ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009 **Milan Sochor**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

Řízení modelu simulovaného v Matlabu pomocí PCS7

červen 2009

Vypracoval: **Milan Sochor**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří Trdlička**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze, dne 21. 5. 2009 ..... Milan Zuber .....

podpis

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Milan Sochor**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (magisterský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření, blok KM1 - Řídicí technika

Název tématu: **Řízení modelu simulovaného v Matlabu pomocí PCS7**

Pokyny pro vypracování:

1.Seznamte se s problematikou PLC S7-40, PCS7 a redundantním řízením.
2.Navrhněte a realizujte systém s PLC S7-400 pro řízení modelu simulovaného v prostředí Matlab.
3.Navrhněte a realizujte simulační systém pro řízení daného Matlab-modelu pomocí PLC simulátoru PLCSim.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce.

Vedoucí: Ing. Jiří Trdlička

Platnost zadání: do konce letního semestru 2008/09 (změna zadání 12.5.2009)

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

L.S.

doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 12. 5. 2009

Anotace

Tato práce se zabývá možností řízení průmyslových modelů v Matlabu pomocí systému PCS7 a jejich využití při výuce. Práce se skládá ze dvou základních částí. První částí je vytvoření projektu v systému PCS7, který by redundantně řídil model v Matlabu pomocí vybraného hardwaru. Druhá část pojednává o vytvoření komponenty pro komunikaci mezi prostředím Matlabu a simulátoru PLCSim, aby bylo možné řízení modelu bez drahého hardwaru.

Po prostudování literatury a seznámení s prostředím PCS7 byl vytvořen projekt, který řídil model v prostředí Matlabu pomocí hardwaru. Řízení bylo testováno na modelu Spojených nádob TQ.

V druhé části byla otestována možnost spojení prostředí Matlab, které pomocí komponenty PLCProSim komunikuje s prostředím v PLCSim a tím nahrazuje drahý hardware.

Annotation

This work deals with a possibility of an industrial Matlab model control using the PCS7 system and its usage in education. The work consists of two basic parts. In the first part a project in PSC7 system is created. The project is designed to use a redundant control system and implements the PLC-PC connection. The second part deals with programming of a software component for communication between Matlab and PLCSim simulator, which makes it possible to control the model without need of expensive hardware.

After literature study and getting familiar with PCS7 system interface the project has been created for the model control in Matlab using the hardware PLC. Model control was tested using the Matlab model of “TecQuipment Coupled Tanks”.

In second part of the work the Matlab environment connection and the communication with the PLCSim environment has been tested. This solution makes the test possible without need of expensive hardware.

Obsah

1. Úvod **2**

1.1. Motivace a cíle *2*

1.2. Struktura práce *3*

2. Systém PCS7 **4**

2.1. Seznámení se systémem SIMATIC PCS7 *4*

2.2. Nároky systému a instalace softwaru *6*

2.3. Licenční politika *7*

2.4. Hardware *9*

2.5. CFC a SFC manažer *9*

2.6. WinCC explorer a Graphics designer *13*

3. Druhy konfigurace hardwaru **15**

3.1. Základ redundantního systému *15*

3.2. Single channel, one side I/O *16*

3.3. Single channel, switched I/O *17*

3.4. Redundantně připojené I/O *19*

4. Realizovaný projekt **21**

4.1. Model v Matlabu *22*

4.2. Identifikace modelu a návrh regulátoru *24*

4.3. Hardware řídicího systému *25*

4.4. Konfigurace S7 connections a stanice PC *27*

4.5. Řídicí algoritmus *29*

4.6. Operátorská stanice *34*

5. Spojení Matlabu a simulátoru **37**

5.1. Simulátor *37*

5.2. Rozbor problematiky spojení aplikací *40*

5.3. Server PLCSim *41*

5.4. Klient v Matlabu *44*

6. Testování **47**

7. Závěr **51**

8. Literatura **52**

9. Přílohy **54**

1. Úvod

Automatizační technika se neustále vyvíjí a tím vznikají větší požadavky na řídicí systémy. Pro velké projekty jsou již některé starší systémy zastaralé a nemohou plně využívat potenciál nových technologií. Proto má mnoho velkých firem složité procesní řídicí systémy jako nástroje pro tvorbu náročných projektů. Příkladem mohou být systémy:

- Simatic PCS7 firmy Siemens
- RSView od firmy Rockwell Automation
- Industrial IT System 800xA firmy ABB

Tato práce se zabývá návrhem redundantního řídicího systému s možností využití získaných znalostí pro výuku. Řídicí systém je navrhován v softwaru Simatic PCS7 firmy Siemens. Při práci se systémem PCS7 byly řešeny problémy, které nejsou explicitně uvedeny v dokumentaci. Část jich musela být konzultována s odborníkem z firmy Siemens. Proto je tato práce z části koncipována jako souhrn znalostí a řešených problémů, které bylo nutno vyřešit při realizaci řídicího systému.

1.1. Motivace a cíle

Katedra řídicí techniky na ČVUT se dlouhodobě zabývá výukou řízení průmyslových procesů. Procesy jsou v laboratoři reprezentovány laboratorními modely, ale v omezeném výběru. Hlavním důvodem menšího počtu modelů jsou nároky na prostor jejich umístění a nutnost zakoupení drahého hardwaru k jejich řízení. K řízení jsou často využívány programovatelné automaty, jejichž algoritmy jsou navrhovány ve Step7, který je vhodný pro jednoduchá řešení. V tomto programu není možné připravit komplexnější projekt a z tohoto důvodu je dobré hledat další možnosti pro rozšíření výuky. Je třeba navrhnout takový systém, který by mohl problémy s místem a hardwarem vyřešit.

V první části této práce bylo seznámit se s procesním řídicím systémem PCS7, který představuje komplexní systém pro návrh projektu (konfigurace algoritmu řízení, grafická stránka projektu, zásahy operátora). Zjistit možné problematiky návrhu a na základě zkušeností navrhnout a realizovat jednoduchý redundantní řídicí systém. Řídicí systém měl řídit „reálný“ model. Představoval ho model v Matlabu, který ukazuje směr elegantního řešení problému s prostorem pro umístění reálných modelů.

V druhé části práce měl být projekt upraven pro spuštění v simulátoru. Simulátor má komponentu S7ProSim, která má možnost přístupu k datům simulátoru PLCSim. Úkolem bylo vytvořit komponentu pro Matlab využívající S7ProSim, díky které by hodnoty vstupů a výstupů simulovaného hardwaru bylo možné propojit se vstupy a výstupy modelu v Matlabu. Tímto krokem by mohl být nahrazen drahý řídicí hardware. Další výhodou tohoto řešení je možnost umístění softwarů na server a možnost práce ze vzdáleného pracoviště.

1.2. Struktura práce

Celou práci jsem rozdělil a popsal v šesti následujících kapitolách. V kapitole 2 je základní náhled na systém PCS7 a jeho vlastnosti. V kapitole 3 jsou rozebrána jednotlivá zapojení hardwarové konfigurace řídicího systému. Jsou zde popsány základní výhody a nevýhody jednotlivých řešení.

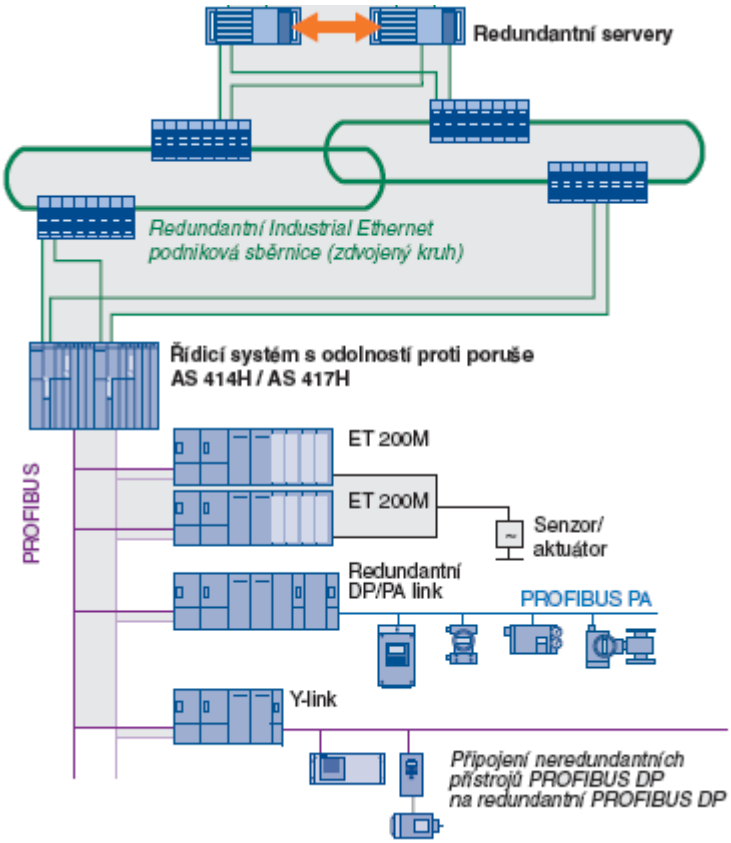
Kapitola 4 se zabývá realizací navrženého redundantního systému. Jsou zde uvedeny problémy, které musely být v průběhu práce řešeny. V páté kapitole jsou rozebrány možnosti, jakým způsobem je možné hardware nahradit softwarovým řešením. Je zde uvedeno výsledné řešení a jeho výsledky ve srovnání s použitím hardwaru. V další kapitole jsou popsány realizované experimenty na redundantním řídicím sytému. Poslední sedmá kapitola je věnována zhodnocení výsledků celé práce.

2. Systém PCS7

2.1. Seznámení se systémem SIMATIC PCS7

Moderní řídicí systém SIMATIC PCS 7 je významnou komponentou konceptu TIA (kompletně integrované automatizace). Nabízí modulární, otevřenou architekturu, připojitelnost a rozšiřitelnost. SIMATIC PCS 7 je rozšiřitelný z malého jednoduchého systému o počtu několika procesních tagů (synonymum pro měřící body), který je použitelný například v laboratoři nebo v testovacím centru, až po distribuovaný systém s architekturou klient/server s přibližně 60 000 procesními tagy. Distribuované systémy lze použít například pro automatizaci velmi velkého výrobního podniku [1]. Velkým přínosem tohoto systému je redundantnost na všech úrovních (viz obrázek 2.1):

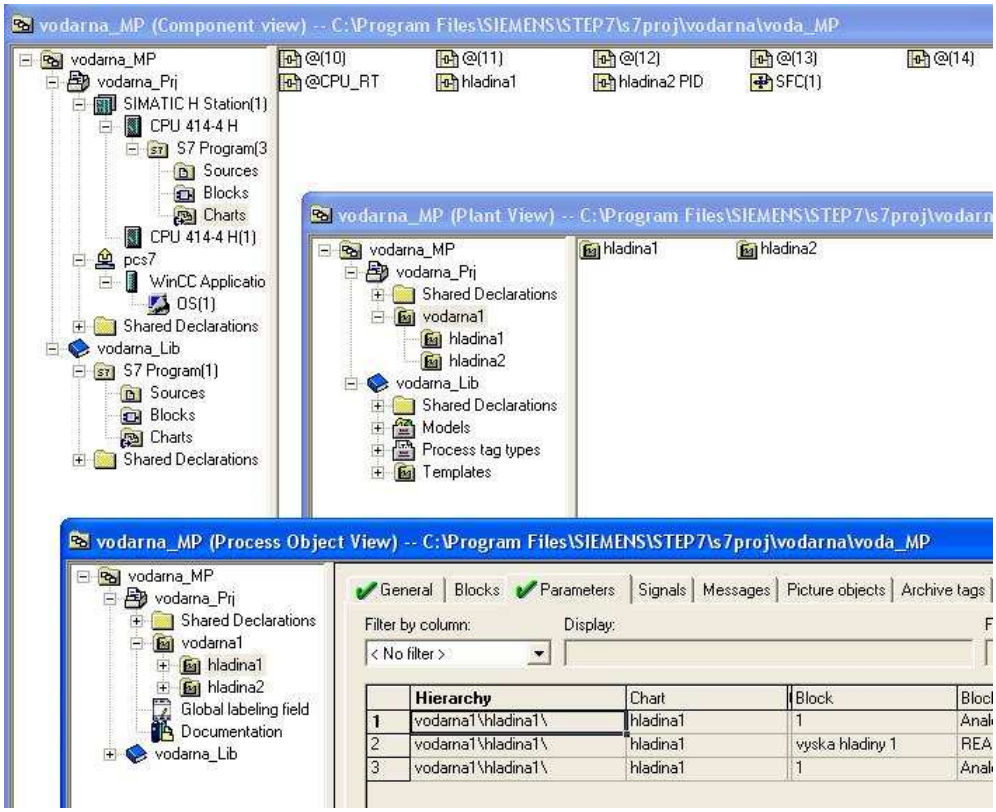
- Redundantní servery
- Redundantní Industrial Ethernet
- Redundantní řídicí systémy



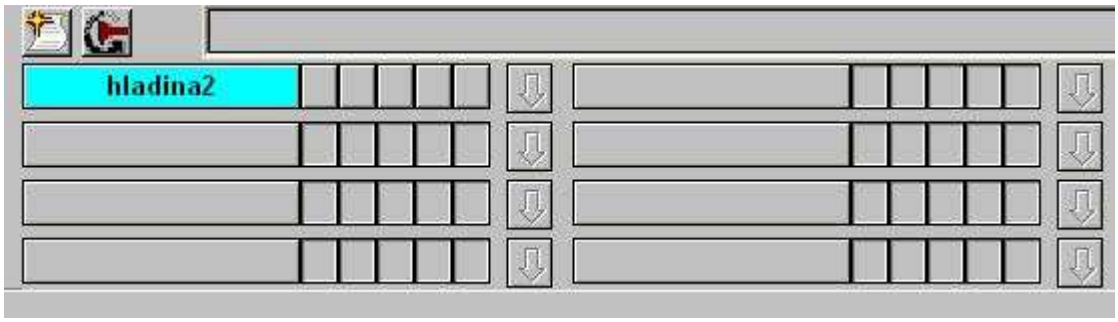
Obr. 2.1 Redundance na více úrovních

Všechny nástroje pro tvorbu aplikačního software, hardwarové komponenty a komunikační funkce jsou volány z centrálního správce projektu (Simatic Managera). Ten je také základní aplikací pro vytváření a správu projektu. Při programování lze využít všechny funkce, které jsou dostupné v programovacím softwaru Step 7 pro diskrétní řízení. Navíc jsou zde k dispozici jazyk SCL (Structrured Control Language), zobrazení procesních objektů a programování pomocí kontinuálních funkčních diagramů (CFC- Continuous function chart). Pro kontinuální a dávkovou výrobu je možné využít programování pomocí sekvenčních funkčních diagramů (SFC - Sequential function chart) [1].

Projekt má v Simatic manažeru tři možná zobrazení. Prvním z nich je Component view (viz obrázek 2.2), ve kterém je zobrazena hardwarová konfigurace systému, konfigurace a propojení operátorské stanice. Druhým zobrazením je Plant view (viz obrázek 2.2), kde je zobrazena hierarchická struktura projektu. Zde lze rozdělit projekt do jednotlivých částí, kde je přehledně vidět, do které části projektu patří jednotlivé funkční diagramy (CFC a SFC grafy) a procesní obrázky (Process pictures). Třetím pohledem je Process object view, kde jsou vidět jednotlivé detaily k jednotlivým objektům projektu (viz obrázek 2.2). Tento pohled je vhodný pro nastavování hodnot parametrů u většího množství objektů, jejich propojování a přidávání komentářů.



Obr. 2.2 Component, Plant, Process object view



Obr. 2.3 Přepínání mezi jednotlivými oblastmi

Operátorský systém (OS) je rozhraní člověk-stroj procesního řídicího systému SIMATIC PCS 7 a pro uživatele reprezentuje okno do procesu. Operátor může na proces dohlížet a rychle se pohybovat mezi různými částmi provozu. V tom je podporován Picture-tree managerem, který organizuje hierarchii obrazovek podle požadavků uživatele a umožňuje listování v této hierarchii a přímý výběr podřazených oblastí [1]. Mezi jednotlivými oblastmi se přepíná výběrem jednotlivých obrazovek (viz obrázek 2.3). Procesní řídicí systém SIMATIC PCS 7 nabízí různé možnosti pro připojení I/O zařízení:

- Analogové a digitální I/O moduly provozované centrálně v automatizačním systému SIMATIC S7-400
- Distribuované I/O systémy ET 200M, ET 200S, ET 200iSP
- PROFIBUS PA přístroje podle PA profilu 3.0

Do provozů, kde je třeba minimalizovat rizika výpadku výroby, jsou určeny automatizační systémy s vyšší odolností proti poruše. Mezi ně patří modely AS 414H a AS 417H, které se v SIMATIC PCS 7 využívají. Jsou založeny na principu 1-ze-2 a na přepnutí na záložní systém v případě poruchy [1].

