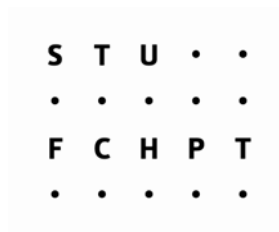


SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

FAKULTA CHEMICKEJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE

ÚSTAV INFORMATIZÁCIE, AUTOMATIZÁCIE A MATEMATIKY

ODDELENIE INFORMATIZÁCIE A RIADENIA PROCESOV



Diplomová Práca

**NÁVRH RIADENIA POMOCOUI RIADIACEHO SYSTÉMU
FOXBORO**

Vypracoval:

Bc. Tomáš Madzin

Vedúci diplomovej práce:

Ing. Branislav Smělík

Konzultant:

Ing. Katarína Vaneková

Bratislava 2007

Ústav: **Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky**

Oddelenie: **Oddelenie informatizácie a riadenia procesov**

Číslo: **18/ÚIAM/2007**

Vec: **Zadanie diplomovej práce**

Meno a priezvisko študenta: **Bc. Tomáš Madzin**

Meno a priezvisko vedúceho diplomovej práce: **Ing. Branislav Smělik**

Meno a priezvisko konzultanta diplomovej práce: **Ing. Katarína Vaneková**

Názov diplomovej práce:

Návrh riadenia pomocou riadiaceho systému Foxboro

Termín odovzdania diplomovej práce: **20. august 2007**

Diplomová práca sa odovzdáva v 3 exemplároch vedúcemu ústavu – oddelenia.

Bratislava, 21. máj 2007



Ing. Branislav Smělik
vedúci diplomovej práce



doc. Dr. Ing. Miroslav Fikar
riaditeľ ústavu



doc. Dr. Ing. Miroslav Fikar
vedúci oddelenia



prof. Ing. Dušan Bakoš, DrSc.
dekan

Pod'akovanie:

Chcel by som sa poďakovať vedúcemu diplomovej práce Ing. Branislavovi Smělkovi za pripomienky, cenné rady, ochotu a odborné vedenie. Zároveň by som sa chcel poďakovať Ing. Kataríne Vanekovej za cenné rady, pripomienky a spoluprácu.

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá návrhom riadenia sústavy 3.zásobníkov kvapaliny s poruchou pomocou riadiaceho systému Foxboro. Zásobníky sú naprogramované pomocou diferenciálnej rovnice 2.rádu a prenosu 1.rádu v integrovanom riadiacom konfigurátore. V sústave sa vyskytuje porucha, ktorá testuje, či ju navrhnuté regulátory dokážu odstrániť. Riadenou veličinou je výška hladiny v 3. zásobníku. Riadiacou veličinou v tejto sústave je prietok určený otvorením ventilu na vstupe do prvého zásobníka. Žiadaná hodnota a parametre regulátora sú nastavované pomocou prostredia Foxview. Jednotlivé typy riadenia sú posúdené pomocou integrálnych kritérií riadenia a pomocou vyhodnotenia v časovej oblasti.

Abstract

This diploma theses deals with the control of 3 fluid tanks in control system Foxboro. The fluid tanks are programmed in the integrated control configurator by the help of a differential equation of the 2nd order and a transfer function of the 1st order. A malfunction occurs in the system, so the system can be tested if it can remove the malfunction. The controlled value here is the tank level of the 3rd tank. The action value in this system is the flow determined by the valve opening at the beginning of the first tank. The setpoint value and the parameters of the regulator are sent to the regulator through Foxview environment. Control types are reviewed through integral criteria of control and time domain evaluation.

Obsah

1. ÚVOD	8
2. TEORETICKÁ ČASŤ	9
2.1 INTEGRATED CONTROL CONFIGURATOR	9
2.1.1 <i>Compoundy a bloky</i>	9
2.1.2 <i>Funkcie Compoundu</i>	10
2.1.3 <i>Bloky</i>	13
2.1.4 <i>Typy použitých blokov a popis ich parametrov</i>	15
2.2 RIADENÝ SYSTÉM	23
2.2.1 <i>Dynamický matematický model – DMM</i>	24
2.3 NÁVRH REGULÁTORA	26
3. PRAKTICKÁ ČASŤ	28
3.1 PRÁCA S PROGRAMOM	28
3.2 INTEGROVANÝ RIADIACI KONFIGURÁTOR – ICC	30
3.2.1 <i>Vloženie nového compoundu</i>	32
3.2.2 <i>Úprava parametrov compoundu</i>	32
3.2.3 <i>Funkcia Delete</i>	33
3.2.4 <i>Funkcia View_Blocks/ECB_in_this_Compound</i>	33
3.2.5 <i>Funkcia View Compound List</i>	34
3.2.6 <i>Funkcia Insert_New_Block/ECB</i>	34
3.2.7 <i>Funkcia Edit_All_Block/ECB_Parameters</i>	36
3.2.8 <i>Vytvorenie sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou riadených PID regulátorom v prostredí ICC</i>	37
3.3 VIZUALIZAČNÉ PROSTREDIE FOXDRAW	46
3.3.1 <i>Opis prostredia FOXDRAW</i>	46
3.3.2 <i>Vytvorenie sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou riadených PID regulátorom v prostredí FOXDRAW</i>	49
3.4 FOXSELECT	60
3.5 AIM ARCHIVE TOOLBOX (AIM AT)	62
3.5.1 <i>Historian Configurator</i>	63
3.5.2 <i>Historian Manager</i>	69
3.5.3 <i>AIM Historian Data Display</i>	71
3.6 RIADENIE SÚSTAVY 3 ZÁSOBNÍKOV KVAPALINY S PORUCHOU VO FOXBORO. 74	
3.7 NÁVRHY PARAMETROV REGULÁTORA	78
3.7.1 <i>Naslinova metóda návrhu parametrov regulátora</i>	78
3.7.2 <i>Strejcova metóda návrhu regulátora</i>	81
3.7.3 <i>Návrh regulátora metódou umiestnenia pólov</i>	86
3.8 POSÚDENIE KVALITY RIADENIA	89

4. ZÁVER.....	94
5. LITERATÚRA	96
6. PRÍLOHA-CD	

1. Úvod

V mojej diplomovej práci som sa zaoberal decentralizovaným riadiacim systémom Foxboro od firmy Invensys. Tento systém v súčasnosti patrí do skupiny najznámejších systémov, ktorých úlohou je efektívne riadenie technologických procesov. Efektívne riadenie procesov zlepšuje schopnosť predvídať, riadiť, reagovať na zmeny podmienok v systéme a maximálne tak využiť možnosti aké nám daný systém poskytuje. Správne riadenie procesov môže tiež zredukovať neefektívnosť daného procesu a chyby vyplývajúce z danej neefektívnosti, taktiež nám efektívne riadenie procesov umožňuje zvýšiť bezpečnosť nášho procesu. Riadiaci systém Foxboro I/A Series System bol vytvorený, aby spĺňal potreby automatizácie u komplikovaných integrovaných systémov, ktoré riadia kritické operácie, vyžadujú nepretržitú prevádzku a dokonalú bezpečnosť. Foxboro I/A Series System je kombináciou flexibility, bezpečnosti a vysokej úrovne zosieťovania. I/A Series siete ponúkajú plné riadenie a ochranu pred komunikáciou s chybnými bodmi siete. Systém otvorenej architektúry a zabudovanie priemyselných štandardov umožňujú určiť pre užívateľov najlepšiu stratégiu siete vzhľadom na ich informačné a riadiace požiadavky a ciele.

Cieľom diplomovej práce je prostredníctvom riadiaceho systému Foxboro navrhnuť riadenie zásobníkov kvapaliny, ktoré budú opísané pomocou diferenciálnej rovnice 2. rádu a pomocou prenosu 1. rádu s možnosťou zobrazenia žiadanej a výstupnej veličiny v závislosti od času vo forme trendového grafu. Riadenou veličinou je výška hladiny v treťom zásobníku. Riadiacou veličinou v tejto sústave je prietok určený otvorením ventilu na vstupe do prvého zásobníka. Riadenie sa vykonáva prostredníctvom PID regulátora. Cieľom tejto práce je aj posúdenie kvality regulácie. V navrhnutej sústave zásobníkov sa vyskytuje porucha, ktorá testuje, či navrhnuté regulátory dokážu odstrániť vplyv poruchy.

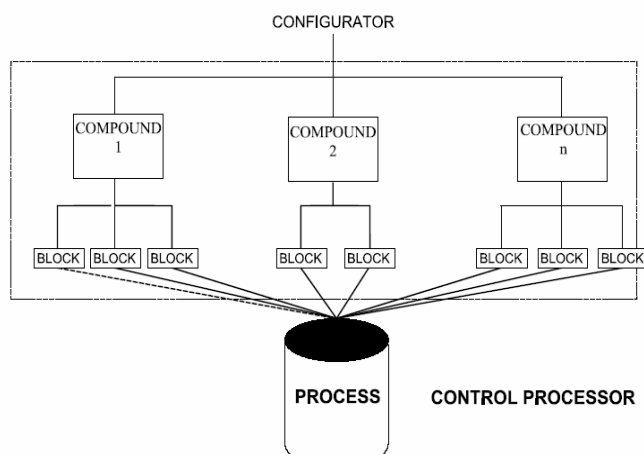
2. Teoretická časť

2.1 Integrated Control Configurator

Prostredie riadiaceho systému I/A Series je rozdelené na niekoľko úrovní, podľa zadaných prístupových práv. Najvyššia úroveň oprávnení – softvérový inžinier - umožňuje programovať riadiaci systém v prostredí integrovaného riadiaceho konfigurátora (Integrated Control Configurator – ICC). Komunikácia medzi zariadeniami a riadenie procesov pomocou I/A Series Systems je založené na princípe compoundov a blokov [1].

2.1.1 Compoundy a bloky

Compound je logický súbor blokov, ktoré vykonávajú riadiacu stratégiu. Blok je súčasťou súboru algoritmov, ktoré plnia riadiace úlohy v rámci štruktúry compoundu (obr. 2.1). V rámci systému môže byť ľubovoľný blok v compounde spojený s iným blokom v ľubovoľnom compounde. Bloky obsahujú parametre, ktoré môžu byť typu *real*, *boolean*, *packed boolean*, *boolean long*, *integer*, alebo *string* [1].



Obr. 2.1: Vzťah medzi compoundom a blokom

2.1.2 Funkcie Compoundu

Compound podporuje nasledujúce funkcie pre priradené bloky:

- prioritu, blokovanie a združovanie procesných alarmov
- sekvenčné overenie stavu (pri sekvenčnom riadení)
- fázovanie.

Pre compoundy platia určité pravidlá:

- viaceré compoundy môžu súčasne pracovať v rovnakej stanici
- compound môže existovať len v rámci jednej stanice
- bloky v rôznych compoundoch môžu byť navzájom prepojené
- každý compound musí mať jedinečné meno

Compound/Block fázovanie

Fázovanie dovoľuje posunúť alebo zdržať čas štartu compoundu alebo bloku. Fáza môže byť priradená ku každému compoundu použitím integer hodnoty, ktorá je kombinovaná s priradenou periódou

Compound atribúty

NAME užívateľom definované max. 12 znakové meno. Čísla (0-9), písmená (A-Z), a (_).

DESCRP 32-znakové pole pre užívateľskú identifikáciu.

ON parameter, ktorý umožňuje alebo zakazuje realizáciu všetkých blokov spolu s compoundom, kde:

- 0 = vypnuté
- 1 = zapnuté

Parametre compoundu/bloku

Parametre compoundu a bloku obsahujú hodnoty, ktoré sú typu *real*, *string*, *integer*, *short integer*, *long integer*, *boolean*, *packed boolean*, *packed long*, alebo *character*. Dodatočne sú parametre definované ako konfigurovateľné, tiež ako spojitelné/nastaviteľné, nespojitelné/nenastaviteľné alebo ako kombinácia, ktorá je závislá na stave compoundu alebo bloku.

Konfigurovateľné parametre

Konfigurovateľné parametre sú tie, ktoré môžu byť definované cez integrovaný riadiaci konfiguratör (Integrated Control Configurator - ICC). Mžu byť prístupné buď len na prezeranie, alebo na editovanie.

Parametre umožňujúce spojenie

Parametre umožňujúce spojenie sú tie z užívateľského rozhrania, ktoré umožňujú bezpečnosť a prepojenie v sieti staníc, alebo lokálne priame spojenie v rámci stanice. Každé spojenie sa skladá zo vstupu a výstupu. Výstupné parametre (všetky výstupy sú spojitelné) sú zdroje – vstupy, zatiaľ čo spojitelný vstup môže byť vstup, výstup alebo oboje. Niektoré parametre môžu byť stanovené ako vstupy do funkcií (ako SPT do PID bloku, RATIO do RATIO bloku) a sú nastaviteľné, ale nie spojitelné.

Vstupné parametre

Vstupné parametre sú spojitelného typu a prijímajú údaje pomocou definovanej cesty spojenia. Ak nie je cesta definovaná v konfigurácii, za aktuálnu hodnotu sa vkladá počiatočná hodnota, alebo hodnota nastavená v konfigurácii.

Výstupné parametre

Všetky výstupné parametre sú spojitelné zdroje údajov. Môžu byť typu:

- nastaviteľné
- nenastaviteľné

Parametre neumožňujúce spojenie

Nespojitelné parametre nenahrávajú žiadne údaje a nemajú definované linky. Sú to napr. premenné typu string ako je *NAME* alebo parametre v block options.

Staničný Compound/Block

Staničný compound obsahuje jeden staničný blok pre každú stanicu v systéme. Je inštalovaný v stanici automaticky, keď je načítaná databáza. Tento blok poskytuje ukladanie globálnych údajov pre staničné systémové funkcie. Poskytuje informácie o možnostiach stanice. Každý compound a blok má jedinečné meno v akejkoľvek I/A Series sieti, určené nasledovne, napríklad:

- compound meno - RIADZASOB
- blok meno - REG
- celá cesta - RIADZASOB:REG

Staničný compound a blok majú tieto obmedzenia:

- compound nemôže byť zmazaný alebo vypnutý
- blok nemôže byť zmazaný
- užívateľom vytvorený blok nemôže byť pridaný ku compoundu

Dynamické vkladanie výpočtov

Keď je stanica aktivovaná užívateľom, vykonáva viacero vkladáných výpočtov cez dynamický riadiaci procesor (dynamic control processor). Prvý výpočet je I/O Scan priradenie, druhý pre spojito pracujúce bloky, tretí pre sekvenčné výpočty. Keď je stanica inicializovaná, prepínač vkladáných výpočtov je automaticky nastavený na hodnotu *false* a zostáva v tomto stave počas normálnej operácie [1].

2.1.3 Bloky

Blok má jeden alebo viac vstupov a výstupov a vykonáva preddefinovanú procesnú funkciu. Funkcie bloku môžu byť spojité, sekvenčné a ladder logic a dajú sa kombinovať podľa potrieb.

Atribúty blokov

NAME užívateľom definované max. 12 znakové meno jednotné s compoundom. Čísla (0-9), písmená (A-Z), a (_).

TYPE v integrovanom riadiacom konfigurátore (ICC) užívateľ môže vložiť typ bloku priamo, alebo ho vyberie zo zoznamu blokov pomocou *SHOW* z lišty menu a výberu *BLOCK TYPE NAMES* z ponuky *SHOW*.

Prístup do blokov

Aby sa umožnil prístup k parametrom bloku v príslušnom compounde, treba použiť celú adresu: Compound:Block.Parameter. Spojenie medzi blokmi v rôznych compoundoch je možné realizovať týmto istým spôsobom nezávisle na tom, či compound je v tej istej alebo inej stanici.

Parametre blokov

Bloky tak ako aj compoundy obsahujú určité parametre, ktoré slúžia ako vstupy a výstupy.

Spoločné parametre

NAME je reťazec 12 znakov určených užívateľom, musí byť jedinečné vo vnútri compoundu. Používa sa k prístupu do bloku a jeho parametrov.

TYPE je meno určené systémom (do 6 znakov), identifikuje algoritmus riadiacej funkcie.

DESCRP je reťazec definovaný užívateľom (do 32 znakov), ktorý opisuje funkciu bloku.

PERIOD je vstupný nespojitelný parameter, stanovuje časovú bázu spracovania bloku.
Výnimka: bloky dátových premenných (napr. boolean, long, atď.).

MA je pripojiteľný boolean vstup, riadi operačný stav Manuál/Auto. Parameter *MA* môže mať nastavené hodnoty:

- 0 = Manual
- 1 = Auto

Výnimka: bloky dátových premenných a BLNALM.

INITMA spúšťanie Manuál/Auto označuje žiadaný stav vstupu *MA* počas inicializácie. Parameter *INITMA* môže mať nasledujúce hodnoty:

- 0 = Manual
- 1 = Auto
- 2 = Bez zmeny

Výnimka: bloky dátových premenných BLNALM.

LOOPID je konfigurovatelný reťazec (do 32 znakov), určuje obvod alebo proces, s ktorým je blok spojený. *Výnimka: bloky dátových premenných.*

OWNER je nastaviteľný reťazec (do 32 ASCII znakov), používa sa na stanovenie riadiacich blokov pre aplikácie. Pokusy nastaviť *OWNER* sú úspešné, iba ak je

súčasná hodnota *OWNER* nulový reťazec, reťazec prázdneho poľa, alebo je identická ako hodnota poslanej žiadosti. Inak je žiadosť odmietnutá s chybou „uzamknutý prístup“ (*LOCKED_ACCESS*). *OWNER* môže byť vynulovaný aplikáciou alebo nastavením nulovej hodnoty, hodnota je vždy akceptovaná. *Výnimka: bloky dátových premenných, AMSSEC, DSI, EVENT, FBTUNE a FFTUNE.*

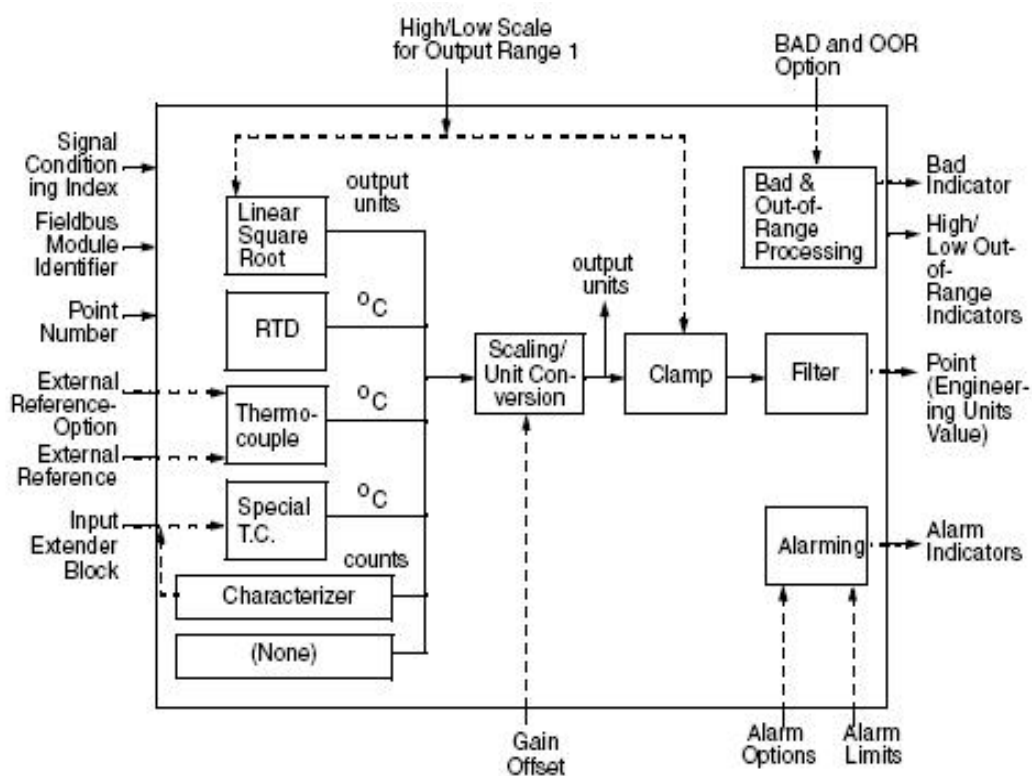
LOCKRQ žiadosť uzamknutia (Lock Request) je boolean vstup, nastavený ako *pravda (true)* alebo *nepravda (false)* iba pomocou prepínacieho kľúča *LOCK U/L* na obrazovke stanice. Ak je *LOCKRQ* nastavený ako *pravda (true)* a sprevádza identifikátor pracovnej stanice, nastavená požiadavka vstupuje do parametra bloku *LOCKID*. *LOCKRQ* môže byť nastavený ako *nepravda (false)* stanicou na základe prijatia nového *LOCKRQ* a nového identifikátora pracovnej stanice zapísaného do *LOCKID*. *Výnimka: AMSSEC, MSG, PLC a DCI.*

LOCKID označenie zamknutia je reťazec označujúci pracovnú stanicu, ktorá má uzamknutý prístup do bloku nastavením *LOCKRQ*. *Výnimka: AMSSEC, MSG, PLC a DCI [2].*

2.1.4 Typy použitých blokov a popis ich parametrov

Blok AIN

Blok AIN (Analog Input Block) prijíma vstupnú hodnotu buď z analógového zariadenia, zariadenia typu FBM (Field Bus Module), FBC (Fieldbus Card) alebo z iného bloku a konvertuje túto hodnotu do formy vhodnej pre použitie v kontrolnej stratégii I/A Series. Na obrázku 2.2 je zobrazený diagram bloku AIN.



Obr. 2.2: Diagram bloku AIN

Parametre bloku sú nasledujúce:

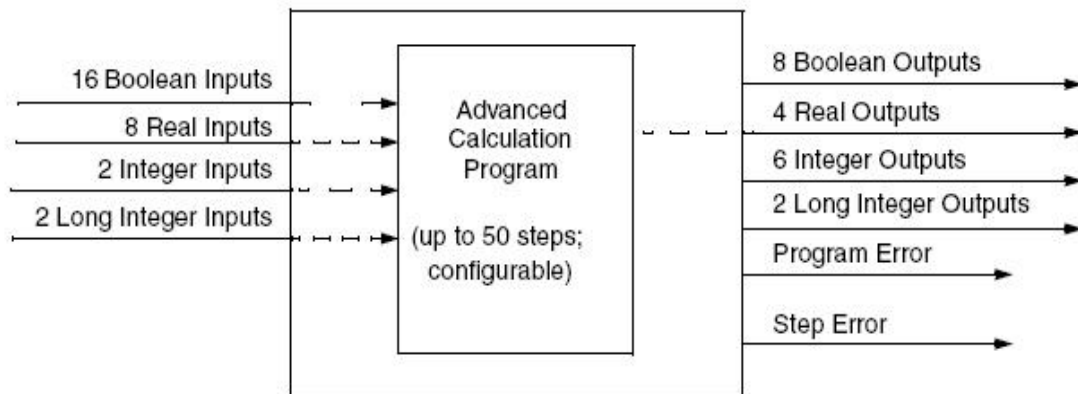
IOMOPT tento parameter špecifikuje, či pri danom procese existuje spojenie medzi blokom a FBM alebo FCB a ak nie, či má byť použitý ako vstupný signál alternatívny zdroj. Parameter *IOMOPT* môže mať nastavené hodnoty:

- 0 = AIN blok získava vstupné hodnoty od *MEAS* parametra a spracováva ich podľa toho, ako je nastavený parameter *SCI*.
- 1 = Blok získava vstupné hodnoty zo vstupných bodov FBM alebo FCB, ktoré sú dané parametrami *IOM_ID* and *PNT_NO*.
- 2 = Blok získava vstupné hodnoty od *MEAS* parametra a spracováva ich podľa parametrov *KSCALE*, *BSCALE*, *HSCO1*, *LSCO1* a *OSV*.

<i>MEAS</i>	parameter, ktorého hodnota je používaná ako vstup pre blokové operácie vtedy, ak parameter <i>IOMOPT</i> indikuje, že žiadny modul FBM alebo karta FBC nie je pripojená.
<i>FLOP</i>	parameter, ktorý špecifikuje aký typ filtrovania sa má použiť na signál predtým ako bude poslaný ako výstup <i>PNT</i> . <i>FLOP</i> môže mať nasledujúce hodnoty: <ul style="list-style-type: none">▪ 0 = žiadne filtrovanie▪ 1 = filtrovanie 1. rádu▪ 2 = filtrovanie Butterworth
<i>FTIM</i>	časová konštanta filtra predstavuje čas v minútach pre výstupnú hodnotu kým dosiahne určité percento konečnej hodnoty po skokovej zmene. Pre filter 1. rádu je to 63%, a pre filtrovanie Butterworth je to 50%.
<i>KSCALE</i>	je to parameter charakterizujúci zosilnenie.
<i>PNT</i>	parameter charakterizujúci výstup bloku. Reprezentuje analógový vstup po tom, ako boli uskutočnené všetky blokové operácie.

Blok CALCA

Blok CALCA poskytuje logické funkcie spolu s možnosťou aritmetických výpočtov v jednom integrovanom prostredí. Poskytuje väčšiu účinnosť vo viacerých matematických a logických príkazoch, čo vplýva na zmenšenie dĺžky programu viac ako trojnásobne oproti tomu istému výpočtu uskutočnenému v bloku CALC. Blok CALCA nepodporuje blokovanie reálnych výstupov, zatiaľ čo CALC ho podporuje. Vložený program je vykonávaný vždy, keď je vykonávaný blok CALCA. Na obrázku 2.3 je zobrazený diagram bloku CALCA.



Obr. 2.3: Blok CALCA diagram.

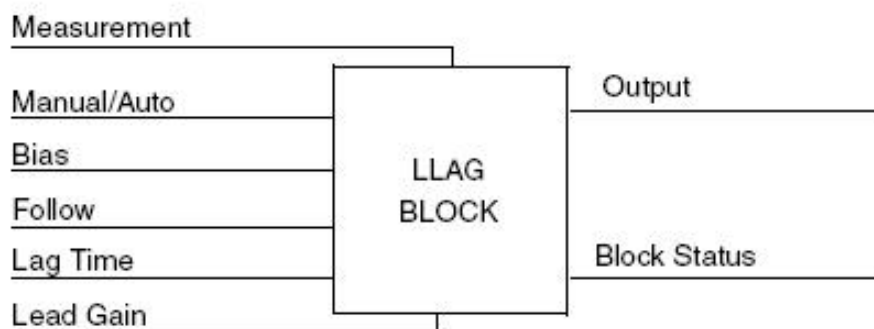
Blok LLAG

Blok LLAG dynamicky vyrovnáva zmeny v signály merania buď počiatočnou vyššou odozvou na vstup (lead), alebo pozvoľnou zmenou výstupu (lag), alebo oboma. Výstup má ustálený stav, ktorý sa mení so vstupom ak je blok v lead/lag móde. V impulznom móde má blok jednoduchý ustálený stav závislý iba od vstupu *BIAS*. Diagram bloku LLAG je zobrazený na obrázku 2.4. Pomocou bloku LLAG je možné vo Foxboro naprogramovať systém druhého rádu vo forme diferenciálnej rovnice.

Všeobecný tvar diferenciálnej rovnice v bloku LLAG je nasledujúci:

$$y + LAGTIM \cdot y' + LAGTIM \cdot LAG2 \cdot y'' = u + LGAIN \cdot LGAIN \cdot u' \quad (2.1)$$

Parametre *LAGTIM*, *LAG2* a *LGAIN* treba teda upraviť tak, aby sa všeobecný tvar rovnal požadovanej diferenciálnej rovnici.



