelu.

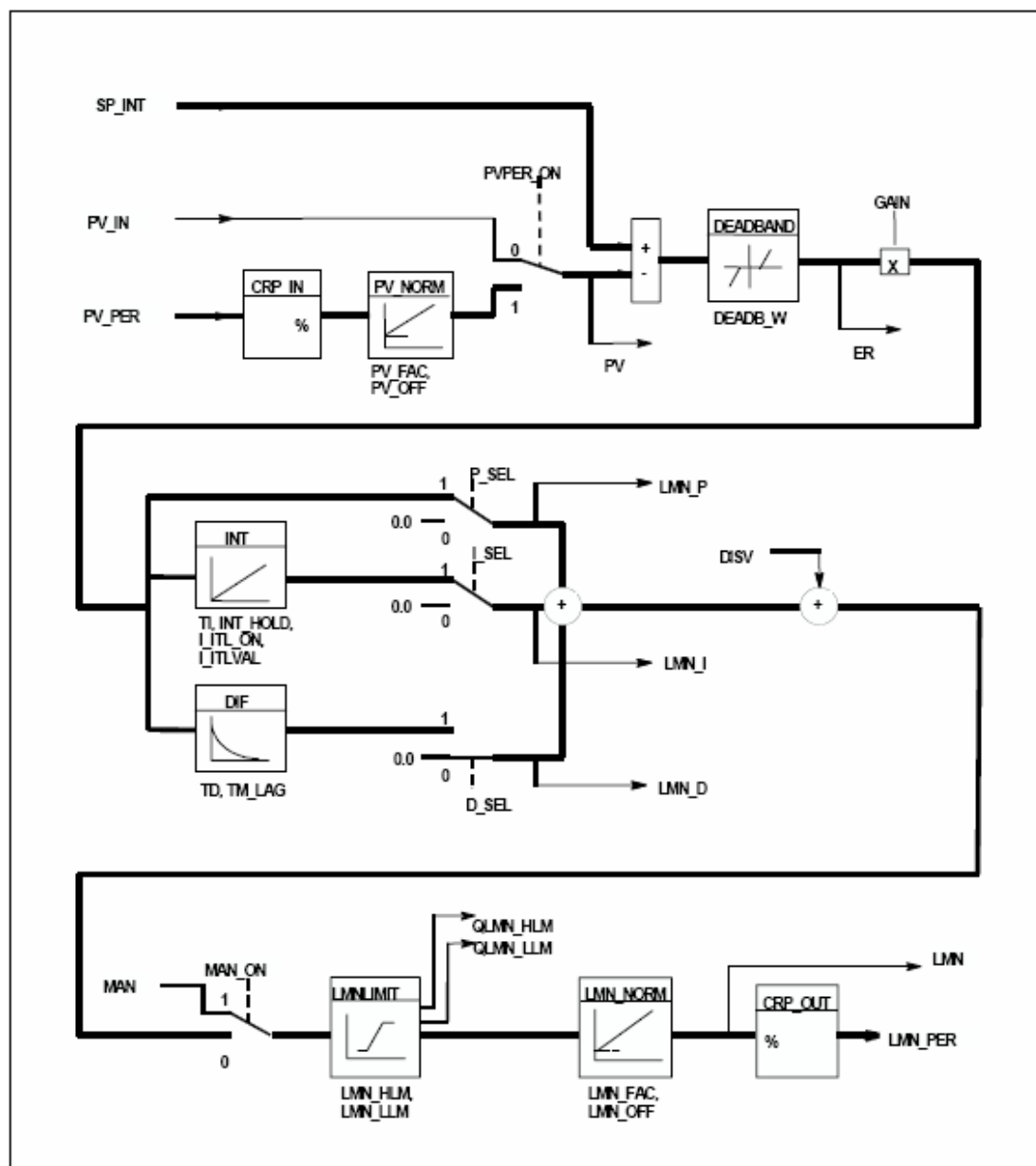


Obrázek 7: Přechodová charakteristika přenosu řízení

Z obrázku je vidět, že se jedná o přenos setrvačného članku. Amplitudová bezpečnost dosahuje velkých hodnot, která se nemění při změně zesílení regulátoru. Fázová bezpečnost má velice malou hodnotu. Hodnota zesílení K_R regulátoru je volena především s ohledem na rychlost přechodového děje. Z obrázku je vidět, že křivka přechodové charakteristiky se ustálí na hodnotě jedna po uplynutí doby přibližně dvou sekund, tedy doby kdy by mělo dojít k vyregulování regulační odchylky.

4.3 FUNKČNÍ BLOK FB41

Funkční blok FB41 pracuje na principu PID algoritmu. Je to tedy diskretní regulátor integrován do programového prostředí Step7. Tímto funkčním blokem je možné vytvářet P,I,D PI a PD regulátory. Funkční blokové schéma je zobrazeno na obrázku č.8



Obrázek 8: Blokové schéma FB41 [3]