2.2. Nároky systému a instalace softwaru

Základním rozdílem PCS7 verze 7 SP1, která byla uvolněna v prvním čtvrtletí roku 2008, od předešlé verze PCS7 a starších verzí Step7 byly nároky na operační systém. Simatic PCS7 verze 6.x požaduje systém Microsoft Windows 2000 Professional, kdežto verze 7.0 vyžaduje systém Microsoft Windows XP [5]. Minimální konfigurace PC pro PCS7 verzi 7 je:

- CPU Intel Pentium IV o frekvenci aspoň 2,0 GHz
- 2 GB operační paměti

- 20 GB volného místa na disku
- Windows XP SP2 Professional

Důležitou informací při instalaci je, že systém PCS7 se musí instalovat do čistého operačního systému Windows XP SP2 jen s nainstalovanými ovladači na periferie. Na PC nesmí být nainstalován Service Pack 3, jinak systém PCS7 není možné nainstalovat. V průběhu instalace je zobrazeno varování, že operační systém neobsahuje systémový update KBxxxx a instalace bude ukončena.

Samotná instalace softwaru proběhne bez problémů, ale jeho součástí není simulátor PLCSim. Simulátor doinstalujeme opětovným vložením DVD SIMATIC PCS7 do mechaniky a vybráním komponenty PLCSim, která dříve nebyla k dispozici. Nyní je instalace kompletní a je potřeba software licencovat.

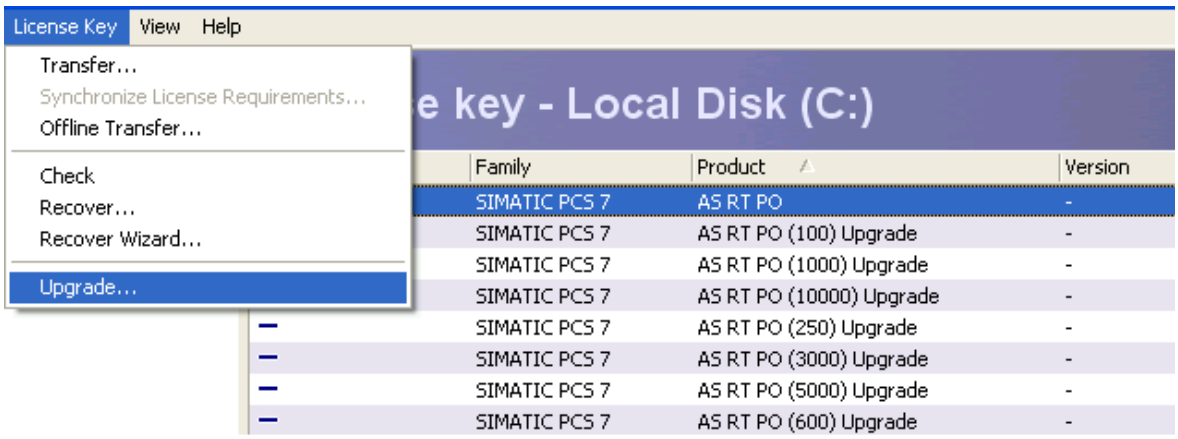
2.3. Licenční politika

Software je licencován pomocí aplikace Automation license manager, který je součástí instalace softwaru. Licence byly k dispozici na médiu flash disk a některé na disketě. Licence jako takové mohou existovat zároveň jen na jednom úložišti. Nelze je do počítače kopírovat přímo, ale pomocí manažera je přenést na lokální disk [5].

Licencí je několik druhů. Základními typy licencí jsou unlimited, trial a „Count relevant license“ [5]. Tyto licence jsou dostačující pro užívání programů, jako jsou například Step 7, WinCC, CFC, SFC a několika dalších. Tyto licence jsou dostačující na spuštění samotných komponent a konfigurace projektu, ale nebývají dostačující pro nahrání projektu do PLC nebo spuštění vizualizace z WinCC.

Každý projekt obsahuje procesní objekty (Process objects), pro jejichž použití je nutné mít licenci a to jednu licenci na jeden procesní objekt. Procesní objekt je jakýkoliv blok, který umí generovat tagy neboli zprávy. Pro tyto objekty jsou zapotřebí tzv. upgrade licence [5].

Pro nahrávání procesních objektů do PLC je zapotřebí AS RT PO licence spolu s AS RT PO Upgrade. Je potřeba označit licenci AS RT PO a v menu zvolit možnost upgrade (viz obrázek 2.4). Tímto postupem je upgrade dokončen a je možné nahrát do PLC dané množství procesních objektů podle typu licence.

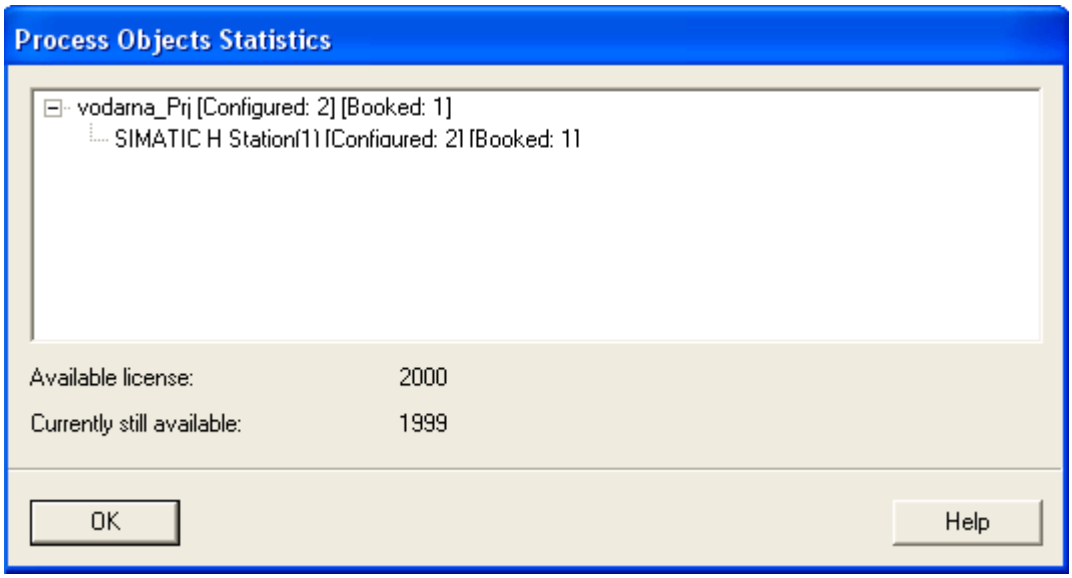


Obr. 2.4 Upgrade licencí

Pro kontrolu nakonfigurovaných procesních objektů a počtu dostupných licencí je v Simatic manažeru jednoduchá kontrola. V manažeru je třeba zvolit „komponent view“, zde vybereme „multiprojekt“ a zvolíme menu:

Options > Charts > Process Objects Statistics

Následně se otevře dialogové okno „Process object statistic”, kde je dobře vidět počet konfigurovaných procesních objektů (viz obrázek 2.5).



Obr. 2.5 Statistika procesních objektů

Operátorská stanice (vizualizace) komunikuje s PLC pomocí tagů procesních objektů a pro možnost komunikace mezi operátorskou stanicí a PLC je potřeba pro každý procesní objekt, ke kterému přistupuje operátorská stanice, licence. Pro WinCC jsou potřeba

WinCC RT PO a WinCC RC PO. Postup pro upgrade počtu licencí je stejný jako pro upgrade licence AS RT PO, o které bylo psáno výše v této kapitole.

2.4. Hardware

Velkým rozdílem mezi verzí 6 a 7 je nemožnost užití jakéhokoli hardwaru ve verzi 7, i když správně pracoval ve verzi 6. Problém se projevil při využití vzdálených vstupů/výstupů. Ve verzi 6 byla použita kombinovaná karta analogových vstupů a výstupů AI4/AO2x8/8Bit (6ES7 334-0CE01-0AA0), která při přechodu na verzi 7 nefungovala korektně. Při konfiguraci hardwaru, jeho kompilaci a nahrávaní, se neprojeví žádný problém. Problém nastane při čtení hodnot analogových vstupů/výstupů. Při kompilaci programu najdete v logu warningy (OPTION/charts/logs):

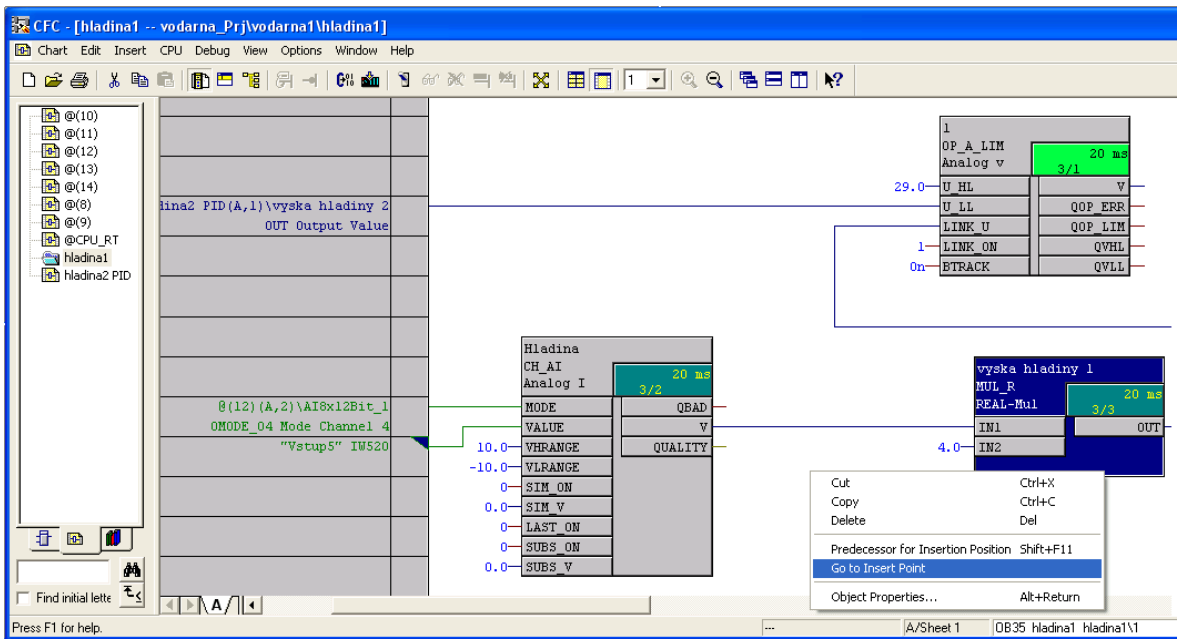
W: AI4/AO2x8/8Bit (6ES7 334-0CE01-0AA0) is not supported.
W: No hardware found for symbol Vstup1 with address IW512.
W: No hardware found for symbol Vystup1 with address QW512.

V CFC grafech se problém projeví nastavením hodnoty QBAD (bad proces value), bloku čtení analogových vstupů, na „1“ a výstupní hodnota ve formátu real je nulová.

V dokumentaci je umístěn soupis s uvolněnými moduly pro systém PCS7 v7.0 SP1 [6], ve kterém použitý modul nebyl uveden. Po e-mailové konzultaci s technikem z firmy Siemens bylo zjištěno, že není možné nahrání nových GSD souborů a je nutné sehnat nový hardware pro správnou funkci projektu. Při přechodu na novou verzi systému je třeba zkontrolovat kompatibilitu veškerého použitého hardwaru, aby nedošlo k žádným problémům.

2.5. CFC a SFC manažer

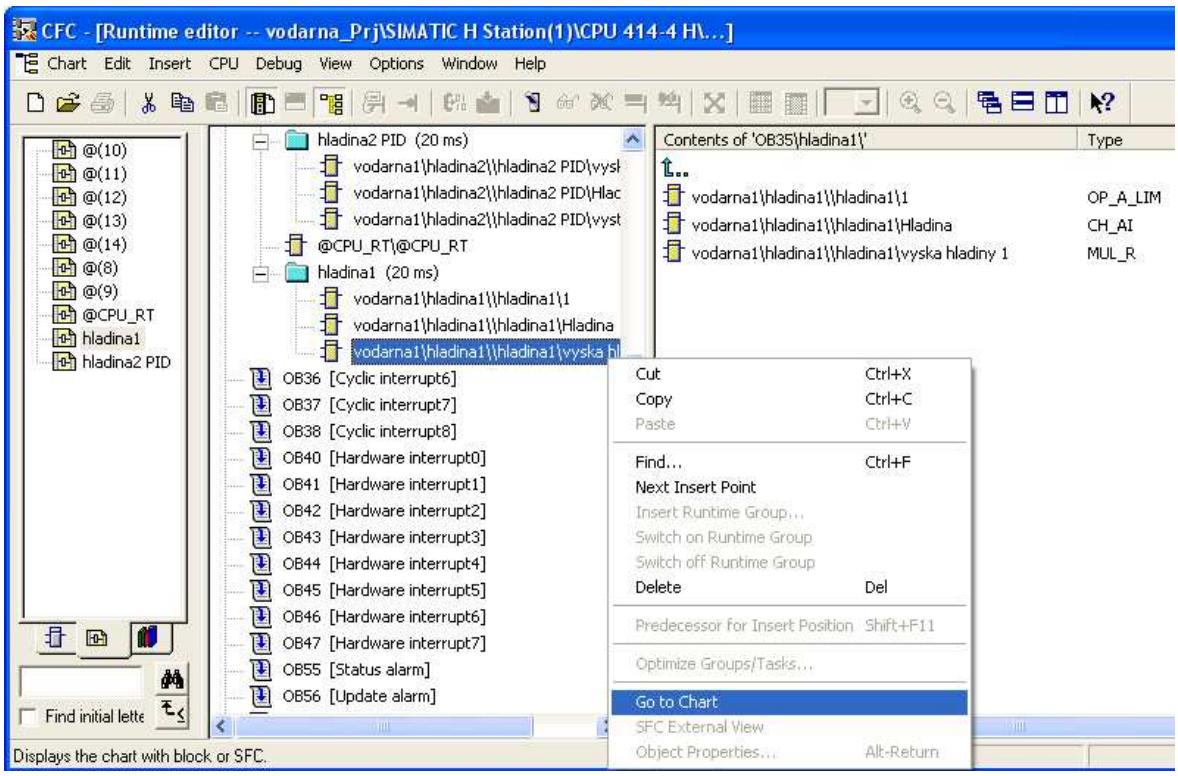
Základními kameny systému PCS7 jsou CFC a SFC diagramy, ve kterých je konfigurováno řízení daného projektu. V CFC diagramech konfigurujeme takové části projektu, které se provádějí cyklicky. Konfigurace spočívá ve vkládání předdefinovaných bloků do diagramu. Každý blok má vlastní část v nápovědě, kde jsou popsány jeho funkce, jeho struktura a k čemu jaký vstup/výstup slouží. Podle nápovědy je možné daný blok



Obr. 2.6 CFC manažer

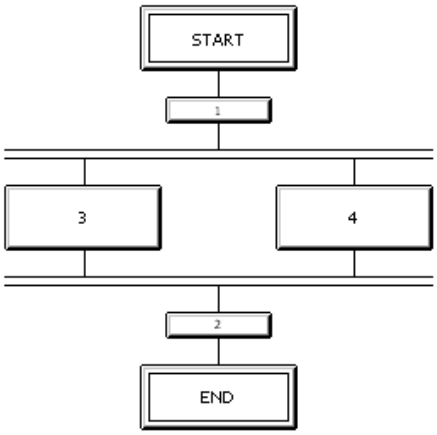
nastavit tak, aby bylo dosaženo požadovaných funkcí nebo parametrů. Spojení jednotlivých bloků v diagramu je možné pomocí „propojení“ (viz obrázek 2.6). Propojení je možné realizovat i mezi dvěma jinými diagramy pomocí „Textual interconnections“ (viz příloha A). Poslední možností je propojení s definovaným symbolem nakonfigurovaným v hardwarové konfiguraci, a to pomocí položky kontextového menu „Interconnection to address“.

Počet konfigurovaných diagramů není nijak omezen. K přehlednosti přispívá Plant view, kde je v hierarchické struktuře přehledně zobrazeno, které části projektu daný diagram náleží. Další velkou předností je jednoduché nastavení cyklického opakování každého bloku. Zde v CFC diagramech stačí vybrat jakýkoliv blok a vybrat položku z kontextového menu „Go to insert point” (viz obrázek 2.6), kterou se uživatel dostane do pohledu CFC Runtime editor. V tomto pohledu se dá jednoduše, přetažením pomocí myši, změnit příslušnost v programových blocích OBxx. Jsou zde vidět všechny programové bloky. Pokud jsou cyklické, tak i jejich interval (viz obrázek 2.7). Zpět do klasického zobrazení se dostaneme buď ukončením CFC manažera a jeho opětovným spuštěním, nebo volbou položky kontextového menu „Go to chart“ (viz obrázek 2.7).