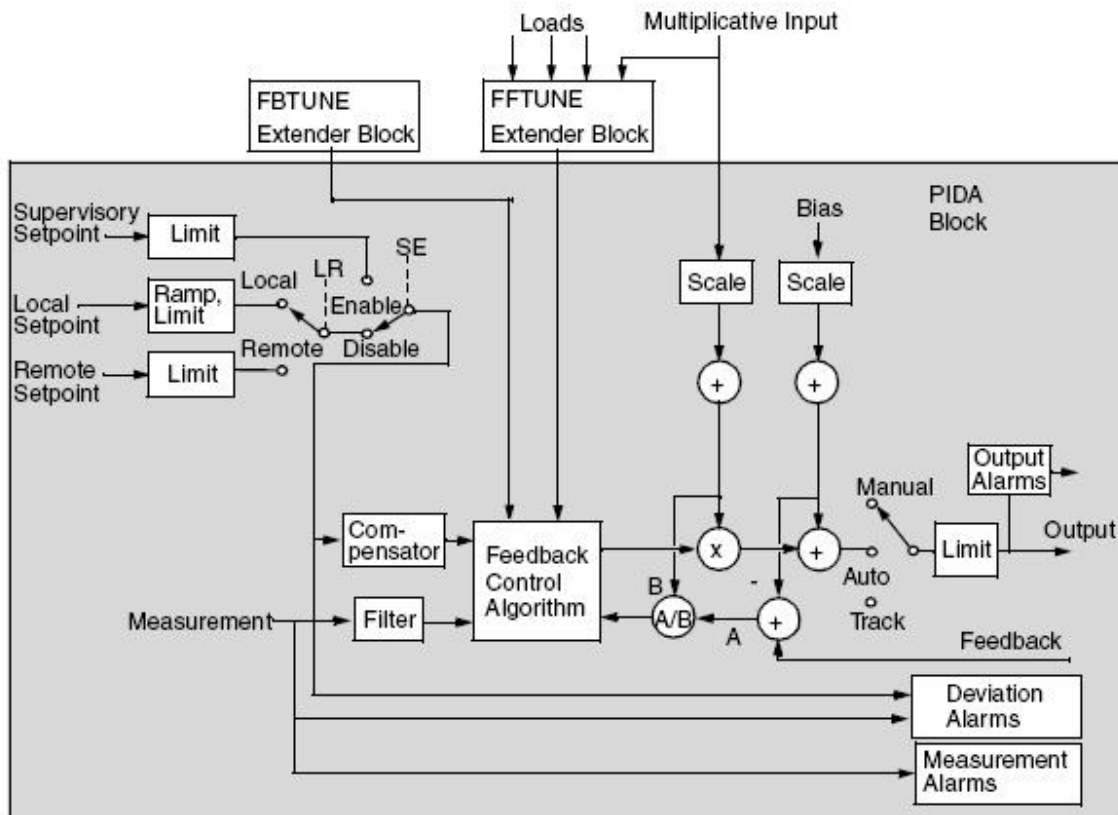
Obr. 2.4: Diagram bloku LLAG

Parametre bloku sú nasledujúce:

- LAG2* je kvadratická časová konštanta v lead, kvadratickom - lag filtri.
- LAGTIM* je vstupný parameter, ktorý určuje časovú konštantu prvého rádu.
- LGAIN* je reálny vstupný parameter, ktorý určuje okamžité zosilnenie na výstupe úmerné zmene na vstupe merania.
- MEAS* je vstup, ktorý určuje zdroj vstupu bloku.
- OUT* parameter charakterizujúci výstup bloku. Reprezentuje analógový vstup potom, ako boli uskutočnené všetky blokové operácie.

Blok PIDA

Blok PIDA predstavuje regulátor, ktorý uskutočňuje priebežnú spätnú väzbu PID, súčtové a násobiace riadenie doprednej analógovej slučky. Jeho hlavné vstupy, setpointy a merania sú použité na výpočet výstupu, spracované premenné založené na nastavených parametroch – pásmo proporcionality, integračný čas, derivačný čas, doba oneskorenia a relatívne zosilnenie setpointu. Diagram bloku PIDA je zobrazený na obrázku 2.5.



Obr. 2.5: Diagram bloku PIDA

Kombinácia bloku PIDA s rozširovacími blokmi FBTUNE a FFTUNE umožňuje schopnosť adaptívneho riadenia.

Parametre bloku sú nasledujúce:

BCALCI je to vstup, ktorý poskytuje počiatočnú hodnotu výstupu pred začiatkom riadenia.

DERIV parameter udávajúci derivačný čas ako reálny vstup v minútach.

ERROR je regulačná odchýlka zodpovedajúca vzťahu: $ERROR = \text{setpoint } SPT - \text{meranie } MEAS$.

<i>FBK</i>	je reálny vstup ktorý poskytuje externú integrálnu odozvu. Jeho funkciou je zabránenie wind-up efektu.
<i>HHALIM</i>	je reálny vstup, v ktorom sa zdefinuje hodnota po prekročení ktorej, sa spustí High-High alarm.
<i>HHOPT</i>	vstup typu short integer, ktorý aktivuje alebo deaktivuje alarmy požadovanej hodnoty typu High-High alebo Low-Low. Každý alarm spúšťa indikátor alarmu a textovú správu. Parameter <i>HHOPT</i> môže mať nastavené hodnoty: <ul style="list-style-type: none">▪ 0 = žiaden alarm▪ 1 = High-High, Low-low alarm▪ 2 = iba High-High alarm▪ 3 = iba Low-Low alarm
<i>MALOPT</i>	vstup typu short integer, ktorý aktivuje alebo deaktivuje alarmy požadovanej hodnoty typu High alebo Low. Parameter <i>MALOPT</i> môže mať nastavené hodnoty: <ul style="list-style-type: none">▪ 0 = žiaden alarm▪ 1 = High a Low alarm▪ 2 = iba High alarm▪ 3 = iba Low alarm
<i>INT</i>	parameter udávajúci integračný čas ako reálny vstup v minútach.
<i>KD</i>	je reálny vstup, ktorý nastavuje časovú konštantu filtra merania.
<i>LLALIM</i>	je reálny vstup, ktorý zdefinuje hodnotu, pri ktorej sa spustí alarm typu Low-Low.
<i>MEAS</i>	je vstup, ktorý určuje zdroj vstupu bloku alebo riadenú premennú.
<i>MEASHI</i>	je výstup typu boolean, nastavený ako <i>pravda</i> , ak hodnota parametra <i>MEAS</i> je väčšia ako hodnota daná parametrom <i>MEASHL</i> .
<i>MEASHL</i>	vstup, ktorý definuje hodnotu parametra <i>MEAS</i> , po prekročení ktorej sa spustí High absolútny alarm.
<i>MEASLI</i>	je výstup typu boolean, nastavený ako <i>pravda</i> , ak hodnota parametra <i>MEAS</i> klesne pod hodnotu danú parametrom <i>MEASLL</i> .
<i>MEASLL</i>	vstup, definujúci hodnotu parametra <i>MEAS</i> , ktorá spustí Low absolútny alarm.

MODOPT konfigurovatelný parameter (1-8), ktorým sa zafinuje regulačný mód.

Parameter *MODOPT* môže mať nasledujúce hodnoty:

- 1 = P (len proporcionálny)
- 2 = I (len integračný)
- 3 = PD (proporcionálny + derivačný)
- 4 = PI (proporcionálny + integračný)
- 5 = PID (proporcionálny, integračný, derivačný)
- 6 = NPID (neovplyvňujúci PID)
- 7 = PITAU (proporcionálny, integračný, s dopravným oneskorením)
- 8 = PIDTAU (proporcionálny, integračný, derivačný s dopravným oneskorením)

Rovnica regulačného módu (typu regulátora) pre *MODOPT=5* je nasledovná:

$$m_b = \frac{100}{P} \left[\left(\frac{1}{Is} + A \right) r - \left(\frac{1}{Is} + 1 \right) (1 + Ds) c_f \right] f_r + b \quad (2.2)$$

$$m_b = m_f + b \quad (2.3)$$

$$m_f = m \cdot f_r \quad (2.4)$$

$$b = KBIAS(BIAS + BBIAS) \quad (2.5)$$

$$\frac{1}{\tau} = \left(\frac{1}{I} + \frac{1}{D} \right) KD \quad (2.6)$$

$$c_f = \frac{c}{1 + \tau s + 0.5(\tau s)^2} \quad (2.7)$$

kde:

- *m*- výstup vnútornej riadiacej odozvy.
- *r*- zvolený setpoint
- *A*- pomer lead/lag hodnôt
- *c*- riadená veličina

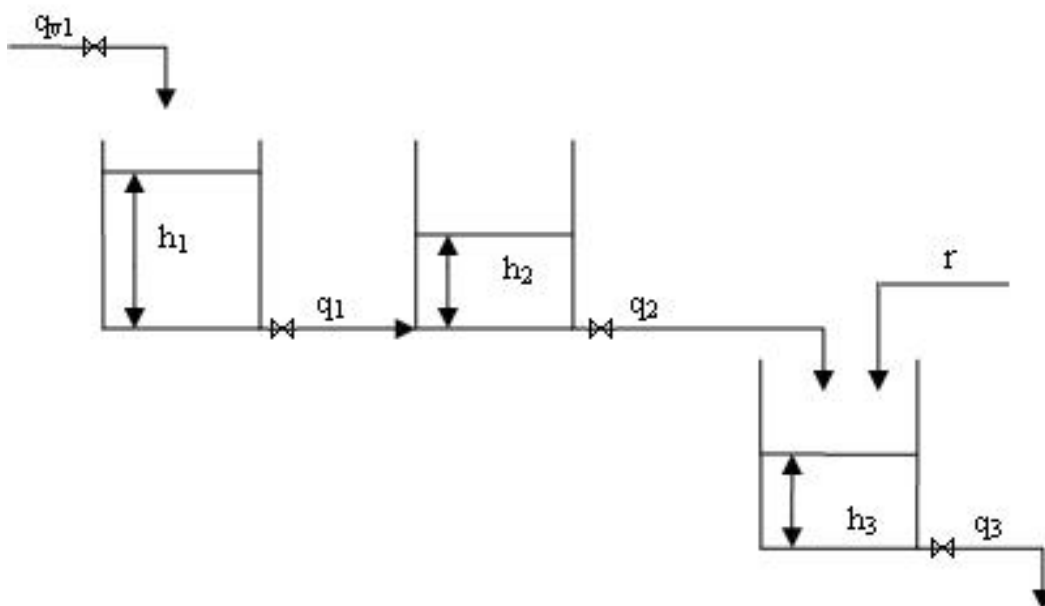
- c_f – meranie prefiltrované pomocou filtra Butterworth
- f_r – hodnota MULTIN (multiplikačný dopredný vstup)

<i>OUT</i>	parameter charakterizujúci výstup bloku. Reprezentuje analógový vstup potom, ako boli uskutočnené všetky blokové operácie.
<i>PBAND</i>	proporcionálne pásmo je vstup vyjadrený v percentách. <i>PBAND</i> je percento zmeny intervalu na vstupe, ktoré spôsobí zmenu plného intervalu na výstupe. $(100/PBAND)$ určí zosilnenie regulátora ak sú <i>MEAS</i> a <i>OUT</i> prevedené na percentá intervalu.
<i>PRTYPE</i>	výstupný parameter, ktorý indikuje typ aktívneho alarmu najvyššej priority.
<i>SPT</i>	setpoint je referenčná premenná, ktorá je porovnávaná so vstupom <i>MEAS</i> na tvorenie signálu <i>ERROR</i> [2].

2.2 Riadený systém

Riadený systém (obr. 2.6) predstavuje sústavu 3 zásobníkov kvapaliny. Kvapalina o prietoku q_{v1} tečie do prvého zásobníka a ovplyvňuje výšku hladiny v prvom zásobníku h_1 . Kvapalina o prietoku q_1 tečie do druhého zásobníka a ovplyvňuje výšku hladiny v prvom zásobníku h_1 a zároveň aj výšku hladiny v druhom zásobníku h_2 . Kvapalina následne vyteká z druhého zásobníka s prietokom q_2 a vteká do tretieho zásobníka, čím ovplyvňuje výšku hladiny v treťom zásobníku h_3 . Kvapalina vyteká z tretieho zásobníka s prietokom q_3 . Výška hladiny v treťom zásobníku je tiež ovplyvňovaná poruchou r .

Riadený systém je opísaný prenosom 2. rádu, ktorý predstavuje sústavu 2 zásobníkov kvapaliny s interakciou a prenosom 1. rádu, ktorý predstavuje posledný tretí zásobník (obr. 2.6). Tieto prenosy sú odvodené z materiálovej bilancie 3 zásobníkov kvapaliny.



Obr. 2.6: Riadený systém

2.2.1 Dynamický matematický model – DMM

Dynamický matematický model sa získa materiálovou bilanciou zásobníkov kvapaliny za predpokladu, že teplota kvapaliny, hustota kvapaliny a plocha prierezu zásobníkov sú konštantné. Materiálová bilancia zásobníkov kvapaliny v dynamickom stave má tvar:

$$q_{v1}(t) = q_1(t) + F_1 \frac{dh_1(t)}{dt} \quad h_1(0) = h_{10} \quad (2.8)$$

$$q_1(t) = q_2(t) + F_2 \frac{dh_2(t)}{dt} \quad h_2(0) = h_{20} \quad (2.9)$$

$$q_2(t) = q_3(t) + F_3 \frac{dh_3(t)}{dt} \quad h_3(0) = h_{30} \quad (2.10)$$

Na základe Bernoulliho rovnice je zrejmé, že prietoky q_1 , q_2 a q_3 sú funkciou výšok hladín v jednotlivých zásobníkoch a závisia od nich podľa vzťahov:

$$q_1(t) = \mu_1 f_1 \sqrt{2g(h_1(t) - h_2(t))} \quad (2.11)$$

$$q_2(t) = \mu_2 f_2 \sqrt{2g \cdot h_2(t)} \quad (2.12)$$

$$q_3(t) = \mu_3 f_3 \sqrt{2g \cdot h_3(t)} \quad (2.13)$$

kde μ_1, μ_2, μ_3 sú konštanty f_1, f_2, f_3 sú plochy prierezu výtokového otvoru a g je gravitačné zrýchlenie.

Spojením konštánt dostaneme:

$$q_1(t) = k_{11} \cdot \sqrt{h_1(t) - h_2(t)} \quad (2.14)$$

$$q_2(t) = k_{22} \cdot \sqrt{h_2(t)} \quad (2.15)$$

$$q_3(t) = k_{33} \cdot \sqrt{h_3(t)} \quad (2.16)$$

Dosadením q_1, q_2, q_3 z rovníc (2.14 - 2.16) do rovníc (2.8 - 2.10) dostaneme dynamický matematický model vo forme nelineárneho stavového opisu:

$$q_{v1}(t) = k_{11} \cdot \sqrt{h_1(t) - h_2(t)} + F_1 \frac{dh_1(t)}{dt} \quad h_1(0) = h_{10} \quad (2.17)$$

$$k_{11} \cdot \sqrt{h_1(t) - h_2(t)} = k_{22} \sqrt{h_2(t)} + F_2 \frac{dh_2(t)}{dt} \quad h_2(0) = h_{20} \quad (2.18)$$

$$k_{22} \sqrt{h_2(t)} = k_{33} \sqrt{h_3(t)} + F_3 \frac{dh_3(t)}{dt} \quad h_3(0) = h_{30} \quad (2.19)$$

Na získanie prenosov potrebných na vytvorenie sústavy zásobníkov kvapaliny v riadiacom systéme Foxboro boli použité nasledovné parametre:

Konštanty: $k_{11} = k_{22} = k_{33} = 1.4 \text{m}^{2.5} \cdot \text{min}^{-1}$

Plochy prierezov zásobníkov: $F_1 = F_2 = F_3 = 2.4\text{m}^2$

Vstupný ustálený prietok : $q_{v1}^s = 1\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Linearizáciou DMM pre použité parametre boli získané dva prenosy. Prvý prenos (2.20) charakterizuje sústavu 2 zásobníkov kvapaliny s interakciou a druhý prenos (2.21) charakterizuje posledný tretí zásobník kvapaliny bez interakcie. Prenos sústavy zásobníkov kvapaliny je daný vzťahom (2.22).

$$G_{12} = \frac{0.98}{5.998s^2 + 7.347s + 1} \quad (2.20)$$

$$G_3 = \frac{1.02}{2.449s + 1} \quad (2.21)$$

$$G_{123} = \frac{0.9996}{14.689s^3 + 23.991s^2 + 9.796s + 1} \quad (2.22)$$

2.3 Návrh regulátora

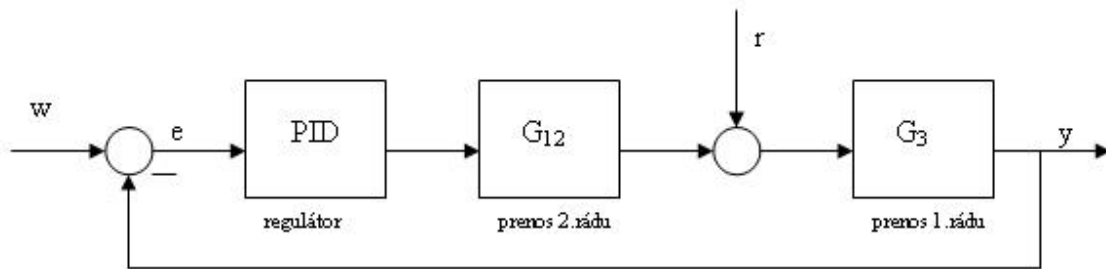
Regulátor vo Foxboro je priemyselný regulátor, ktorý je používaný v priemyselných podmienkach. Regulátor zahŕňa funkcie ako filtrovanie vstupnej veličiny, obmedzenie akčného zásahu, funkciu antiwindup efektu. Týmto funkciám zodpovedá aj rovnica regulátora (2.2) vo Foxboro. Pre zjednodušenie výpočtu parametrov regulátora sa uvažuje rovnica v tvare:

$$G_R(s) = Z_R \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) \quad (2.23)$$

kde Z_R je zosilnenie regulátora, T_I je integračná časová konštanta [min], T_D je derivačná časová konštanta [min].

Parametre regulátora boli navrhnuté tromi metódami: Naslinovou metódou, Strejcovou metódou a metódou umiestnenia pólov. Na obrázku 2.7 je zobrazená bloková schéma uzavretého regulačného obvodu (URO), ktorý zodpovedá sústave zásobníkov kvapaliny s poruchou, kde:

- w - žiadaná hodnota
- e - regulačná odchýlka
- r - porucha
- y - výstupný signál



Obr. 2.7: Bloková schéma URO

Charakteristická rovnica uzavretého regulačného obvodu (CHR URO) pre obr. 2.7 má tvar:

$$1 + G_p(s)G_R(s) = 0 \quad (2.24)$$

a po úprave:

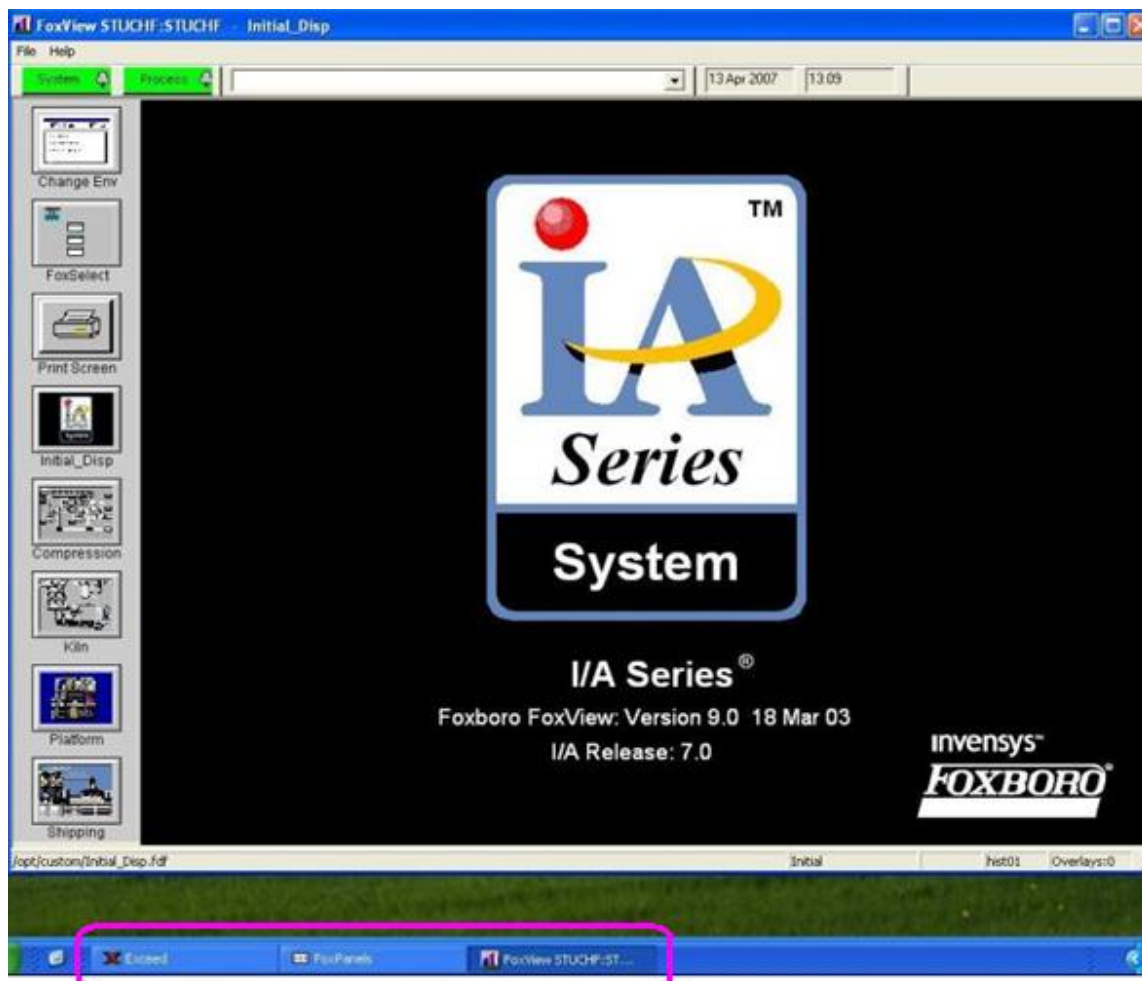
$$s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0 = 0 \quad (2.25)$$

kde v koeficientoch a_n, \dots, a_1, a_0 môžu vystupovať neznáme parametre PID regulátorov [3].

3. Praktická časť

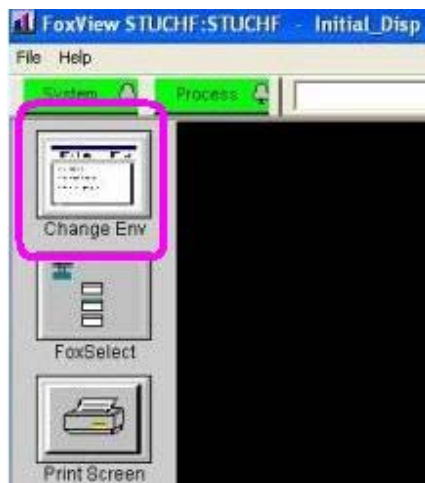
3.1 Práca s programom

Po spustení radiaceho systému Foxboro I/A Series sa otvorí úvodné komunikačné okno v prostredí Foxview a na hlavnom paneli sa vytvoria položky Exceed, Foxpanels a Foxview STUCHF. V titulnej lište STUCHF:STUCHF je názov stanice. Stanica bola definovaná pri inštalácii programu (obr. 3.1).

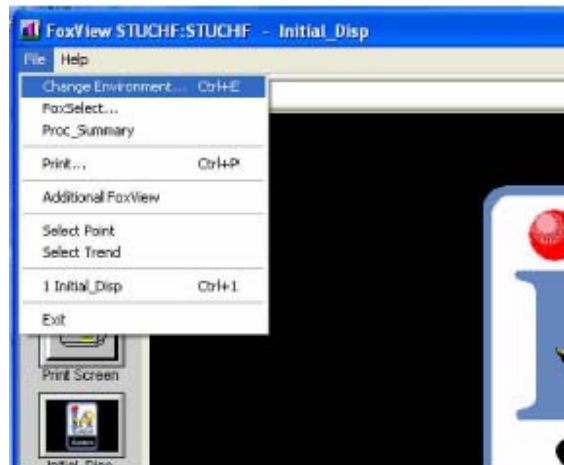


Obr. 3.1: Zobrazenie stanice

Prostredie riadiaceho systému Foxboro je z dôvodu zabezpečenia rozdelené na viacero úrovní, ktoré majú presne zadefinované prístupové práva. Prechod medzi jednotlivými úrovňami je možný pomocou ikony *Change Environment* (obr. 3.2), klávesovej skratky CTRL+E, alebo pomocou hlavnej ponuky pričom cesta je nasledovná: *File* → *Change Environment* (obr. 3.3).



Obr. 3.2: Ikona Change Environment



Obr. 3.3: Zmena úrovne pomocou hlavnej ponuky

Po kliknutí na položku *Change Environment* sa zobrazí zoznam možných úrovní oprávnení (obr. 3.4).



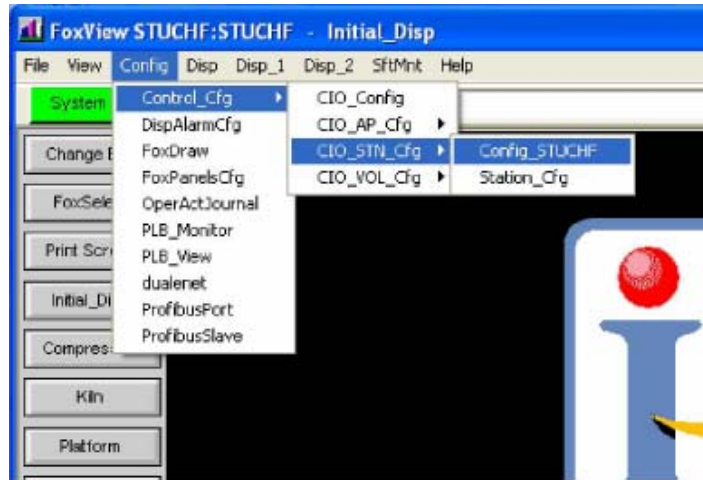
Obr. 3.4: Zoznam úrovní zabezpečenia

3.2 Integrovaný riadiaci konfigurátor – ICC

Integrovaný riadiaci konfigurátor (ICC) sa používa na vytváranie riadiacich algoritmov. Compoundy a bloky majú už vopred nastavené jednotlivé hodnoty resp. parametre, preto je možné ich vložiť pred samotnou editáciou parametrov bloku. V prostredí ICC sa uskutočňuje:

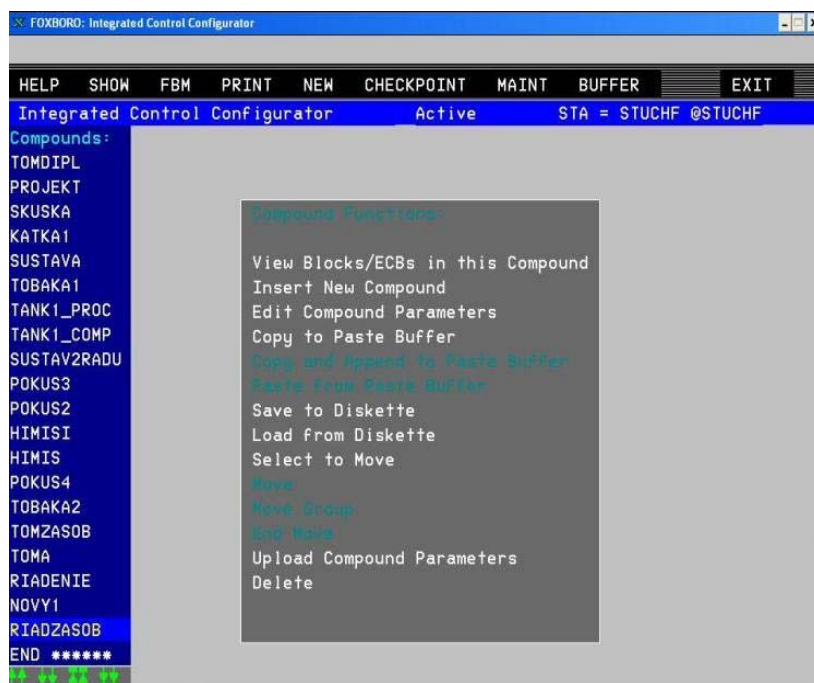
- tvorba a spájanie spojitých, sekvenčných blokov a blokov s reťazovou logikou v štruktúre jedného compoundu
- tvorba skupín a spájanie compoundov
- zmena, kopírovanie a odstraňovanie compoundov a blokov
- nastavenie a zmena Fieldbus modulov
- tvorba a udržiavanie knižníc compoundov
- priame pridávanie ECB (Equipment Control Block) blokov zariadenia.