4.3.1 Vstupní parametry FB41

Název	Typ dat	Rozsah	Přednastavení	Popis
COM_RST	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART Bude-li tento parametr ve stavu true bude PID regulátor resetován a nastaven na přednastavené (inicializační) hodnoty,
MAN_ON	BOOL		TRUE	MANUAL VALUE ON Pokud je tento parametr nastaven na hodnotu true je proces činnosti regulátoru zastavena a aktivuje se manuální řízení
PVPER	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERAL ON Nastavením tohoto parametru na hodnotu true je možno provádět čtení přes vstup PV_PER
P_SEL	BOOL		TRUE	PROPORTIONAL ACTION ON Parametr ve stavu true aktivuje (zařadí) P složku regulátoru
I_SEL	BOOL		TRUE	INTEGRAL ACTION ON Parametr ve stavu true aktivuje (zařadí) I složku regulátoru
INT_HOLD	BOOL		FALSE	INTEGRAL ACTION HOLD Výstup z I regulátoru bude nastaven (uchován) na konstantní hodnotě pokud bude tento parametr ve stavu true
I_ITL_ON	BOOL		FALSE	INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION Výstup integrátoru může být připojen na I_ITL_VAL nastavením parametru I_ITL_ON jako true
D_SEL	BOOL		FALSE	DERIVATIVE ACTION ON Parametr ve stavu true aktivuje (zařadí) D složku regulátoru
CYCLE	TIME	≤1ms	T#1s	SAMPLING TIME Čas mezi voláním jednotlivých bloků PID regulátoru musí být konstantní. Tímto parametrem nastavíme pravidelné volání bloků PID regulátoru v určitém časovém intervalu (čas vzorkování)
SP_INT	REAL	-100,0...100,0 nebo fyzická hodnota	0,0	INTERNAL SETPOINT Vstup pro žádanou veličinu
PV_IN	REAL	-100,0...100,0 nebo fyzická hodnota	0,0	PROCESS VARIABLE IN Na tento vstup se připojí regulovaná (procesní veličina)
PV_PER	WORD		W#16#0000	PROCESS VARIABLE PERIPHERAL Regulované (procesní) hodnota čtená z I/O periferie se přivádí na tento vstup
MAN	REAL	-100,0...100,0 nebo fyzická hodnota	0,0	MANUAL VALUE Tento vstup je použit pro zadání hodnoty akční veličiny v manuálního režimu PID regulátoru dle požadavků operátora.

Tabulka 4: Vstupní parametry I. [3]

Název	Typ dat	Rozsah	Přednastavení	Popis
GAIN	REAL		2,0	PROPORTIONAL GAIN Parametr určující hodnotu proporcionálního zesílení K_R regulátoru
TI	TIME	\geq CYCLE	T#20s	RESET TIME Určuje hodnotu integrační časové konstanty T_I regulátoru
TD	TIME	\geq CYCLE	T#10s	DERIVATIVE TIME Určuje hodnotu derivační časové konstanty T_D regulátoru
TM_LAG	TIME	\geq CYCLE/2	T#2s	TIME LAG OF THE DERIVATIVE ACTION Algoritmus D členu obsahuje derivační zpoždění, které může být přiřazeno touto proměnnou.
DEADB_W	REAL	\geq 0,0(%) nebo fyzická hodnota	0,0	DEAD BAND WIDTH Nastavením tohoto parametru definujeme pásmo necitlivosti regulační odchylky.
LMN_HLM	REAL	LMN_LLM...100,0(%) nebo fyzická hodnota	100,0	MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT Určí horní limit akční veličiny PID regulátoru (maximální hodnota, která vystupuje z PID regulátoru)
LMN_LLM	REAL	100,0...LMN_HLM(%) nebo fyzická hodnota	0,0	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT Určí dolní limit akční veličiny PID regulátoru (minimální hodnota, která vystupuje z PID regulátoru)
PV_FAC	REAL		1,0	PROCESS VARIABLE FACTOR Parametr udávající řádový rozsah regulované (procesní) veličiny na vstupu PID regulátoru
PV_OFF	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE OFFSET Připočte k regulované (procesní) veličině konstantní hodnotu (offset)
LMN_FAC	REAL		1,0	MANIPULATED VALUE FACTOR Udává řádový rozsah akční veličiny na výstupu PID regulátoru
LMN_OFF	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE OFFSET Připočte k akční veličině konstantní hodnotu (offset) na výstupu PID regulátoru
I_ITLVAL	REAL	-100,0...100,0 nebo fyzická hodnota	0,0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION Výstup z integrátoru může být nastaven vstupem I_ITL_ON (true), tím se na výstup integrátoru dostane právě hodnota I_ITLVAL
DISV	REAL	-100,0...100,0 nebo fyzická hodnota	0,0	DISTURBANCE VARIABLE Na tento vstup se připojuje poruchová veličina

Tabulka 5: Vstupní parametry II. [3]

SP_INT vstup je uváděn ve formátu floating point. PV_IN je vstup pro regulovanou (procesní) hodnotu, je uváděn rovněž ve formátu floating point. PV_PER vstup pro normovanou regulovanou (procesní) hodnotu, která je načítána z I/O periferních zařízení, například modul pro analogové výstupy, tato hodnota a je porovnávána s žádanou hodnotou. CRP_IN blok převádí normovanou hodnotu z PV_PER do formátu floating point v rozsahu –100 až 100 následujícím způsobem:

$$\text{Výstup z } CRP_IN = PV_PER \cdot \frac{100}{27648}$$

Tato hodnota vstupuje do následujícího bloku PV_NORM, ze kterého je pak výstup získán následujícím převodem :

$$\text{Výstup z } PV_NORM = (\text{výstup z } CRP_IN) \cdot PV_FAC + PV_OFF$$

Ze vzorce je vidět, že lze zvolit řád normovaného čísla (PV_FAC) a posun offsetu (PV_OFF), lze tedy posunovat s rozsahem regulované veličiny. Blokem (DEADBAND) můžeme nastavit necitlivost regulační odchylky regulátoru, nebo-li při jaké procentní změně regulační odchylky začne PID blok vykonávat regulaci. Zesílení regulátoru se nastavuje parametrem GAIN . Jednotlivé bloky P,I a D regulátoru se aktivují pomocí parametrů P_SEL, I_SEL a D_SEL, jejichž hodnoty se při zařazení do regulačního procesu nastaví na true. Parametrem MAN_ON se aktivuje režim manuálního řízení regulátoru, kdy vstupem MAN se zadává akční veličina na výstup regulátoru.[3]

4.3.2 Výstupní parametry FB41

Název	Typ dat	Rozsah	Přednastavení	Popis
LMN	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE Přímý výstup z PID regulátoru, akční veličina
LMN_PER	WORD		W#16#0000	MANIPULATED VALUE PERIPHERAL Normovaný výstup z PID regulátoru je-li zpracovávána hodnota z I/O periferie. Je-li na vstup PV_PER přivedena regulovaná (procesní) hodnota z I/O periferii
QLMN_HLM	BOOL		FALSE	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED Akční veličina je většinou limitována horním a dolním limitem. Je-li nastavena LMN_HLM a je-li překročena => QLMN_HLM = TRUE.