Obr. 2.7 CFC Runtime editor

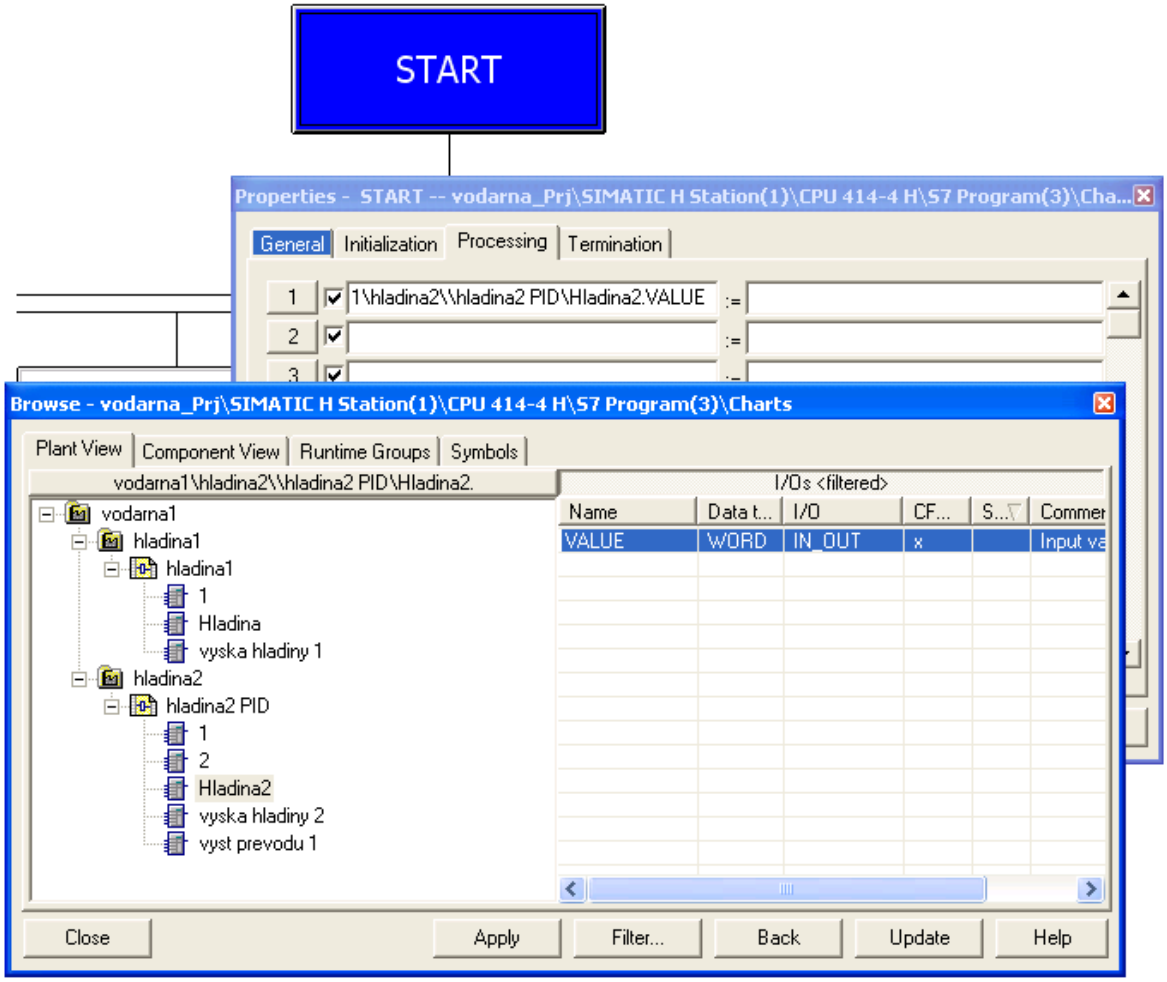
Druhým základním kamenem jsou SFC diagramy. V těchto diagramech jsou konfigurovány takové části projektu, které jsou prováděny jednorázově nebo kontinuálně. Jednorázově může být provedena kontrola po startu PLC nebo zásah operátorem. Kontinuálně mohou být provedeny procesy spouštěné podmínkou. Je to obdoba prostředí Grafcet, které je využíváno například pro programování PLC Siemens Simatic S7-315. Program je vykonáván v jednotlivých blocích, které jsou odděleny podmínkami pro přechod na další blok. Každá sekvence začíná blokem „Start“ a končí blokem „End“ (viz obrázek 2.8). V tomto diagramu jsou možná větvení, synchronizace, skoky nebo smyčky.



Obr. 2.8 Ukázka SFC diagramu

Oproti CFC diagramům, které běží okamžitě po spuštění PLC, SFC diagramy nemusí. Mohou být nakonfigurovány tak, aby se spustily po startu PLC, spuštěny určitou podmínkou nebo aktivovaly přímo jen operátorem. Příkladem užití je příprava procesu před řízením nebo jednorázové ošetření chyby v procesu.

Samotná konfigurace přechodů a jednotlivých bloků je prováděna otevřením daného bloku. Zde lze vybrat u podmínky záložku „Conditions“ a u bloku záložky „Inicialization“, „Processing“ a „Termination“ (viz obrázek 2.9). Jak už vyplývá z jednotlivých názvů, každá záložka představuje určitou část řízení procesu. Chceme-li nakonfigurovat jakoukoliv podmínku nebo příkazy, stačí otevřít daný blok, zvolit správnou záložku a vybrat první volný řádek. Otevře se nové okno s průzkumníkem (viz obrázek 2.9). Zde si v projektu vybereme požadovaný vstup/výstup bloku nebo v záložce „Symbols“ zvolíme nakonfigurovaný symbol vstupu/výstupu. V druhé kolonce řádku můžeme přiřadit hodnotu danému vstupu nebo předat hodnotu z jiného vstupu/výstupu.

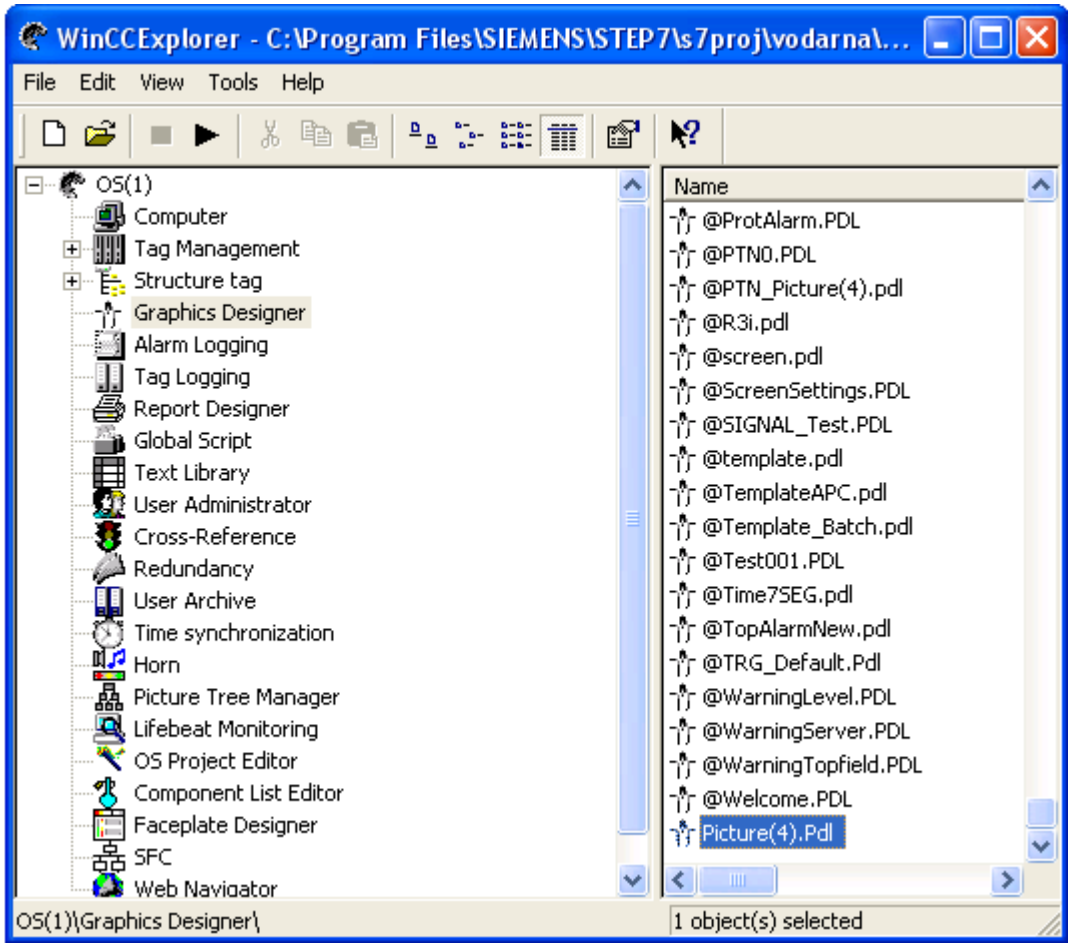


Obr. 2.9 Zadávání parametrů ve SFC diagramu

2.6. WinCC explorer a Graphics designer

Součástí WinCC je Graphics designer, ve kterém je navrhována grafická stránka operátorské stanice. WinCC lze otevřít ze Simatic manažeru, kde se vybere položka projektu OS a v menu se zvolí „Open object“. Následně je otevřen WinCC explorer s asociovaným projektem. Ve WinCC je několik základních funkcí:

- Návrh grafické stránky projektu
- Systém logů alarmů
- Zobrazení procesních obrázků
- Načítání dat z procesu
- Možnost spouštění a řízení procesu



Obr. 2.10 WinCC explorer

V levé části exploreru je katalog (viz obrázek 2.10), kde jsou položky operátorské stanice. V pravé části je seznam obsaženým souborů. Pro otevření obrázku operátorské stani-

ce a úpravy grafické stránky je zde Graphics designer. Stačí v katalogu vybrat Graphics designer a v položkách vybrat obrázek operátorské stanice (viz obrázek 2.10).

Po otevření obrázku je spuštěn Graphics designer, v kterém je obrázek operátorské stanice upraven podle potřeby. V Graphics designeru se nepracujete jen s grafickou stránkou operátorské stanice. Je zde možné umístit prvky pro aktivní ovládání nebo zasahování do parametrů projektu, jako je například zadávání požadované výšky hladiny, změny parametrů ovládacích prvků nebo ovládání ventilů. Pokud jsou v projektu nějaké prvky, které mají předdefinované grafické rozhraní (faceplaty), jsou po otevření obrázku operátorské stanice automaticky načteny a nemusí být ručně přidány. Příkladem může být blok PID kontrol, OP_A_LIM nebo VALVE kontrol.

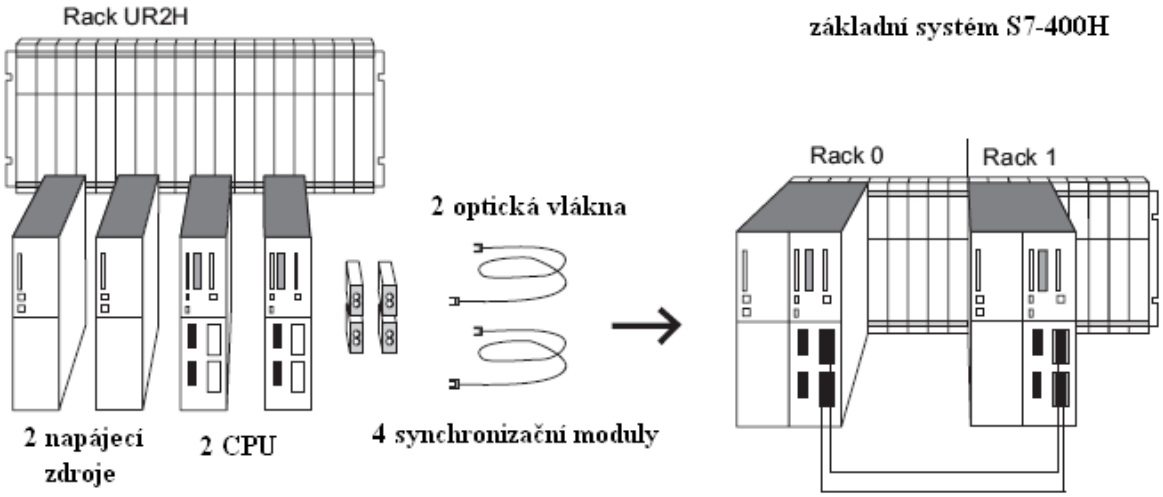
Pro spuštění operátorské stanice slouží „WinCC Runtime“. Operátorská stanice se spustí z menu „File/Activate“. V tomto prostředí operátor vidí a může ovládat prvky nakonfigurované v Graphics designeru.

3. Druhy konfigurace hardwaru

Samotná konfigurace hardwaru ve složení dvou PLC se vzdálenými nebo přímo připojenými vstupy a výstupy, může být provedena ve třech různých variantách, které jsou rozdílné v odolnosti proti poruchám.

3.1. Základ redundantního systému

Základem každého systému jsou dvě redundantně spojené PLC S7-400H, které jsou nainstalovány v H racku (viz obrázek 3.1 vpravo). Celý systém se skládá ze dvou zdrojů, dvou CPU, racku, čtyř synchronizačních modulů a dvou optických vláken (viz obrázek 3.1 vlevo). Obě PLC mají dva sloty pro synchronizační moduly, do kterých jsou zapojena optická vlákna, pomocí nichž obě PLC komunikují. Jsou dva typy synchronizačních modulů. První typ je určen pro komunikaci po optických vláknech do deseti metrů a druhý pro komunikaci do deseti kilometrů [5]. Každý automat musí mít vlastní zdroj napájení, se kterým je instalován do své části racku, jenž je rozdělen do dvou vzájemně oddělených částí.



Obr. 3.1 Složení redundantně spojených automatů

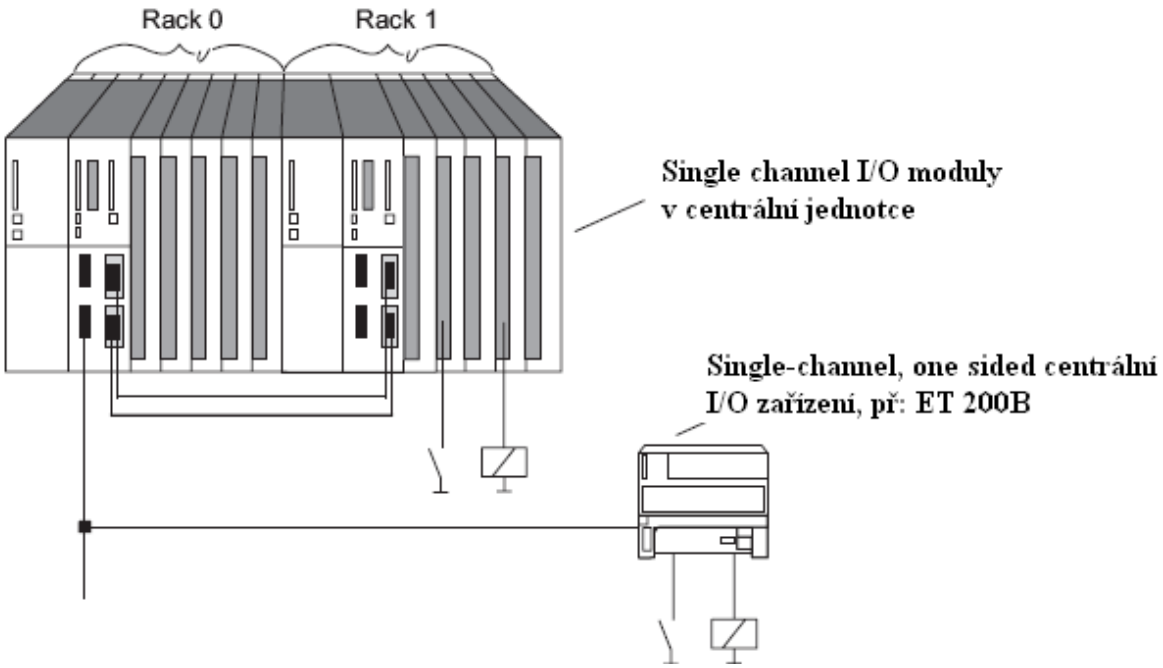
Důležitým faktorem pro funkčnost redundantního spojení je, aby obě PLC měly identický firmware. Při neshodném firmwaru se PLC navzájem neuvidí a je nutné nahrát nový firmware. Pro podporu redundantního zapojení vstupů/výstupů je nezbytné, aby firmware byl verze 3.1 a vyšší [7]. V případě potřeby upgradu firmwaru je třeba, aby PLC

mělo ve svém slotu paměťovou kartu. Pro verzi firmwaru nižší než 4.5 je třeba karta o velikosti minimálně 4 MB a pro firmware vyšší než 4.5 je třeba karta o velikosti 8 MB [8]. Na obou použitých PLC byl proveden upgrade firmwaru na verzi 4.0.

Postup pro upgrade pomocí paměťové karty je uveden pouze na webových stránkách. Pro upgrade je třeba stáhnout firmware z oficiálních stránek firmy Siemens a rozbalit ho na lokálním úložišti. Pak je potřeba zformátovat paměťovou kartu položkou v menu Simatic manažera „**File/S7card/delete**", poté pomocí menu „PLC/update operating system" nahrát nový firmware na paměťovou kartu. Následně je třeba vypnout a znovu zapnout PLC, které si při startu nahraje nový firmware. Po dobu upgradu svítí na PLC všechny LED diody. Po skončení zhasnou a svítí jen přerušovaně „STOP". Samotný upgrade trvá přibližně dvě až tři minuty podle velikosti firmwaru [8].