Na spustenie ICC je potrebné z hlavnej ponuky menu vybrať:
Config → *Control_Cfg* → *CIO_STN_Cfg* → *Config_STUCHF* (obr. 3.5)



Obr. 3.5: Spustenie ICC

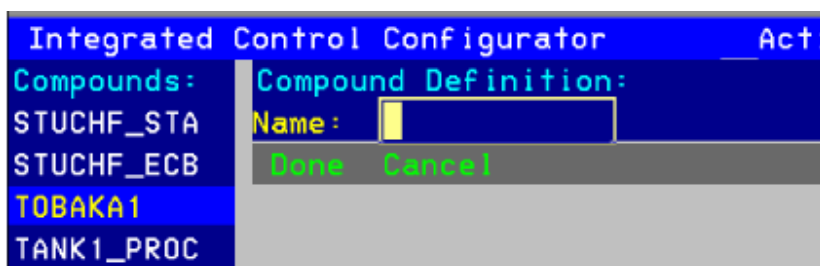
Po kliknutí na *Config_STUCHF* sa nám zobrazí prostredie ICC, kde na ľavej časti sa nachádza zoznam vytvorených compoundov a na pravej časti sa nachádzajú možnosti úpravy compoundu. Na hornej lište sa nachádza hlavné menu funkcií. Ak chceme prácu v ICC ukončiť klikneme na tlačidlo *EXIT* v pravom hornom rohu (obr. 3.6).



Obr. 3.6: Zobrazenie prostredia ICC

3.2.1 Vloženie nového compoundu

Nový compound vložíme pomocou položky resp. funkcie *Insert New Compound* z menu Compound Functions. Ak je potrebné, aby novovytvorený compound mal špecifickú pozíciu v zozname compoundov, tak označíme compound, pred ktorý chceme vložiť nový compound a použijeme funkciu *Insert New Compound*. Ak pozícia compoundu v zozname compoundov nie je daná, compound sa vytvorí na konci zoznamu. Po kliknutí na položku *Insert New Compound* sa zobrazí okno (obr. 3.7), do ktorého vložíme názov compoundu a potvrdíme klávesou ENTER.



Obr. 3.7: Vloženie nového compoundu

V ICC prostredí musí byť meno compoundu jedinečné pre každý vytvorený compound. Nie je možné, aby 2 compoundy mali rovnaký názov. Pri vkladaní mena compoundu si prostredie ICC zistí, či compound zo zadaným menom už existuje. Ak zadané meno existuje, program upozorní užívateľa a vyzve ho na použitie iného mena compoundu. Ak nie, okno z definíciou compoundu zmizne a compound je vytvorený s predvoleným nastavením hodnôt. Compoundy v zozname je možné presúvať pomocou položiek *Move* a *Move_Group* v spojení *Select_to_Move* a *End_Move*.

3.2.2 Úprava parametrov compoundu

Parametre compoundu je možné zmeniť pomocou položky *Edit_Compound_Parameters*. Po kliknutí na túto položku sa zobrazí zoznam parametrov zvoleného compoundu, ktoré je možné upraviť.

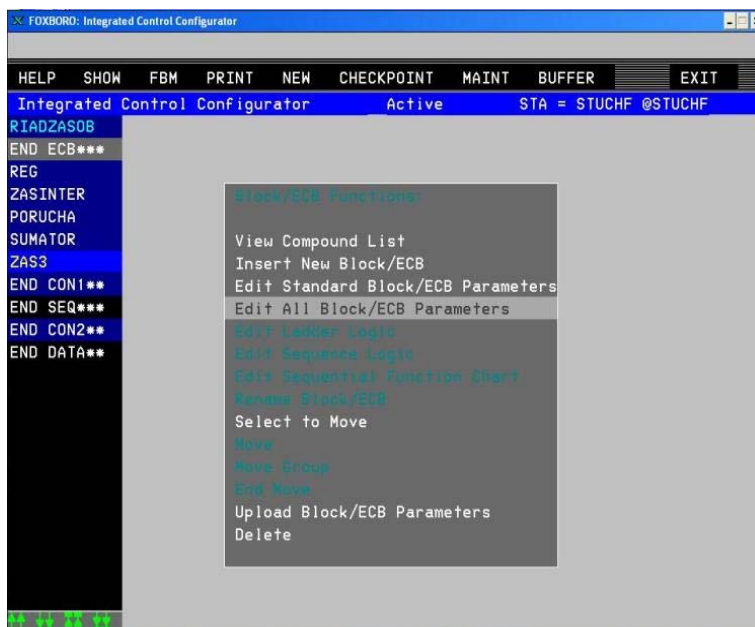
3.2.3 Funkcia Delete

Funkcia *Delete* sa používa na zmazanie compoundu alebo bloku z databázy a obrazovky a na obnovenie pripojenia compoundu prípadne bloku. Zvolením funkcie *Delete* sa zobrazí dialógové okno, ktoré poskytuje nasledujúce možnosti:

- *Delete* – odstráni compound, blok. Nemôže sa ním odstrániť staničný compound, staničný blok.
- *Delete & Undelete* – presunie vybraný compound alebo blok do vnútra a von z dočasného zásobníka na odstránenie. Pozícia compoundu alebo bloku sa v databáze nemení.

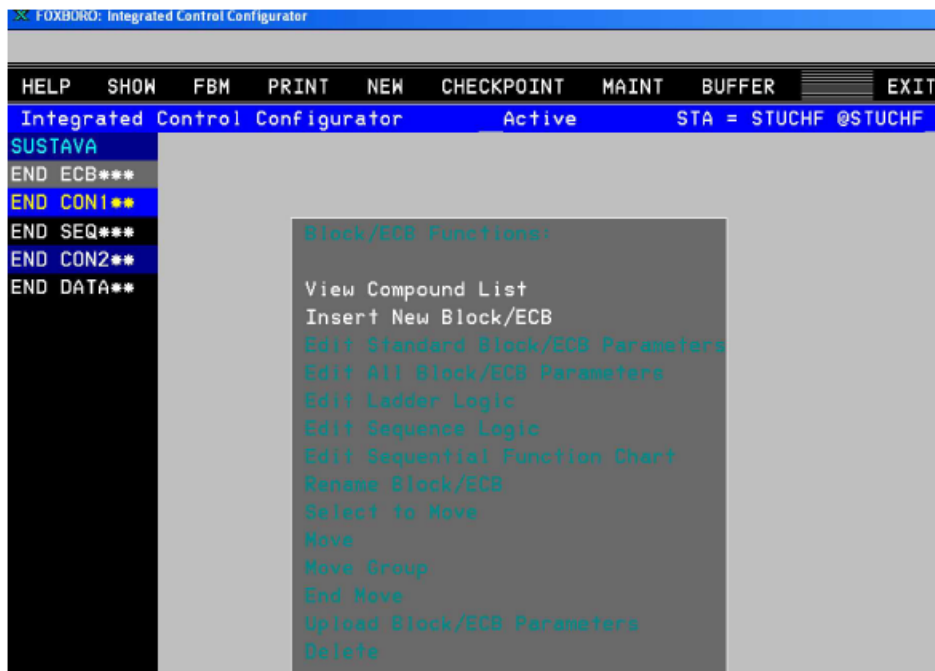
3.2.4 Funkcia View_Blocks/ECB_in_this_Compound

Po zvolení funkcie *View_Blocks/ECB_in_this_Compound* (obr. 3.6) sa v ľavej časti obrazovky zobrazí zoznam blokov, ktoré daný compound obsahuje a z ponuky pre úpravu compoundu v strednej časti obrazovky sa stane ponuka pre úpravu bloku (obr. 3.8).



Obr. 3.8: Zobrazenie compoundu

Ak ide o novovytvorený compound, tak tento compound neobsahuje žiadne bloky, teda zoznam blokov je prázdny a taktiež ponuka pre úpravu compoundu má niektoré funkcie neaktívne (obr. 3.9).



Obr. 3.9: Zobrazenie novovytvoreného compoundu

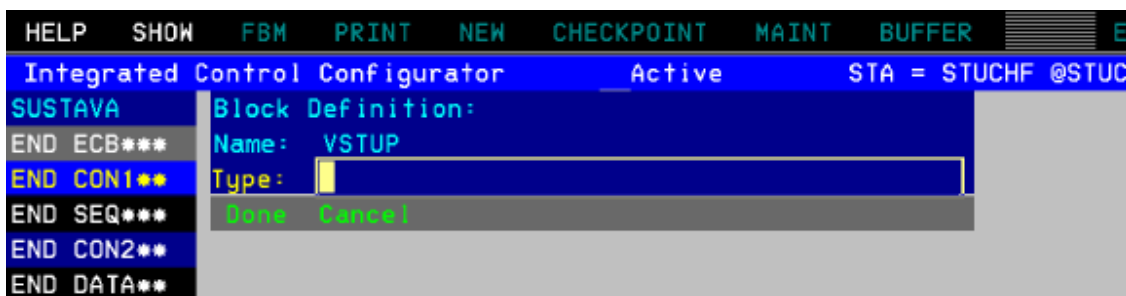
3.2.5 Funkcia View Compound List

Zvolením tejto funkcie sa obrazovka vráti do prvej obrazovky v ICC, kde sa nachádza zoznam compoundov (obr. 3.6).

3.2.6 Funkcia Insert_New_Block/ECB

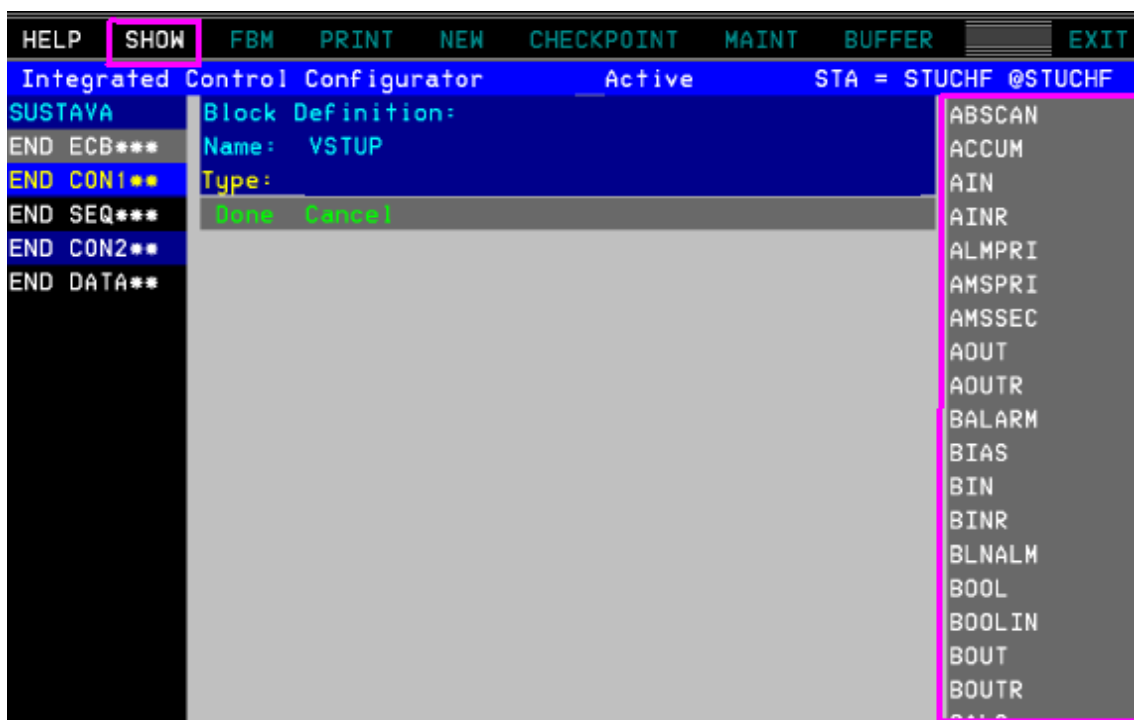
Pomocou funkcie *Insert New Block* je v danom compounde možné vytvárať nové bloky. Po zvolení funkcie *Insert_New_Block/ECB* sa zobrazí okno, kde zdefinujeme meno

a typ bloku ktorý chceme vytvoriť (obr. 3.10). Názov bloku musí byť platné meno, ktoré treba po napísaní potvrdiť klávesou ENTER. Po potvrdení treba zadať typ bloku.



Obr. 3.10: Okno zadenia mena a typu bloku

Okrem priameho zadania alebo napísania typu bloku do parametra *Type* je možné si daný typ bloku zvoliť aj zo zoznamu blokov. Zoznam všetkých blokov sa zobrazí kliknutím na položku hlavného menu *SHOW* a následne na položku *Block_Type_Names* (obr. 3.11).

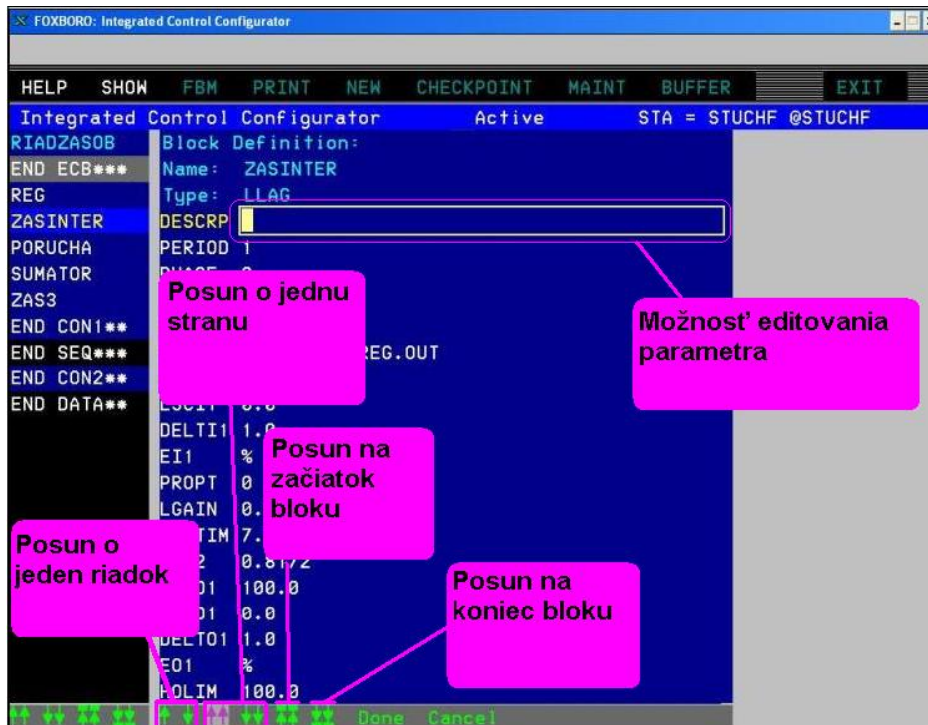


Obr. 3.11: Zvolenie typu bloku zo zoznamu blokov

3.2.7 Funkcia *Edit_All_Block/ECB_Parameters*

Každý blok vytvorený pomocou funkcie *Insert_New_Block/ECB* obsahuje už vopred nastavené parametre. Niektoré parametre je potrebné zmeniť tak, aby daný blok spĺňal požadovanú funkciu. Zvolením funkcie *Edit_All_Block/ECB_Parameters* sa zobrazí okno, v ktorom sa nachádzajú jednotlivé parametre a ich hodnoty. Parametre sa prepisujú v žltom orámovaní a po zmenení hodnoty parametra je túto zmenu potrebné potvrdiť pomocou klávesy ENTER. Po uskutočnení všetkých zmien je potrebné tieto zmeny ešte potvrdiť tlačidlom *Done*, prípadne ak nechceme použiť zmenené hodnoty parametrov klikneme na tlačidlo *Cancel*, čím sa zmenené parametre zmenia na hodnotu pred ich editáciou.

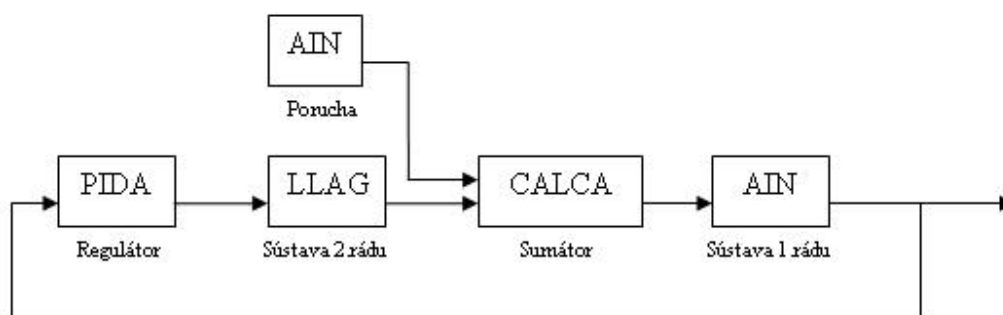
V rámci bloku sa posúvame medzi jednotlivými parametrami myšou pomocou kláves na spodnej časti obrazovky (obr. 3.12).



Obr. 3.12: Popis vnútra bloku

3.2.8 Vytvorenie sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou riadených PID regulátorom v prostredí ICC

Na vytvorenie sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou riadených PID regulátorom v prostredí ICC sú potrebné 2 bloky typu AIN, blok typu LLAG, blok typu CALCA a blok typu PIDA. Túto sústavu je možné opísať nasledujúcou blokovou schémou (obr. 3.13):



Obr. 3.13: Bloková schéma sústavy v prostredí ICC.

V prostredí ICC vytvoríme pomocou funkcie *Insert_New_Compound* nový compound s menom RIADZASOB. Po vytvorení compoundu RIADZASOB pomocou funkcie *View_Blocks_ECB_in_this_Compound* compound otvoríme. V danom compounde vytvoríme pomocou funkcie *Insert_New_Block/ECB* bloky potrebné pre vytvorenie sústavy. Bloky boli vytvorené s už vopred nastavenými parametrami. Tieto parametre treba upraviť tak, aby vytvorené bloky predstavovali sústavu zásobníkov kvapaliny s poruchou riadených PID regulátorom (obr. 3.13). Bloky sa upravia použitím funkcie *Edit_All_Block/ECB_Parameters*.

Blok LLAG

Blok LLAG má predstavovať sústavu dvoch zásobníkov kvapaliny s interakciou (sústava 2. rádu). Aby bolo možné takúto sústavu naprogramovať, je potrebné poznať prenos, ktorý charakterizuje takúto sústavu. Takýto prenos sa potom do bloku zapíše vo forme diferenciálnej rovnice:

$$G_{12} = \frac{0,98}{5.998s^2 + 7.347s + 1} \rightarrow 5.998y'' + 7.347y' + y = 0.98u \quad (3.1)$$

Po dosadení koeficientov diferenciálnej rovnice (3.1) do všeobecného tvaru diferenciálnej rovnice (2.1) v bloku LLAG dostaneme:

$$y + 7.347y' + 7.347LAG2 \cdot y'' = 0.98u + LGAIN \cdot LGAIN \cdot u' \quad (3.2)$$

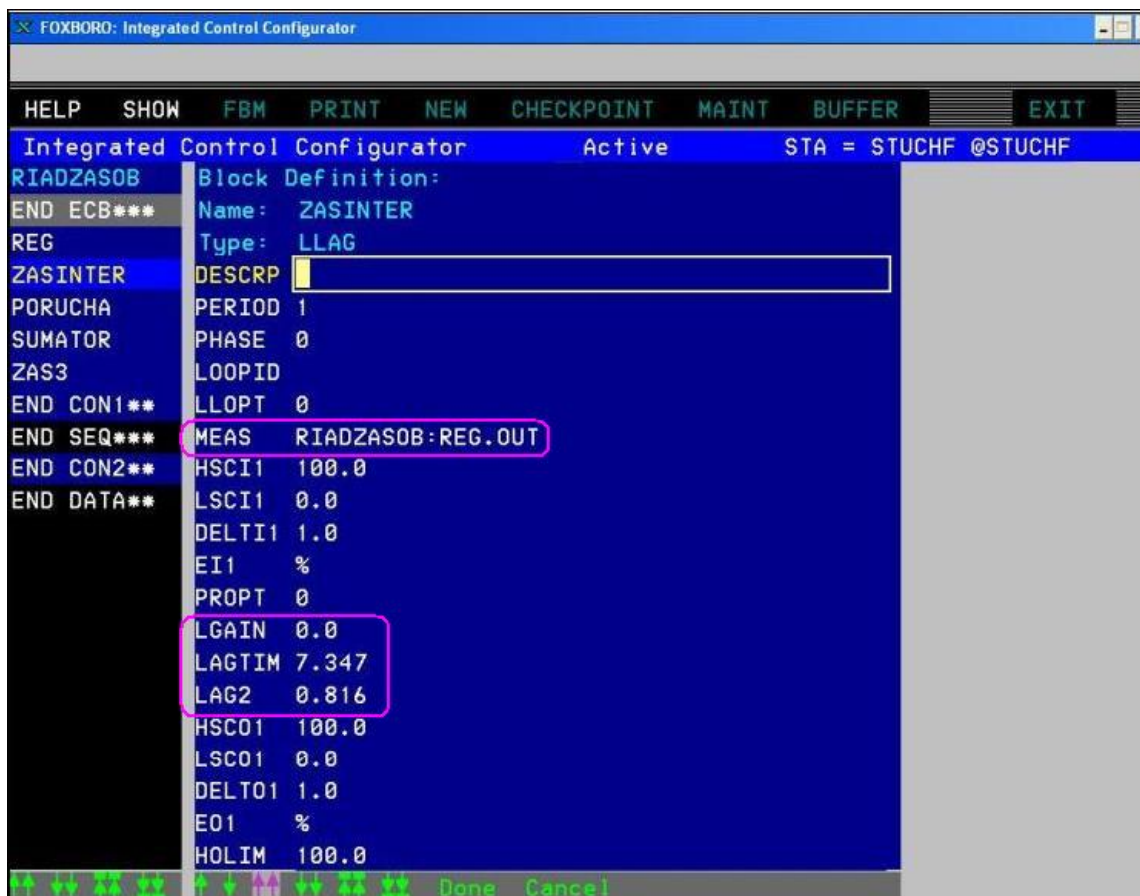
$$7.347LAG2 \cdot y'' = 5.998y'' \quad (3.3)$$

Parametre *LGAIN*, *LAG2* a *LAGTIM* teda nastavíme tak, aby sa všeobecný tvar rovnal našej diferenciálnej rovnici. Parametre boli nastavené na nasledujúce hodnoty (obr. 3.14):

$$LGAIN = 0 \quad (3.4)$$

$$LAG2 = 0.816 \quad (3.5)$$

$$LAGTIM = 7.347 \quad (3.6)$$



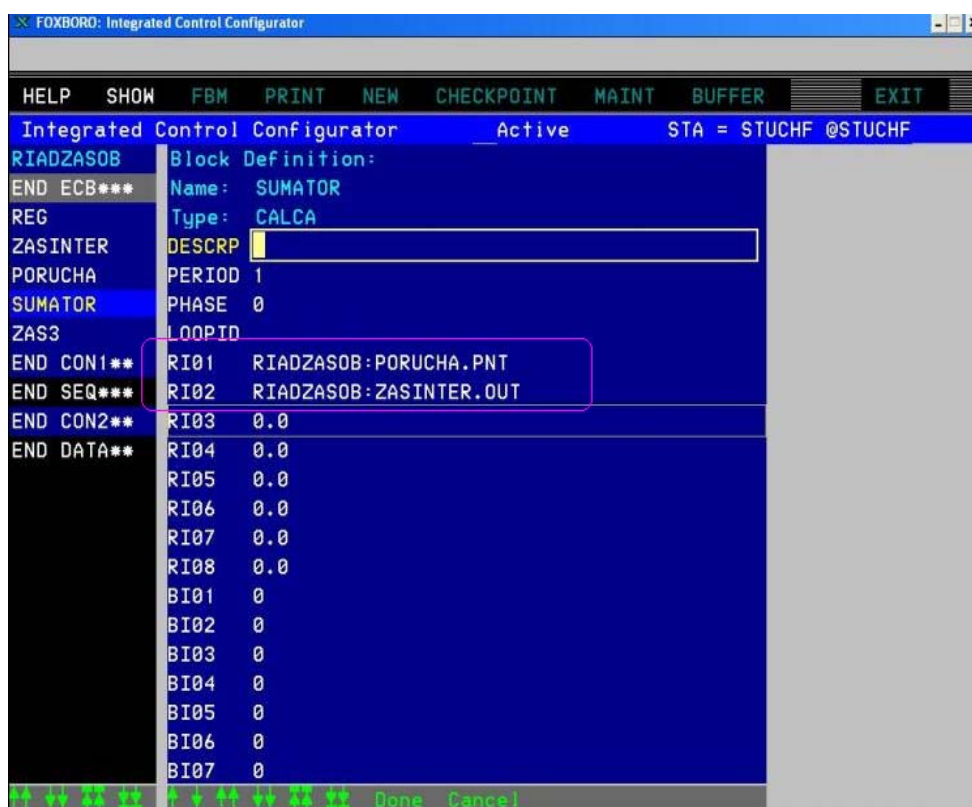
Obr. 3.14: Zobrazenie nastavených parametrov v bloku LLAG

Okrem parametrov *LGAIN*, *LAG2* a *LAGTIM* je potrebné v tomto bloku ešte nastaviť adresu bloku, z ktorého sa načítavajú vstupné hodnoty. Adresa bloku sa nastaví v parametri *MEAS*. Do parametra *MEAS* sa vloží nasledujúca adresa: RIADZASOB:REG.OUT. Táto adresa hovorí bloku, že má zobrať ako vstup výstup z bloku REG (regulátor) z compoundu RIADZASOB (obr. 3.14).

Blok CALCA

Blok CALCA predstavuje sumátor. Tento typ bloku sa použije na sčítanie výstupného signálu z druhého zásobníka a poruchy (obr. 3.13). Na to, aby bolo možné tieto signály sčítať, je potrebné v tomto bloku najprv zdefinovať tieto signály. To sa robí

pomocou parametrov *RI01-RI08*. Do parametra *RI01* nastavíme nasledujúcu adresu: RIADZASOB:PORUCHA.PNT. Táto adresa hovorí, že parameter *RI01* preberá výstupné hodnoty z bloku PORUCHA z compoundu RIADZASOB. Do parametra *RI02* nastavíme nasledujúcu adresu: RIADZASOB:ZASINTER.OUT. Táto adresa hovorí, že parameter *RI02* má brať výstupné hodnoty z bloku ZASINTER z compoundu RIADZASOB (obr. 3.15).

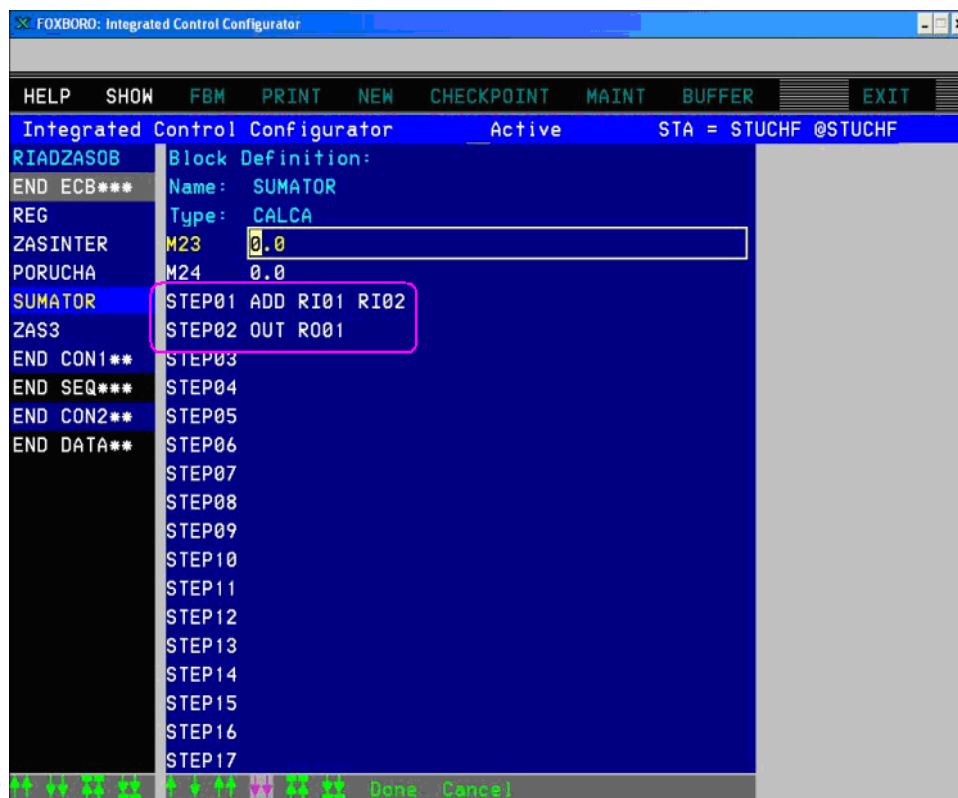


Obr. 3.15: Zobrazenie nastavených parametrov *RI01* a *RI02* v bloku CALCA

Tým boli zadané vstupy, resp. signály, ktoré je potrebné sčítať, aby sa získal uzavretý regulačný obvod ako na obrázku 3.13.