Tabulka 6: Výstupní parametry I. [3]

Název	Typ dat	Rozsah	Přednastavení	Popis
QLMN_LLM	BOOL		FALSE	LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED Akční veličina je většinou limitována horním a dolním limitem. Je-li nastavena LMN_LLM a je-li překročena => QLMN_LLM = TRUE.
LMN_P	REAL		0,0	PROPORTIONAL COMPONENT Tímto výstupem lze získat samotnou proporcionální hodnotu akční veličiny.
LMN_I	REAL		0,0	INTEGRAL COMPONENT Tímto výstupem lze získat samotnou integrační hodnotu akční veličiny
LMN_D	REAL		0,0	DERIVATIVE COMPONENT Tímto výstupem lze získat samotnou derivační hodnotu akční veličiny
PV	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE Výstup pomocí kterého lze sledovat regulovanou (procesní) hodnotu přivedenou na vstupy (PV_IN, PV_PER) regulátoru
ER	REAL		0,0	ERROR SIGNAL Výstup pomocí kterého lze sledovat regulační odchylku

Tabulka 7: Výstupní parametry II. [3]

LMN je výstupem akční veličiny, je to tedy přímý výstup z regulátoru, je vyjádřen ve formátu floating point. Výstupem LMN_P je možno sledovat hodnotu akční veličiny samotné P složky regulátoru, rovněž výstupy LMN_I a LMN_D lze sledovat hodnoty akčních veličin samotné I a D složky regulátoru. LMN_PER je výstup normované akční veličiny, pomocí níž se akční veličina zavádí na I/O periferní zařízení. Hodnota akční veličiny je upravená limitním blokem LMNLIMIT. Výstup tohoto bloku je přiveden na vstup bloku LMN_NORM jehož výstupem je přímý výstup LMN. Převod akční veličiny přes tyto bloky je následující:

$$LMN = (\text{výstup z LMNLIMIT}) \cdot LMN_FAC + LMN_OFF$$

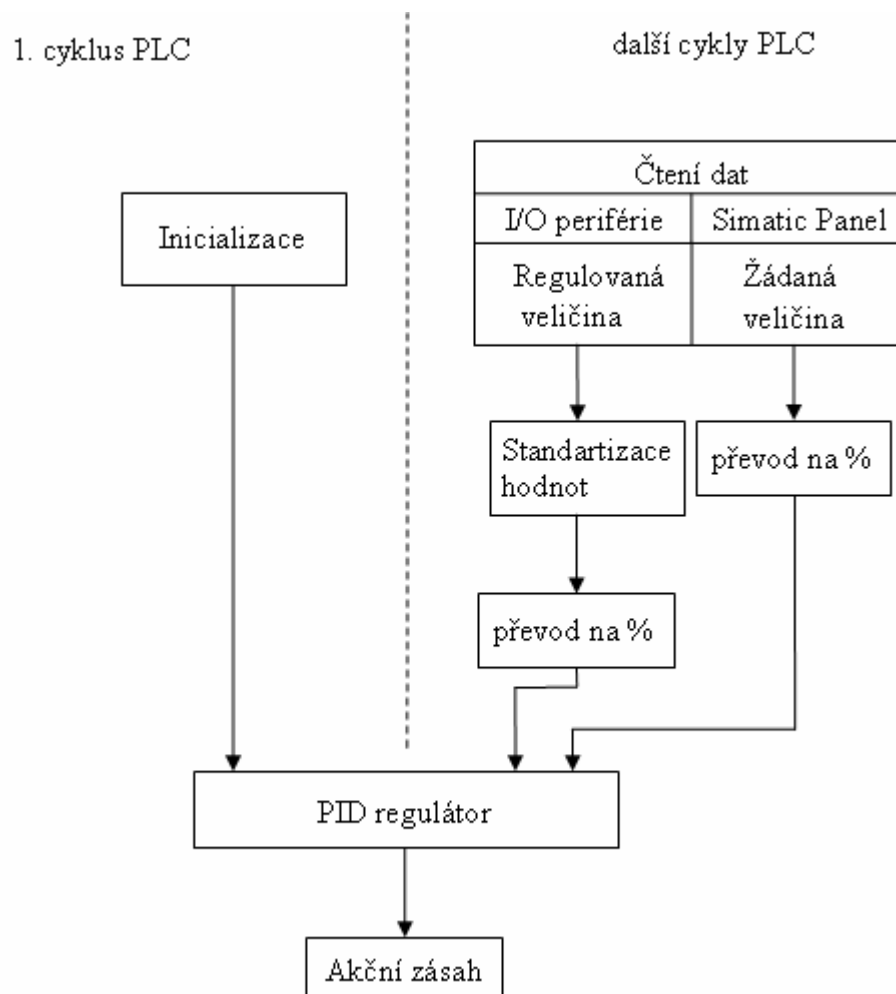
Normovaná akční veličina na výstupu LMN_PER je formulována následující matematickou úpravou přes blok CRP_OUT:

$$LMN_PER = LMN \cdot \frac{27648}{100}$$

Parametry LMN_FAC a LMN_OFF mají analogický význam jako PV_FAC a PV_OFF. [3]

4.4 PROGRAM

Na následujícím obrázku č.9 je zakreslen vývojový diagram programu, pomoci něhož je realizovaná regulace průtoku v hydraulickém modelu.



Obrázek 9: Vývojový diagram

V prvním pracovním cyklu PLC dojde k inicializaci parametru PID regulátoru. Inicializace je provedena v bloku OB100, který je vždy volán na začátku, tedy v prvním pracovním cyklu PLC vždy po jeho po zapnutí. V dalších cyklech je volán blok OB35 v pravidelných intervalech přerušení, hodnota těchto intervalu se dá nastavit v hardwarovém vybavení PLC. V případě kdy je blokem OB35 volán funkční blok FB41 (PID regulátor) je snaha nastavit co nejkratší časový interval

volání a to z důvodu co nejrychlejšího vyregulování regulační odchylky v čase. Nejkratší možná doba volání bloku OB35, která lze nastavit je hodnota 100 ms. S tímto časovým intervalem je synchronní i parametr CYCLE PID regulátoru, tím je zaručeno, že čtení dat na vstupech i následné zpracování těchto dat bude provedeno v jednom pracovním cyklu programovatelného automatu.