3.2. Single channel, one side I/O

Konfigurace PLC je stejná z předešlé kapitoly 3.1. V případě využití této konfigurace systému (single channel, one side) jsou všechny moduly vstupů a výstupů zastoupeny jen jednou. Každé PLC má přístup jen k těm modulům, které má ve svém podsystému. Tedy vidí jen ty vstupy a výstupy, na které je přímo připojeno (viz obrázek 3.2). Moduly vstupů a výstupů mohou být připojeny přímo v racku nebo pomocí ET200M jako vzdálené vstupy a výstupy.

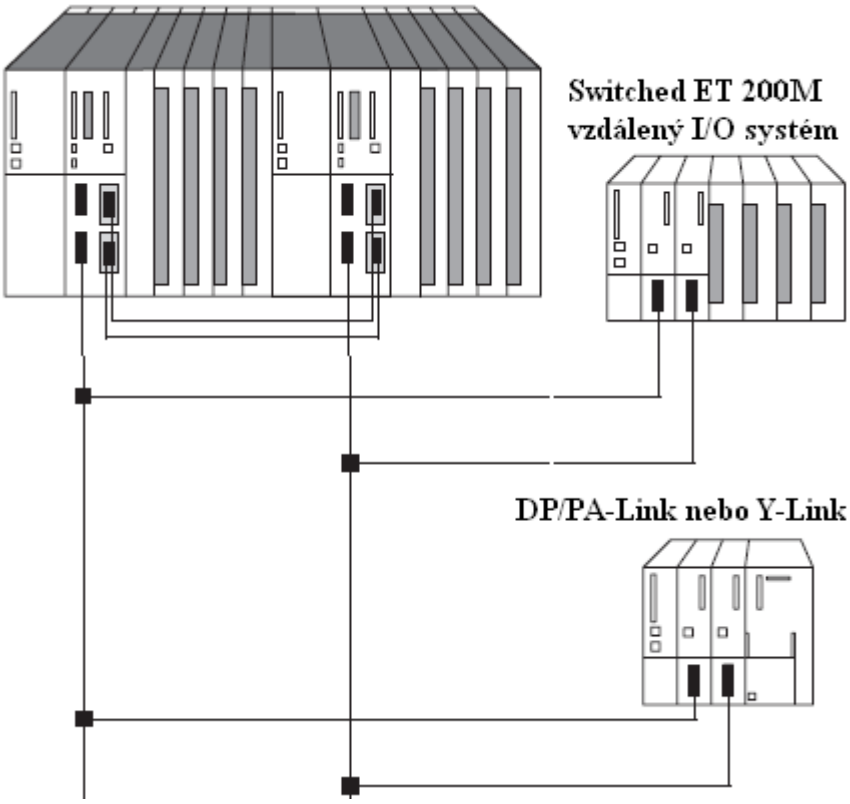


Obr. 3.2 Konfigurace PLC s one side single channel I/O

V případě konfigurace redundantního systému jsou data z každého PLC automaticky nahrávána do druhého subsystému přes optická vlákna. Z programového hlediska můžeme přistupovat k datům ze vstupů a výstupů z libovolného PLC [5]. V této konfiguraci mohou nastat dvě základní poruchy. První je problém s komunikací na sběrnici Profibus. V tomto případě nebude možné přistupovat k datům na modulech vzdálených vstupů a výstupů, ale bude možné přistupovat na data modulů připojených přímo k PLC v racku. Druhým problémem je nefunkčnost jednoho z PLC. V tomto případě nebude možné přistupovat k datům podřízeným tomuto podsystému.

3.3. Single channel, switched I/O

Konfigurace PLC je stejná z předešlé kapitoly 3.1. V případě této konfigurace systému jsou vstupy a výstupy zastoupeny také pouze jednou, ale liší se jejich připojení. V této konfiguraci nejdou konfigurovat moduly vstupů a výstupů přímo u PLC v racku, ale pouze moduly připojené pomocí ET200M jako karty vzdálených vstupů a výstupů (viz obrázek 3.3).

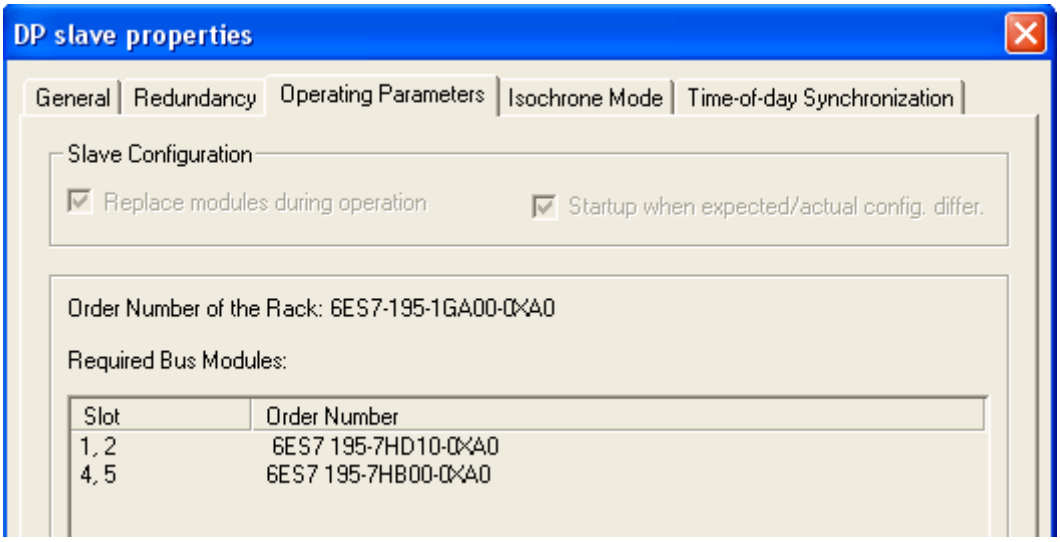


Obr. 3.3 Konfigurace PLC se single channel switched I/O

K PLC v racku můžeme připojit moduly vstupů a výstupů, ale budou v konfiguraci single channel one side s jejich nevýhodami, popsanými v předchozí kapitole 3.2. V případě switched I/O je důležité si dát pozor na volbu interfacu ET200x. Je třeba si v podporovaných modulech k PCS7 najít takový interface, který podporuje redundantní připojení [6].

Pro redundantní připojení modulů vstupů a výstupů je zapotřebí dvou interfaců ET200x. Každý interface je napojen na jeden „DP master system“ jednoho subsystému. Je velmi důležité, aby konfigurace celého systému byla symetrická. Jednotlivá CPU a DP master systémy musí být instalovány ve stejném slotu v racku. Připojení interfaců musí být do stejného integrovaného master systému (viz obrázek 3.3). Interfacy ET200x musí mít zapojenou aktivní zadní svorkovnici (backplane) [5].

Správný typ svorkovnice lze zjistit z hardwarové konfigurace. Při konfiguraci projektu a redundantních vstupů/výstupů je nutno vybrat položku v menu „Object properties“. V nově otevřeném okně je třeba zvolit záložku „Operating Parameters“ a zde jsou vypsané jednotlivé typy potřebných svorkovnic pro nakonfigurované sloty (viz obrázek 3.4).



Obr. 3.4 Zjištění typu zadní svorkovnice

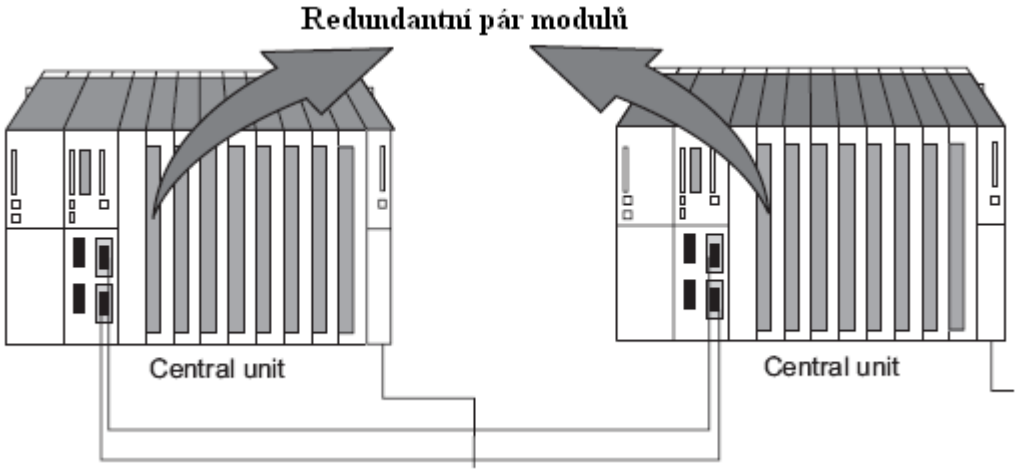
V této konfiguraci systému jsou všechna data z modulů vzdálených vstupů a výstupů dosažitelná z obou subsystémů díky synchronizaci pomocí optických vláken. Tento systém má oproti předešlému několik zásadních výhod v případě poruchy. Komunikační kanál k interfacu, po kterém jsou aktuálně přenášena data, je nazván aktivní a druhý komunikační kanál je pasivní [5]. V případě poruchy na aktivním kanálu (možnost poruchy na sběrnici, rozhraní nebo DP master systému) je automaticky pasivní kanál nastaven jako aktivní

a komunikace není přerušena. V tomto případě se tato porucha na funkci systému jako celku neprojeví a vše funguje v pořádku dál. Při poruše jednoho z PLC nebo vyřazení jednoho DP master systému je vyřazen celý jeden subsystém a tedy všechny jeho přidružené části. Redundantně připojené moduly vzdálených vstupů a výstupů jsou připojeny pomocí druhého kanálu a přístup k datům těchto modulů není omezen z druhého subsystému. Při poruše karet vstupů a výstupů už systém nebude moci přistupovat k datům z karet. Jsou zde zastoupeny jen jednou a tato porucha je fatální. Stejně fatální poruchou je disfunkce obou DP master systémů, pomocí kterých je přistupováno na data karet vstupů a výstupů.

3.4. Redundantně připojené I/O

Základní sestava PLC je stejná jako v kapitole 3.1. Vstupně/výstupní karty jsou zde ale umisťovány redundantně, systém tedy obsahuje dva sety vstupně/výstupních karet [5]. Tyto sety jsou pak v hardwarové konfiguraci nastaveny jako redundantní páry. V případě konfigurace redundantních párů umístěných v racku u obou PLC je třeba dodržet stejné umístění všech prvků v racku ve stejných slotech (viz obrázek 3.5).

Při volbě všech prvků (i modulů vzdálených vstupů a výstupů) je důležité zkontrolovat podporu redundantního zapojení [6] a jednotlivé konfigurace všech prvků v hardwarové konfiguraci musí být totožné. Připojení vzdálených vstupů a výstupů je možné ve dvou provedeních. Prvním je možnost redundantně zapojených párů single channel one side DP slavů (viz příloha B) se zapojenou zadní aktivní svorkovnicí, což je rozdíl oproti standardnímu zapojení one side (viz kapitola 3.2). Druhou možností je zapojení vzdálených vstupů



Obr. 3.5 Redundantní pár

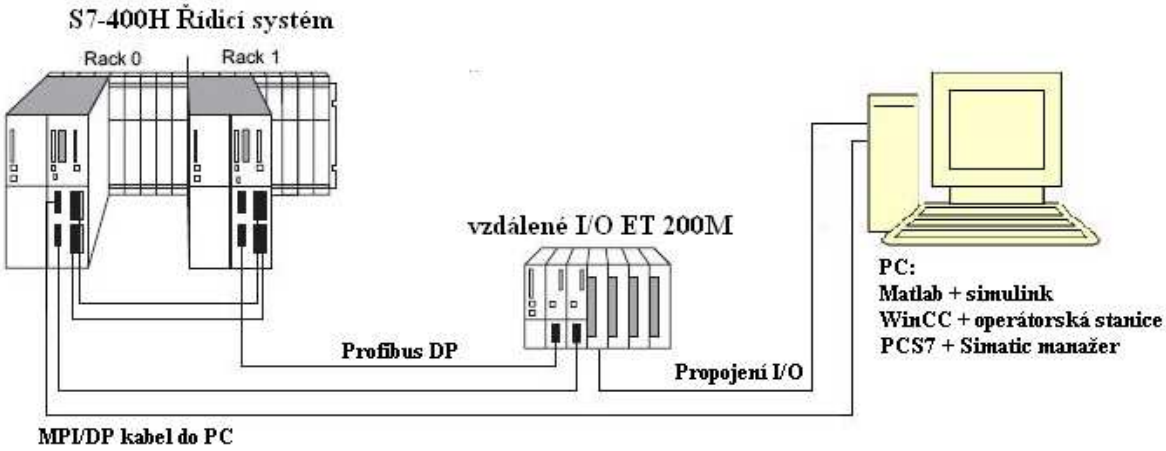
a výstupů ve formě single channel switched DP slavů (viz příloha C). Princip zapojení a typ modulů je stejný jako v kapitole 3.3.

Při redundantním zapojení modulů vyplývají vlastnosti z předchozích kapitol 3.2 a 3.3. Tento typ zapojení je odolný i proti poruše karet vstupů/výstupů, které jsou v tomto systému zdvojeny a muselo by dojít k poškození obou redundantně spojených karet vstupů/výstupů

4. Realizovaný projekt

Na základě nastudované problematiky a seznámení se se softwarem PCS7 (viz kapitola 2 a 3) byl navržen a realizován projekt řízení modelu v Matlabu. Schéma navrženého projektu je patrné z obrázku 4.1. Byl složen z řídicího systému, vzdálených vstupů/výstupů a PC, kde byla nainstalována karta CP5611 s rozhraním MPI/DP a multifunkční karta Humusoft MF614.

Řídicí algoritmus byl naprogramován na PC v systému PCS7 a do řídicího systému nahrán pomocí rozhraní MPI/DP. Řízený model byl umístěn v Simulinku v prostředí Matlab. Hodnoty ze vzdálených vstupů/výstupů z modulů byly do Simulinku přenášeny pomocí karty Humusoft MF 614. Grafické rozhraní operátorské stanice bylo spouštěno na PC a data byla z řídicího systému vyčítána pomocí rozhraní MPI/DP, které bylo nastaveno na režim Profibus DP. Podrobnější popis jednotlivých částí je obsažen v této kapitole.

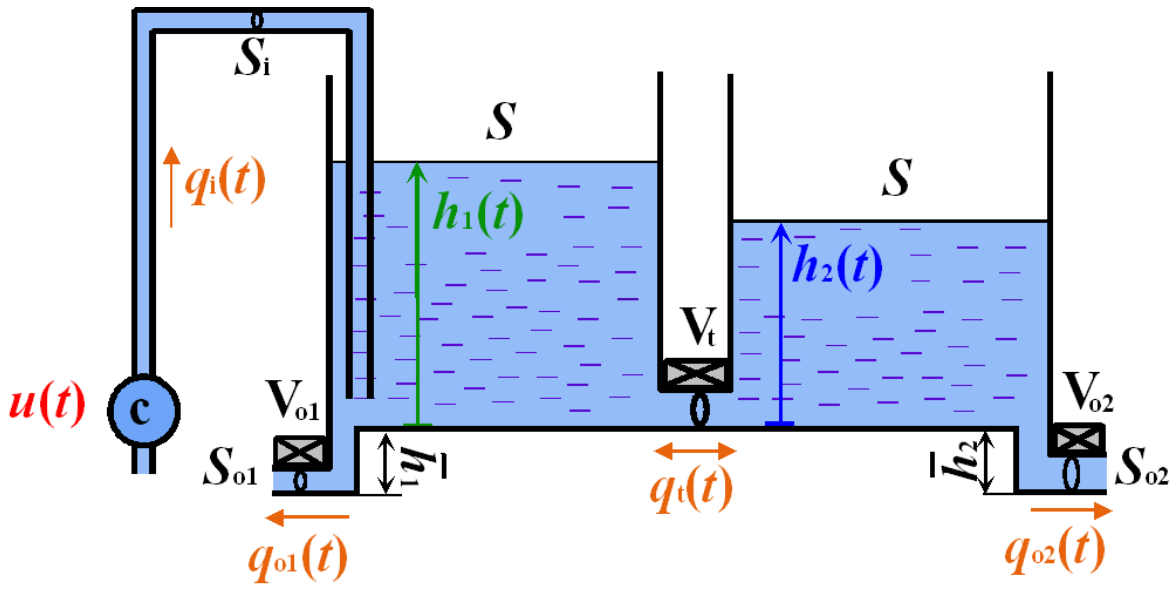


Obr. 4.1 Navržený projekt

4.1. Model v Matlabu

Předlohou pro virtuální model v Matlabu byl reálný model „Spojených nádob TQ“ [9], který je postaven v laboratoři K26 Katedry řídicí techniky. Model je fyzikální systém složený z čerpadla, dvou spojených nádob a tří ventilů (viz obrázek 4.2). Výška hladiny v druhém válci je řízena průtokem kapaliny za čerpadlem, které je ovládáno řídícím napětím. Model má z hlediska řízení jeden vstup (řídící napětí čerpadla) a dva výstupy (výšky hladin prvního a druhého válce). Virtuální model vytvořil a pro tuto práci poskytl pan Ing. Jiří Roubal. Pro otevření modelu v prostředí Simulink byl k dispozici Matlab 2007b. Pro přenos hodnot z analogových vstupů a výstupů modulů PCS7 do prostředí Simulink byla použita multifunkční karta Humusoft MF614. Základní parametry multifunkční karty jsou [10]:

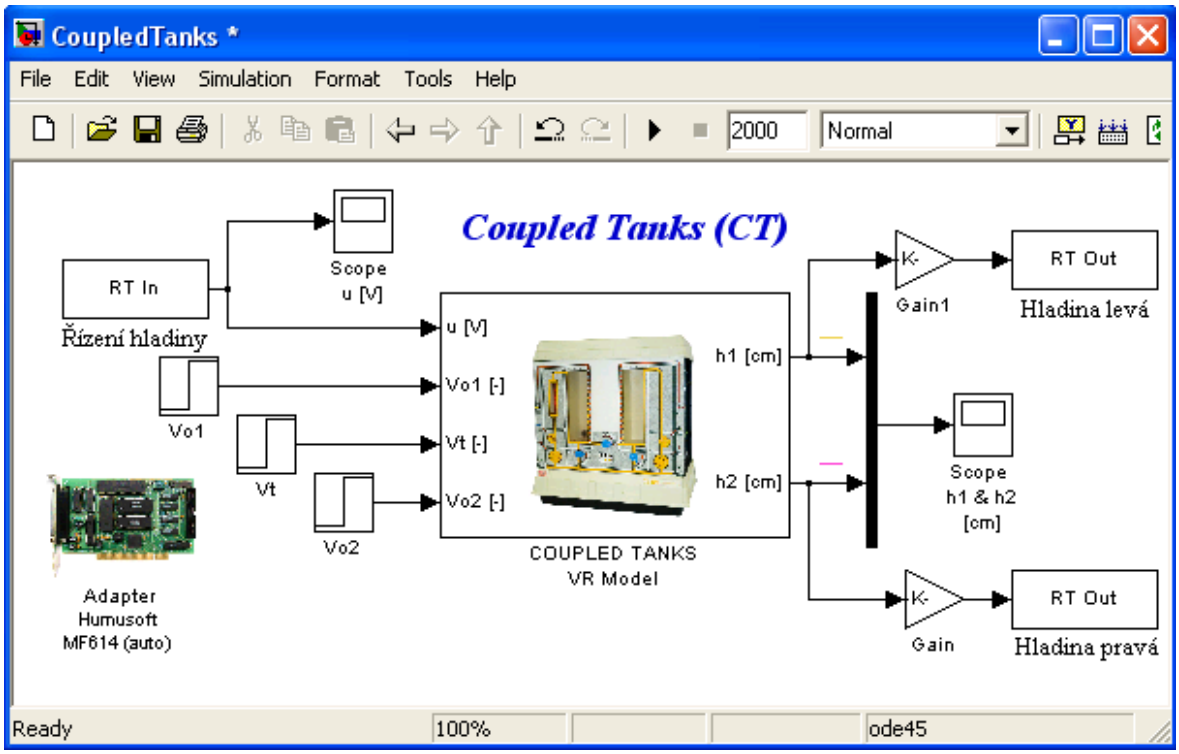
- Osm single-ended 12bitových analogových vstupů
- Čtyři 12bitové analogové výstupy
- Vzorkovací frekvence až do 100 kHz
- 8 digitálních vstupů, 8 digitálních výstupů
- Programovatelné vstupní rozsahy A/D převodníku
- 4 vstupy inkrementálních snímačů (diferenciální)
- 5 čítačů/časovačů



Obr. 4.2 Fyzikální model

V simulinkovém schématu mohou být rozsahy analogových vstupů/výstupů softwarově nastaveny na ±5 V, ±10 V, 0-5 V, 0-10 V. Pro řízení modelu v Matlabu byl využit jeden analogový vstup v rozsahu 0–10 V, kterým byl řízen akční zásah RT In, a dva analogové výstupy v rozsahu 0–10 V RT Out (viz obrázek 4.3), kterými byla realizována zpětná vazba řízení do řídicího systému. Pro správnou funkci multifunkční karty byl do Matlabu nainstalován „Real Time Toolbox“. Ovladač karty byl přidán do prostředí Simulink, aby bylo možné přistupovat k jednotlivým vstupům a výstupům.

V modelu v Simulinku bylo pracováno s reálnými jednotkami (cm, V) a nepracuje se s RT jednotkami, které jsou bezrozměrné. Výšky hladin jsou v centimetrech a řídící veličina je ve voltech. Pro řízení hladiny nebylo nutno hodnotu řídícího signálu ve schématu nijak upravovat. Rozsah akčního zásahu systému je 0-10 V, což odpovídá rozsahu napětí, které je možno přivézt na vstup modelu. Bylo nutné upravit výstupní hodnoty výšek hladin, které jsou v centimetrech. Výšky hladin modelu jsou v rozsahu 0 – 30 cm a proto bylo nutné jejich hodnoty upravit na rozsah výstupních hodnot karty 0 – 10 V (viz obrázek 4.3) násobením konstantou K. V řídicím systému v PCS7 jsou pak analogové hodnoty vstupů převedeny zpět na rozsah 0 – 30 cm a dále se pracuje s reálnými výškami hladin.



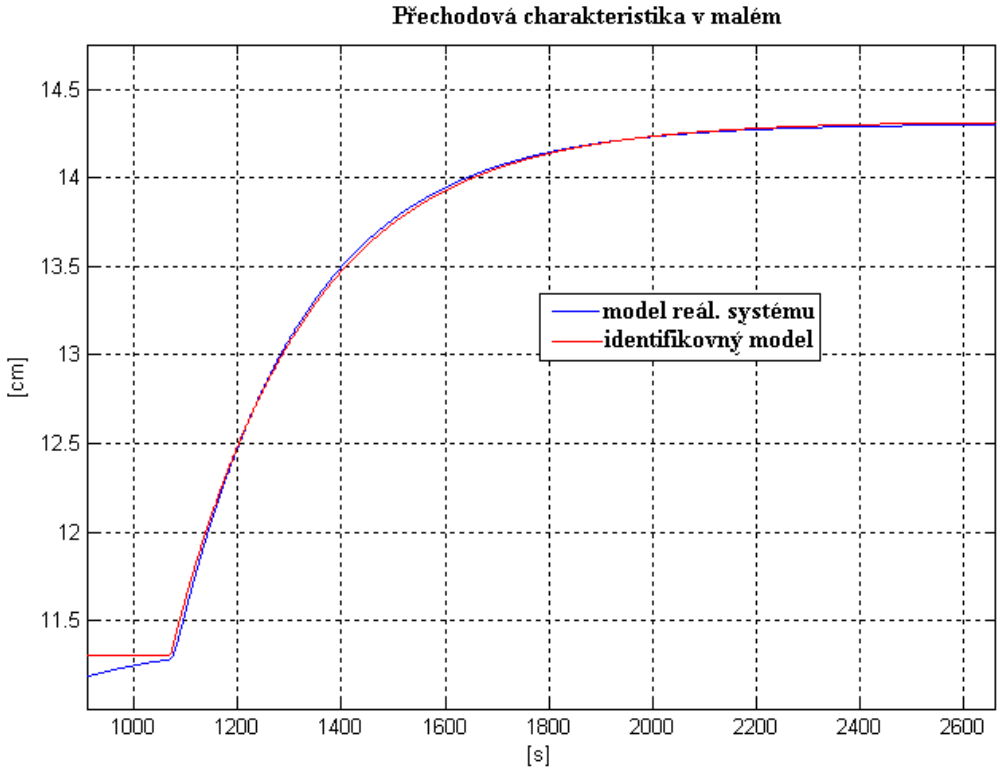
Obr. 4.3 Simulinkové schéma

4.2. Identifikace modelu a návrh regulátoru

Podle přechodové charakteristiky v malém (viz příloha A) byl model identifikován jako model prvního řádu bez astatismu. Jeho přechodová charakteristika byla určena:

$$G(s) = \frac{0{,}575}{260s + 1} \tag{1}$$

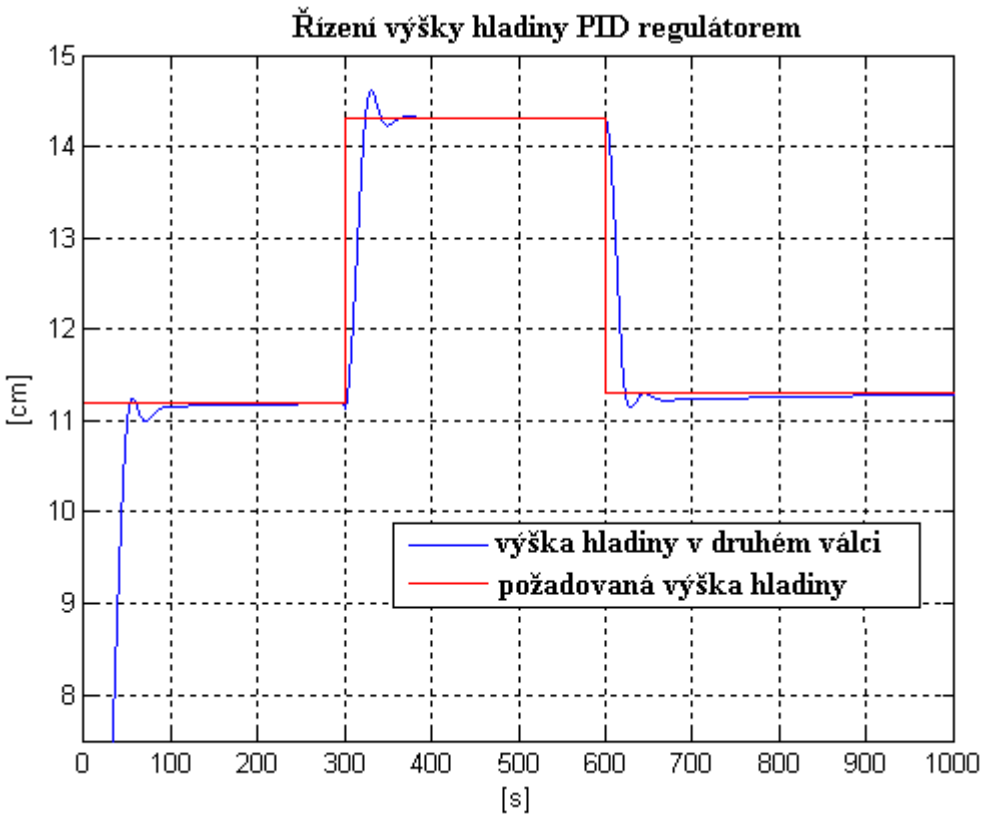
Výsledný identifikovaný přenos byl ověřen porovnáním v Simulinku s daným modelem (viz obrázek 4.4).



Obr. 4.4 Přechodová charakteristika

Pro daný přenos $G(s)$ byl navržen PID regulátor s přenosem $R(s)$, který byl implementován v řídicím systému. Regulátor byl navržen metodou GMK (geometrické umisťování kořenů). Konstanty navrženého regulátoru vyšly:

$$\begin{aligned} R(s) &= K_P + \frac{K_I}{s} + \frac{K_D s}{\frac{1}{\omega_f} s + 1} \\ K_P &= 3.17 \\ K_I &= 0{,}015 \\ K_D &= 9{,}73 \\ \omega_f &= 0{,}1 \end{aligned} \tag{2}$$



Obr. 4.5 Řízení hladiny PID regulátorem

Výsledný průběh řízení regulátorem je patrný z obrázku 4.5.

4.3. Hardware řídicího systému

Základem řídicího systému jsou dvě redundantně spojené PLC S7-414H. Celý řídicí systém byl z počátku nakonfigurován ve formátu Single channel, one side I/O (viz Kapitola 3.2) s dostupným hardwarem. Po dodání chybějícího hardwaru byl systém rozšířen na Single channel, switched I/O (viz Kapitola 3.3). Celý systém se sestává ze dvou následujících částí:

Základní část zapojená (viz kapitola 3.1):

2x zdroj PS 407 10 A, 6ES7 407-KR02-0AA0

2x CPU 414-4H, 6ES7 414-4HJ04-0AB0

4x H synchronizační moduly pro kabely do 10 m, 6ES7 960-1AA04-0XA0

2x optické synchronizační kabely 1 m, 6ES7 960-1AA0-5AA0

1x H rack UR2H, 6ES7 400-2JA00-0AA0

Vzdálené vstupy/výstupy:

2x ET 200 IM 153-2, 6ES7 153-2BA00-0XB0

1x modul analogových vstupů AI 8x12bit, 6ES7 331-7FK02-0AB0

1x modul analogových výstupů AO 4x12bit, 7ES7 332-5HD01-0AB0

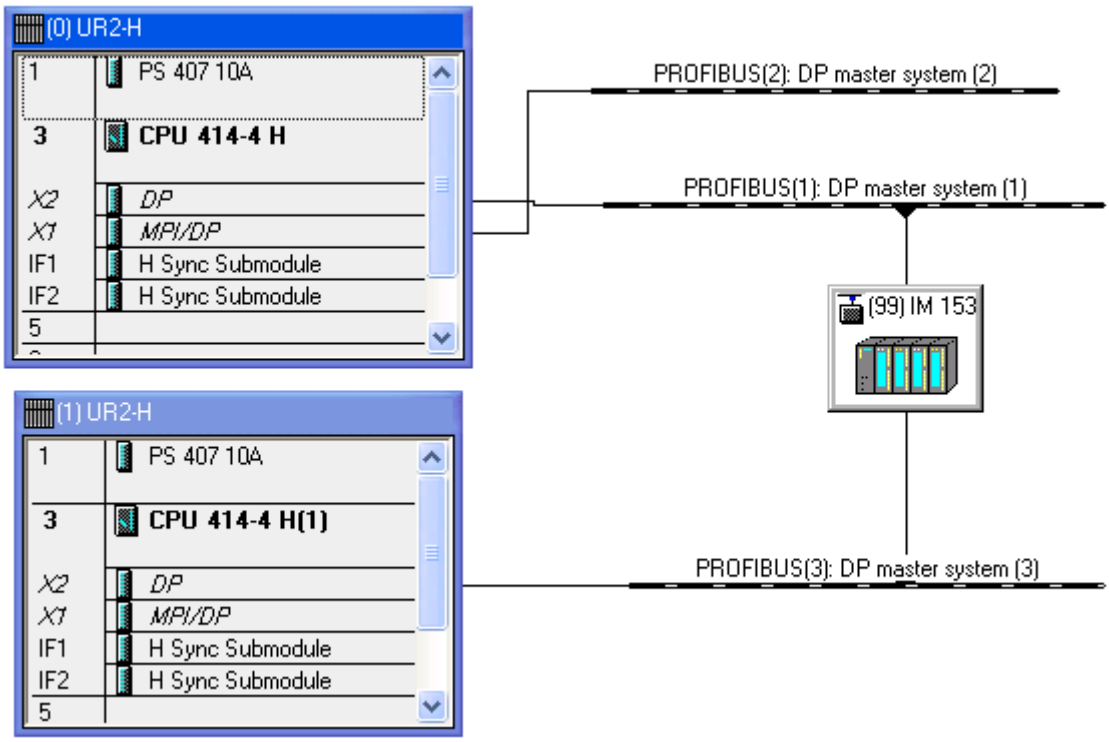
1x aktivní backplane pro IM ET 200, 6ES7 195-7HD10-0XA0

1x aktivní backplane pro analogové vstupy/výstupy, 6ES7 195-7HB00-0XA0

1x instalační lišta hluboká, 6ES7 195-1GA00-0XA0

Konfigurace vstupů pro měření napětí, proudu nebo teploty byla u modulu analogových vstupů provedena nastavením svorkovnice na boční straně modulu [11]. Rozsah analogových vstupů byl vybrán v hardwarové konfiguraci v nastavení daného modulu. U modulu analogových výstupů byl typ výstupu vybrán správným zapojením výstupu [12].

Hardwarová konfigurace v systému PCS7 je vidět na obrázku 4.6. Pro nahrávání projektu do řídicího systému nebo vyčítání hodnot pro operátorskou stanici byla v PC nainstalována komunikační karta CP 5611 pro komunikaci MPI/Profibus DP. Komunikace a nahrávání bylo realizováno po rozhraní Profibus DP master systém 2 (viz obrázek 4.6). PLC komunikují s moduly vzdálených vstupů/výstupů po Profibus master systém 1 a 3.