Samotné sčítanie sa uskutoční pomocou parametrov *STEP*. V týchto parametroch sa zadané, akú matematickú operáciu (v tomto prípade sčítanie) chceme urobiť a taktiež sa tu zadané, do akého výstupného parametra sa má zapísať výsledok operácie. Do

parametra *STEP01* sa teda zapíše príkaz sčítania vstupov *RI01* a *RI02*. Príkaz je nasledovný: *ADD RI01 RI02*. Do parametra *STEP02* sa zapíše príkaz špecifikujúci do ktorého výstupného parametra sa má zapísať výsledok operácie. Príkaz je nasledovný: *OUT R001* (obr. 3.16)



Obr. 3.16: Zobrazenie nastavených parametrov *STEP01* a *STEP02* v bloku CALCA

Bloky AIN

Na vytvorenie sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou sú potrebné 2 bloky AIN. Jeden blok AIN bude predstavovať posledný tretí zásobník kvapaliny (sústava 1.rádu) a druhý blok AIN sa použije na vytvorenie poruchy.

Aby bolo možné naprogramovať blok AIN, ktorý má predstavovať posledný tretí zásobník kvapaliny bez interakcie (ZAS3), je potrebné poznať jeho prenos. Na

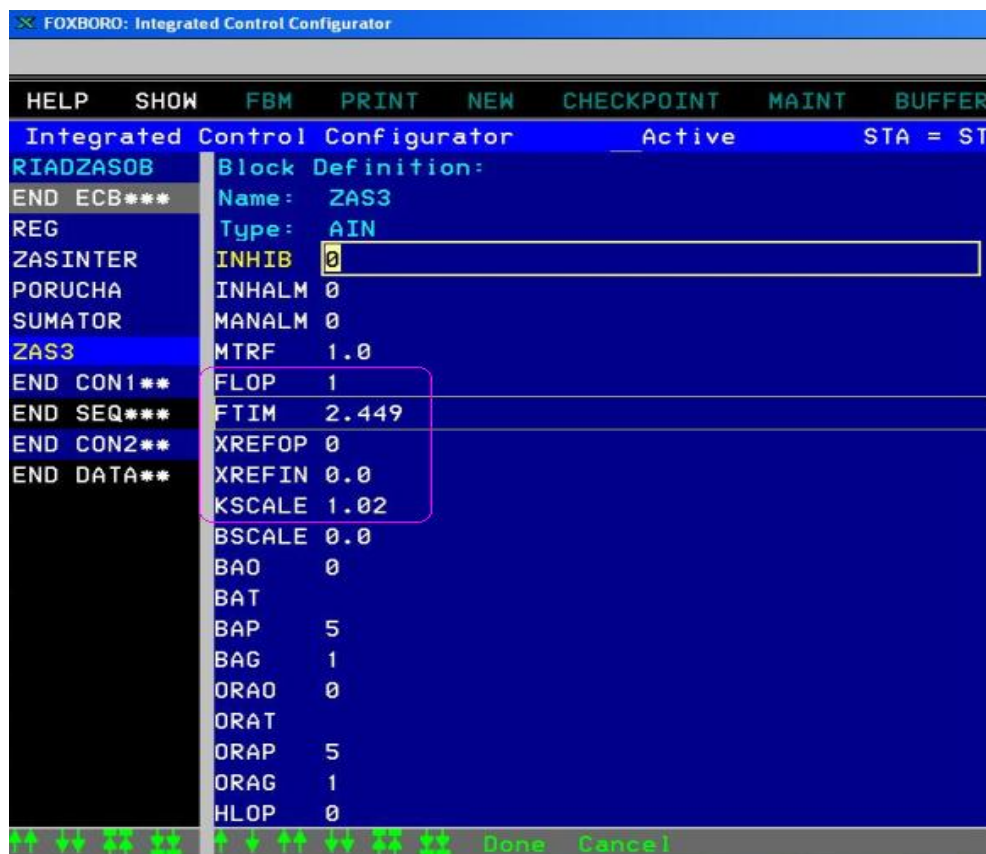
nakonfigurovanie posledného zásobníka využijeme parametre *KSCALE*, *FTIM* a *FLOP*, kde jednotlivé parametre predstavujú zosilnenie prenosu, časovú konštantu prenosu v minútach a zapnutie/vypnutie filtra 1. rádu.

Parametre boli nastavené podľa prenosu (2.21) na nasledujúce hodnoty (obr. 3.17):

$$KSCALE = 1.02 \quad (3.7)$$

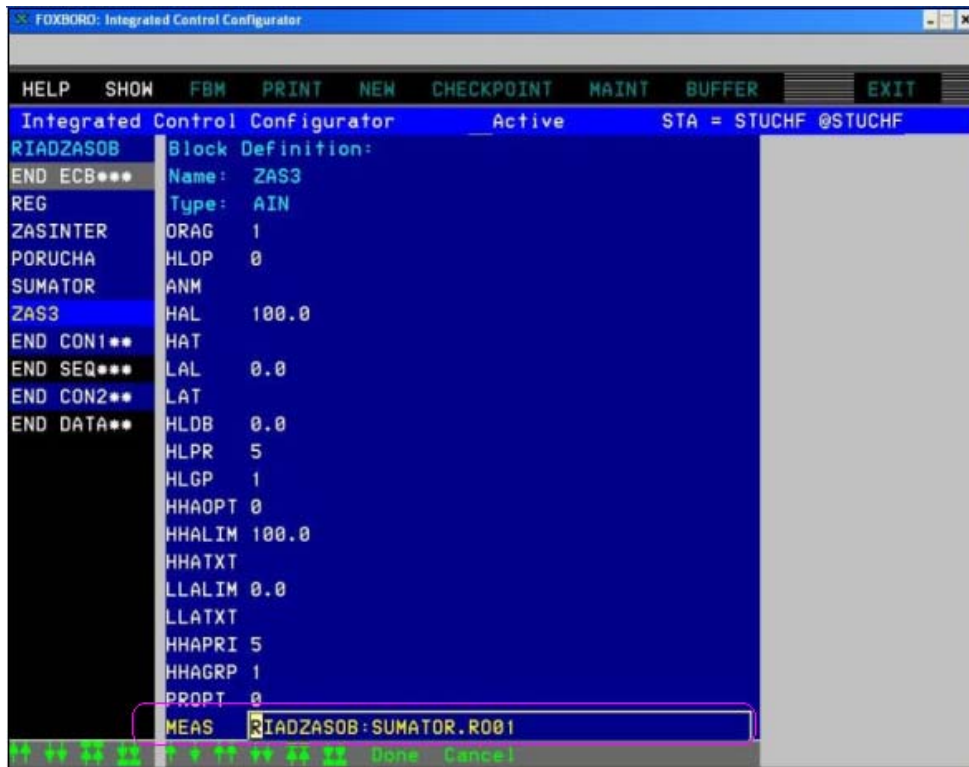
$$FTIM = 2.449 \quad (3.8)$$

$$FLOP = 1 \quad (3.9)$$



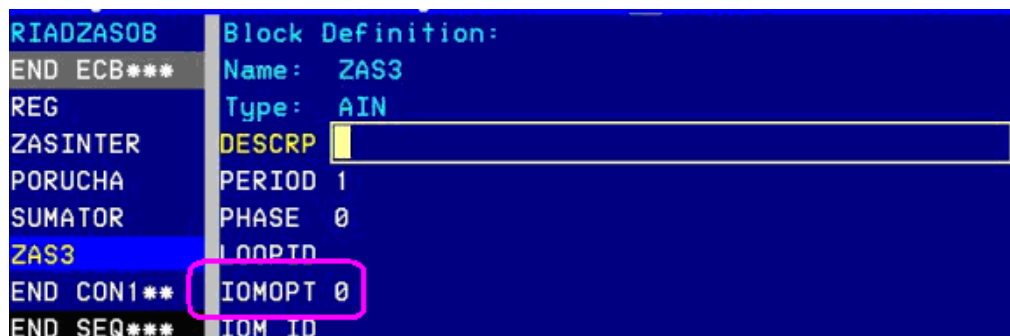
Obr. 3.17: Zobrazenie nastavenia parametrov *FLOP*, *FTIM* a *KSCALE*

Okrem týchto parametrov je v bloku AIN (ZAS3) nastaviť parameter *MEAS*. Do parametra *MEAS* sa vloží nasledujúca adresa: RIADZASOB:SUMATOR.RO01. Táto adresa hovorí bloku, že má zobrať ako vstup výstup z bloku SUMATOR z compoundu RIADZASOB (obr.3.18).



Obr. 3.18: Zobrazenie nastavenie parametra *MEAS* v bloku AIN (ZAS3)

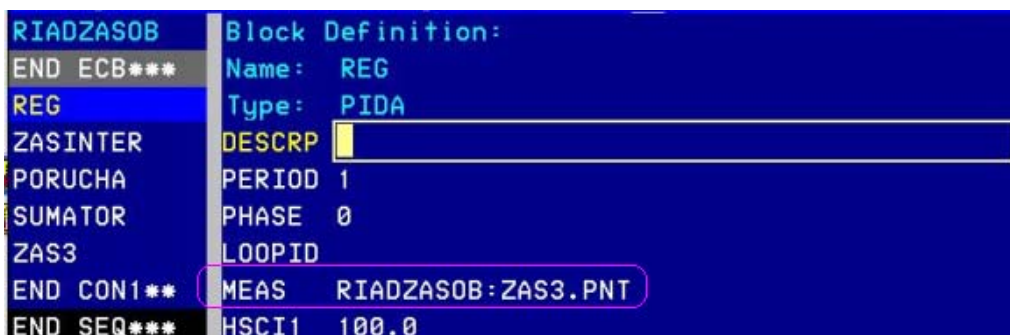
Ak sa nepracuje s reálnym zariadením, tak je potrebné zmeniť parameter *IOMOPT* na hodnotu 0 (obr. 3.19).

Obr. 3.19: Zobrazenie nastavenie parametra *IOMOPT* v bloku AIN (ZAS3)

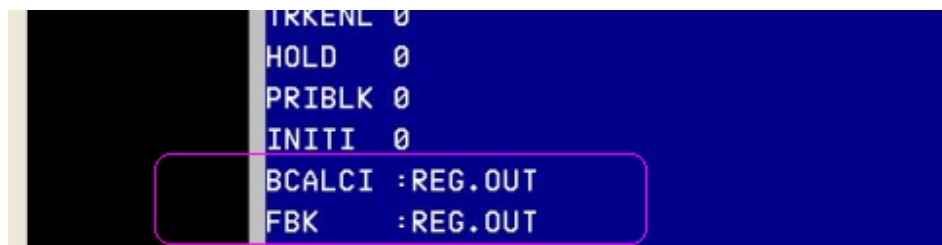
V bloku AIN, ktorý sa použije na vytvorenie poruchy stačí iba zmeniť hodnotu parametra *IOMOPT* na hodnotu 0. Hodnota poruchy sa bude môcť priamo zadať pomocou obrazovky operátora.

Blok PIDA

Blok PIDA predstavuje regulátor, ktorý bude riadiť sústavu zásobníkov. Parametre *PBAND*, *INT* a *DERIV* ktoré predstavujú proporcionálne pásmo, integračnú a derivačnú zložku nie je potrebné v prostredí ICC meniť. Tieto parametre sa budú môcť priamo zadať pomocou obrazovky operátora. V tomto bloku je potrebné nastaviť pomocou parametra *MEAS* adresu, odkiaľ má brať regulátor vstupné hodnoty. V parametri *MEAS* sa nastaví adresa: RIADZASOB:ZAS3.PNT. Táto adresa hovorí bloku, nech ako vstup zoberie výstup z bloku ZAS3 (posledný 3.zásobník) (obr. 3.20). Výstup z bloku ZAS3 je v metroch.

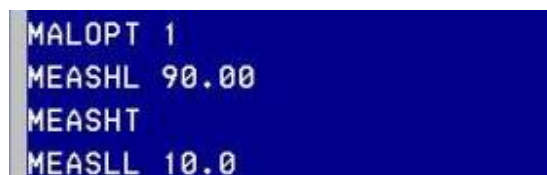
Obr. 3.20: Nastavenie parametra *MEAS* v bloku PIDA

Následne je potrebné zmeniť parameter *MODOPT* na hodnotu 5. Tým systémom hovoríme, že PIDA blok sa bude správať ako PID regulátor. Následne upravíme parametre rovnice regulačného módu (2.2). Parameter *A* nastavíme na hodnotu 1. Parameter *KD* nastavíme na hodnotu 10 a parameter *b* nastavíme na hodnotu 0. Parameter f_r ponecháme na hodnote, ktorá bola zadaná systémom. Na zamedzenie windup efektu treba nastaviť v parametroch *BCALCI* a *FBK* nasledujúcu adresu: :REG.OUT. Parametre *BCALCI* a *FBK* budú teda spracovávať výstup z regulátora. (obr. 3.21).



Obr. 3.21: Nastavenie parametrov *BCALCI* a *FBK* v bloku PIDA

V bloku PIDA je možné nastaviť rôzne alarmy, ktoré nás v prípade potreby informujú o zmenách v systéme. Pre našu sústavu je vhodné nastaviť alarm, ktorý by nás informoval o kritických výškach hladín. Na tento účel slúžia parametre *MALOPT*, *MEASHL* a *MEASLL*. Stačí, ak v týchto parametroch zadefinujeme hodnotu, po ktorej prekročení sa spustí alarm. V parametri *MALOPT* sa nastaví hodnota 1. V parametri *MEASHL* sa zadefinuje hodnota kritickej výšky hladiny 90m. Podobne pre parameter *MEASLL* sa zadefinuje hodnota kritickej výšky hladiny 10m (obr. 3.22).

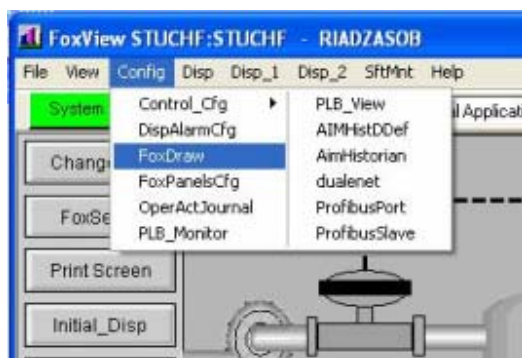


Obr. 3.22: Nastavenie parametrov *MEASHL*, *MEASLL*, *MALOPT* v bloku PIDA

3.3 Vizualizačné prostredie FOXDRAW

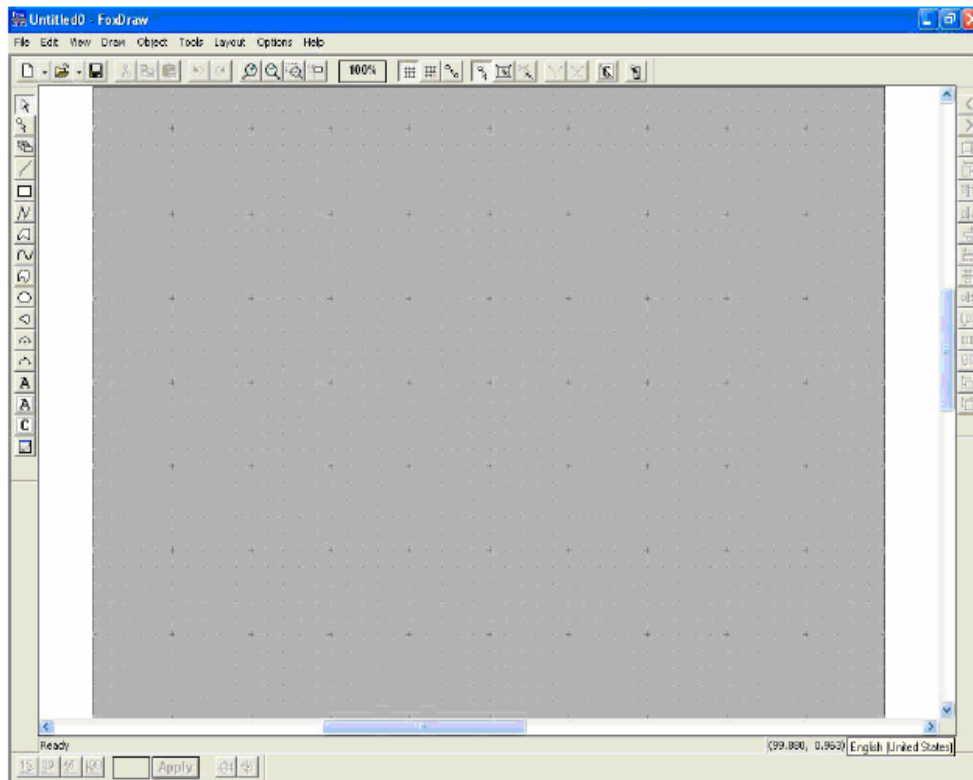
3.3.1 Opis prostredia FOXDRAW

Foxdraw je grafický zobrazovací editor pre vytváranie a zmeny displejov slúžiacich na vizualizáciu dynamiky riadených procesov. Aby sme mohli prostredie Foxdraw spustiť, musíme byť nastavení ako softvérový inžinier. Prostredie spustíme klikom na položku *Foxdraw* v ponuke *Config* (obr. 3.23).



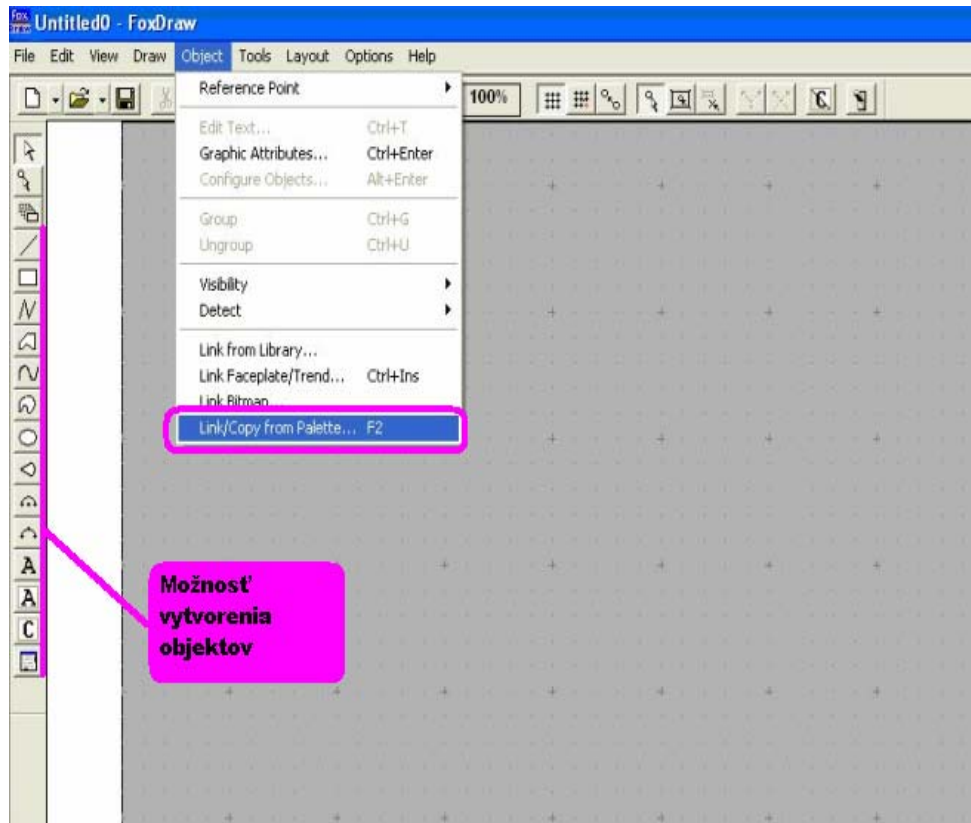
Obr. 3.23: Spustenie Foxdraw z hlavnej ponuky

Po zvolení položky *Foxdraw* sa zobrazí obrazovka resp. projekt, ktorý bol upravovaný naposledy. Pre zvolenie novej obrazovky je potrebné kliknúť na *File* → *New*, alebo použiť klávesovú skratku CTRL+N. Nová obrazovka vyzerá nasledovne (obr. 3.24):



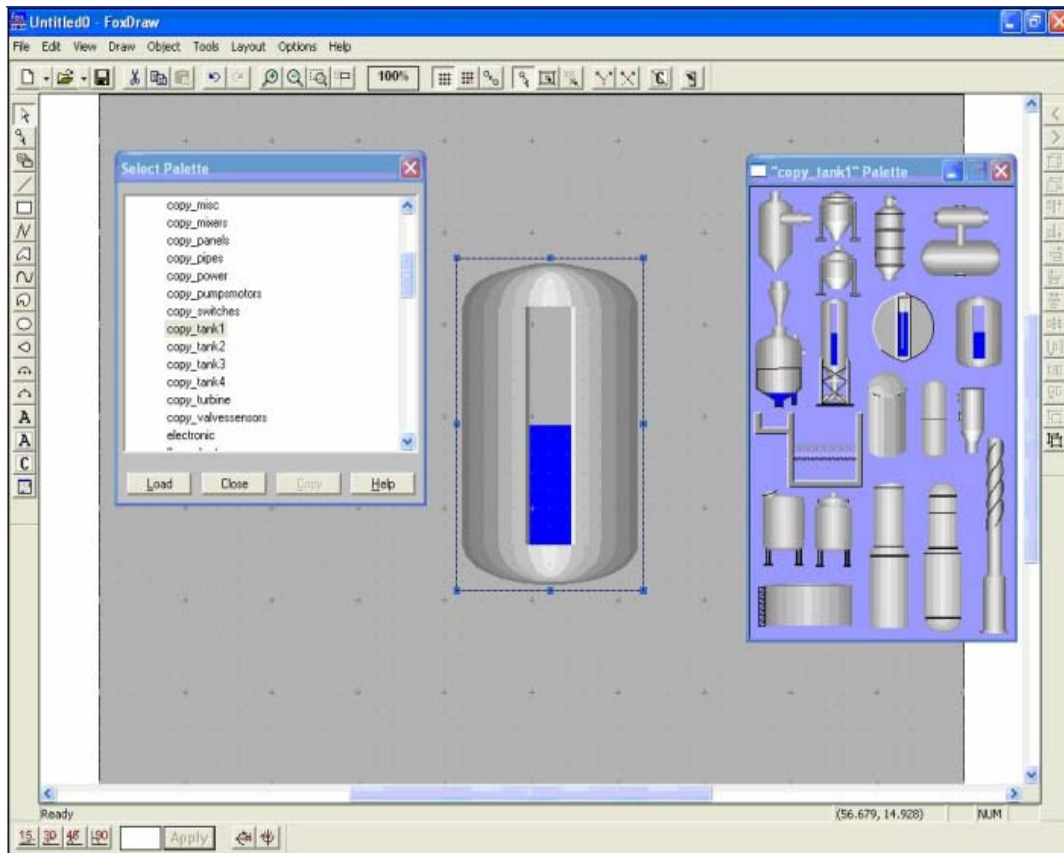
Obr. 3.24: Nová obrazovka Foxdraw

V prostredí Foxdraw máme možnosť vizualizovať náš proces tak, že si pomocou panelov nástrojov vytvoríme objekt resp. zariadenie, v ktorom pracujeme, alebo môžeme použiť knižnicu Foxdraw, ktorá už obsahuje obrázky väčšiny priemyselných zariadení. Do knižnice Foxdraw sa dostaneme kliknutím myšou na *Object* a potom na položku *Link/Copy from Palette* (obr.3.25).



Obr. 3.25: Zvolenie položky *Link/Copy from Palette*

Otvorí sa nám zoznam zariadení, z ktorých je možnosť si vybrať tie, ktoré vystihujú náš proces, v našom prípade zásobník kvapaliny. Zvolený obrázok jednoducho myšou pretiahneme na našu pracovnú plochu a upravíme ho do vhodnej veľkosti (obr. 3.26).

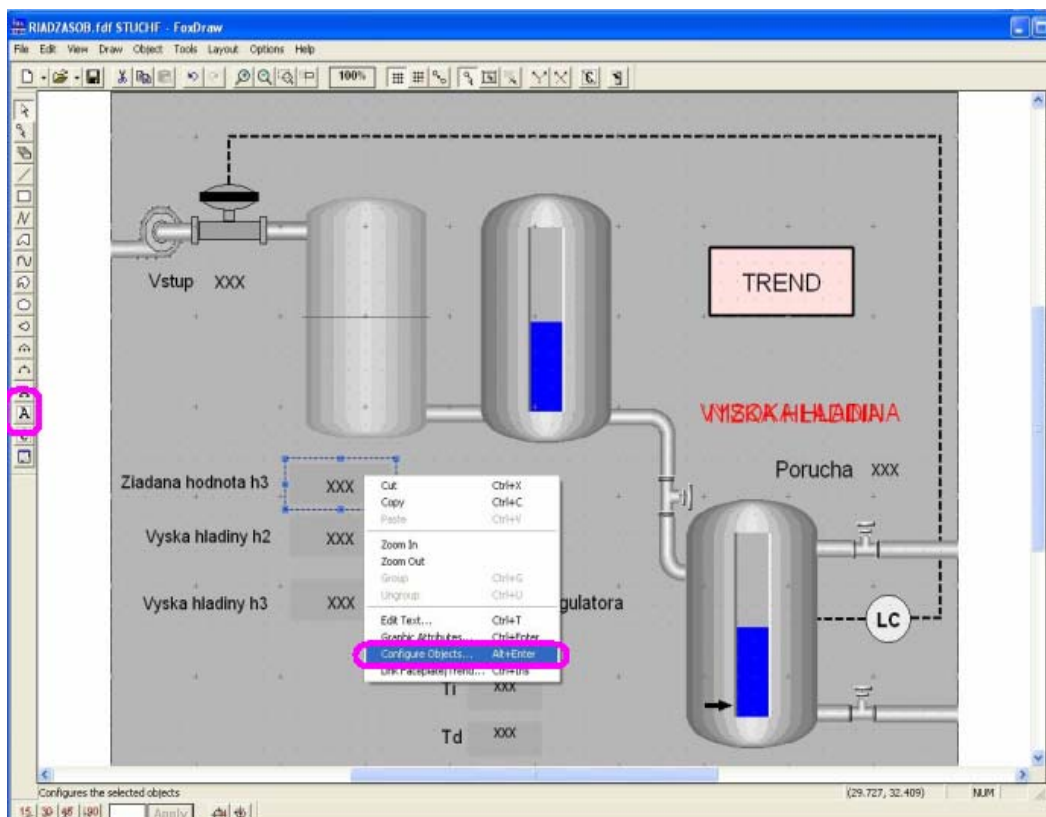


Obr. 3.26: Práca s knižnicou Foxboro

3.3.2 Vytvorenie sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou riadených PID regulátorom v prostredí FOXDRAW.

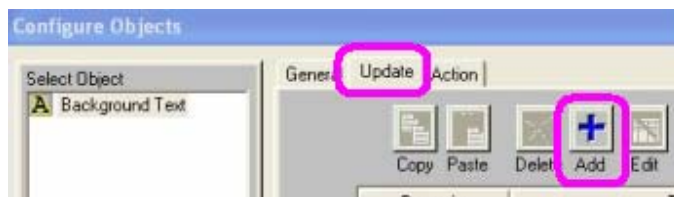
Po vybratí nami zvolených obrázkov z knižnice Foxdraw je potrebné tieto obrázky upraviť tak, aby nám zvolené objekty predstavovali žiadaný proces. Keďže chceme snímať vstupnú, výstupnú a žiadanú hodnotu a chceme mať možnosť meniť parametre regulátora, treba v sledovanom objekte vytvoriť polia, ktoré nám tieto hodnoty budú zobrazovať. Tieto

polia sa vytvoria pomocou tlačidla *Background Text*  (obr. 3.27).