V každém dalším cyklu programovatelného automatu jsou čtena data na vstupech, ať už přes I/O periférie v podobě analogové karty přes kterou se měří průtok v hlavní větvi (regulovaná veličina) nebo zadáváním hodnot požadovaného průtoku (žádaná veličina) přes Simatic panel OP 270 připojeném na Profibusu DP. Hodnoty z analogové karty musí být převedeny na digitální prezentaci hodnot. Musí se tedy provést standardizace analogových hodnot. Následně jsou hodnoty průtoku převedeny na procentuální vyjádření. Kdy 100% odpovídá hodnotě průtoku 3,487 l/min což je maximální možný průtok vedlejší větvi, pokud dojde k úplnému uzavření regulačního ventilu ve vedlejší větvi, vzroste v hlavní větvi průtok právě o tuto hodnotu. Takhle transformované hodnoty průtoku se následně vyhodnotí v bloku PID regulátoru, který v reakci na velikost regulační odchylky provede akční zásah.

Zdrojový kód je přiložen v elektronické příloze na CD.

5. AKČNÍ ČLEN

Akční člen je tvořen elektropneumatickým pozicionérem SIPART PS2 PA a průtokovým ventilem BR 11.

5.1 POPIS SPART PS2

Jedná se o digitální přístroj s mikroprocesorem o velké integraci, který komunikuje prostřednictvím rozhraní Profibus PA s řídicím PLC automatem. Je určen k ovládání koncového akčního prvku pneumatických lineárních pohonů. Pozicionér působí prostřednictvím tyčového jezdce (po dráze 20 mm) na lineárně uzavíratelný mechanismus ventilu BR11.

Úkolem elektropneumatického pozicionéru polohy je udržovat uzavírací prvek ventilu v požadované poloze. Přitom musí být možné nastavit ventil do bezpečné polohy a popřípadě také zvládnout situaci při jeho zablokování.

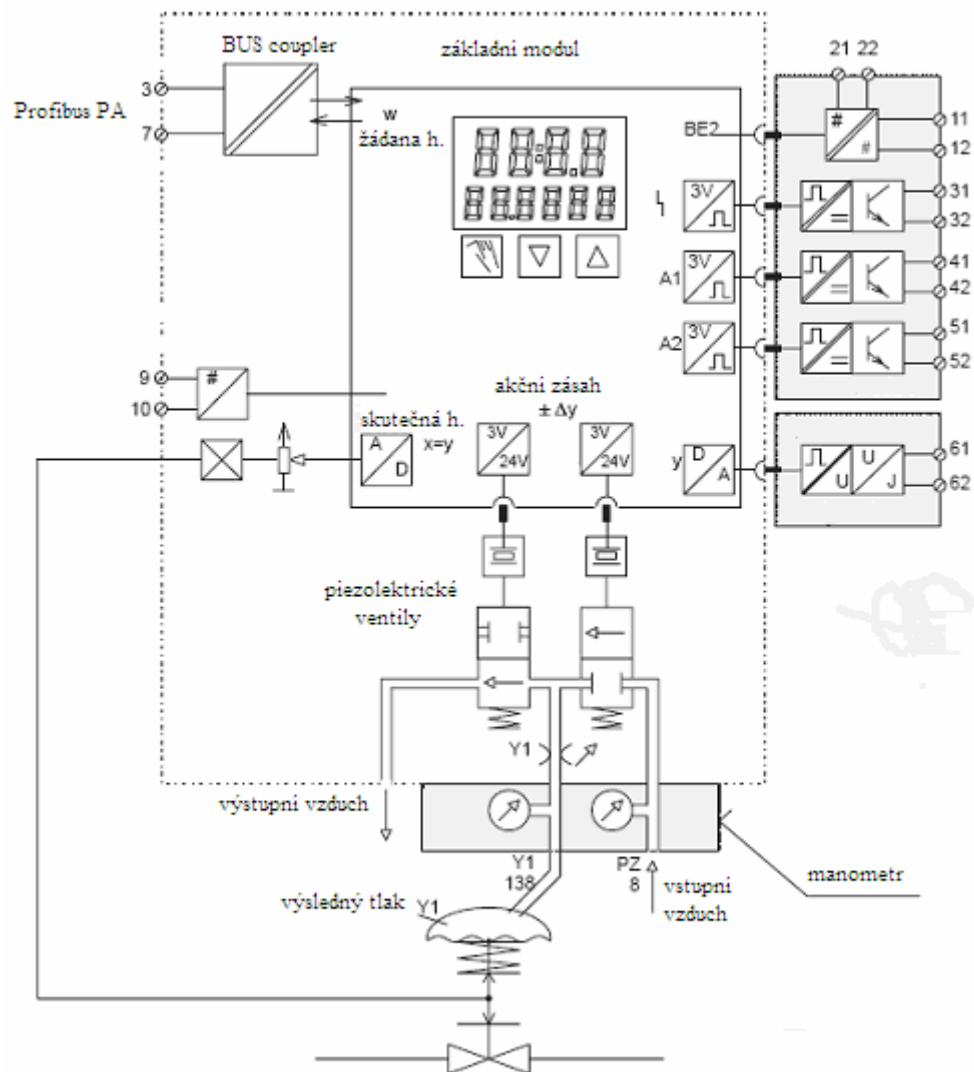
Výhodou pozicionéru je vestavěný mikroprocesor, který při inicializaci automaticky určí nulu a maximální hodnotu výchylky, směr chodu a rychlost pohybu pohonu ventilu. S použitím těchto hodnot pak stanoví minimální dobu trvání pulsu a hysterezi, čímž optimalizuje řízení. Obsluhu dále zjednodušují dostupné volitelné i volně programovatelné charakteristiky ventilů. Polohu ventilu lze nastavovat jak automaticky tak i ručně pomocí displeje a klávesnice. [5]