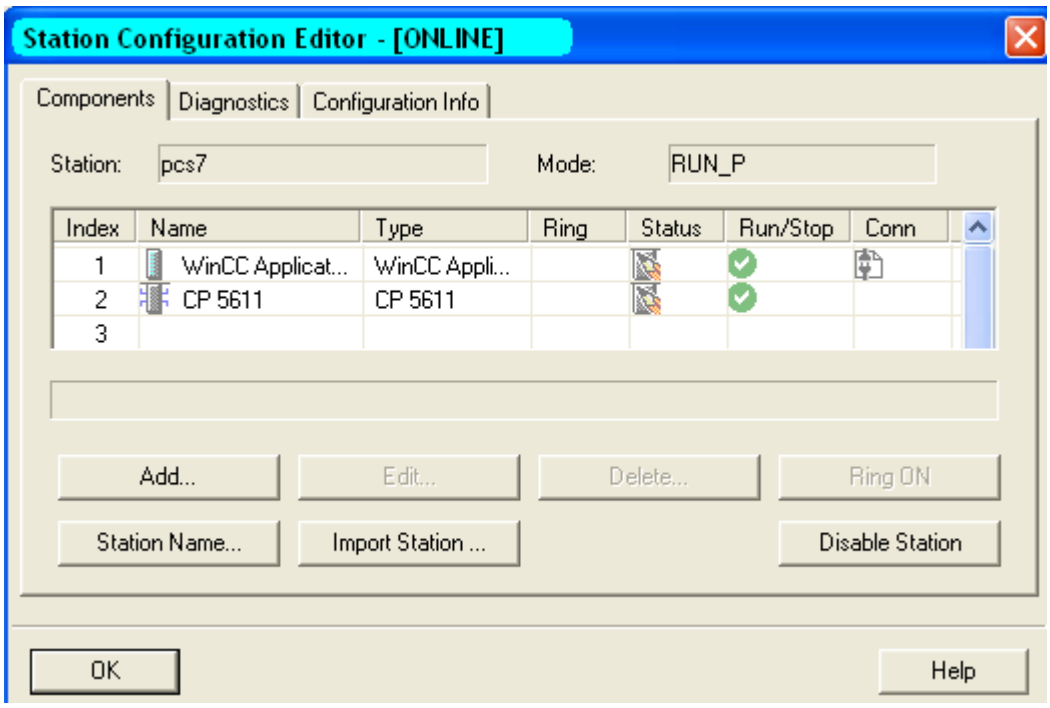
Obr. 4.6 Hardwarová konfigurace

Jednotlivým analogovým vstupům a výstupům byly v tabulce symbolů přiděleny symboly (kompletní výpis viz příloha D):

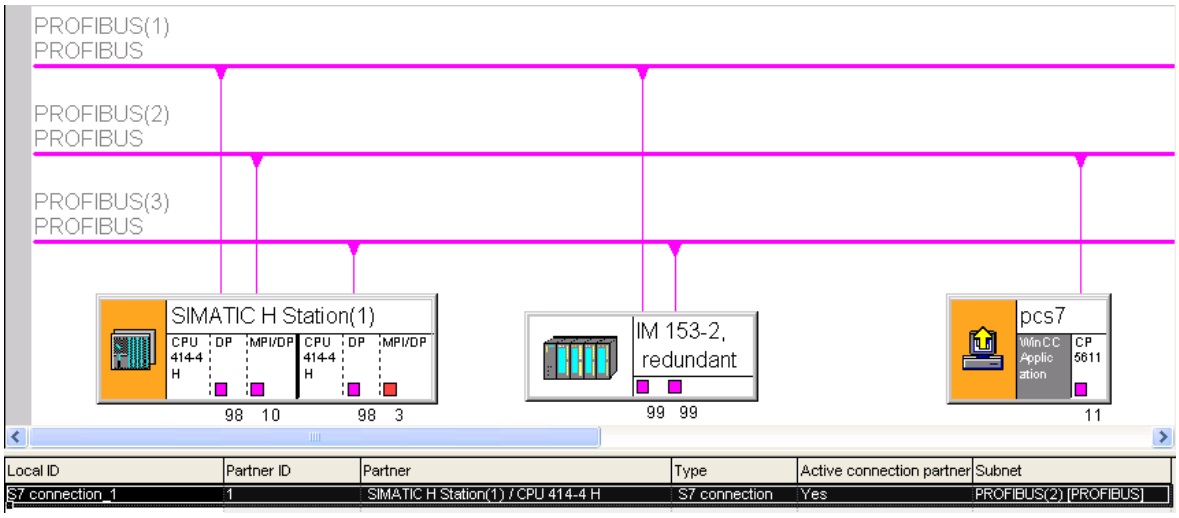
- IW 512 .. Vstup1
- IW 514 .. Vstup2
- ….
- IW 526 .. Vstup8
- QW 512 .. Výstup1
- QW 514 .. Vystup2
- ….

4.4. Konfigurace S7 connections a stanice PC

Stanice PC může být nakonfigurována jako „Operátorská stanice“ nebo „Inženýrská stanice“ podle typu aplikací, které mají být na PC spouštěny. Nastavení stanice PC je možné pomocí „Station Configurator“, který obsahuje virtuální sloty pro jednotlivé aplikace spouštěné na PC a použitý komunikační hardware. Nastavení je vidět na obrázku 4.7, kde byla využita WinCC aplikace a používána komunikační karta CP5611 pro nahrávání řídicího algoritmu do PLC a komunikace operátorské stanice s PLC.



Obr. 4.7 Konfigurace PC station



Obr. 4.8 Konfigurace NetPro

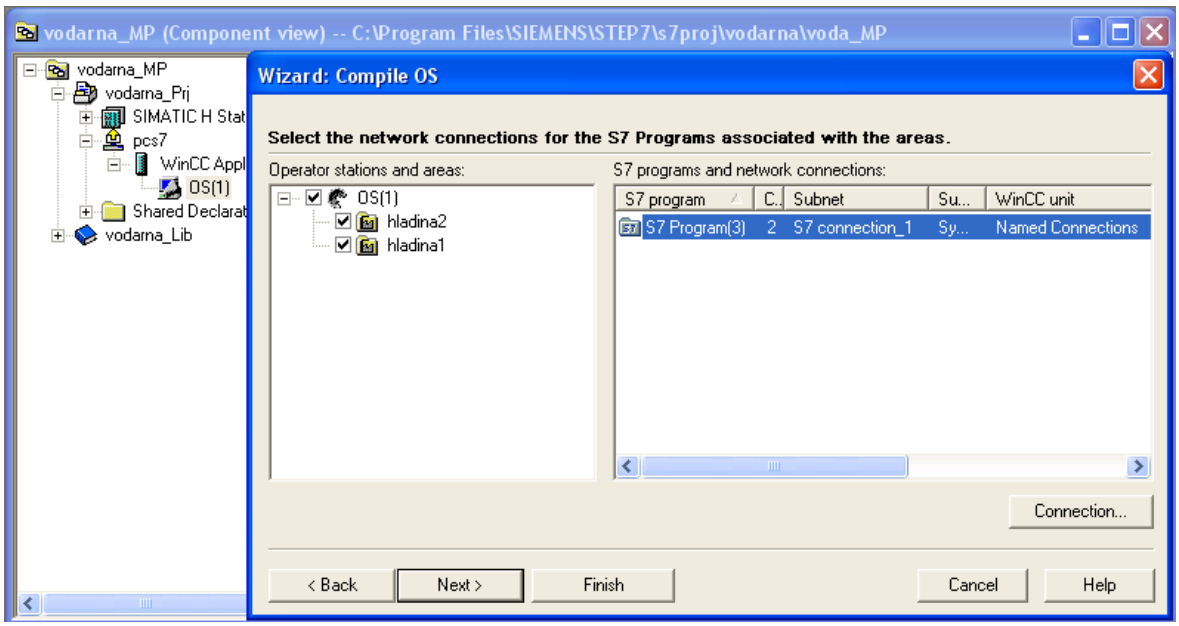
Pomocí S7 connections byla nastavena komunikace mezi jednotlivými komunikačními partnery v projektu. Propojení a partneři jsou vidět v manažeru „NetPRo“ (viz obrázek 4.8). PLC komunikují se vzdálenými vstupy/výstupy po sběrnici Profibus DP 1 a 3. Komunikace mezi PC (nahrávání projektu, vyčítání dat pro operátorskou stanici) a PLC byla realizována po Profibus DP 2.

Pro správnou funkci operátorské stanice byly nakonfigurovány:

- Station konfigurátor (viz obr. 4.7): Station – pcs7
  Slot 1 – WinCC aplikace
  Slot 2 – CP5611
- jméno PC: pcs7
- jméno PC Station v projektu: pcs7

Jména PC, Simatic PC Station a Station konfigurátoru musí být shodná. Nastavení operátorské stanice je vidět na obrázku 4.8 vpravo.

Na PC stanici je spouštěna WinCC aplikace a data z řídicího systému získává pomocí karty CP5611. Komunikační partner operátorské stanice byl nastaven vložením nového „S7 connection“ (viz příloha A) a následným nahráním spojení do CPU a operátorské stanice. Po vytvoření a nahrání nových S7 connection byla nastavena komunikace na „Named connections“ (viz obrázek 4.9 a příloha A). Standardně je nastaven Profibus nebo Industrial Ethernet dle typu sběrnice, díky které získává data z PLC.



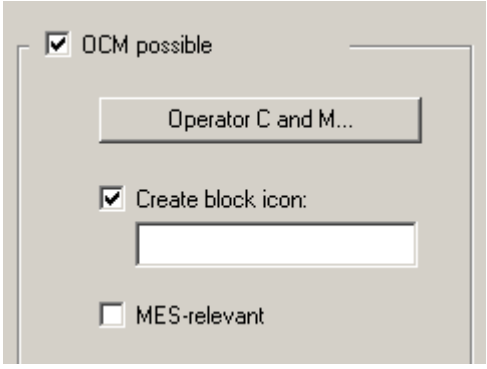
Obr. 4.9 Nastavení connections

4.5. Řídicí algoritmus

Řídicí algoritmus byl realizován dvěma CFC grafy, jeden CFC graf pro každou z nádrží (viz obrázek 4.2). V grafech byly použity následující bloky :

- **MUL_R** – multiplication of real values, blok pro násobení reálných hodnot.
- **CH_AI –** blok pro zpracování a zápis hodnoty na vstupy analogových modulů.
- **CH_AO** – blok pro zpracování a zápis hodnoty na výstupy analogových modulů.
- **CTRL_PID** – blok PID regulátoru.
- **OP_A_LIM** – operator analog limited, blok pro vnější zásah z operátorské stanice.

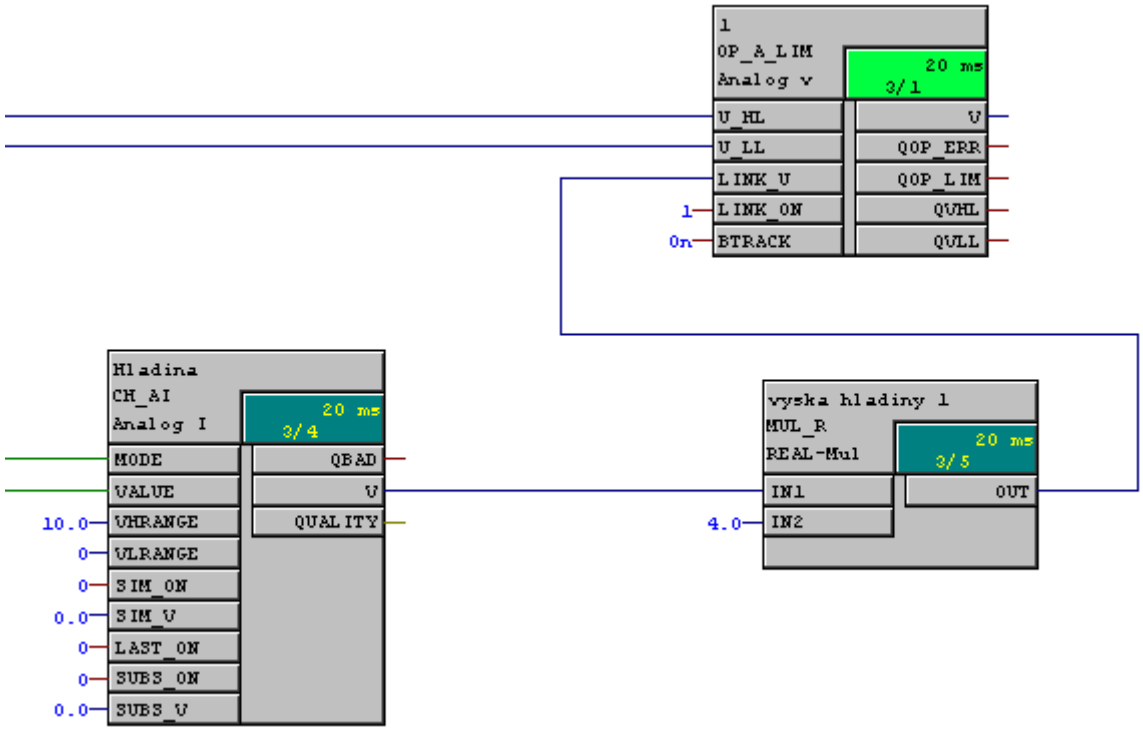
Všechny bloky jsou uloženy v „master data library“ (dále jen knihovna), která slouží k uchování použitých bloků. Zároveň s bloky jsou v knihovně uchovány faceplaty.



Obr. 4.10 Operator control and monitor

U všech bloků není možný přístup na jednotlivé parametry z operátorské stanice pomocí procesních tagů. Od výrobce softwaru je to dáno pro každý blok zvlášť. Jestli je na parametry nebo vstupy/výstupy daného bloku možný přístup z operátorské stanice, je vidět při otevření daného bloku. Zde musí být aktivní možnost „OCM possible“ (Operator control and monitor, viz obrázek 4.10). Při otevření „Operator C a M“ jsou vidět všechny přístupné WinCC atributy, na které je povolen přístup pomocí procesních tagů z operátorské stanice. Přístup pomocí tagů je možný na tyto použité bloky:

- CTRL_PID
- OP_A_LIM



Obr. 4.11 Hladina 1 – levá nádrž

Samotný algoritmus pro zpracování výšky hladiny levé nádrže je vidět na obr. 4.11. Blok „Hladina“ převádí procesní hodnoty napětí z analogového „Vstupu6“ (viz kapitola 4.3) typu word na reálnou hodnotu pro další užití v programu. Blok „výška hladiny 1“ převádí hodnotu vstupu z rozsahu 0 - 10 na 0 – 30 cm, neboť rozsah analogového vstupu je 0 - 10 V a výška hladiny je 0 – 30 cm. V Matlabu je proto tato hodnota násobena konstantou K (viz kapitola 4.1). Na bloky „Hladina“ a „výška hladiny 1“ není možný přístup z operátorské stanice pomocí tagů, proto pomocí posledního bloku OP_A_LIM je výška hladiny levé nádrže zobrazena v operátorské stanici. Z operátorské stanice je procesní tag připojen na výstup „V“ bloku OP_A_LIM. Bloky jsou propojeny dle obr. 4.11 a parametry jednotlivých bloků jsou nastaveny:

CH_AI:	MODE:	16#0108, vstupní rozsah 0 – 10 V
	VHRANGE:	10, maximální hodnota vstupu
	VLRANGE:	0, minimální hodnota vstupu
	VALUE:	připojen na Vstup6
MUL_R:	IN2:	4, přenásobení
OP_A_LIM:	LINK_ON:	1, povolen přenos z Link_U na V
	U_HL:	30, maximální výška
	U_LL:	0, minimální výška

Algoritmus pro zpracování výšky hladiny pravého válce lze nalézt v příloze E. Bloky Hladina2, výška hladiny 2 a OP_A_LIM mají stejné nastavení jako levá nádrž z obrázku 4.11. Rozdíl je jen v zapojení CH_AI záložky VALUE na Vstup5 (viz kapitola 4.3). Blok CTRL_PID je nakonfigurovaný PID regulátor. Blok „výst. Převodu“ převádí reálné hodnoty na procesní typu word. Bloky jsou zapojeny dle obrázku v příloze E a jejich parametry jsou:

CH_AO:	MODE:	16#0108, vstupní rozsah 0 – 10 V
	VHRANGE:	9.9, maximální hodnota výstupu
	VLRANGE:	0, minimální hodnota výstupu
	VALUE:	připojen na Výstup1
	U:	připojen na výstup PID regulátoru LMN