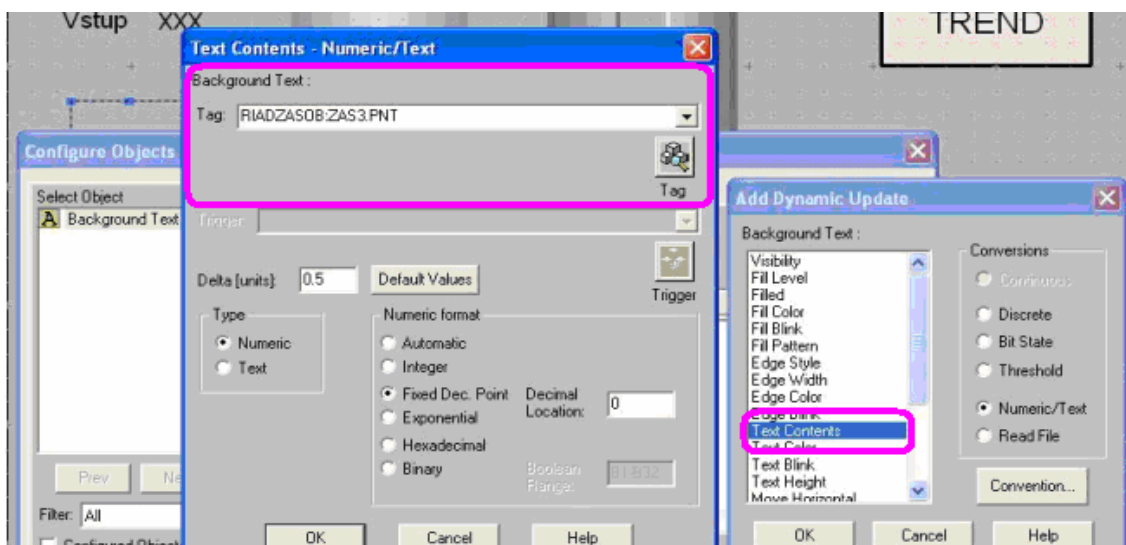
Obr. 3.27: Zobrazenie položky *Configure Objects*

Po vytvorení takéhoto poľa je potrebné ho nastaviť tak, aby nám zobrazoval požadovanú hodnotu. Pravým kliknutím na dané pole a zvolením položky *Configure Objects* (obr. 3.27) sa zobrazí ponuka, v ktorej môžeme zadefinovať, či má dané pole hodnotu (napr. výstup z 3. zásobníka) iba zobrazovať alebo či chceme prostredníctvom poľa meniť aj parametre (napr. parametre regulátora).

Ak chceme, aby pole zobrazovalo iba hodnotu, použijeme záložku *Update* (obr.3.28). V tejto záložke klikneme na *ADD* a zvolíme si typ poľa. V našom prípade zvolíme *Text Contents*, ktorá povoľuje aktualizáciu hodnôt, ako aj zmenu premennej po zapísaní hodnoty do textového poľa. Po zvolení *Text Contents* je potrebné ešte nastaviť adresu, odkiaľ má blok brať hodnoty (napr. RIADZASOB:ZAS3.PNT). V položke *Tag* zadefinujeme adresu bloku, ktorého hodnoty chceme mať zobrazené vo Foxview (obr. 3.29).

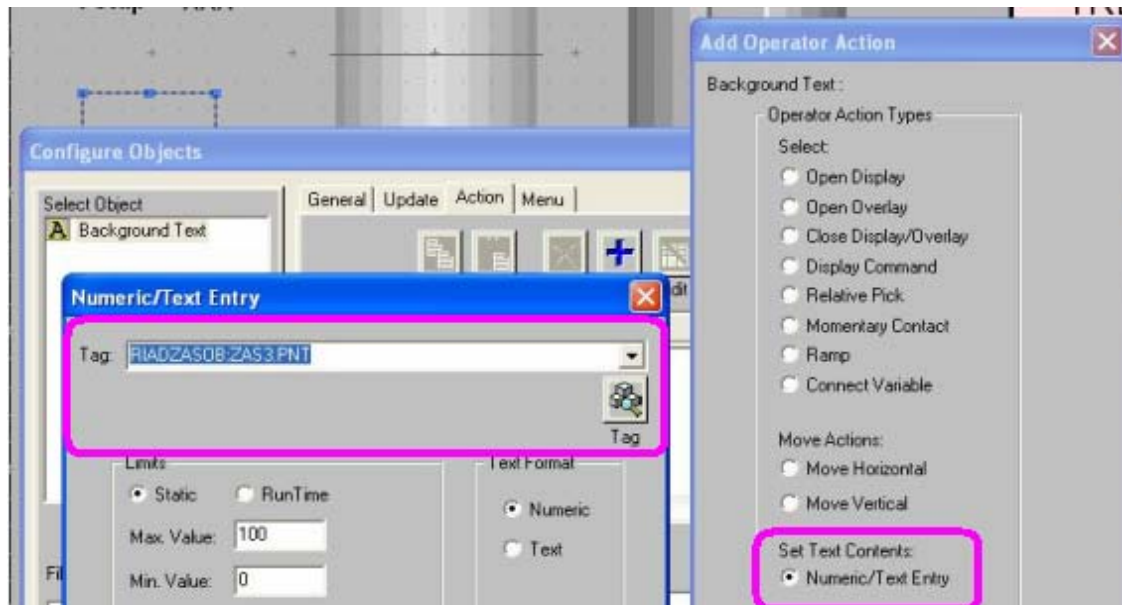



Obr. 3.28: Použitie záložky *Update*



Obr. 3.29: Zobrazenie položky *Tag*

Ak chceme pomocou displeja meniť nejaké parametre, (napr. parametre regulátora) je potrebné upraviť aj záložku *Action*. Upravením tejto záložky je možné meniť parametre blokov. Kliknutím na položku *ADD* v záložke *Action* sa zobrazí podobné okno ako pri záložke *Update* s tým rozdielom, že je potrebné zdefinovať typ vkladanej hodnoty. V našom prípade chceme meniť číselné hodnoty, čiže zvolíme položku *Numeric/Text Entry*. Položkou *Tag* nastavíme adresu bloku, v ktorom chceme meniť hodnoty (obr. 3.30).

Obr. 3.30: Použitie záložky *Action*

Týmto spôsobom vytvoríme polia, ktoré nám budú zobrazovať vstupnú veličinu a výšku hladiny v 2. a 3. zásobníku. Ďalej vytvoríme polia, prostredníctvom ktorých budeme môcť zdefinovať žiadanú výšku hladiny, poruchu a parametre regulátora. Tabuľka 1.1 zobrazuje polia, ktoré boli vytvorené pomocou možnosti *Text Contents* spolu s použitými záložkami a adresou (tagom). Jednotlivé polia boli pomenované podľa funkcie. Meno poľa resp. ľubovoľný text, ktorý chceme aby sa zobrazoval vo vizualizácii vytvoríme pomocou ikony *Text* .

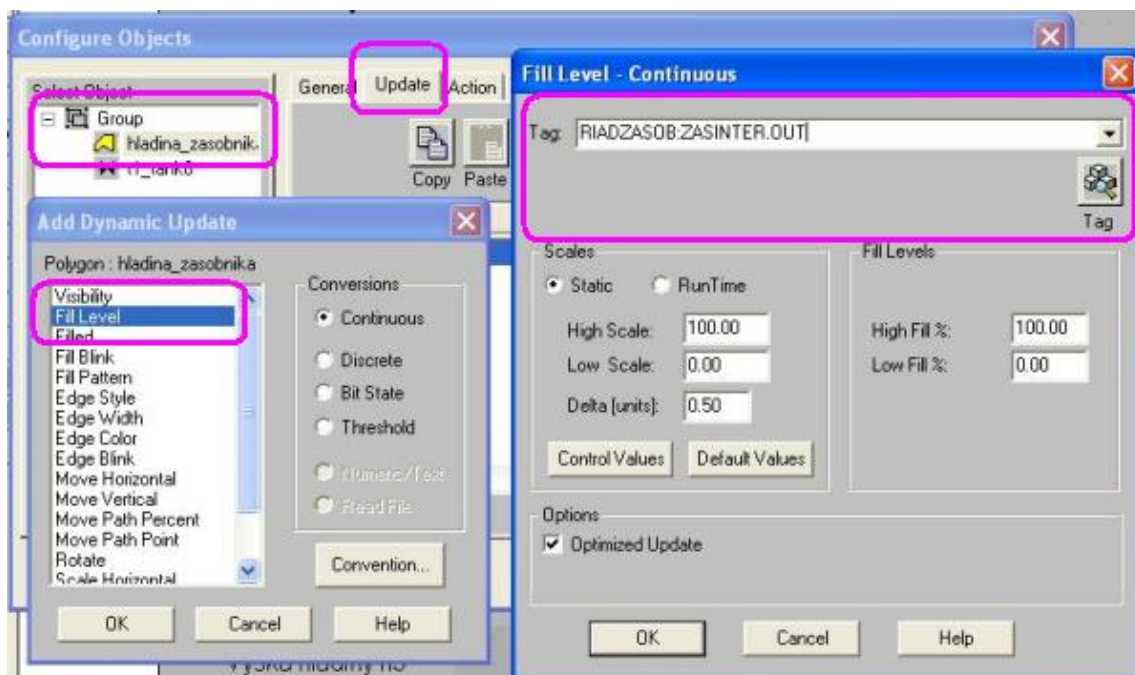
Po vytvorení týchto polí (tab.1.1), je potrebné nastaviť ukazovatele výšok hladín v posledných dvoch zásobníkoch a zobrazovanie alarmov.

Tabuľka 1.1: Zoznam vytvorených polí

Meno Poľa	Záložky		Adresa/Tag
	Update	Action	
Žiadaná hodnota h_3	x	x	RIADZASOB:REG.SPT
Výška hladiny h_2	x		RIADZASOB:ZASINTER.OUT
Výška hladiny h_3	x		RIADZASOB:ZAS3.PNT
Vstup	x		RIADZASOB:REG.OUT
Porucha	x	x	RIADZASOB:PORUCHA.MEAS
Z_R	x	x	RIADZASOB:REG.PBAND
T_I	x	x	RIADZASOB:REG.INT
T_D	x	x	RIADZASOB:REG.DERIV

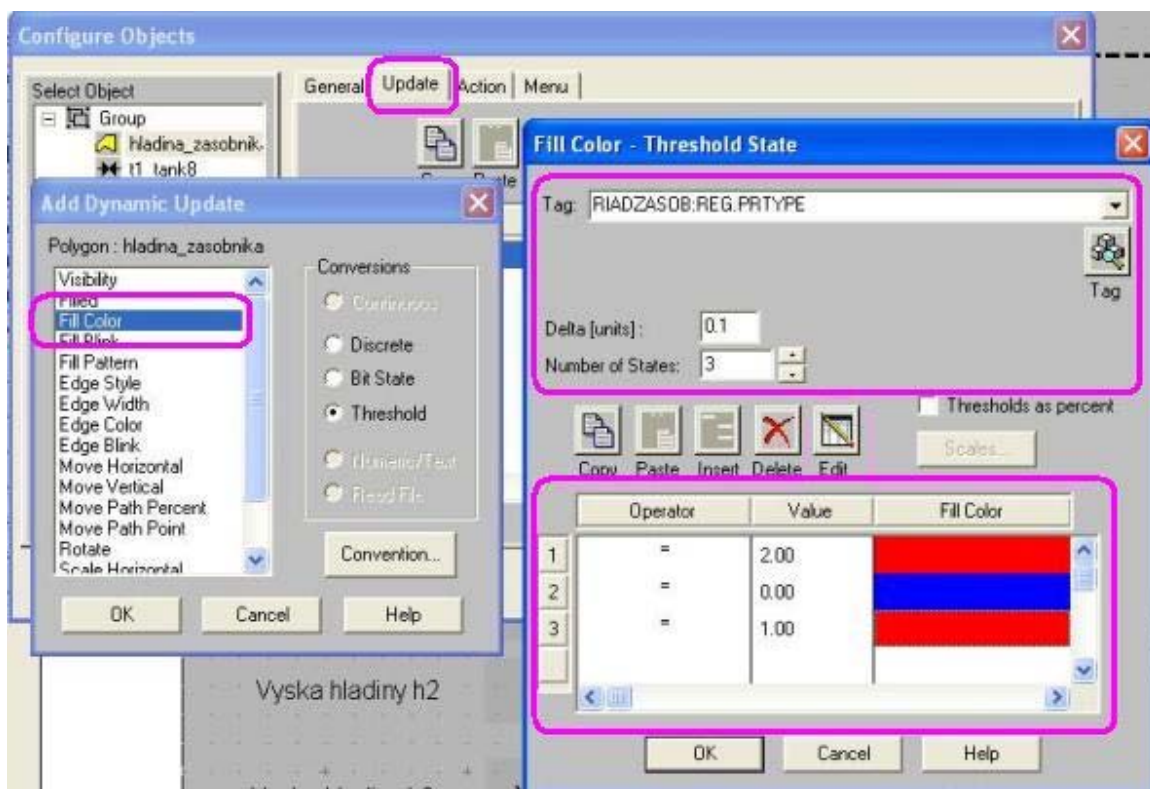
x-daná položka bola použitá

Pri ukazovateľoch výšok hladín nie je potrebné vytvárať pole, ak sme na vizualizáciu zásobníka použili objekt (obrázok) z knižnice Foxdraw. Postupujeme rovnako ako pri vytváraní poľa. Pravým tlačidlom myši klikneme na vizualizáciu zásobníka a zvolíme položku *Configure Objects*. V ľavej časti okna sa nachádza náš objekt (vizualizácia zásobníka), ktorý sa skladá z dvoch častí. Zvolíme tú, ktorá predstavuje indikátor výšky hladiny v zásobníku. Následne zvolíme záložku *Update* a klikneme na *ADD*. V tomto prípade nezvolíme *Text Content*, lebo chceme aby sa indikátor pohyboval horizontálne v závislosti od výšky hladiny v zásobníku. Zvolíme možnosť *Fill Level*. Po zvolení tejto možnosti stačí už len zadať *Tag* resp. adresu (obr. 3.31). Adresa resp. *Tag* pre druhý zásobník je nasledujúca: RIADZASOB:ZASINTER:OUT. Pre tretí zásobník má podobu: RIADZASOB:ZAS3.PNT.




Obr. 3.31: Nastavenie ukazovateľa výšky hladiny

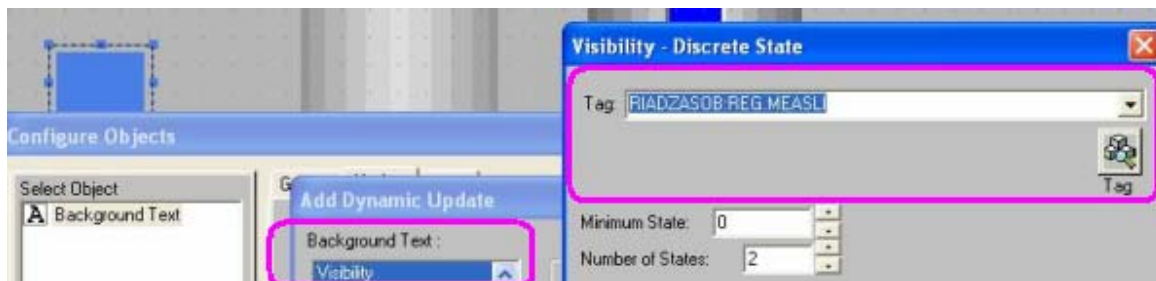
Po nastavení ukazovateľa výšky hladiny chceme ešte nastaviť farbu ukazovateľa v treťom zásobníku v závislosti od výšky hladiny. Ak bude výška hladiny v zásobníku dosahovať zvolenú kritickú hodnotu, ukazovateľ bude mať červenú farbu. V záložke *Update* pomocou tlačidla *ADD* sa zvolí možnosť *Fill Color*. V našom prípade zvolíme položku *Number of States* na hodnotu 3. V každom riadku si v položke *Operator* zvolíme operátor rovnosti. V prvom riadku nastavíme položku *Value* na hodnotu 2. V druhom riadku nastavíme položku *Value* na hodnotu 0 a v treťom riadku nastavíme hodnotu položky *Value* na hodnotu 1. Následne si pre každý riadok nastavíme farbu v položke *Fill Color*. V prvom a treťom riadku nastavíme červenú farbu a v druhom nastavíme modrú farbu. Po nastavení farieb do položky *Tag* zadáme adresu: RIADZASOB:REG.PRATYPE (obr. 3.32).



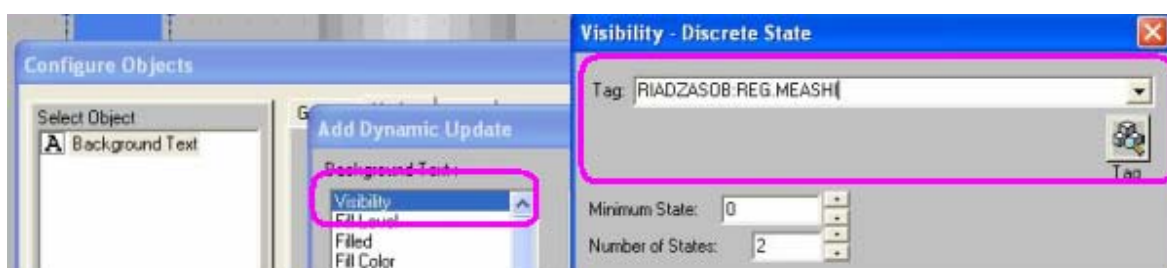
Obr. 3.32: Nastavenie farby ukazovateľa výšky hladiny v 3. zásobníku

Vo Foxdraw je ďalej potrebné nastaviť zobrazovanie alarmov. Funkcia alarmu bude spočívať v tom, že ak v treťom zásobníku bude hladina nízka resp. nebude presahovať zvolenú kritickú hodnotu, zobrazí sa text: NIZKA HLADINA. Ak v zásobníku bude hodnota výšky hladiny presahovať zvolenú kritickú hodnotu, zobrazí sa text: VYSOKA HLADINA. Ak výška hladiny zásobníka bude medzi minimálnou a maximálnou zvolenou kritickou hodnotou, nebude sa zobrazovať žiadny text.

Alarmy vytvoríme tak, že pomocou tlačidla *Background Text*  vytvoríme pole, ktoré následne modifikujeme pomocou možnosti *Configure Objects*. Tu sa znovu použije záložka *Update*. Po kliknutí na ikonu *ADD* zvolíme možnosť *Visibility* a nastavíme *Tag* resp. adresu pre alarm nízkej hladiny na RIADZASOB:REG:MEASLI (obr. 3.33) a v prípade alarmu vysokej hladiny sa nastaví adresa (*Tag*) na: RIADZASOB:REG:MEASHI (obr. 3.34).



Obr. 3.33: Nastavenie alarmu nízkej hladiny

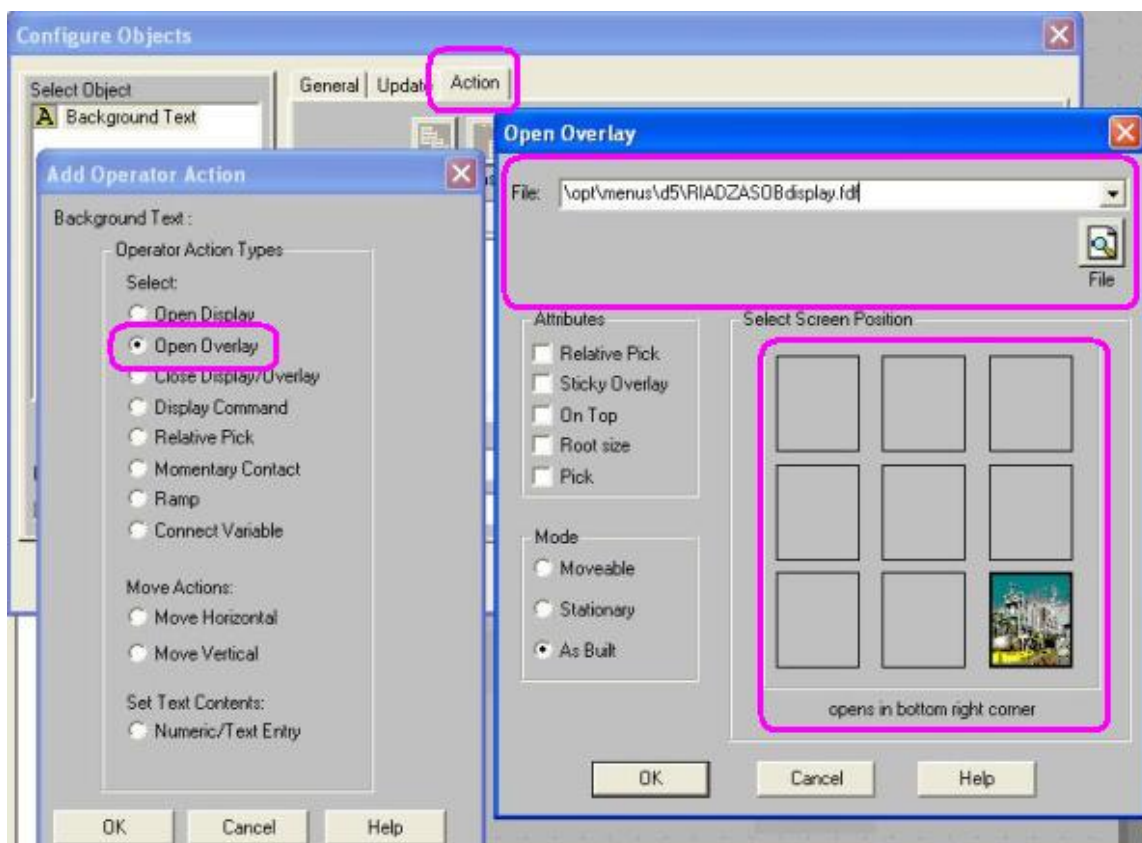


Obr. 3.34: Nastavenie alarmu vysokej hladiny

Keďže chceme sledovať riadenie výšky hladiny v treťom zásobníku v čase je potrebné vo Foxboro vytvoriť trendový graf, ktorý bude zobrazovať zmenu výšky hladiny. Trendový graf bol vytvorený v novom Foxdraw okne pomocou *File* → *New*. V okne, v ktorom sa nachádza vizualizácia zásobníka sa nastaví adresa k oknu, ktorá bude obsahovať trendový graf. Pri samotnej simulácii bude možné trendový graf ľubovoľne zapnúť a vypnúť. Vytvorí sa pole (obr. 3.35), kde pomocou možnosti *Configure Objects* → *Action* → *ADD* si zvolíme možnosť *Open Overlay*, ktorá umožňuje otvorenie ďalšieho okna bez toho, aby bolo treba zatvoriť predchádzajúce. Po zvolení tejto možnosti sa nastaví adresa k danému oknu a zvolí sa miesto na obrazovke kde bude nové okno umiestnené (obr. 3.36).



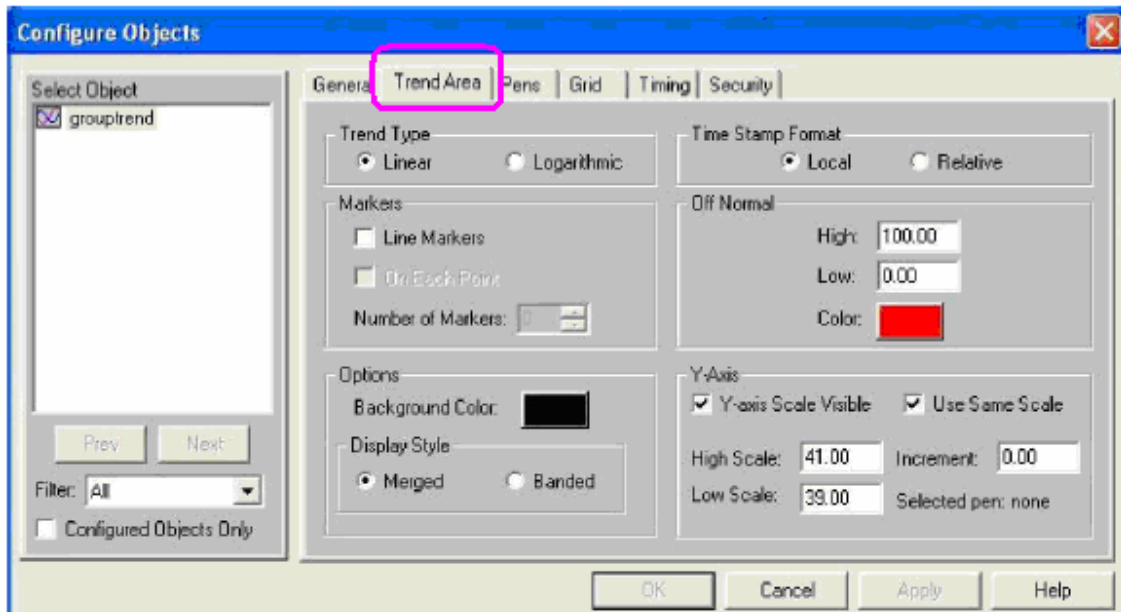
Obr. 3.35: Zobrazenie poľa TREND



Obr. 3.36: Zvolenie miesta na obrazovke

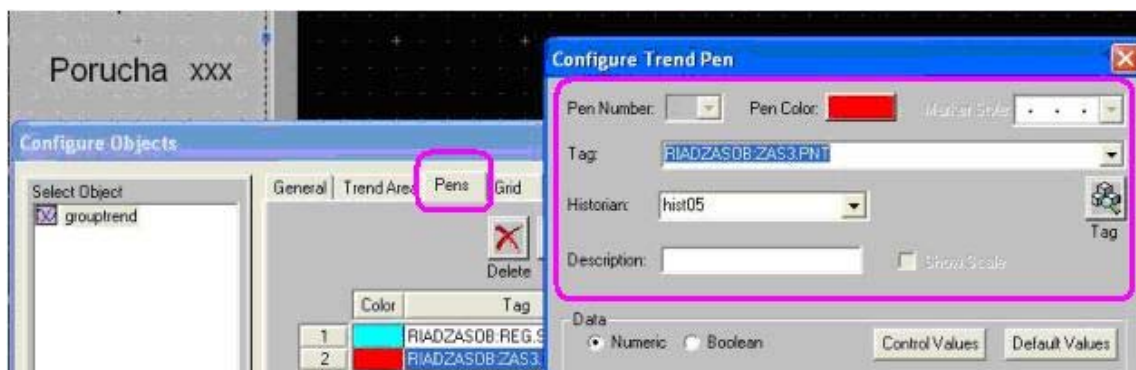
Trendový graf sa vytvorí použitím objektu z knižnice. Z hlavného menu zvolíme Object → *Link/Copy from Palette* a zo zoznamu objektov vyberieme trendový graf. Po pravom kliku myši a zvolení *Configure Objects* je zobrazených niekoľko záložiek:

- záložka *General* je možné priradiť grafu meno
- v záložke *Trend Area* sa určuje rozsah grafu a zobrazenej časti grafu (obr. 3.37)



Obr. 3.37: Záložka *Trend Area*

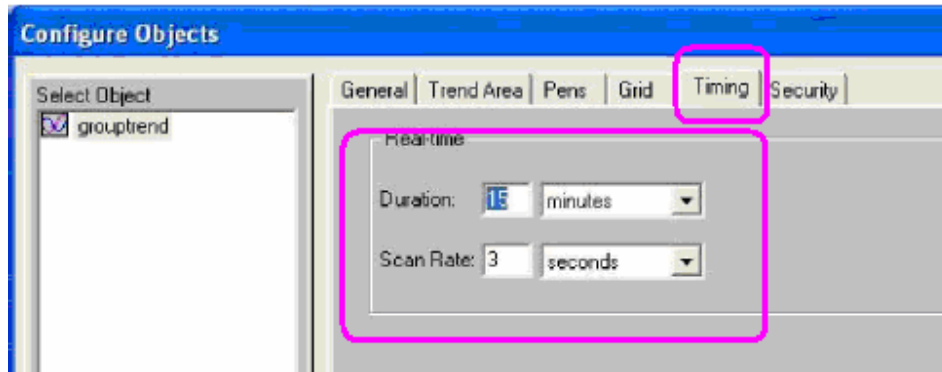
- V záložke *Pens* sa nastaví adresa k parametrom, ktoré chceme snímať ako aj farba čiary. Po zvolení farby čiary nastavíme pre výšku hladiny v treťom zásobníku nasledujúcu adresu: RIADZASOB:ZAS3:PNT (výstup z 3. zásobníka) Pre žiadanú hodnotu nastavíme nasledujúcu adresu: RIADZASOB:REG.SPT (obr. 3.38).



Obr. 3.38: Záložka *Pens*

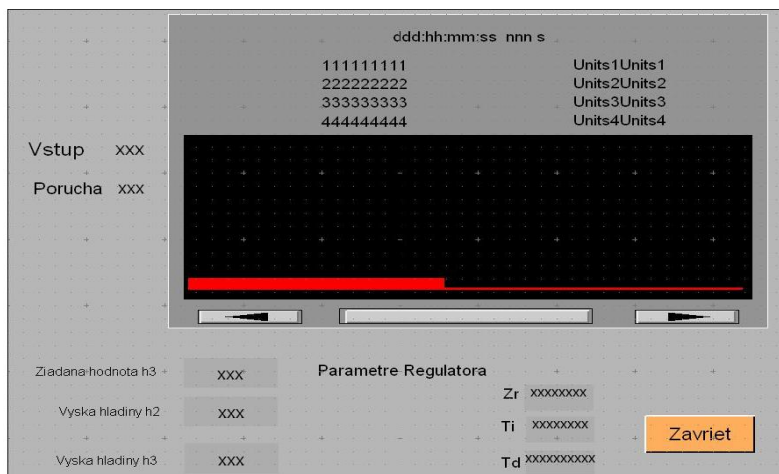
- záložka *Grid* určuje viditeľnosť počet a farbu súradníc

- záložka *Timing* určuje rýchlosť snímania premenných a dĺžku časového úseku zobrazovaného v grafe (obr. 3.39).