5.2 PRINCIP ČINNOSTI

Pozicionér společně s ventilem vytvářejí uzavřenou regulační smyčku. Elektrickými signály je reprezentována požadovaná poloha ventilu w , tak i skutečná poloha ventilu x . Tyto dvě hodnoty se spolu porovnávají prostřednictvím mikroprocesoru, který podle velikosti a povahy zjištěného rozdílu (regulační odchylky) vydá přes pěticestý přepínač akční zásah $\pm\Delta y$ piezoelektrickým ventilům regulujícím přítok vzduchu do komor pneumatického pohonu. Piezoelektrický ventil převede akční zásah na odpovídající změnu tlaku v pohonu. [6]

Je-li regulační odchylka velká (nacházející se v tzv. vysokorychlostní zóně), je výstupem regulátoru polohy spojitý signál. Při menší regulační odchylce (v

nízkorychlostní zóně) vysílá regulátor polohy sled pulsů. V případě malé regulační odchylky (v adaptivním pásmu nebo v proměnném pásmu hystereze) není na výstupu z regulátoru signál žádný. Zdroj napájení pozicionéru v síti Profibus je realizován pomocí dvou vodičového kabelu sběrnice. Pozicionér je vyroben v provedení pro jednočinné pohony. V provedení pro jednočinné pohony je přes jednu tlakovou komoru přiváděn a odváděn stlačený plyn (vzduch) řízeny pomocí piezoelektrických ventilů. Výsledný tlak působí na membránu uvnitř tlakové komory, která je také vystavená opačně orientovaným silovým účinkům pružiny působící rovněž na membránu. Blokovoé diagram je na obrázku č. 10. [6]



Obrázek 10: blokovoé schéma [6]

5.3 DIAGNOSTICKÁ DATA

Při vzájemné komunikace pozincionéru s PLC automatem po sběrnice dochází k výměně dat pro čtení, zápis a diagnostiku stavu pozincionéru. Tyto data jsou uvedeny v tabulce č.8. Kolonka vstup/výstup je uvažována ze strany pozincionéru. [6]

název	zkratka	vstup/výstup	délka v bytech	složení
Setpoint	SP	vstup	5	hodnota/Stav
Readback	RB	výstup	5	hodnota/Stav
Position Discrete	POS_D	výstup	2	hodnota/Stav
Checkback	CB	výstup	3	Hodnota

Tabulka 8: Diagnostická data [6]

Stav (Stavový byte) je údaj , který posuzuje kvalitu vstupních a výstupních informací. Stav má datovou hodnotu o velikosti 1 bytu, který sebou přenáší tři druhy informací ohledně přenášených hodnot vstupu a výstupu. V následujícím tabulce 9 je uvedeno schéma bitového rozdělení Stavového bytu. [6]

7	6	5	4	3	2	1	0
kvalita		další informace				mezní bitová hodnota	

Tabulka 9: Stavový byte [6]

Jednotlivé hodnoty stavů a význam stavů pro bity 6 a 7, což je vyjádření kvality a bity 0 a 1 což je mezní bitová hodnota jsou uvedeny v tabulce č.10 V tabulce č. 11 jsou pak uvedeny hodnoty stavů pro pro bitovou oblast 2 až 5 bitu, tedy bitová oblast s názvem další informace, která v sobě nese rozšiřující údaje o kvalitě přenosu. [6]

hodnota stavu	Význam	
	kvalita	mezní bitová hodnota
0	špatná	Dobrá
1	nejistá	dolní bitová mez
2	dobrá	horní bitová mez
3		nezjištěno, nenaměřená

Tabulka 10: Význam Stavového bytu I. [6]

7	6	5	4	3	2	mezní bitová hodnota	význam
0	0	0	0	0	0		Špatná
0	0	0	0	1	1		chyba zařízení
0	0	0	1	0	0		porucha snímače
0	0	0	1	1	1		špatná, mimo provoz
0	1	0	0	0	0		Neurčitá
0	1	0	0	0	1		neurčitá, poslední užitá hodnota
0	1	0	0	1	0		neurčitá, substituovaná hodnota
0	1	0	0	1	1		neurčitá, počáteční hodnota
1	0	0	0	0	0		Dobrá
1	0	0	0	0	1		dobrá, aktivní alarm blok
1	0	1	0	0	0		dobrá, přechod do bezpečné polohy (příkaz)

Tabulka 11: Význam Stavového bytu II. [6]

Setpoint je údaj pomoci něhož nastavujeme procentuálně pozici ventilu, je nastavována v rozsahu 0% (uzavřený ventil) až 100 % (otevřený ventil). Číselný formát je uváděn v datovém formátu floating point. Délka 4 bytu je vyhrazena pro hodnotu pomoci níž nastavujeme pozici ventilu, zbylý 1 byte je vyhrazen pro Stavový byte. [6]

Readback indikuje skutečnou pozici ventilu rovněž vyjádřenou procentuálně. Tato hodnota je uváděna v datovém formátu floating point. 4 byte jsou vyhrazeny pro indikovanou pozici ventilu, zbylý 1 byte je vyhrazen pro Stavový byte. [6]

Position Discrete indikuje pozici ventilu v omezené míře údajů, tato pozice je vyjádřena pomoci 1 bytu. Jednotlivé stavy a význam stavů je uveden v tabulce č. 12

hodnota stavu	význam
0	nečinnost ventilu
1	ventil plně uzavřen
2	ventil plně otevřen
3	ventil se otevírá

Tabulka 12: Význam Position Discrete [6]

Position Discrete taky obsahuje informaci o pracovní stavu ventilu v hodnotě 1 bytu. [6]

Údaj Checkback zobrazuje diagnostické informaci bitově kódované v 3 bytech. V tabulce č. 13 je uveden výčet a význam jednotlivých bitových kombinací s následnou diagnostickou informací. [6]

Byte	bit	Význam pro "1"
0	0	zařízení se nachází v bezpečné poloze
	1	žádost pro místní (manuální) provoz
	2	zařízení se nachází v manuálním provozu
	3	Signalizace nouzového provozu
	4	nenadály stav řízení
	5	neuplné otevření ventilu v koncové pozici
	6	neuplné zavření ventilu v koncové pozici
	7	promlčení doby v řízení
1	0	ventil je otevřen
	1	ventil je uzavřen
	2	změna parametrů
	3	probíhající simulace
	4	Chyba
	5	Chyba v řízení
	6	nečinnosti řízení
	7	aktivní bezčnostní stav
2	0	Path integral exceeded
	1	Additional input active ()
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	

Tabulka 13: Význam Checkback [6]

Pro nastavení komunikace automatického módu pozicioneru je třeba nastavit ve stavovém bytu Setpointu hexadecimální hodnotu 80, což je nezbytné proto aby mohl pozicioner pracovat v tomto módu během regulačního procesu nastavování akční veličiny. Hexadecimální hodnota 80 je dle bitového kódování Stavového bytu vyjádřena jako bezproblémová („dobrá“) komunikace mezi PLC a pozicionerem.