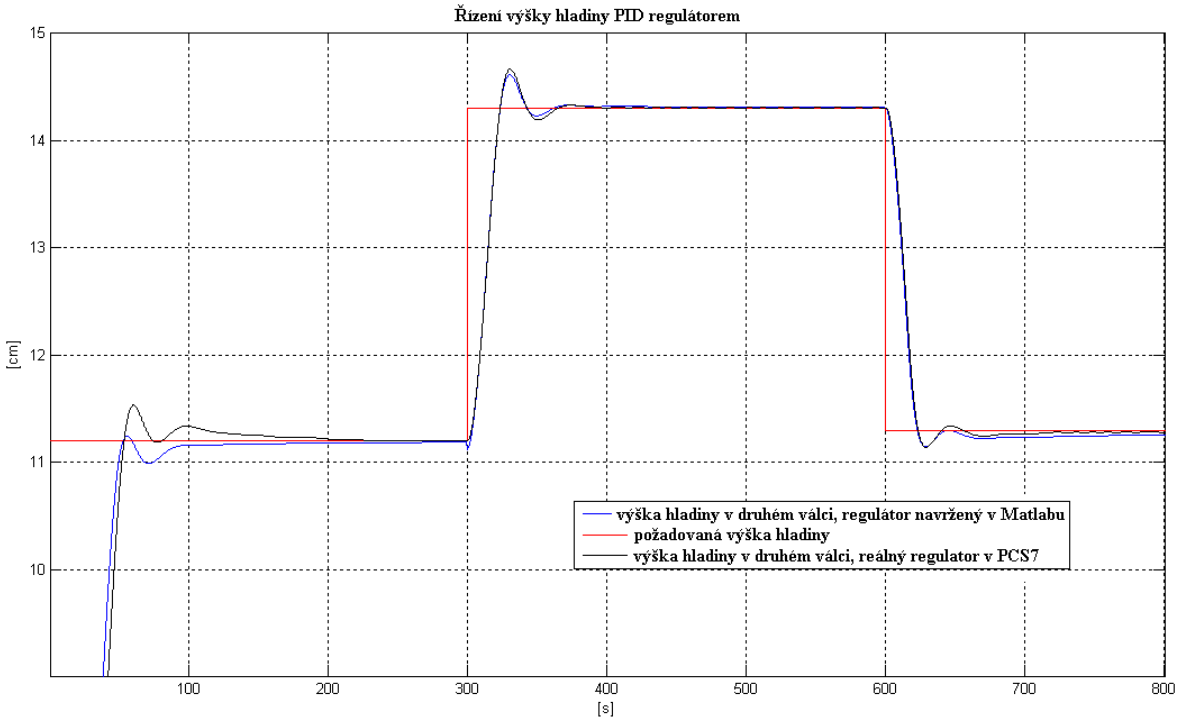
CTRL_PID:	SAMPLE_T:	0.1 s,
	DEADB_W:	0.005, necitlivost na změnu vstupu
	GAIN:	3.17, zesílení regulátoru
	TN:	49, integrační složka regulátoru
	TV:	9.73, derivační složka regulátoru
	NM_PVNHR:	30, maximální normalizovaná výška hladiny
	NM_PVNLR:	0, minimální normalizovaná výška hladiny
	LMN_HLM:	9.9, maximální akční zásah
	LMN_LLM:	0, minimální akční zásah
	LIOP_MAN:	1, řízení operátor/ regulátor
	AUTO_L:	1, přepínání vstupu auto:1, manual:0
	LMR_IN:	propojeno na LMN, vazba pro operát. stanici
	AUTO_ON_OP:	AUTO, vstup operátora manual/auto
	TM_LAG:	0.1, zpoždění zásahu derivační složky

Konstanty PID regulátoru byly přepočítány dle rovnice (3). LMN je vypočítaný akční zásah PID regulátoru, Gain odpovídá složce P, TN odpovídá složce I a TV odpovídá složce D PID regulátoru.

$$LMN = Gain * \left(1 + \frac{1}{TN * s} + \frac{TV * s}{1 + TM_LAG * s}\right) \tag{3}$$

$$\begin{aligned} Gain &= 3.17 \\ TN &= 49 \\ TV &= 3.07 \\ TM_LAG &= 10 \end{aligned} \tag{4}$$

Srovnání výsledných průběhů řízení výšky hladiny v levém válci je vidět na obrázku 4.12. Modrou barvou je znázorněn průběh řízení hladiny levého válce pomocí PID regulátoru umístěného přímo v simulinkovém schématu (kapitola 4.2, parametry (2)). Černou barvou je znázorněno řízení pomocí PID regulátoru v PLC s parametry (4).

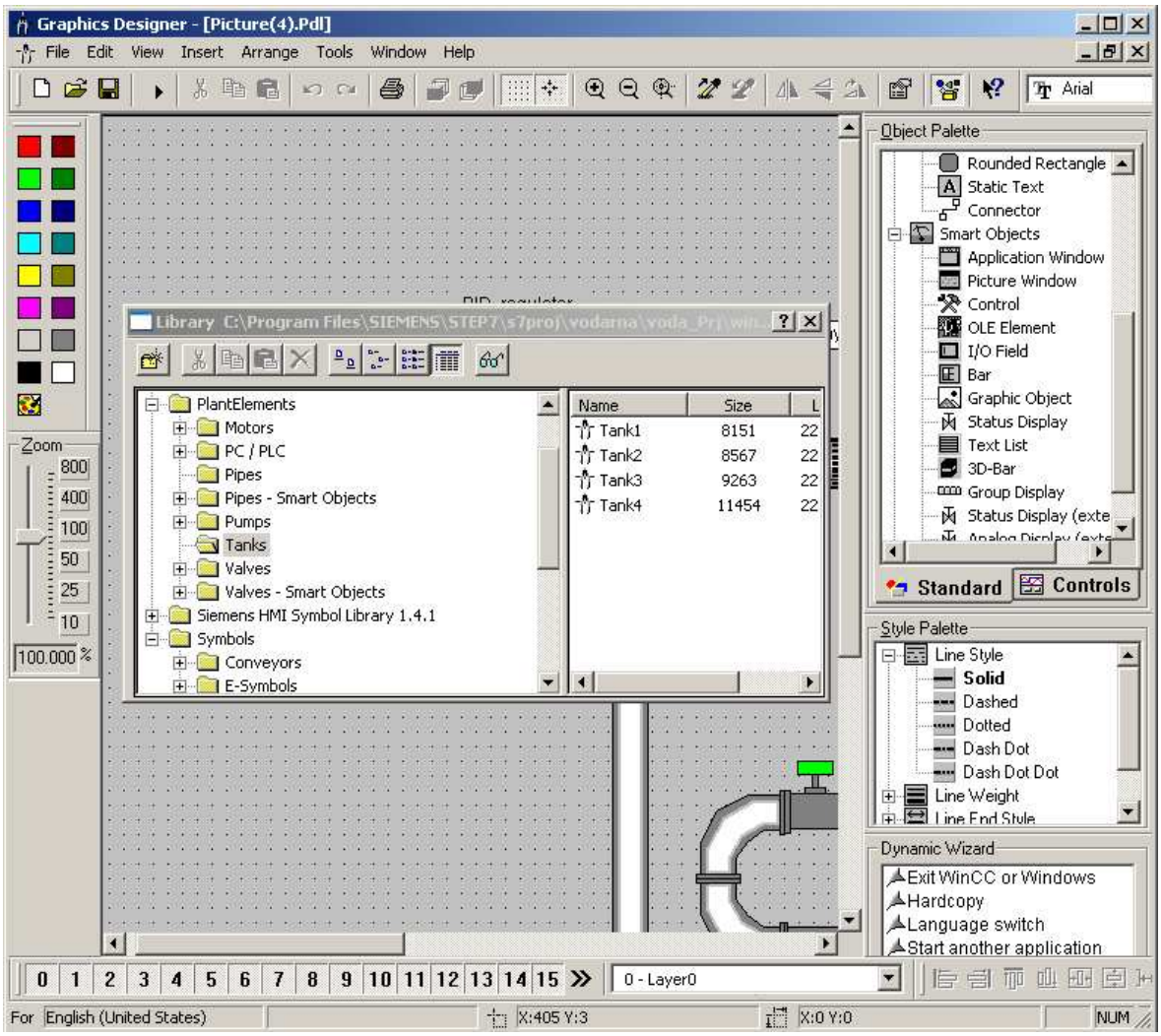


Obr. 4.12 Srovnání řízení výšky hladiny

4.6. Operátorská stanice

Obrázek OS je složen ze dvou tanků, tří ventilů, několika trubek, jedné nádrže, tří vstupně/výstupních bloků „Požadovaná výška hladiny, aktuální výšky hladin“ a bloku PID regulátor. Tento blok je automaticky přidán při vytváření Picture4.pdl, je to faceplate bloku PID_CTRL (viz kapitola 2.6).

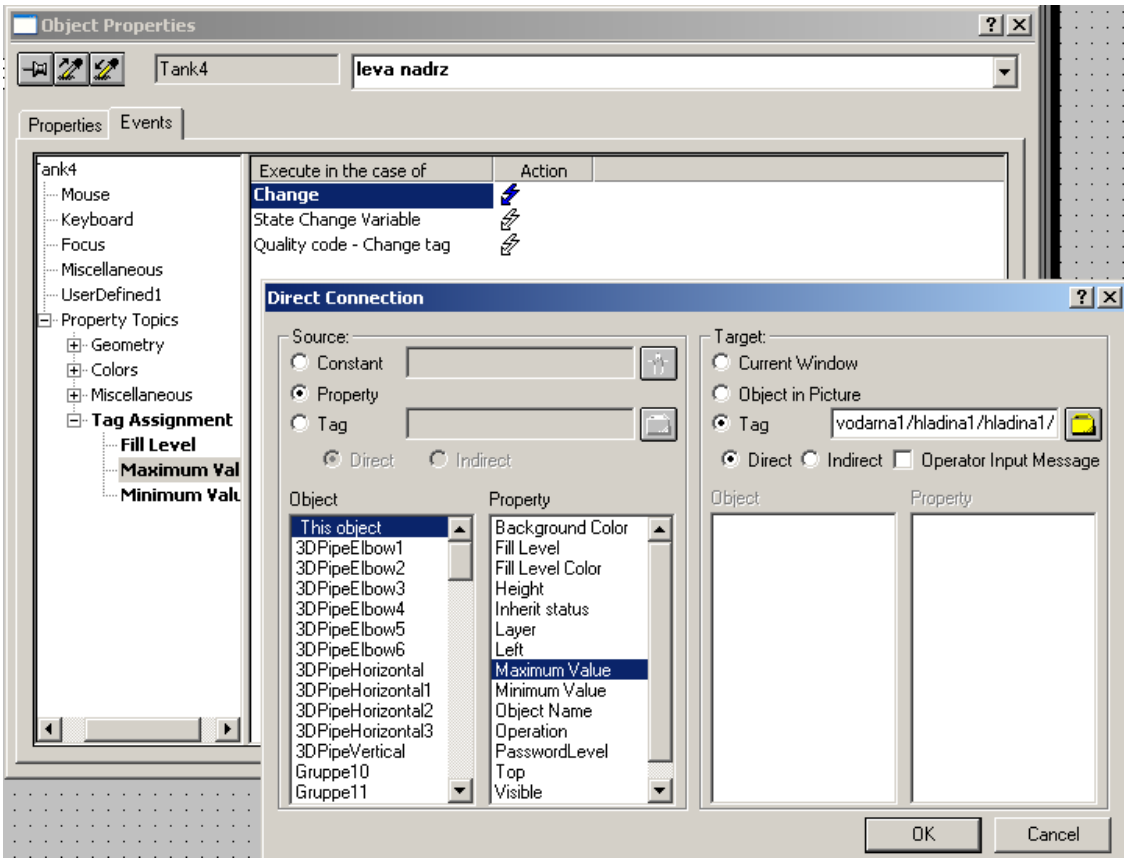
Bloky jsou z knihovny grafického designéru (viz obrázek 4.13). Vstupně/výstupní blok je ze skupiny „smart objects“, která je v „object pallete“. Na obrázku 4.13 je po pravé straně. Při vkládání smart objektu je uživatel hned po vložení vyzván ke konfiguraci parametrů daného objektu: tag, update cycle, jestli je vstupní nebo výstupní. Když blok uživatel nenastaví nebo se změní tag, je možné parametr nastavit i dodatečně.



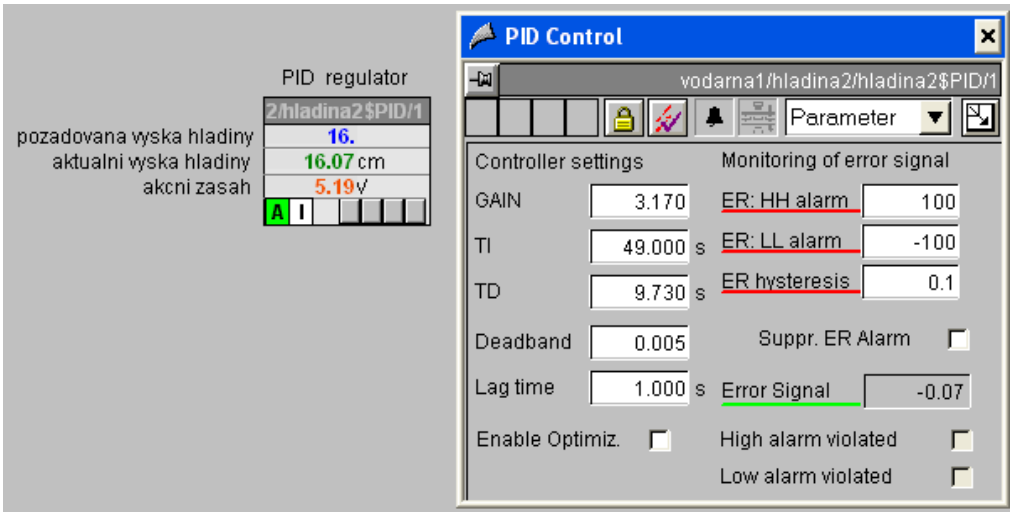
Obr. 4.13 Graphics designer

Nastavení jednotlivých aktivních částí je možné v „Object properties“ (viz obrázek 4.14). Na obrázku jsou vidět podrobnější možnosti nastavení pravého válce. Maximální a minimální výška hladiny ve válci je svázána tagem s blokem OP_A_LIM v CFC grafu „hladina2 PID“. V tomto bloku jsou nadefinovány maximální a minimální výšky hladin. Když dojde ke změně parametrů nádrže a upravil by se řídicí algoritmus, není nutné upravovat i obrázek operátorské stanice. Aktuální výška hladiny ve válci je zobrazena zaplněním modrou barvou. Parametr „Fill level“ reaguje na změnu proměnné a je svázán tagem s výstupem bloku OP_A_LIM v CFC grafu „hladina2 PID“. Levá nádrž je nakonfigurována stejně, ale je svázána s blokem OP_A_LIM v CFC grafu „hladina1“. Nádrže nemají implementován ukazatel stavu výšky hladiny, a proto jsou doplněny I/O poli „aktuální výška hladiny“. Obě I/O pole jsou nakonfigurována jako výstup a tagy spojeny s bloky OP_A_LIM. Obnovovací doba parametru je nastavena na 1 s.

Dalším nastaveným blokem je „Požadovaná výška hladiny“. Toto I/O je pole nastavené jako vstupní a bylo svázané tagem se vstupem SP_OP bloku PID_CTRL. Obnovovací doba parametru je 1 s. U automaticky vložených faceplatů není možné nic nastavit v graphics designeru.



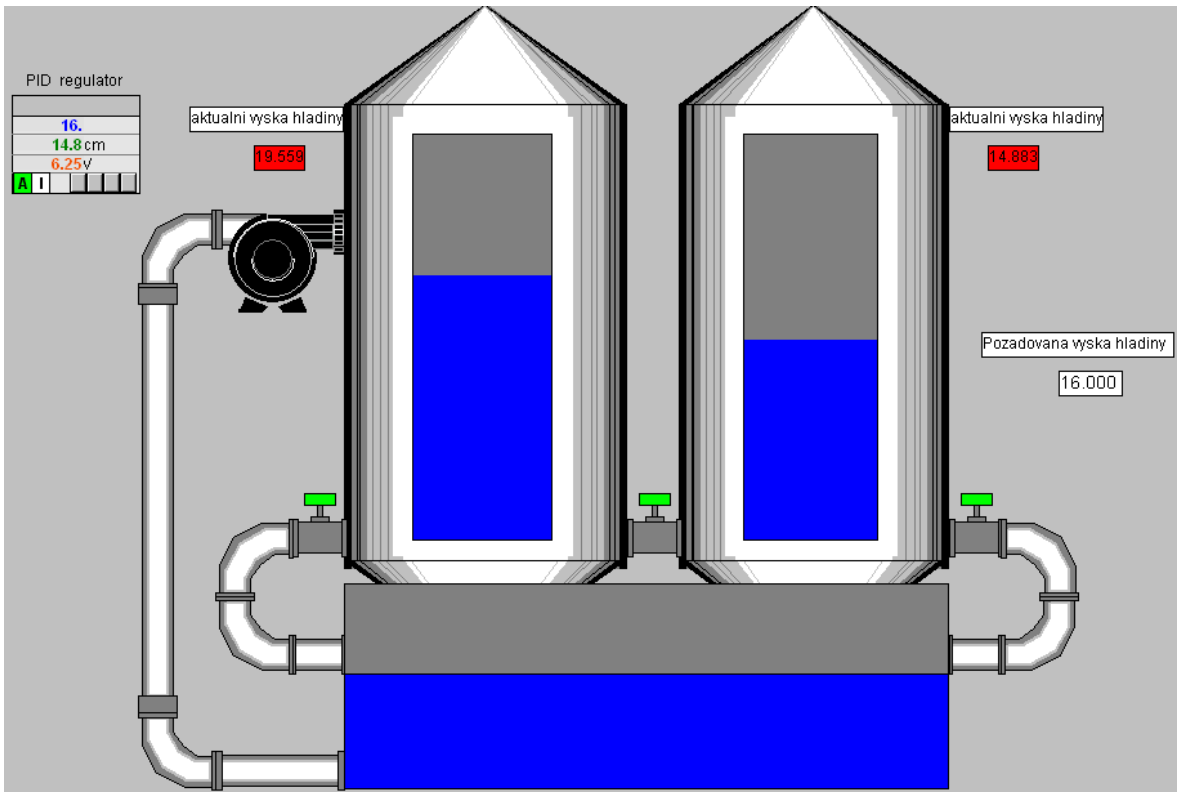
Obr. 4.14 Nastavení tagů



Obr. 4.15 Blok PID_CTRL v operátorské stanici

Změna jednotek u proměnných je možná přímo v nastavení bloku PID_CTRL v CFC grafu (podrobnější popis viz příloha A).