Obr. 3.39: Záložka *Timing*

Okrem vytvorenia trendového grafu boli vytvorené v novom Foxdraw okne aj polia pre hodnoty vstupu, žiadanej hodnoty a polia pre hodnoty výšok hladín a poruchu (obr. 3.40). Ďalej bola vytvorená možnosť zatvorenia obrazovky. Táto možnosť sa vytvorí tak, že sa vytvorí pole, kde pomocou *Configure Objects Action* → *ADD* zvolíme možnosť *Close Display/Overlay* (obr. 3.41).



Obr. 3.40: Zobrazenie vytvorených polí



Obr. 3.41: Vytvorenie možnosti zavretia obrazovky

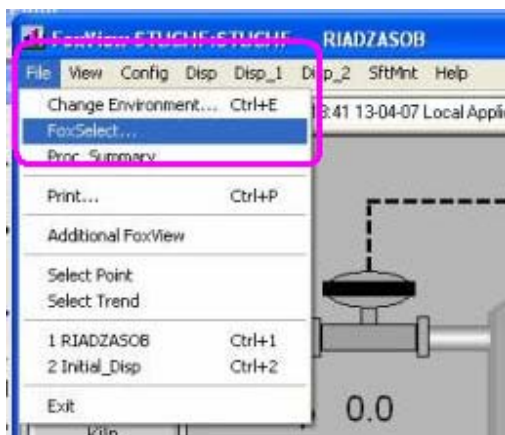
3.4 FOXSELECT

Predtým, ako sa môže začať samotné riadenie zásobníkov kvapaliny s poruchou je potrebné compound, ktorý predstavuje tieto zásobníky, zapnúť. Každý compound je potrebné pred použitím zapnúť v príslušnej stanici.

Foxselect sa používa na:

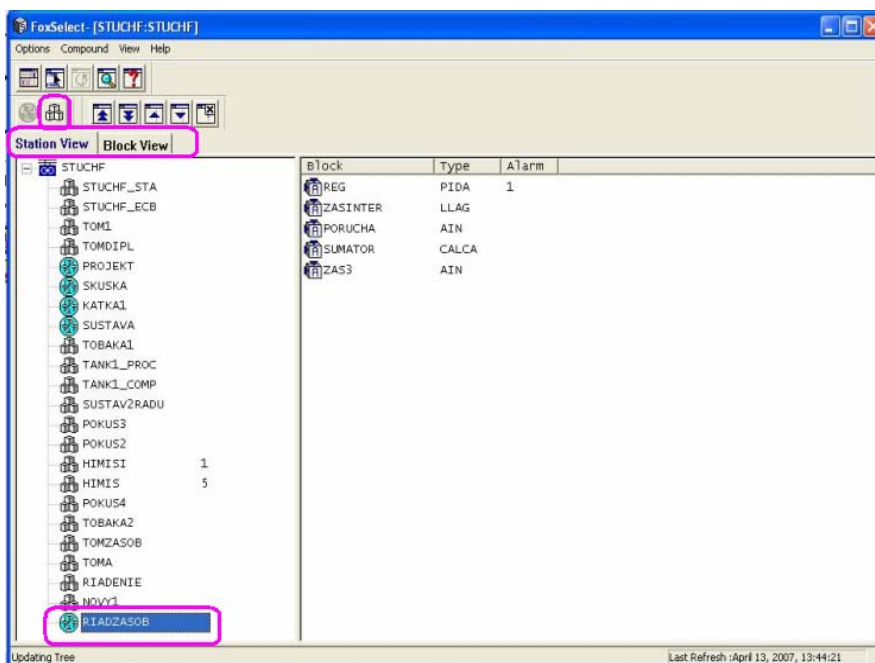
- vnesenie podrobného zobrazenia (bloku, compoundu alebo staničného bloku) do Foxview.
- zapnutie a vypnutie compoundov a ich priradených blokov
- rozšírenie zoznamu staníc siete a compoundov ktoré odhaľuje štruktúru hierarchie riadiacej databázy.
- prehľad zoznamu blokov vo vnútri všetkých pripojených staníc a triedenie zoznamu podľa rôznych kritérií.

Foxselect spustíme pomocou hlavnej ponuky. Cesta je nasledujúca: *File* → *Foxselect* (obr. 3.42).



Obr. 3.42: Spustenie Foxselect

Obrazovka okna Foxselect obsahuje dve záložky (obr. 3.43). Prvou záložkou je *Station View*, ktorá na ľavom paneli zobrazuje stanice a compoundy podľa hierarchie. Na pravom paneli zobrazuje zoznam blokov vyznačeného compoundu. Druhou záložkou je *Block View*, ktorá predstavuje triedený zoznam blokov vo vnútri všetkých pripojených staníc.





Obr. 3.43: Obrazovka okna Foxselect

V *StationView* sú zobrazené stavy compoundov a stavy blokov. Stavy môžu byť nasledujúce (obr. 3.44):

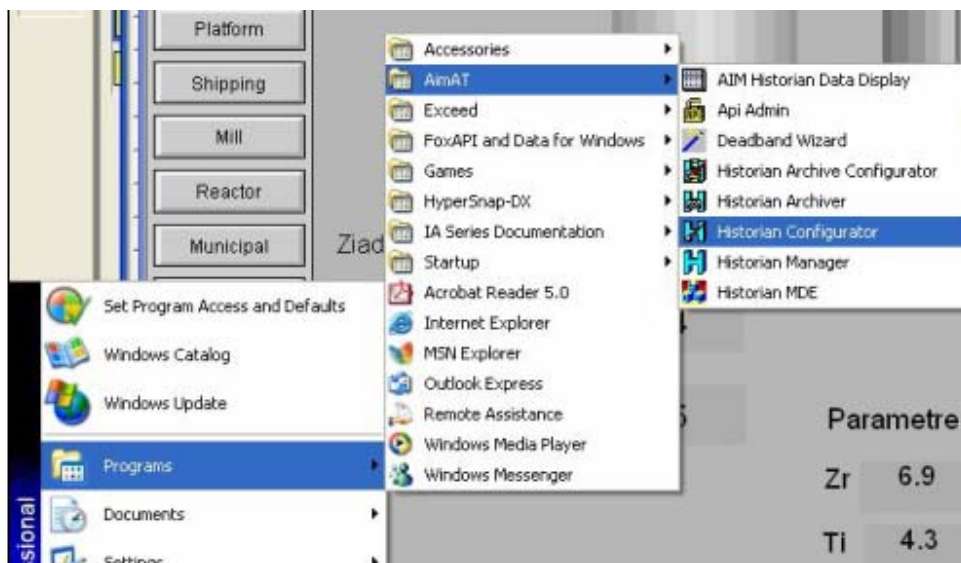
Ikona	Stavy compoundov
	Compound je zapnutý (ON)
	Compound je vypnutý (OFF)
Ikona	Stav bloku
	Automaticky
	Manuálny
	Žiaden Auto/Manuál parameter
	Nedefinovaný
	Chyba

Obr. 3.44: Stavy compoundov

Compound sa zapne pomocou ikony  a vypne pomocou ikony .

3.5 AIM Archive Toolbox (AIM AT)

AIM AT je súbor programov umožňujúcich archiváciu sledovaných údajov v čase. AIM AT umožňuje export archivovaných údajov aj vo formáte TXT. Takýto formát je potom možné ďalej spracovať v ľubovoľnom programe, napr. MATLAB. AIM AT sa skladá niekoľkých častí. Všetky tieto časti sa môžu spustiť kliknutím na ponuku *Štart* → *Programy* → *AIM AT* (obr. 3.45).

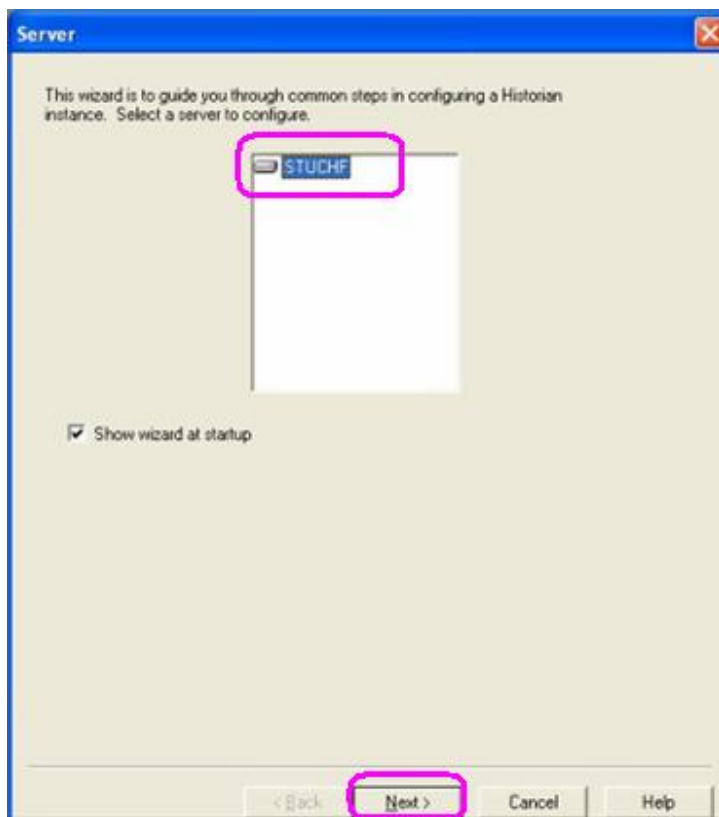


Obr. 3.45: Zobrazenie ponuky AIM AT

Predtým, ako môžeme začať s archiváciou je potrebné pre daný compound vytvoriť archív, do ktorého sa budú zapisovať dáta. Archív sa vytvára pomocou Historian Configurator, ktorý sa nachádza v ponuke AIM AT (obr. 3.45).

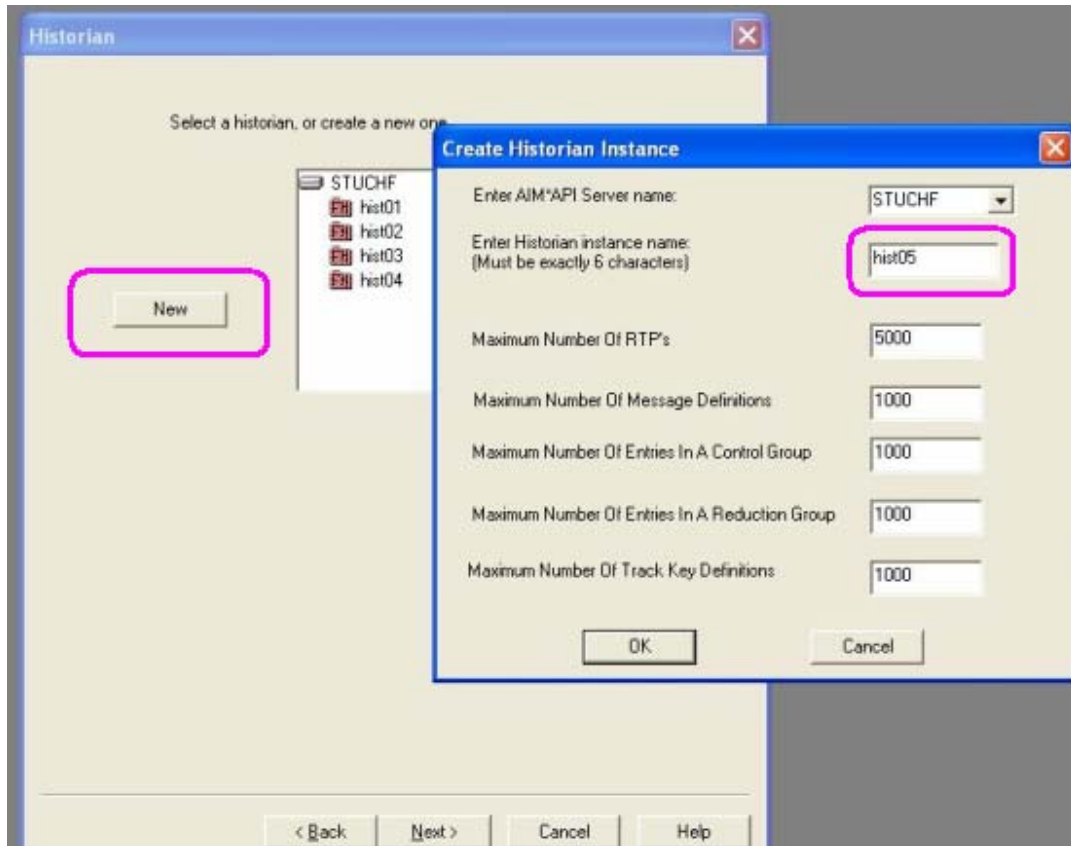
3.5.1 Historian Configurator

Po spustení Historian Configurator sa otvorí sprievodca vytvorením archívu. Ako prvý krok sa zvolí server, ktorý má archivovať údaje (obr. 3.46).



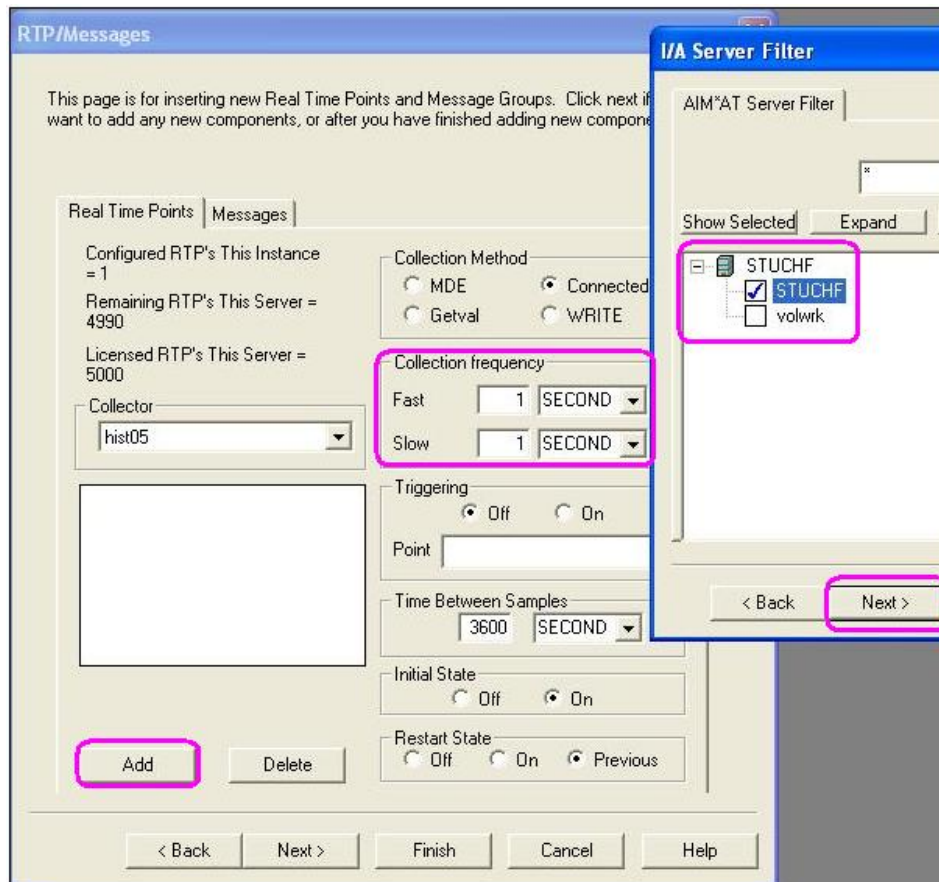
Obr. 3.46: Zobrazenie sprievodcu vytvorením archívu

Po kliknutí na *Next* vytvoríme pomocou možnosti *New* nový archív. V tomto kroku je potrebné zadať meno archívu, ktorý sa má vytvoriť. Ostatné parametre sa môžu meniť podľa potreby užívateľa. V tomto prípade sa novo vytvorený archív pomenoval *hist05* (obr. 3.47).

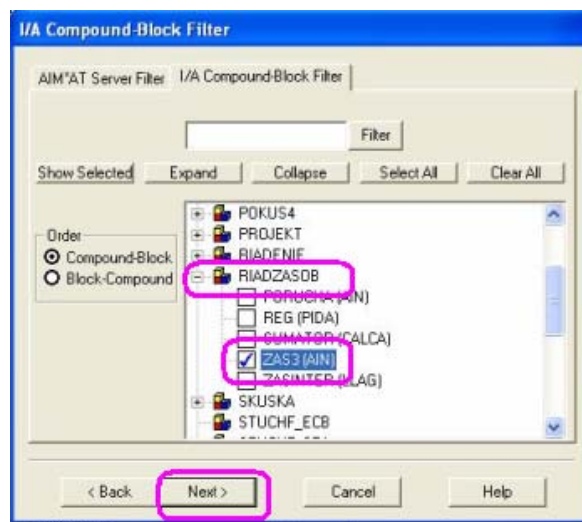


Obr. 3.47: Vytvorenie nového archívu

Po vytvorení archívu je možné zvoliť periódu vzorkovania pre daný archív. Perióda vzorkovania bola nastavená na hodnotu *1s* (obr. 3.48). Klikom na tlačidlo *ADD* a postupne pomocou tlačidla *Next* si zvolíme server, compound a blok, ktorého parameter chceme archivovať (obr. 3.48, 3.49).

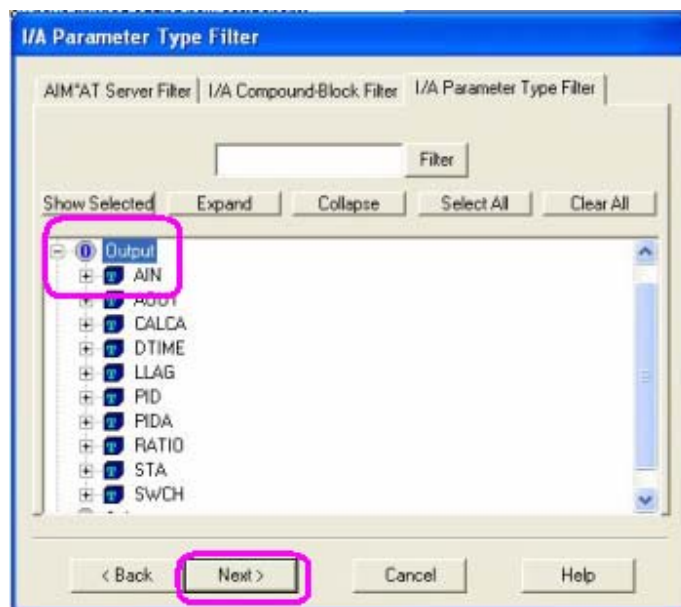


Obr. 3.48: Nastavenie periódy vzorkovania a voľba servera



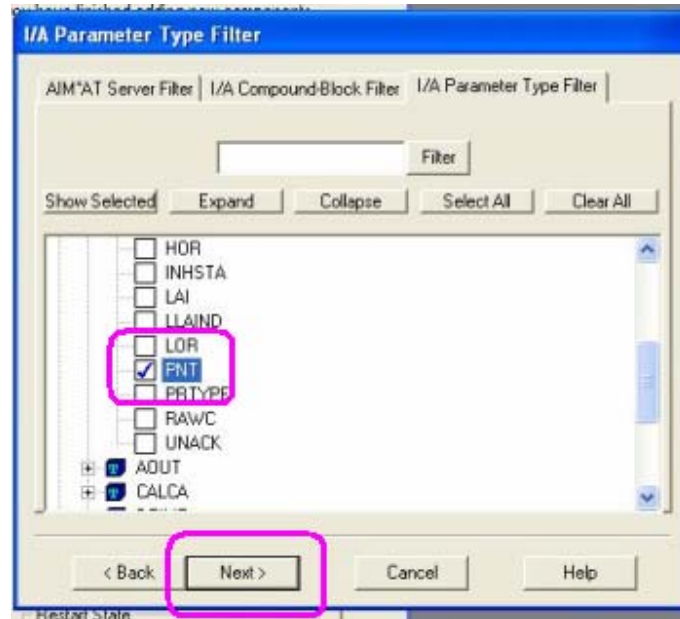
Obr. 3.49: Zvolenie compoundu a bloku

Po kliknutí na tlačidlo *Next* na obrázku (obr. 3.49) sa nám zobrazí okno so zoznamom výstupov jednotlivých blokov (obr. 3.50):



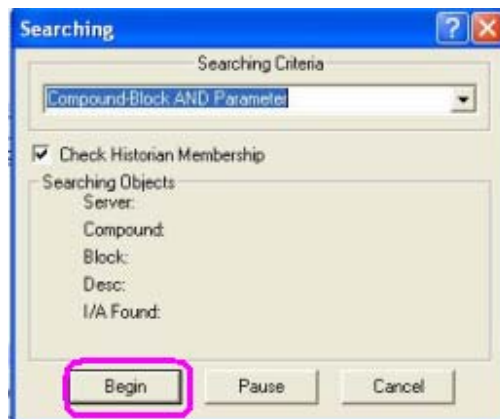
Obr. 3.50: Zobrazenie zoznamu výstupov

Keďže chceme sledovať výstup z 3. zásobníka, ktorý predstavuje blok typu AIN, zvolíme zo zoznamu výstupov blok AIN (obr. 3.50) a následne zvolíme parameter PNT (obr. 3.51).



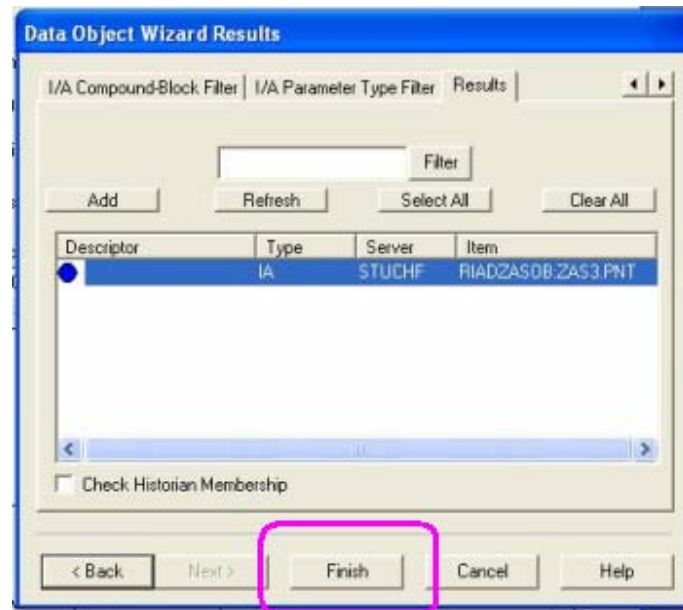
Obr. 3.51: Zvolenie parametra PNT

Po kliknutí na *Next* si program musí zistiť, či sa taký parameter v bloku nachádza. Klikneme teda na tlačidlo *Begin*, čím začne hľadanie parametra *PNT* (obr. 3.52).



Obr. 3.52: Začatie hľadania

Ak sa zvolený parameter v bloku nachádza, zobrazí sa okno, v ktorom bude zobrazený hľadaný parameter. V takomto prípade stačí už len kliknúť na tlačidlo *Finish* (obr. 3.53).



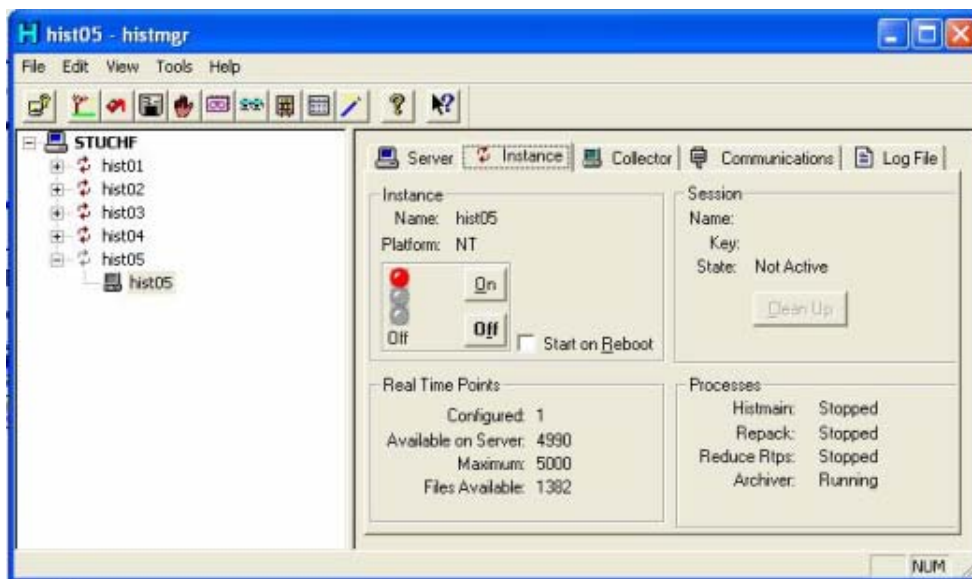
Obr. 3.53: Zobrazenie nájdeného parametra

3.5.2 Historian Manager

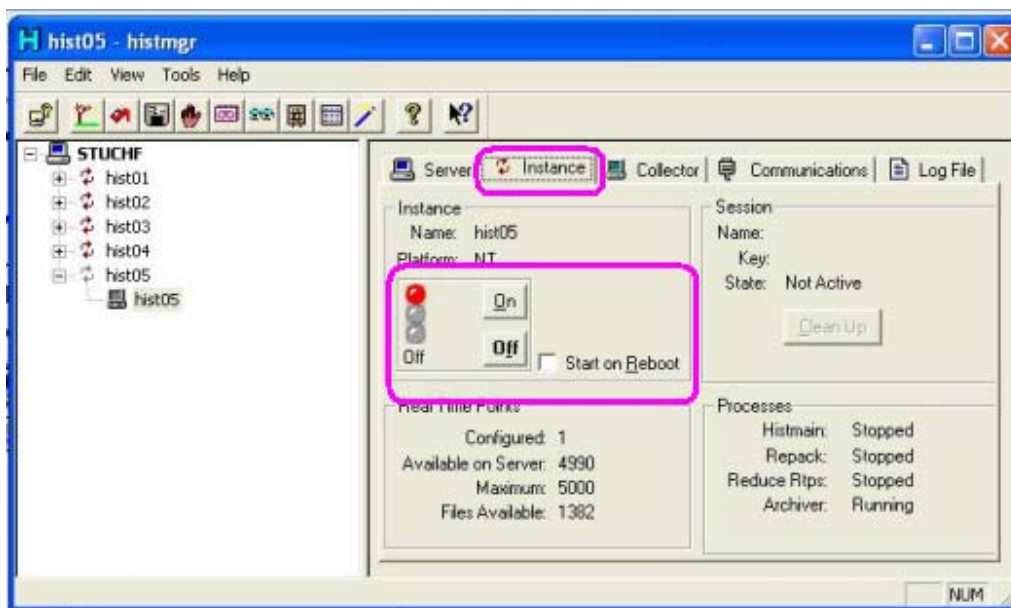
Po vytvorení archívu je potrebné tento archív aktivovať pomocou programu Historian Manager. Program spustíme pomocou ponuky *Štart* → *Programy* → *AIM AT* → *Historian Manager*. Úvodná obrazovka je zobrazená na obrázku (obr. 3.54).

Na ľavej časti sa nachádza zoznam archívov. Na pravej časti sa nachádzajú záložky:

- *Server* – zobrazí meno servera a verziu programu
- *Instance* – v tejto záložke sa nastaví zapnutie archivácie pre daný archív. Rovnako je tu možnosť zapnutia pri štarte. Na zapnutie archivácie stačí kliknúť na tlačidlo *On* a na zapnutie archivácie pri štarte stačí kliknúť na položku *Start on Reboot* (obr. 3.55).