Pro sledování chování pozicioneru během pracovního režimu regulace jsou diagnostické informace zobrazovány prostřednictvím VAT tabulek v programovém prostředí Step 7.

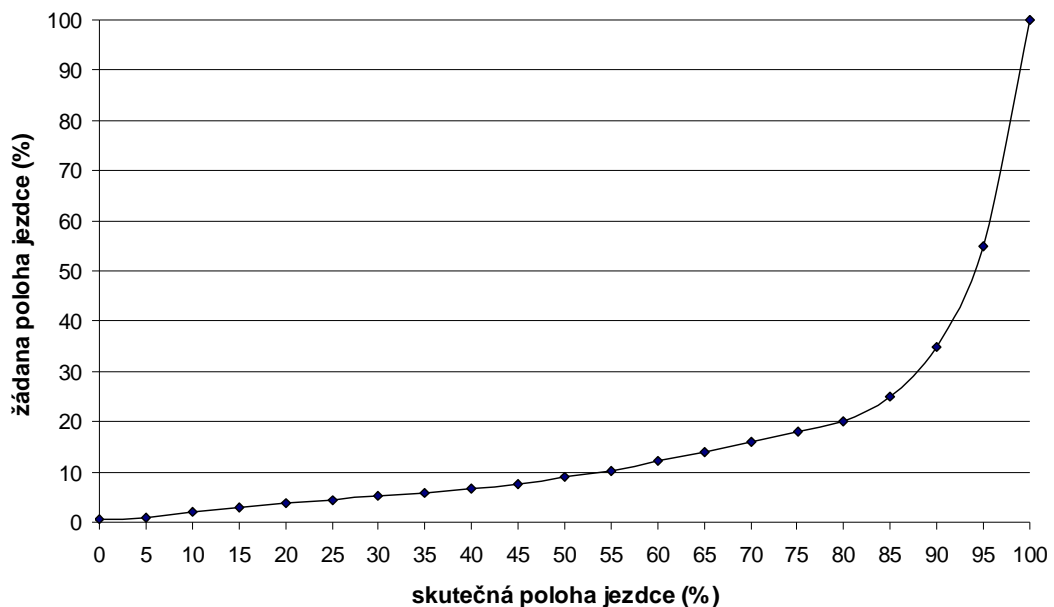
5.4 PŘEVODNÍ CHARAKTERISTIKA

Jako médium regulované pozicionerem může být použita kapalina nebo plyn. Jelikož změna pozice tyčového jezdce nebo-li otevření či uzavření ventilu

nemusí být lineární vzhledem ke změně hodnoty regulovaného média v potrubí je pozincioner vybaven funkcí nastavení závislosti převodní charakteristiky mezi žádanou polohou jezdce a skutečnou polohou jezdce. Z tohoto důvodu je pozincioner vybaven předem nadefinovanými průběhy převodních charakteristik a to jak exponenciálních tak i hyperbolických tvarů. Nabízí se i možnost vytvoření vlastního tvaru charakteristiky. Takovou charakteristiku pak lze nadefinovat pomocí 20 bodů vždy v rozmezí 5% procent od 0% (zavřený ventil) do 100% (otevřený ventil). [6]

Jelikož při uzavírání nebo otevírání regulačního ventilu ve vedlejší větvi hydraulického modelu není změna průtoku v hlavní větvi přímo úměrná změně pozici tyčového jezdce regulačního ventilu je nezbytné provést definici vlastního tvaru převodní charakteristiky. Návrh této charakteristiky je proveden empiricky. Takto sestrojená převodní charakteristika zobrazena na obrázku č. 11.

Převodní charakteristika



Obrázek 11: Převodní charakteristika

Na ose y je vyjádřena hodnota žádané polohy jezdce v procentech což odpovídá hodnotě Setpointu nastavovaného na pozincioneru. S tím souvisí i lineární závislost průtokového množství vody na hodnotě žádané polohy jezdce (Setpointu),

například při hodnotě 50% žádané polohy jezdce je průtok ve vedlejší větvi poloviční, tedy hodnota průtoku je 1,74 l/min, což se projeví nárůstem průtokového množství vody v hlavní větvi právě o tuto hodnotu. Uzavřený ventil je vyjádřen hodnotou 0% žádané polohy jezdce což odpovídá průtoku 0 l/min, zatímco při hodnotě 100% žádané polohy jezdce, kdy je ventil úplně otevřen je průtok ve vedlejší větvi hydraulického modelu v množství 3,487 l/min. Pomocí převodní charakteristiky je žádaná poloha jezdce převedena na skutečnou polohu jezdce. Například pokud je žádaná pozice jezdce nastavena na hodnotu 50% je ventil otevřen ve skutečnosti z 93%.

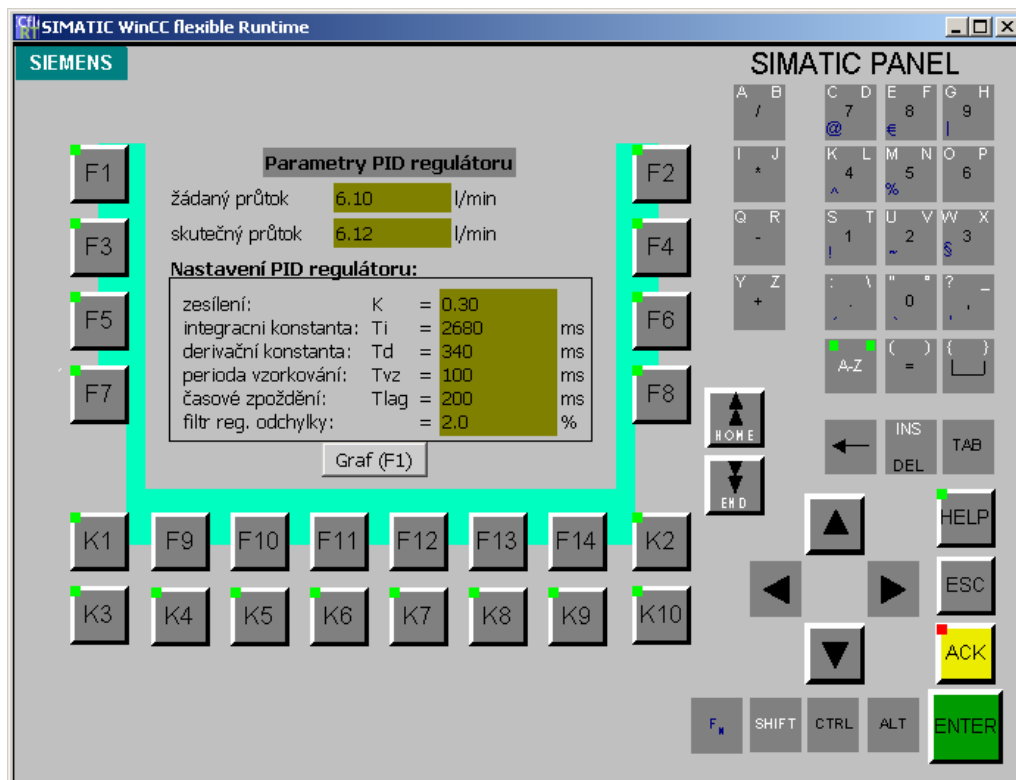
6. VIZUALIZACE

6.1 OPERÁTORSKÝ PANEL

Pro vizualizaci je použit operátorský panel Simatic Panel OP270 pomocí něž můžeme sledovat nebo vstupovat přímo do technologických procesů v průmyslové výrobě. Prostřednictvím softwaru WinCC lze vytvářet a následně nahrávat programovou vizualizaci technologického procesu do tohoto operátorského panelu. Pomocí tagu lze přistupovat přímo z operátorského panelu k parametrům ovlivňujícím samotný technologický proces a měnit parametry v procesu. Lze naprogramovat hlášení kritických stavů v podobě alarmu, které budou poskytovat informace o překročení povolených mezí během provozu, čímž lze dosáhnout větší kvality z hlediska bezpečnosti provozu. Programové vybavení umožňuje i zavedení technologických předpisů pro výrobu, například míchací tanky s barvou s určitým množstvím dávkovaných složek jednotlivých barev. [7]

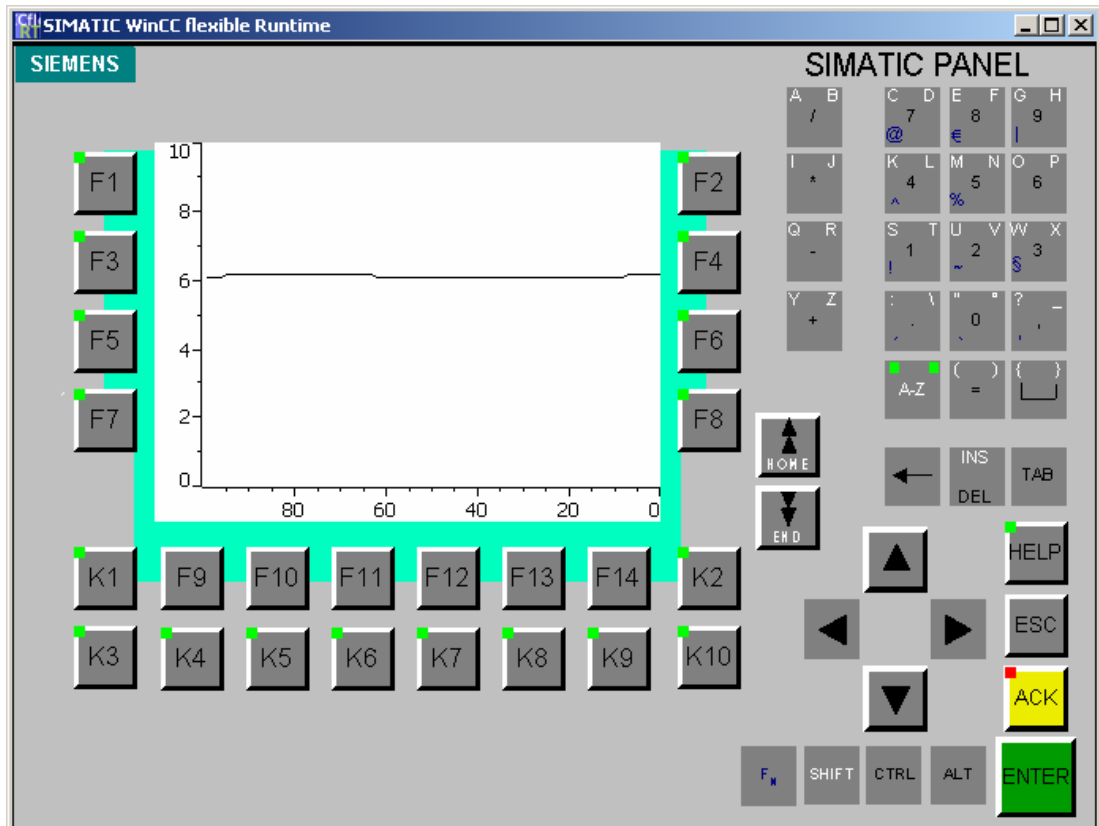
Z hlediska rozhraní je přímo v panelu integrované rozhraní Ethernetu a Profibusu. Pomocí Ethernetu je možné panel připojit do prostředí Internetu, což umožňuje vzdálené ovládní nebo údržbu z jakéhokoliv místa na světě. Panel je také vybaven rozhraním jako je USB, RS232 nebo LPT díky tomu lze k panelu připojit tiskárnu, klávesnici nebo myš. Výhodou je i to, že při výpadku napájení je zajištěno, že nedojde k ztrátě hlášení. [7]