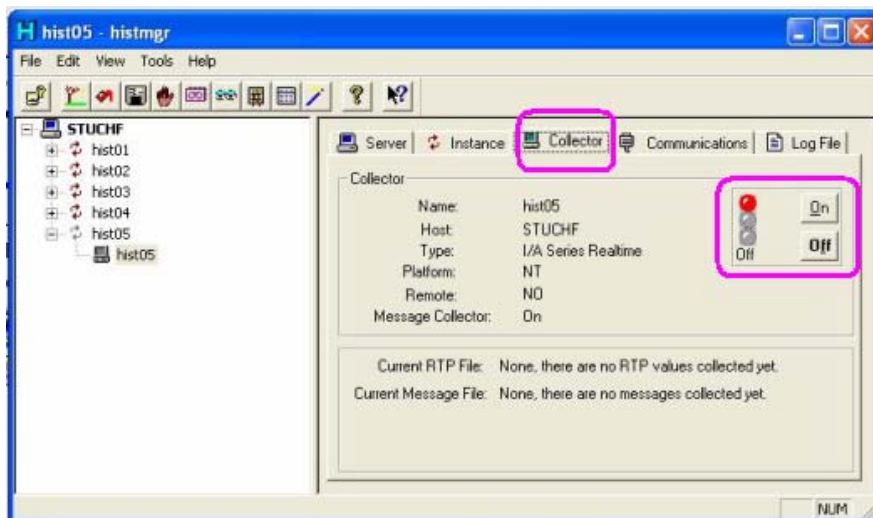


Obr. 3.54: Úvodná obrazovka Historian Managera



Obr. 3.55: Záložka Instance

- *Collector* – v tejto položke sa zapne samotná archivácia a to pomocou tlačidla *On* (3.56).




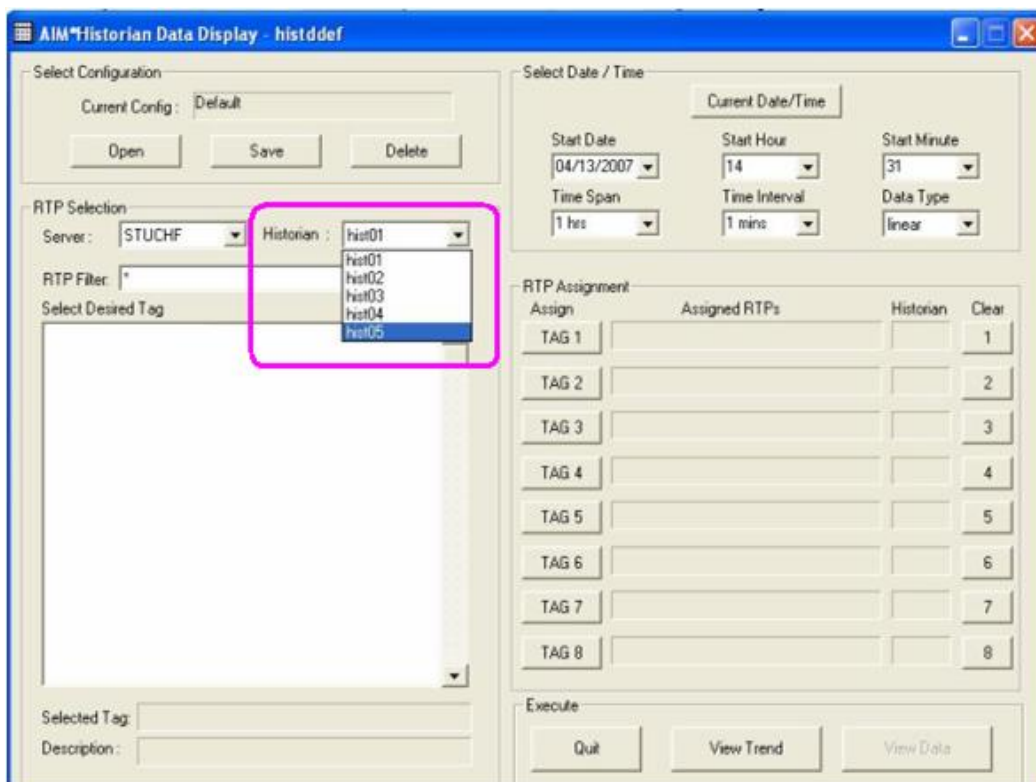
Obr. 3.56: Záložka *Collector*

- *Communication* – zobrazuje typy prepojení zariadení
- *Log File*- zobrazuje informácie o zmenách, ktoré sa udiali od zapnutia Historian manažera

3.5.3 AIM Historian Data Display

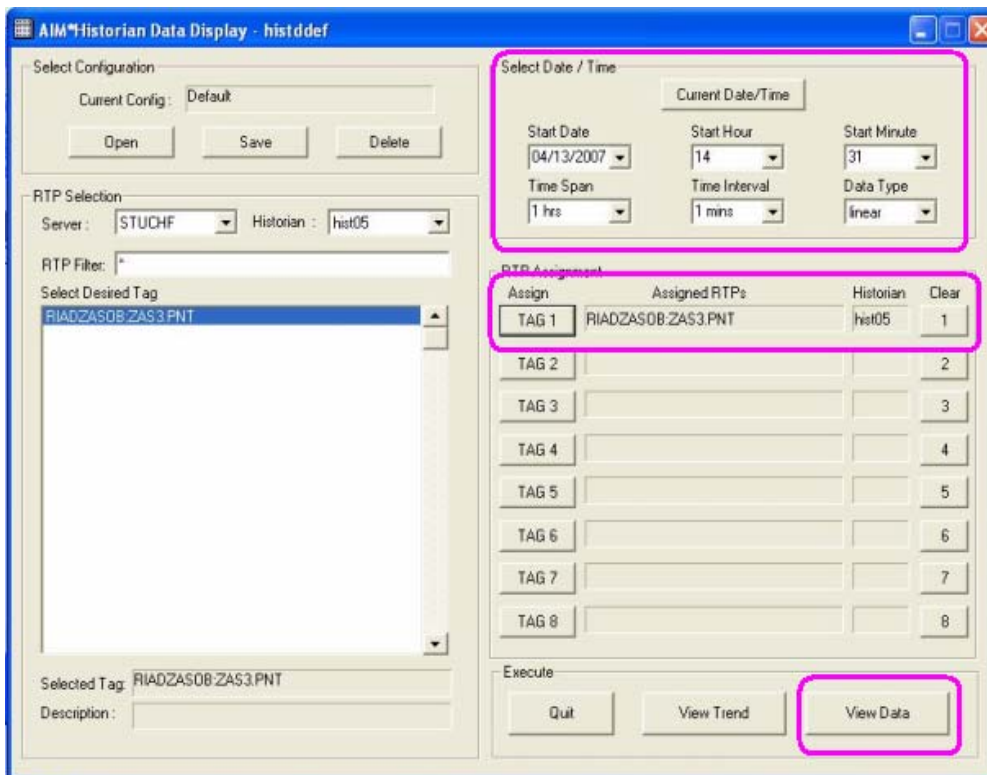
Po vytvorení a aktivácii archívov je možné zobrazit' ľubovoľné údaje. Systému už len stačí špecifikovať, aký archív a aký parameter nadefinovaný v archíve chceme zobrazit'. To sa robí pomocou AIM Historian Data Display. Program spustíme pomocou:

Štart → Programy → AIM AT → *Historian Data Display* alebo pomocou ikony  v programe Historian Manager. Úvodná obrazovka je zobrazená na obrázku 3.57.



Obr. 3.57: Historian Data Display

Ak chceme zobraziť sledovaný parameter, stačí vybrať nami vytvorený archív z ponuky *Historian* (obr. 3.57). Po vybratí archívu sa zobrazí zoznam sledovaných parametrov (obr. 3.58). Pomocou myši tento parameter označíme a klikneme na tlačidlo *Tag*. V pravej hornej časti obrazovky klikneme na tlačidlo *Current Date/Time*. V roztváracích ponukách *Start Date*, *Start Hour* a *Start Minute* sa nastaví dátum a čas, kedy bolo meranie ukončené. V ponuke *Time Span* si zvolíme časové rozpätie, ktoré chceme zobraziť. V ponuke *Time Interval* si zvolíme, v akom časovom intervale majú byť zobrazené hodnoty sledovaného parametra (obr. 3.58).



Obr. 3.58: Historian Data Display po zvolení parametra

Ak chceme zobrazit' hodnoty sledovaného parametra v závislosti od času a zároveň ich chceme exportovať do formátu TXT klikneme na tlačidlo *View Data* (obr.3.58).

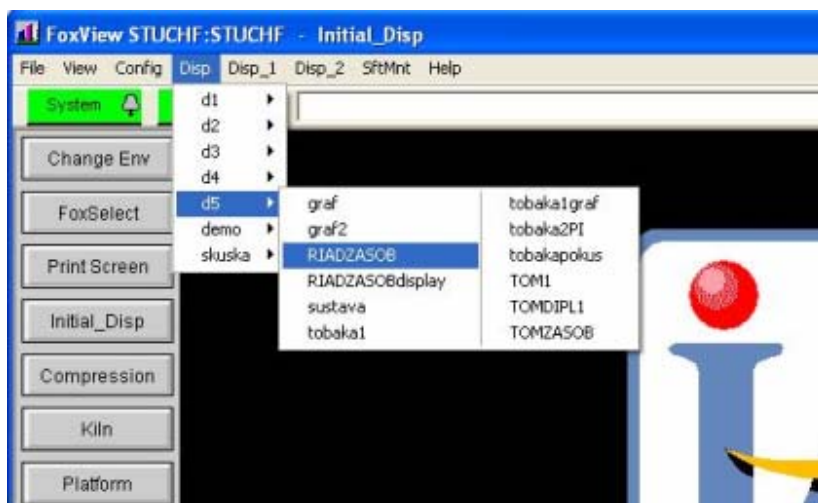
Zobrazí sa nám nasledovné okno (obr.3.59):

Date & Time	Value
08/03/07 10:52:40	18.357
08/03/07 10:52:35	18.357
08/03/07 10:52:30	18.357
08/03/07 10:52:25	18.357
08/03/07 10:52:20	17.356

Obr. 3.59: Okno údajov

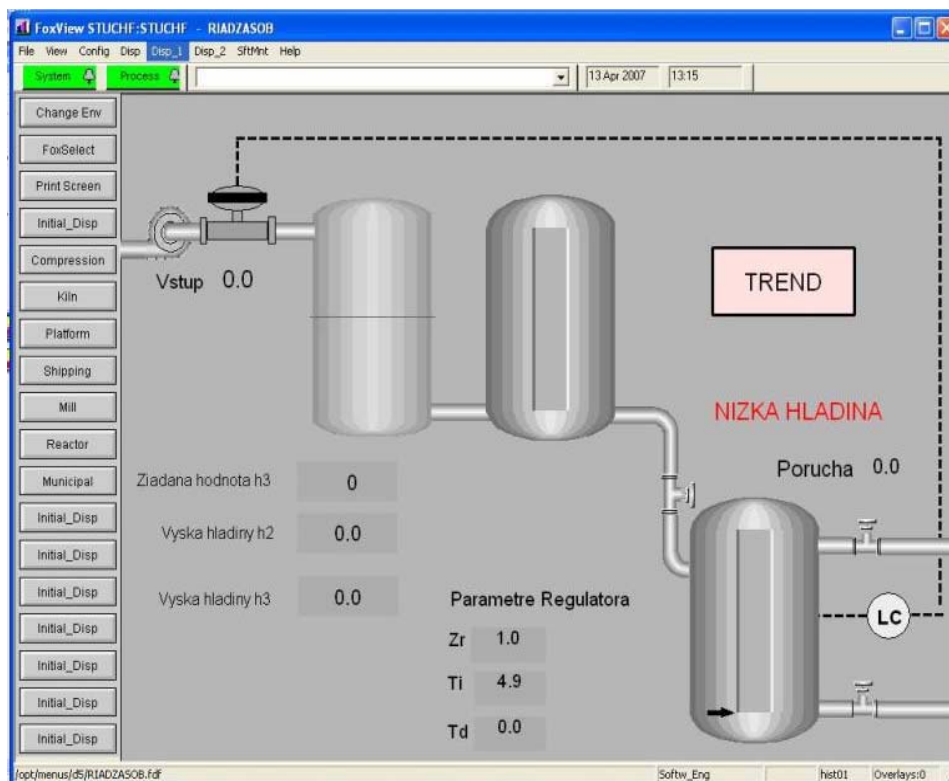
3.6 Riadenie sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou vo Foxboro.

Po vytvorení sústavy 3 zásobníkov kvapaliny s poruchou riadených PID regulátorom v prostredí ICC, následnou vizualizáciou sústavy vo Foxdraw je možné začať z riadením samotných zásobníkov. Po zapnutí príslušného compoundu vo Foxselect a zapnutí archivácie si zvolíme display predstavujúci náš compound pomocou hlavnej ponuky (obr. 3.60). Cesta je nasledujúca: *Disp* → *d5* → *RIADZASOB*.



Obr. 3.60: Zvolenie obrazovky

Zobrazí sa nám nasledujúca obrazovka (obr. 3.61):



Obr. 3.61: Zobrazenie sústavy zásobníkov kvapaliny z poruchou

Na obrázku 3.61 je zobrazené riadenie sústavy zásobníkov kvapaliny s poruchou. Na začiatku merania zadefinujeme parametre regulátora. Hodnoty na obrazovke operátora zadávame kliknutím na príslušné pole, zadaním hodnoty a následným potvrdením pomocou klávesy ENTER. Po zadaní parametrov regulátora zadefinujeme žiadajúcu hodnotu výšky hladiny v treťom zásobníku. Riadiacou veličinou v tejto sústave je prietok určený otvorením ventilu na vstupe do prvého zásobníka. Po zadaní žiadanej hodnoty výšky hladiny, regulátor vypočíta na koľko percent má byť otvorený ventil na vstupe do prvého zásobníka.

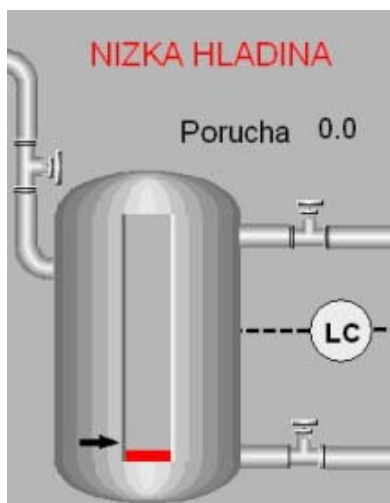
Poruchu v tejto sústave predstavuje ďalšie potrubie, ktoré privádza kvapalinu do tretieho zásobníka. Ak chceme zobraziť trendový graf, ktorý zobrazuje závislosť výšky hladiny v treťom zásobníku a žiadanej hodnoty v čase stačí kliknúť na pole *Trend* (obr. 3.61). Zobrazí sa okno, v ktorom sa nachádza požadovaný trendový graf spolu s poľami, ktoré sa nachádzali v predošlom okne (obr. 3.62). Ak chceme zmeniť žiadajúcu hodnotu, nie

je teda potrebné zavrieť okno z trendovým grafom, stačí použiť prítomné polia. Ak chceme zavrieť okno z trendovým grafom, stačí kliknúť na pole *Zavrieť* (obr. 3.62).



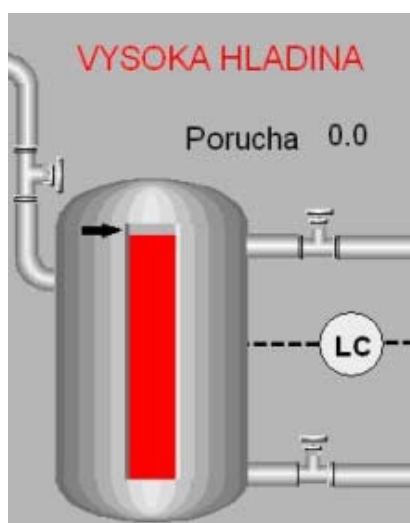
Obr. 3.62: Trendový graf z poľami

V tejto sústave boli taktiež naprogramované alarmy, upozorňujúce na výšku hladiny v 3. zásobníku. Ak je výška hladiny v 3. zásobníku menšia ako 10m zobrazí sa varovanie NIZKA HLADINA a indikátor výšky hladiny bude svietiť na červeno (obr. 3.63).



Obr. 3.63: Zobrazenie ukazovateľa Nízkej hladiny

Ak je výška hladiny v 3. zásobníku väčšia ako 90m zobrazí sa varovanie VYSOKA HLADINA a indikátor výšky hladiny bude svietiť na červeno (obr. 3.64).



Obr. 3.64: Zobrazenie ukazovateľa Vysokej hladiny

3.7 Návrhy parametrov regulátora

3.7.1 Naslinova metóda návrhu parametrov regulátora

Touto metódou sa regulátor navrhuje na základe požiadavky maximálneho preregulovania, pričom medzi koeficientmi charakteristickej rovnice uzavretého regulačného obvodu (CHR URO) (2.25) platí vzťah:

$$a_i^2 = \alpha a_{i+1} \cdot a_{i-1} \quad (3.10)$$

Vzťah medzi parametrom α a maximálnym preregulovaním σ_{\max} je daný tabuľkou 1.2 [3].

Tabuľka 1.2: Vzťah medzi parametrom α a maximálnym preregulovaním σ_{\max}

$\sigma_{\max} \%$	20	12	8	5	3	1
α	1,7	1,8	1,9	2	2,2	2,4

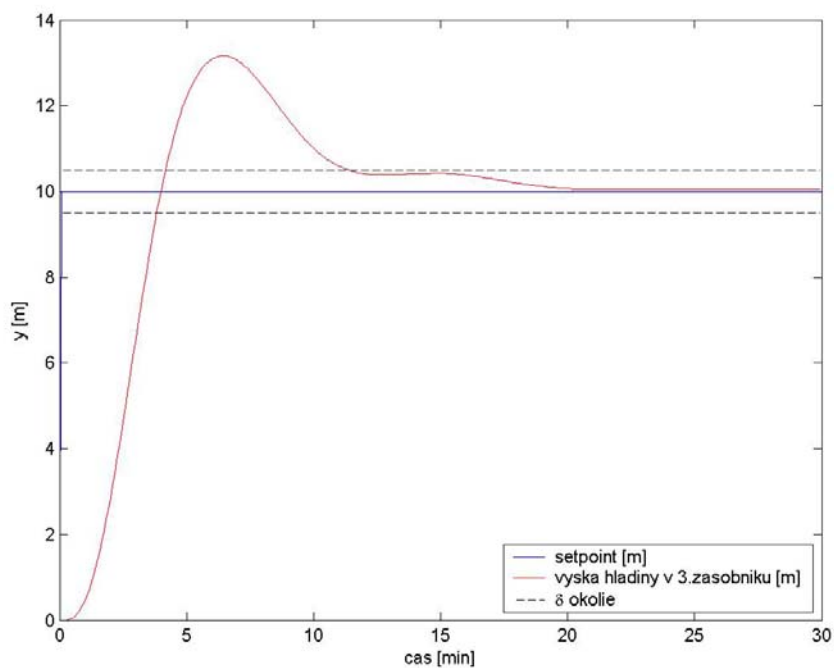
Naslinovou metódou bol navrhnutý PID regulátor pre uzavretý regulačný obvod, tak aby maximálne preregulovanie σ_{\max} nebolo väčšie ako 5%. Parametre sú nasledovné:

$$Zr = 7 \quad (3.11)$$

$$Ti = 4.291 \text{ min} \quad (3.12)$$

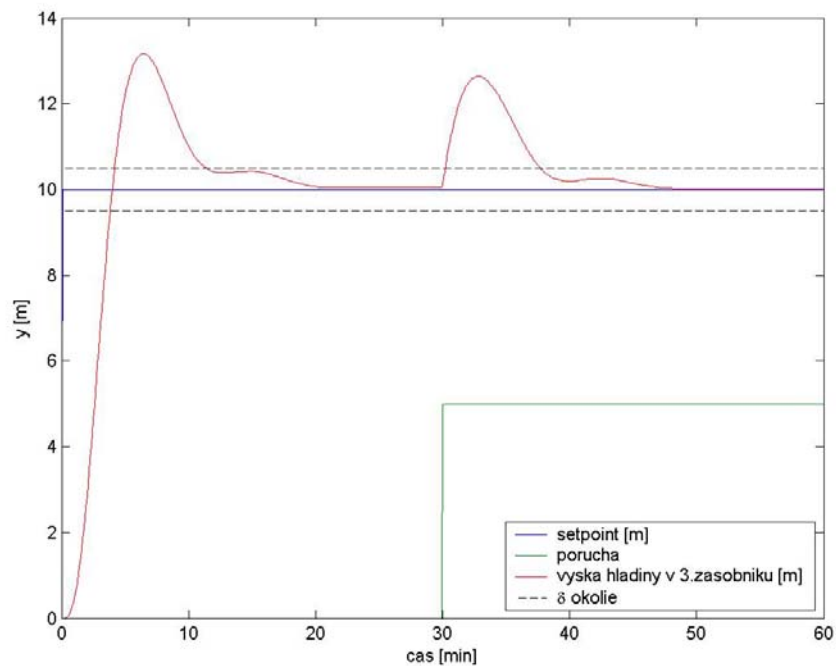
$$Td = 1.401 \text{ min} \quad (3.13)$$

Použitím vypočítaných parametrov regulátora na riadenie sústavy 3. zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro bol získaný nasledujúci priebeh riadenia (obr. 3.65):



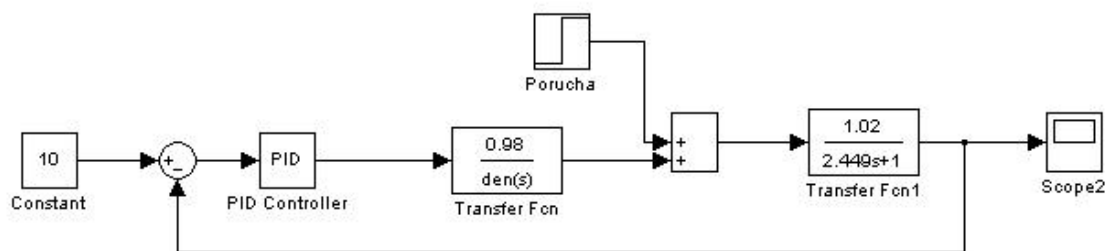
Obr. 3.65: Zobrazenie priebehu riadenia zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro PID regulátorom, ktorého parametre boli navrhnuté Naslinovou metódou

Použitím vypočítaných parametrov regulátora na riadenie sústavy 3. zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro bol získaný nasledujúci priebeh riadenia (obr. 3.66):



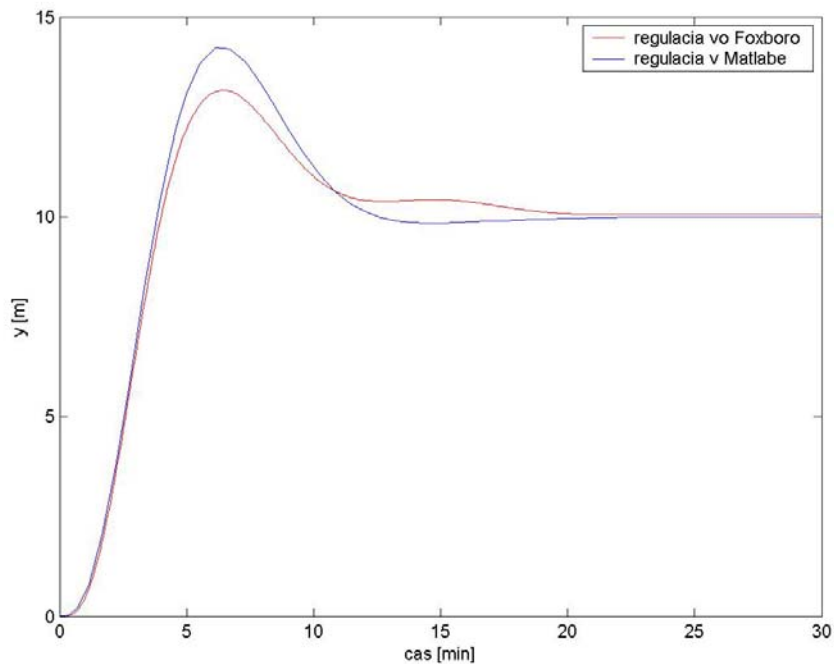
Obr. 3.66: Zobrazenie priebehu riadenia zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro PID regulátorom, ktorého parametre boli navrhnuté Naslinovou metódou

Pomocou simulačnej schémy na obrázku 3.67 boli získané v programe MATLAB priebehy riadenia zásobníkov kvapaliny PID regulátorom, ktorému zodpovedá rovnica (2.23).



Obr. 3.67: Simulačná schéma riadenia zásobníkov kvapaliny PID regulátorom

Na obrázku 3.68 je zobrazené porovnanie riadenia zásobníkov kvapaliny vo Foxboro a v Matlabe s parametrami regulátora, vypočítanými Naslinovou metódou. Priebeh riadenia v programe MATLAB bol získaný pomocou simulačnej schémy na obrázku obr. 3.67.



Obr. 3.68: Porovnanie riadenia zásobníkov kvapaliny vo Foxboro a v Matlabe s parametrami regulátora, vypočítanými Naslinovou metódou

3.7.2 Strejcova metóda návrhu regulátora

Metóda vychádza z prenosu v tvare:

$$G(s) = \frac{Z}{(Ts + 1)^n} e^{-Ds} \quad (3.14)$$

kde Z je zosilnenie, T časová konštanta, D dopravné oneskorenie systému a n rád systému, ktoré potrebujeme určiť [3].

Parametre PID regulátora v tvare (2.23) sa Strejcovou metódou určia podľa tabuľky 1.3.

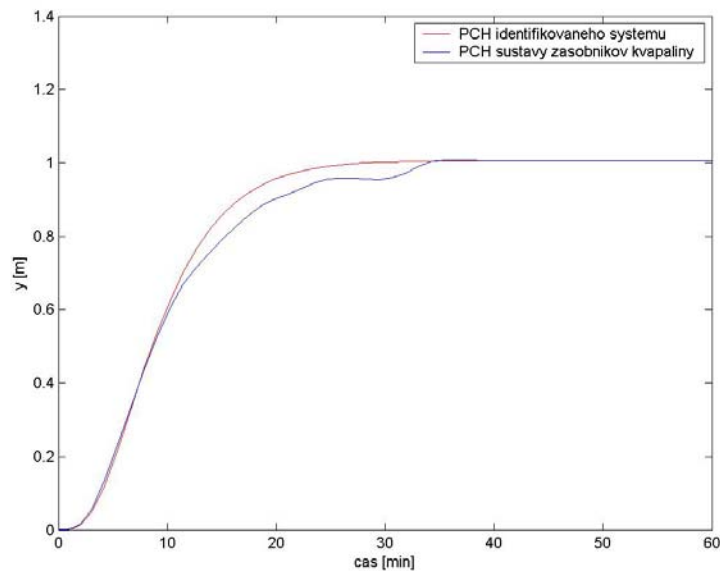
Tabuľka 1.3: Nastavenie parametrov regulátora podľa Strejca

Regulátor	Zr	Ti	Td
PID	$\frac{1}{Z} \frac{7n+16}{16(n-2)}$	$T \frac{7n+16}{15}$	$T \frac{(n+1)(n+3)}{7n+16}$

Hodnota zosilnenia Z sa určí pomocou nasledujúceho vzťahu:

$$Z = \frac{y_{\infty} - y_0}{u_{\infty} - u_0} \quad (3.15)$$

Hodnoty T , D a n sa určia pomocou času prietahu t_u a času nábehu t_n z prechodovej charakteristiky na obrázku 3.69.