Jelikož PID regulátor je naprogramován v jazyce STL v programovém prostředí Step7 a parametry regulátoru by se musely zadávat prostřednictvím kódu jazyka STL nabízí se možnost provedení vizualizace prostřednictvím operátorského panelu OP 270 a tím lepší přístup ze strany operátora. Vytvořil se proto pracovní screen se zobrazením parametrů PID regulátoru prostřednictvím něhož se zároveň dají měnit hodnoty parametrů regulátoru jako zesílení regulátoru, integrační a derivační časové konstanty, interval vzorkování nebo časové zpoždění. Tento screen je vyobrazen na obrázku č.12. Funkčním tlačítkem K10 při provozu dojde k vyvolání tohoto screenu. Kolonka žádaný a skutečný průtok zobrazuje hodnotu průtoku v hlavní větvi.



Obrázek 12: Screen PID regulátoru

Další screen s názvem Graf zobrazuje aktuální hodnotu průtoku v hlavní větvi hydraulického modelu v reálném čase. Hodnoty průtoku jsou vykreslovány v periodě 1 sekundy, tato hodnota se dá ovšem měnit. Na ose x je nastavené vykreslení spojnicové křivky v zobrazení sta bodů. Z hlediska záznamu a uložení naměřených dat (historogramu) nelze provést uložení jejich hodnot na disk PC. Důvod je chybějící HMI karta v PC. Případné uložení dat v paměti operátorského panelu je možné, ovšem získání těchto dat zpět z paměti panelu na jiné záznamové médium nelze provést z důvodu chybějících ovladačů k perifériím, konkrétně ovladače pro USB flash disky. Operačním systémem operátorského panelu je WinCE. Vyvolání tohoto screenu je umožněno stisknutím funkčního tlačítka F1 na panelu. Na obrázku č.13 je vyobrazení tohoto screenu.



Obrázek 13: Screen Graf

Na obrázku je zachycen moment, kdy se regulátor snaží vyregulovat regulační veličinu (průtok) na požadovanou (konstantní) hodnotu.

7. ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce bylo uskutečnit regulaci průtoku v laboratorním modelu hydraulického obvodu prostřednictvím vytvořeného PID regulátoru s využitím programovatelného automatu Simatic 300.

PID regulátor je realizován funkčním blokem FB41 v prostředí Step7. Hydraulický model je tvořen dvěma větvemi potrubí stejného průřezu tzv. hlavní a vedlejší větví. Ve vedlejší větví je umístěn akční člen v podobě regulačního ventilu jenž je pod dálkovou správou řídicího programovatelného automatu. V hlavní větví je umístěn senzor průtoku. Do obvodu je vháněna čerpadlem voda pod konstantním tlakem. Regulace se provádí na požadovanou hodnotu průtoku v hlavní větví omezením průtoku ve vedlejší větví prostřednictvím regulačního ventilu. Regulovaný rozsah průtoku v hlavní větví 3,487 l/ min.

Při návrhu PID regulátoru bylo nasnadě vycházet z metody Ziegler-Nicholse bez toho aniž by bylo nutné provést identifikaci regulované soustavy tedy hydraulického modelu. Podmínkou pro užití výše zmíněné metody bylo vybudit regulovaný obvod na mez stability což ovšem v tomto případě nebylo možné. Bylo tedy nezbytné provést identifikaci regulované soustavy. Identifikace byla provedena metodou profesora Strejce. Identifikací se bylo zjištěno, že se jedná o soustavu druhého řádu s různými časovými konstantami. Pokud by potrubí nebylo homogenní ve všech částech obvodu, tedy mělo by aspoň rozdílné průměry buď v hlavní nebo vedlejší větví, regulovaná soustava by byla vyššího řádu než druhého řádu.

Návrh regulátoru k soustavě byl proveden metodou geometrického místa kořene s důrazem kladeným především na dynamiku regulovaného obvodu z důvodu včasného akčního zásahu PID regulátoru obzvlášť při snaze provádět regulaci při relativně malé změně průtoku. Při měření senzorem průtoku v hlavní větví před a za bodem měření nemělo potrubí zcela vodorovný charakter v potřebné vzdálenosti od bodu měření, čímž mohlo dojít k poklesu kvality měření průtoku, což mělo taky vliv na regulační děj především při měření regulované hodnoty.

Programově byla regulace realizována v prostředí Step7. Pro snadný přístup k měřeným datům a parametrizaci PID regulátoru byla prostřednictvím

operátorského panelu udělaná vizualizace, která umožňuje sledovat a měnit parametry PID regulátoru a také sledovat aktuální hodnotu průtoku v reálném čase.

Výsledkem této bakalářské práce je v podstatě úsek v technologickém řetězci s funkcí regulace průtoku v potrubí, který by za určitých podmínek a rozšíření mohl simulovat například výplachové potrubí při čištění plnicích tanků.

8. LITERATURA

- [1] Ivan Švarc: Automatizace, Automatické řízení
- [2] Aproximace přechodových charakteristik metodou profesora Strejce
<http://www.fm.vslib.cz/~krtsub/fm/zsr/Strejce.pdf>
- [3] System Software for S7-300/400 System and Standard Functions
<http://support.automation.siemens.com>
- [4] Řízení a regulace I, Prof. Ing. Petr Vavříň DrSc., Ing. Petr Blaha Phd.
https://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/uamt/Rizeni_a_regulace_1_S.pdf
- [5] Elektropneumatický regulátor polohy Sipart PS2 číslo 2/2003
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28697
- [6] SIPART PS2 and PA - Electropneumatic Positioner for Linear and Rotary Actuators (6DR400x-xx / 6DR410x-xx)
<http://support.automation.siemens.com>
- [7] Simatic Panel OP270
<http://support.automation.siemens.com>