Obr. 3.69: Porovnanie identifikovaného systému a sústavy zásobníkov kvapaliny

Z prechodovej charakteristiky zásobníkov kvapaliny som identifikoval nasledovné hodnoty:

$$t_n = 11.69 \text{ min} \quad (3.16)$$

$$t_u = 2.742 \text{ min} \quad (3.17)$$

$$Z = 1.006 \quad (3.18)$$

$$D = 0.199 \text{ min} \quad (3.19)$$

$$T = 3.168 \text{ min} \quad (3.20)$$

$$n = 3 \quad (3.21)$$

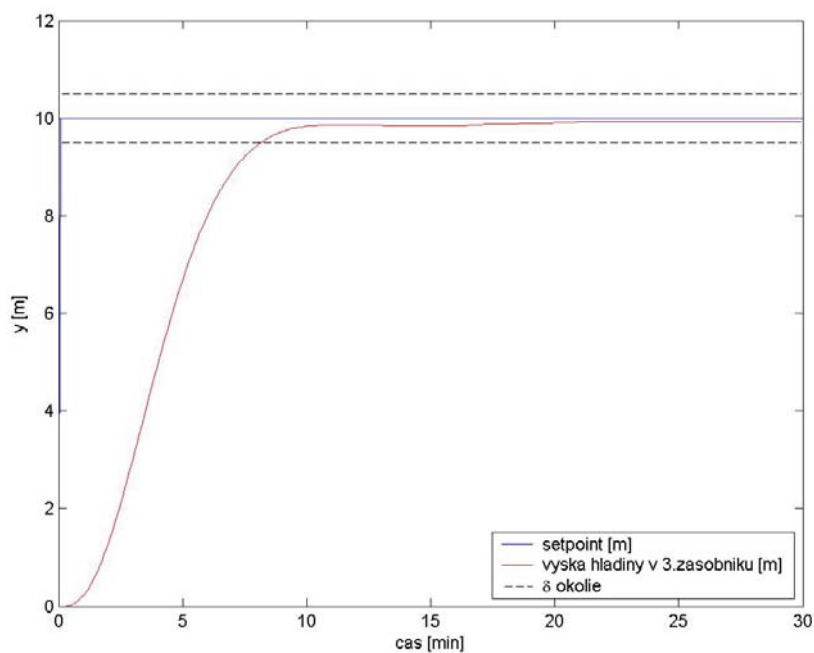
Strejcovou metódou bol navrhnutý PID regulátor pre uzavretý regulačný obvod. Parametre sú nasledovné:

$$Z_r = 2.999 \quad (3.22)$$

$$T_i = 7.814 \text{ min} \quad (3.23)$$

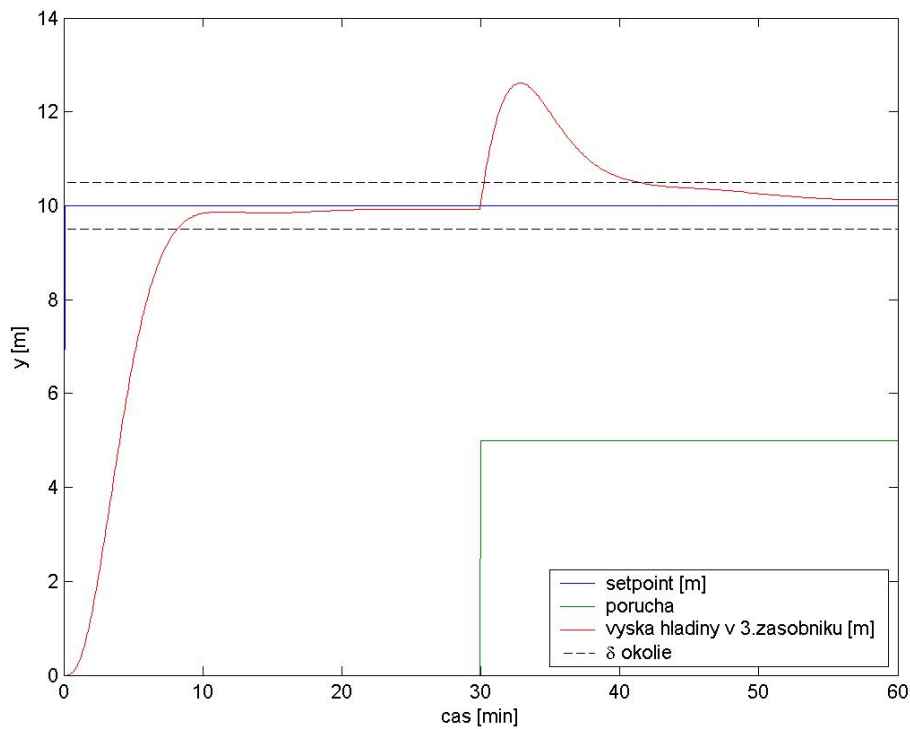
$$T_d = 2.055 \text{ min} \quad (3.24)$$

Použitím vypočítaných parametrov regulátora na riadenie sústavy 3. zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro bol získaný nasledujúci priebeh riadenia (obr. 3.70):



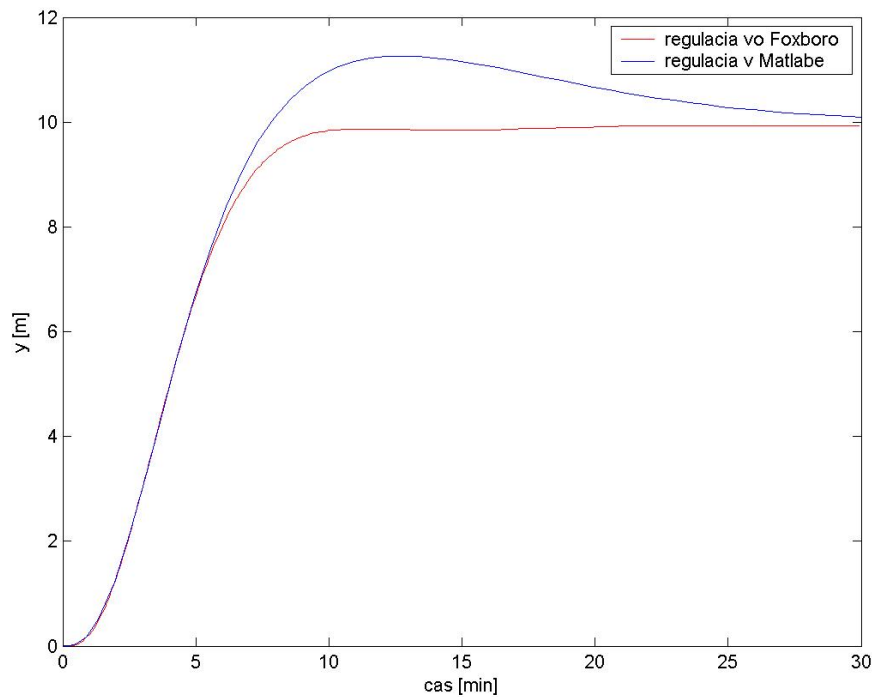
Obr. 3.70: Zobrazenie priebehu riadenia zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro PID regulátorom, ktorého parametre boli navrhnuté Strejcovou metódou

Použitím vypočítaných parametrov regulátora na riadenie sústavy 3. zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro bol získaný nasledujúci priebeh riadenia (obr. 3.71):



Obr. 3.71: Zobrazenie priebehu riadenia zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro PID regulátorom, ktorého parametre boli navrhnuté Strejcovou metódou

Na obrázku 3.72 je zobrazené porovnanie riadenia zásobníkov kvapaliny vo Foxboro a v Matlabe s parametrami regulátora, vypočítanými Strejcovou metódou. Priebeh riadenia v programe Matlab bol získaný pomocou simulačnej schémy na obrázku 3.67.



Obr. 3.72: Porovnanie riadenia zásobníkov kvapaliny vo Foxboro a v Matlabe s parametrami regulátora, vypočítanými Strejcovou metódou

3.7.3 Návrh regulátora metódou umiestnenia pólov

Hlavnou myšlienkou metódy umiestnenia pólov je vnútiť CHR URO určité póly, čím sa vlastne predurčí dynamické správanie sa uzavretého regulačného obvodu (URO), ktoré závisí od pólov. Voľbou pólov predpisujeme napr. stabilitu, aperiodický alebo periodický priebeh riadeného výstupu. Nevýhodou je, že sa nešpecifikuje čitateľ prenosu URO a dynamické vlastnosti URO môžu zhoršiť niektoré neznáme nuly URO.

Ak umiestnime pól (póly) CHR URO viac doľava od imaginárnej osi ako sú póly riadeného procesu, URO bude rýchlejší, než riadený proces. Vplyv niektorého pólu CHR URO na dynamiku URO sa dá potlačiť tak, že ho umiestnime vľavo od imaginárnej osi v čo najväčšej vzdialenosti od ostatných pólov [3].

Metódou umiestnenia pólov bol navrhnutý PID regulátor pre uzavretý regulačný obvod.

Parametre sú nasledovné:

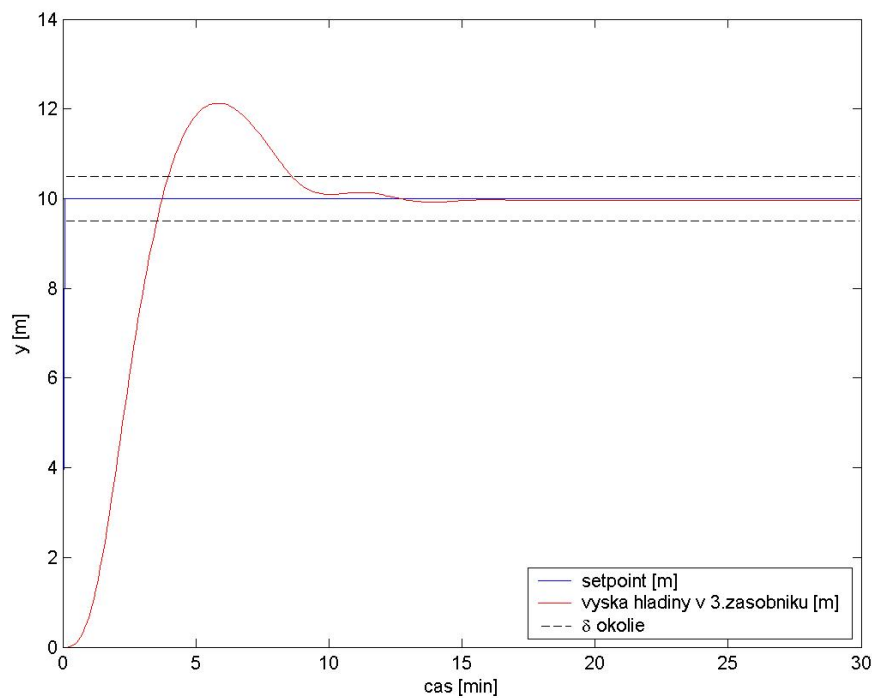
$$\text{zvolené póly: } s_1 = -1.5, s_{2,3,4} = -0.5 \quad (3.25)$$

$$Zr = 17.382 \quad (3.26)$$

$$Ti = 6.287 \text{ min} \quad (3.27)$$

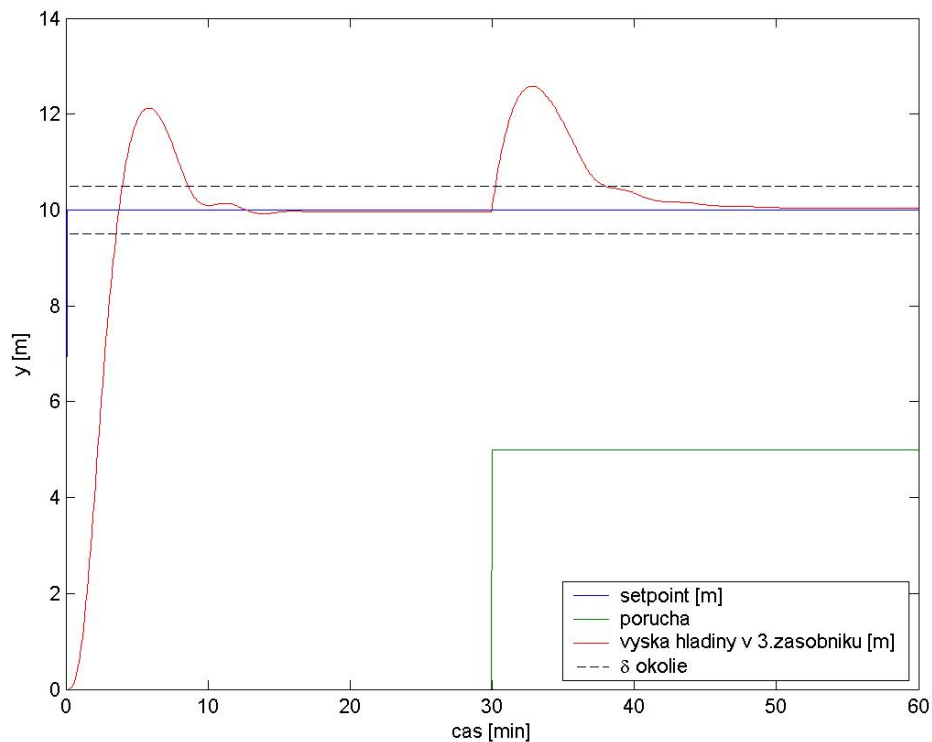
$$Td = 1.974 \text{ min} \quad (3.28)$$

Použitím vypočítaných parametrov regulátora na riadenie sústavy 3. zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro bol získaný nasledujúci priebeh riadenia (obr. 3.73):



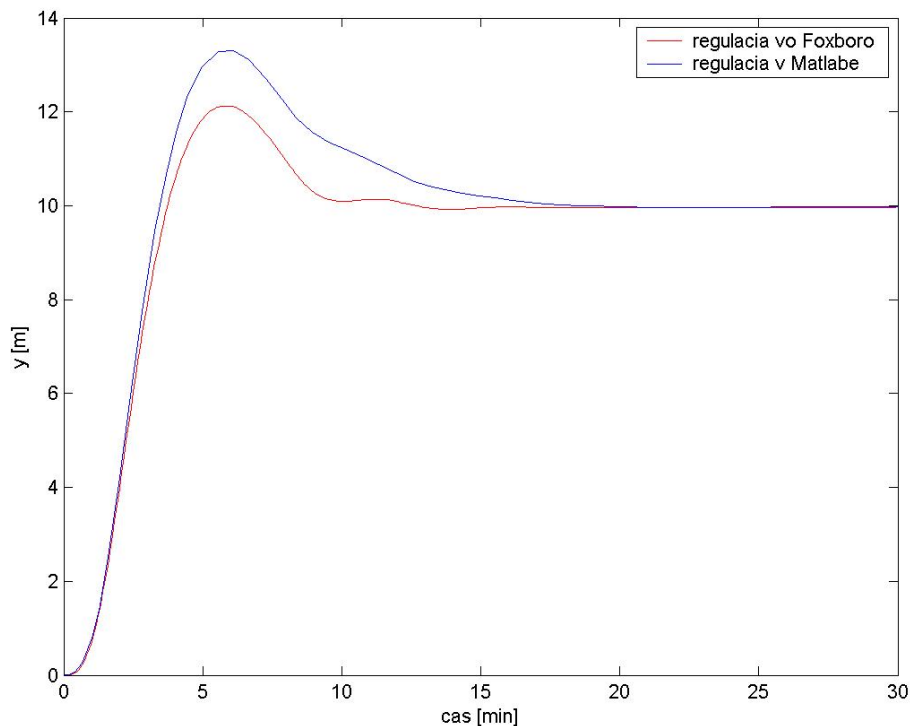
Obr. 3.73: Zobrazenie priebehu riadenia zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro PID regulátorom, ktorého parametre boli navrhnuté metódou umiestnenia pólov

Použitím vypočítaných parametrov regulátora na riadenie sústavy 3. zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro bol získaný nasledujúci priebeh riadenia (obr. 3.74):



Obr. 3.74: Zobrazenie priebehu riadenia zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro PID regulátorom, ktorého parametre boli navrhnuté metódou umiestnenia pólov

Na obrázku 3.75 je zobrazené porovnanie riadenia zásobníkov kvapaliny vo Foxboro a v Matlabe s parametrami regulátora, vypočítanými metódou umiestnenia pólov. Priebeh riadenia v programe Matlab bol získaný pomocou simulačnej schémy na obrázku obr. 3.67.



Obr. 3.75: Porovnanie riadenia zásobníkov kvapaliny vo Foxboro a v Matlabe s parametrami regulátora, vypočítanými metódou umiestnenia pólov

3.8 Posúdenie kvality riadenia

Kvalita riadenia regulátorov získaných jednotlivými metódami bola posúdená pomocou vyhodnotenia v časovej oblasti a integrálnych kritérií kvality.

Pri definícii kvality riadenia v časovej oblasti je vhodné si vybrať nejaký štandardný priebeh vstupnej veličiny do riadeného systému a vyhodnotiť priebeh výstupnej veličiny. Kvalita regulácie v časovej oblasti bola vyhodnotená na základe času regulácie. Čas regulácie t_{reg} je daný ako čas, po ktorom regulačná odchýlka nebude väčšia ako stanovená hodnota. Obvykle sa hodnota maximálnej regulačnej odchýlky udáva v percentách a

vyjadruje šírku pásma so stredom v novej ustálenej hodnote výstupu, v ktorom sa po dosiahnutí t_{reg} bude výstup vždy nachádzať. Štandardne je to 1%- 5%. Úlohou regulácie je dosiahnuť čím menšiu hodnotu t_{reg} [5].

Pre výpočet doby regulácie bola zvolená hodnota δ okolia $\delta = \pm 5\%$ žiadanej veličiny.

Pri použití integrálnych kritérií sa minimalizuje plocha odchýlok medzi žiadanou a regulovanou veličinou, prípadne nejaká jej funkcia. Výhodou integrálnych kritérií je tiež ohodnotenie regulačného pochodu nielen v niektorých jeho bodoch, ale vo všetkých. Z matematického hľadiska môžeme zaviesť všeobecný funkcionál v tvare:

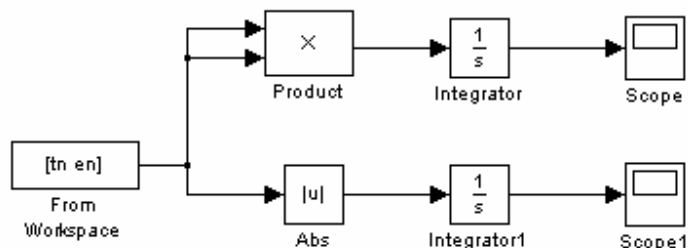
$$I_k = \int_0^{\infty} f_k[e(t)]dt \quad (3.29)$$

kde funkcia f_k môže obsahovať rozličné výrazy.

Na posúdenie kvality boli použité dve pod integrálne funkcie:

- $f_k = |e(t)|$: (IAE = integral absolute value of error) je vhodná aj pre kmitavé deje. Problémom je často jej minimalizácia vzhľadom na prítomnosť ťažko derivovateľnej absolútnej hodnoty.
- $f_k = e^2(t)$: (ISE = integral squared value of error) spája prednosti lineárnej plochy (je možné ju jednoducho vypočítať) a absolútnej hodnoty (časti priebehov s opačnými znamienkami sa neodčítavajú). Nevýhodou je, že viac zohľadňuje veľké regulačné odchýlky ako malé. Vedie obyčajne k väčším časom regulácie ako kritérium s absolútnou hodnotou [5].

Pomocou simulačnej schémy na obrázku 3.76 v programe MATLAB boli získané hodnoty pre IAE a ISE potrebné na posúdenie kvality riadenia, kde t_n je doba merania a e_n je regulačná odchýlka merania.



Obr. 3.76: Simulačná schéma

Výsledky vyhodnotenia jednotlivých kritérií riadenia zásobníkov kvapaliny bez pôsobenia poruchy v systéme Foxboro sú uvedené v tabuľke 1.4. V tabuľke 1.5 sú uvedené výsledky vyhodnotenia jednotlivých kritérií riadenia zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro.

Tabuľka 1.4: Vyhodnotenie riadenia zásobníkov kvapaliny bez pôsobenia poruchy

Metóda návrhu	IAE	ISE	$t_{reg}[\text{min}]$
Naslinova metóda	234.491	72.666	11.417
Strejcova metóda	309.637	88.924	8.167
Umiestnenie pólov	184.183	48.007	8.667

Tabuľka 1.5: Vyhodnotenie riadenia zásobníkov kvapaliny s poruchou

Metóda návrhu	IAE	ISE	$t_{reg}[\text{min}]$
Naslinova metóda	261.763	71.942	37.75
Strejcova metóda	348.735	137.538	41.333
Umiestnenie pólov	211.446	62.544	38

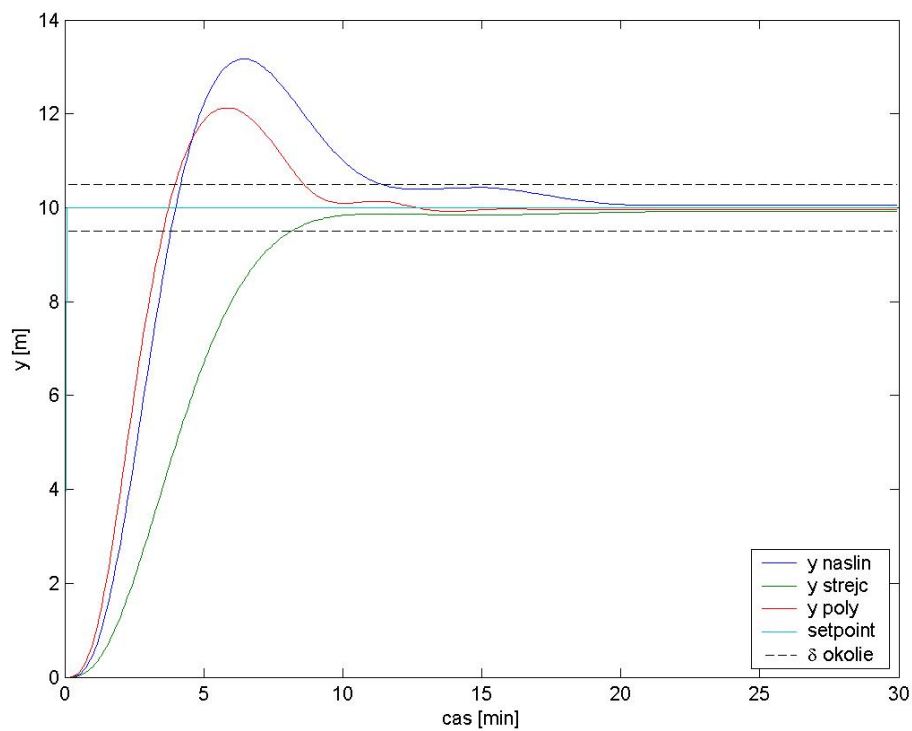
Na základe hodnôt z tabuliek 1.4, 1.5 je možné konštatovať, že najvhodnejší z testovaných regulátorov bol regulátor s parametrami:

$$Zr = 17.382$$

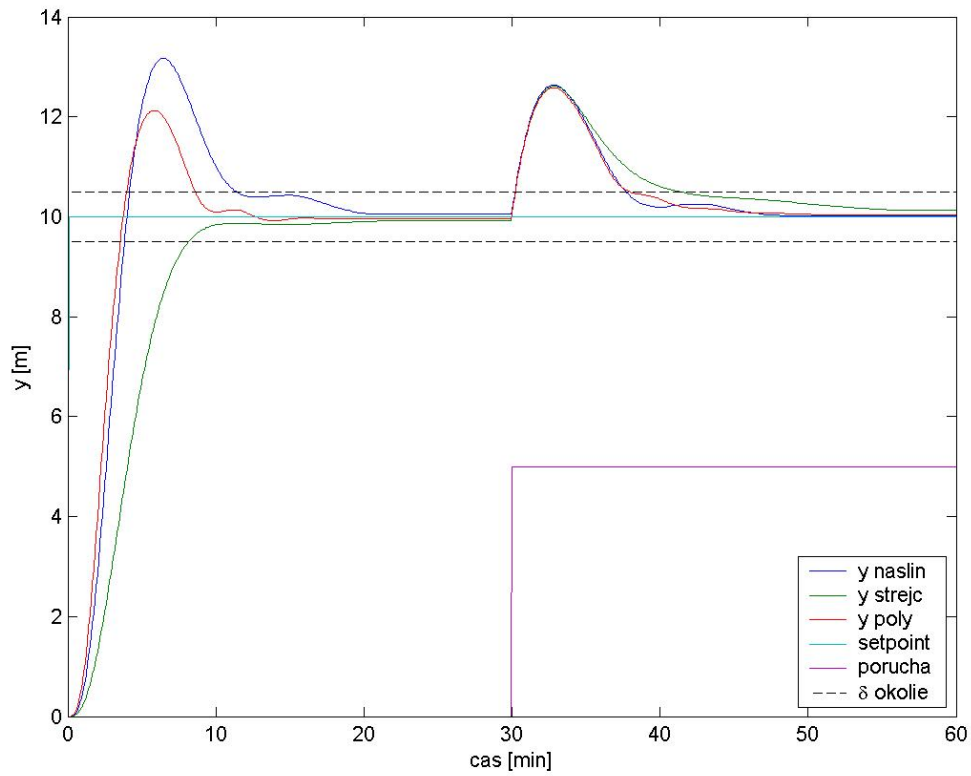
$$Ti = 6.287 \text{ min}$$

$$Td = 1.974 \text{ min}$$

Na obrázku 3.77 je zobrazený priebeh riadení zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro. Na obrázku 3.78 je zobrazený priebeh riadení zásobníkov kvapaliny s poruchou.



Obr. 3.77: Porovnanie jednotlivých typov riadenia zásobníkov kvapaliny v systéme Foxboro



Obr. 3.78: Porovnanie jednotlivých typov riadenia zásobníkov kvapaliny s poruchou v systéme Foxboro

4. ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo vytvorenie simulácie riadenia sústavy troch zásobníkov kvapaliny s poruchou pomocou systému I/A Series FOXBORO. V prostredí Integrovaného Riadiaceho Konfigurátora (ICC) bol vytvorený compound, v ktorom boli následne vytvorené bloky AIN, LLAG, CALCA a PIDA. Tieto bloky boli navzájom prepojené a ich parametre nastavené tak, aby predstavovali sústavu zásobníkov s poruchou riadených PID regulátorom. Blok LLAG predstavoval sústavu 2. zásobníkov kvapaliny z interakciou. Sústava 2. zásobníkov bola vytvorená v tomto bloku použitím diferenciálnej rovnice. Boli vytvorené dva bloky AIN. Prvý predstavoval posledný tretí zásobník a druhý blok AIN predstavoval poruchu. Blok CALCA predstavoval sumátor, v ktorom sa po jeho naprogramovaní sčítaval signál z 2. zásobníka a poruchy. Následne tento sčítaný signál slúžil ako vstup do tretieho zásobníka, čím bola vytvorená sústava 3. zásobníkov kvapaliny s poruchou. Blok PIDA predstavoval v tejto sústave resp. compounde PID regulátor, ktorý na základe výstupného signálu z 3. zásobníka a žiadanej hodnoty výšky hladiny v treťom zásobníku reguloval prietok do 1. zásobníka. V tomto bloku som vytvoril aj alarmy, informujúce užívateľa o kritických hodnotách výšok hladín v 3. zásobníku.

V prostredí Foxview som vytvoril sústavu zásobníkov pomocou dvoch užívateľských obrazoviek, z ktorých prvá zobrazovala samotnú sústavu zásobníkov a druhá predstavovala grafické zobrazenie výšky hladiny v 3. zásobníku a žiadanej hodnoty výšky hladiny v 3. zásobníku od času. Obidve obrazovky som navzájom prepojil. Následne som v prostredí Foxdraw vytvoril alarmy a to tak, že ak výška hladiny v treťom zásobníku dosiahla určitú kritickú hodnotu, indikátor výšky hladiny v 3. zásobníku bol zobrazený červenou farbou a zobrazoval sa text NIZKA HLADINA alebo VYSOKA HLADINA.

V prostredí AIM Archive Tool som pre danú sústavu resp. compounde vytvoril archív, ktorý archivoval údaje.

S pomocou Foxboro I/A Series System som odsimuloval riadenie sústavy troch zásobníkov kvapaliny s poruchou pre parametre regulátora vypočítaných Naslinovou

metódou, Strejcovou metódou a metódou umiestnenia pólov. Kvalitu regulácie som posúdil pomocou vyhodnotenia v časovej oblasti (času regulácie t_{reg}) a integrálnych kritérií kvality IAE a ISE. Na základe ich vyhodnotenia som dospel k názoru, že najvhodnejšie parametre boli vypočítané metódou umiestnenia pólov.

Na výpočet parametrov regulátora vo Foxboro som použil rovnicu regulátora (2.23). Regulátor vo Foxboro je používaný v priemyselných podmienkach, preto má aj ďalšie funkcie, čomu zodpovedá aj jeho rovnica (2.2). Z priebehov riadení na obrázkoch 3.77, 3.78 môžem konštatovať, že regulátor v systéme Foxboro je na takej vyspelej úrovni, že dokáže uradiť sústavu zásobníkov kvapaliny s poruchou aj s parametrami regulátora, ktoré boli navrhnuté pomocou inej rovnice regulátora. To len dokazuje vysokú úroveň systému Foxboro, ako aj to, že ide o jeden z najznámejších a najpoužívanejších priemyselných riadiacich systémov .

5. LITERATÚRA

- [1] Ing. M. Ondrovičová: Manuál Foxboro
- [2] I/A Series Electronic Documentation V7.0, Integrated Control Configurator, Invensys Systems, Inc., 2002
- [3] M.Bakošová, M. Fikar a Ľ. Čirka: Laboratórne cvičenia zo Základov Automatizácie, STU Bratislava, 2003
- [4] I/A Series Electronic Documentation V7.0, Foxdraw, Invensys Systems, Inc., 2002
- [5] M. Fikar a J. Mikleš: Modelovanie, identifikácia a riadenie procesov II, STU Bratislava, 2004