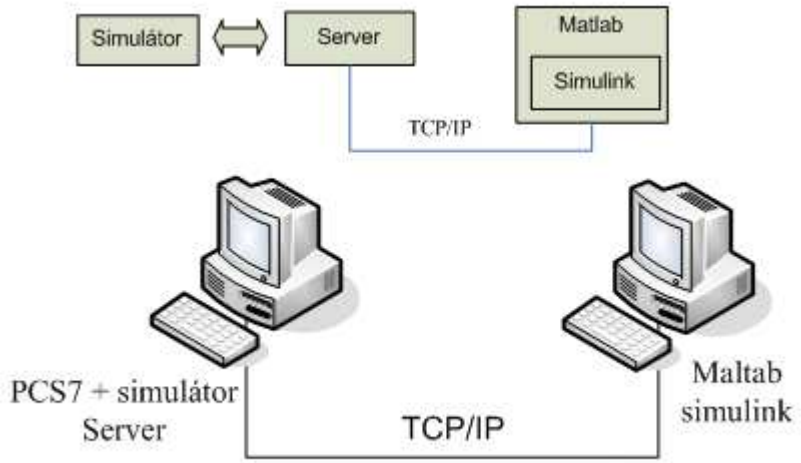
Faceplate bloku PID_CTRL je možné při spuštění operátorské stanice otevřít. Zde je možné nastavit některé parametry PID regulátoru a jsou zde vidět další parametry (viz obrázek 4.15). Zobrazení dalších možností bloku je možné pomocí roletového menu „Parameter“. Výsledný obraz operátorské stanice je vidět na obrázku 4.16.



Obr. 4.16 Výsledná operátorská stanice

5. Spojení Matlabu a simulátoru

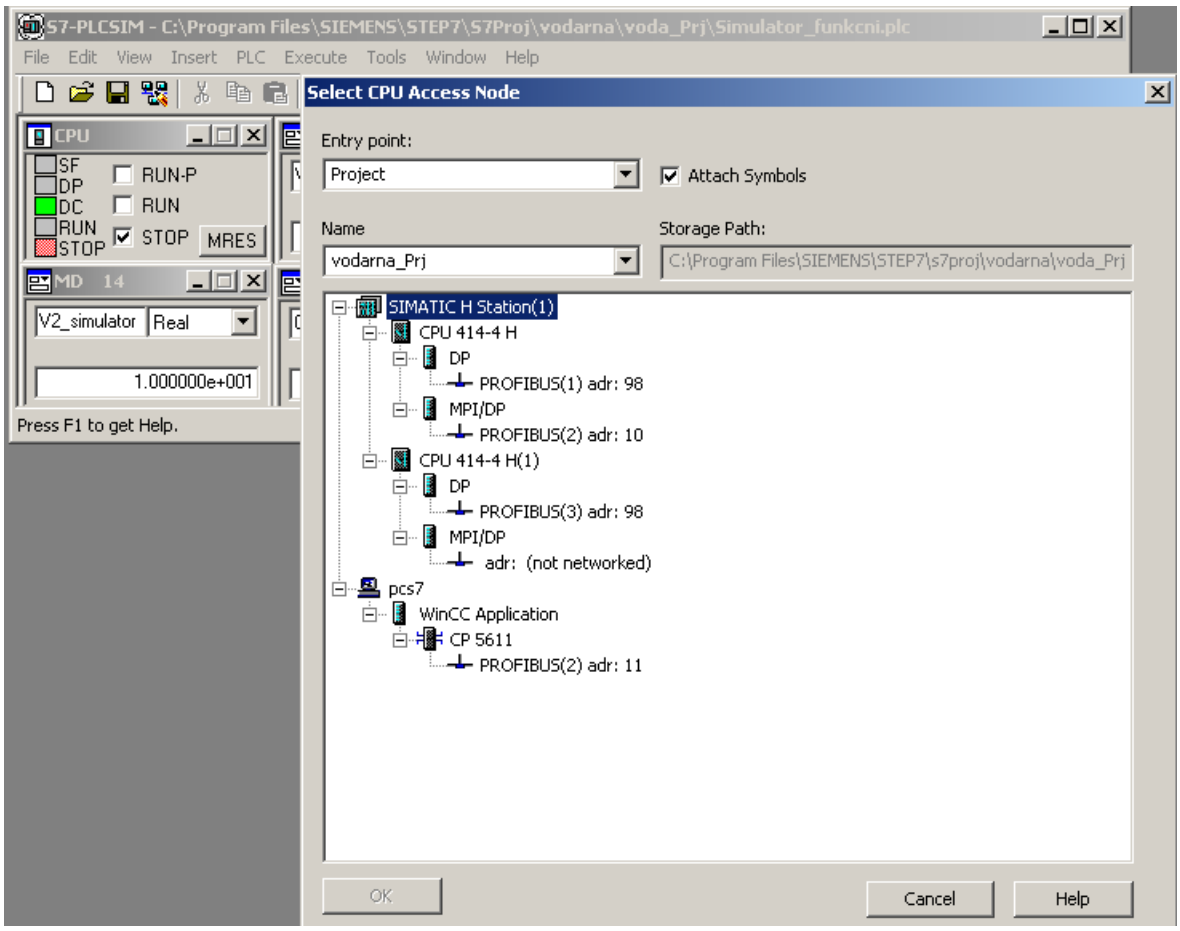
Další částí práce bylo zjistit možnosti propojení simulátoru a modelu v Matlabu. Vybrat jednu z možností a tu realizovat. Řídicí algoritmus byl upraven a nahrán do simulátoru na PC. Řízený model byl umístěn v Simulinku v prostředí Matlab. Hodnoty ze simulátoru byly vyčítány pomocí externího programu „Server“, který využíval komponentu simulátoru S7ProSim. Hodnoty vstupů/výstupů byly do Simulinku přenášeny ze Serveru po TCP/IP viz obrázek 5.1. Grafické rozhraní operátorské stanice bylo spouštěno na PC se simulátorem. Model v Matlabu a simulátor se Serverem nemusí být na oddělených počítačích a mohou být spuštěny na jednom PC. Komunikace pak probíhá po TCP/IP na localhostu. Podrobnější popis jednotlivých částí je obsažen v této kapitole.



Obr. 5.1 Navržený projekt

5.1. Simulátor

Simulátor je součástí softwaru PCS7 a slouží k otestování navrženého projektu bez přítomnosti hardwaru řídicího systému. Simulátor nahrazuje hardware řídicího systému a karty vzdálených vstupů/výstupů (viz obrázek 4.1). Celý hardware je nahrazen vložením CPU do simulátoru a nahráním HW konfigurace projektu do CPU. Nahrání konfigurace je stejné jako u reálného HW. Tímto způsobem simulátor nahradil reálný HW.



Obr. 5.2 CPU access node

Pro nahrávání projektu do simulátoru a možnost spouštění testovacích módů v manažerech bylo potřeba nastavit „CPU access node“ (viz obrázek 5.2). Je to nastavení rozhraní, po kterém je projekt nahráván do simulátoru a po kterém OS vyčítá data ze simulovaného HW. Je to stejné jako u reálného hardwaru. Starší verze simulátorů podporovaly pouze rozhraní MPI. Od verze PLC Sim v5.4 je možné využívat rozhraní:

- MPI
- DP
- Industrial Ethernet
- PC internal

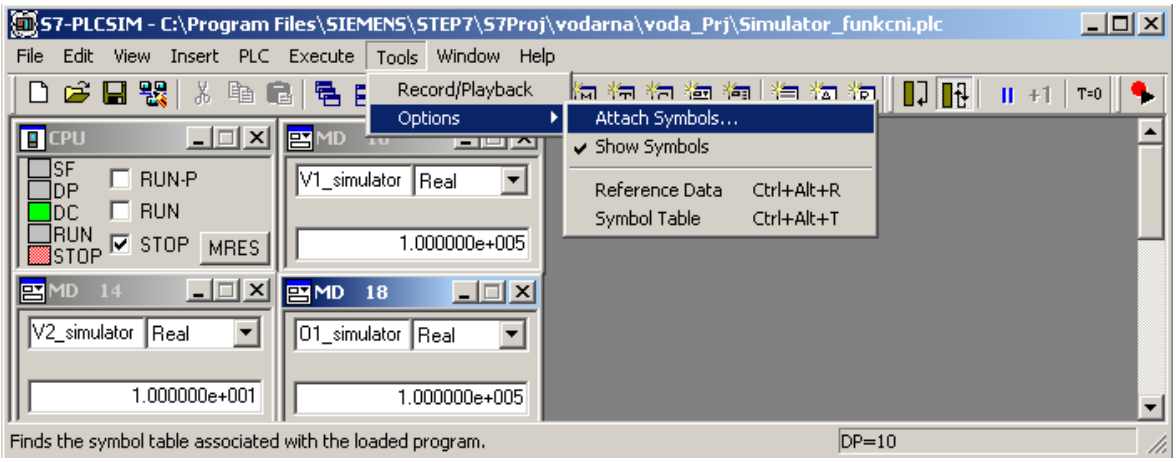
Rozhraní bylo nastaveno Profibus DP (2) na adrese 10 (viz obrázek 5.2). Pro správnou funkci OS je důležité nastavit ve WinCC, aby vyčítal data ze simulátoru. Ve WinCC byla nastavena komunikace PLCSIM Profibus (viz příloha A).

Pro simulátor byl projekt upraven. Bylo počítáno s možností vyčítání a ukládání dat ze simulátoru a připojení modelu v Matlabu k simulátoru pomocí externí aplikace.

Z tohoto důvodu byly vytvořeny virtuální proměnné (MD, MB, M) v paměti PLC, se kterými se pracovalo v simulátoru a v projektu. Proměnné reprezentovaly a nahrazovaly analogové vstupy/výstupy karet vzdálených vstupů/výstupů. Virtuální proměnné jsou nezbytné, protože je složité vyčítání a zapisování dat přímo na karty vstupů a výstupů z důvodu přetypování hodnot. V projektu určeném pro simulátor se nepracuje s kartami vstupů a výstupů, ale přímo s virtuálními proměnnými. Oba CFC grafy byly upraveny. V grafech pro zpracování výšek hladin nejsou potřeba bloky CH_AI a CH_AO (viz obrázek 4.11 a 4.12). Následně bylo upraveno nastavení bloků „výška hladiny 1, 2“ v obou grafech, kde na vstup IN1 je připojena virtuální proměnná. Posledním upraveným blokem byl CTRL_PID v grafu „Hladina 2 – pravá nádrž“, kde výstup LMN byl propojen na proměnou O1_simulátor. Proměnné byly nakonfigurovány v tabulce symbolů následujícím způsobem:

- V1_simulátor, typ real, paměť MD 10 – náhrada za Vstup6
- V2_simulátor, typ real, paměť MD 14 – náhrada za Vstup5
- O1_simulátor, typ real, paměť MD 18 – náhrada za Výstup1

Aby v simulátoru byly proměnné označeny symboly, byla připojena tabulka symbolů z projektu (viz příloha A a viz obrázek 5.3). Tabulku symbolů je možné upravovat přímo v projektu nebo v simulátoru.



Obr. 5.3 PLC simulátor

5.2. Rozbor problematiky spojení aplikací

Pro vyčítání a zapisování dat do simulátoru je součástí simulátoru komponenta S7ProSim. U této komponenty jsou pro vyčítání a zapisování dat do simulátoru využívány předdefinované metody [13] (connect, read_flag, disconnect atd.). Tato komponenta je v systému registrovaná jako COM objekt.

Matlab umí s COM objekty pracovat. Přímo prostředí Simulink může vytvořit knihovnu pro komunikaci s COM objektem. Nevýhodou je, že Simulink nemůže přímo využívat (volat) metody daného COM objektu. Druhou nevýhodou je, že Matlab nemá přístup ke „class ID“ COM objektu S7ProSim, který je zaregistrovaný v systému. Z tohoto důvodu byl pro naši aplikaci tento přístup nevhodný.

Další možností bylo napsat, například v prostředí Microsoft Visual Studio, funkci pro komunikaci s COM objektem, která by uměla pracovat s komponentou S7ProSim. Dále ji zkompilovat jako „Mex“ funkci, kterou by bylo možné volat jako funkci v Matlabu. Z prostředí Matlabu by se hodnoty vyčtených/zapsaných proměnných do Simulinku předávaly standardními komunikačními prostředky, jako byla například funkce „set_param“. Toto řešení bylo realizovatelné, ale jednoúčelové. Při použití v jiném modelu by musela být celá aplikace upravena pro jeden specializovaný model. Aplikace v tomto provedení by nebylo možné použít s jiným programem než je Matlab.

Další možností bylo využití externí aplikace, která by vyčítala/zapisovala data ze simulátoru pomoci komponenty S7ProSim. Tato aplikace by mohla s Matlabem nebo přímo se Simulinkem komunikovat podporovaným komunikační standardem. Pro komunikaci by bylo možné například využít protokol TCP/IP, který je dnes již dobře zvládnutý a v prostředí Matlabu i Simulinku je podporovaný. Výhodou tohoto řešení by byla možnost oddělení PC, na kterém byl nainstalovaný systém PCS7 a PC, na kterém byl nainstalovaný Matlab s implementovaným modelem. Další výhodou komunikace po TCP/IP by byla univerzálnost řešení. Simulátor by v tomto případě bylo možné spojit i s jinou aplikací nebo jiným reálným modelem.

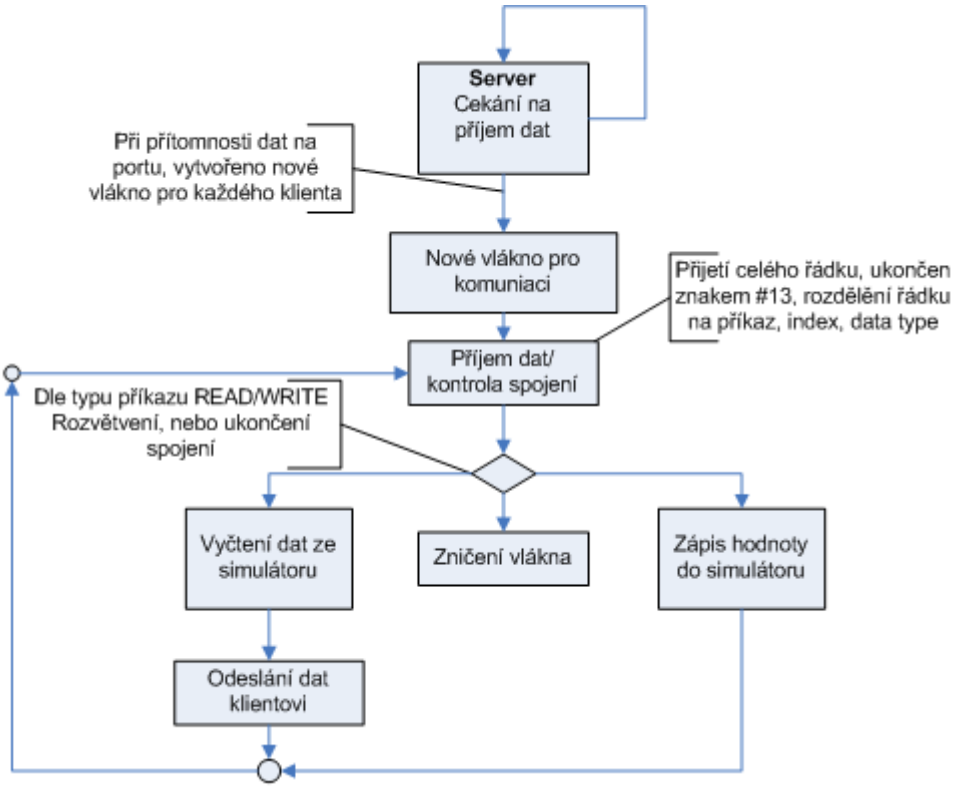
Z předchozích možností byla vybrána externí aplikace, která komunikuje pomocí protokolu TCP/IP. Komunikace probíhá formou server/klient.

5.3. Server PLCSim

Pro napsání aplikace Serveru PLCSim (dále jen Server) na komunikaci po TCP/IP byly k dispozici knihovny, které zaštiťovaly samotnou komunikaci (knihovna Direct_Socket) a obsahovaly řešení pro multivláknová připojení více klientů (knihovna Thread_Ex). Ze Serveru byl napsán algoritmus pro práci s COM objektem, vyčítání a zápis dat do simulátoru, zpracování posílání dat po TCP/IP.

Jakmile je Server spuštěn, vytvoří instanci, pomocí „CoCreateInstance“ [14] na základě „classID“, využívaného COM objektu S7ProSim, která serveru umožňuje využívat metody S7ProSim. Server se automaticky připojí k simulátoru pomocí příkazu „Connect“ [13] a zůstane připojen po celou dobu svého chodu. Při ukončení Serveru je použit příkaz „Disconnect“ [13]. Dokud je Server aktivní, simulátor nelze ukončit. Při pokusu o jeho ukončení je zobrazeno upozornění, že k simulátoru je připojena jiná aplikace a ta musí být nejdříve ukončena.

Schéma funkce Serveru je vidět na obrázku 5.4. Server „poslouchá“ na portu 2000, jestli přišla data. Při příchodu dat na port vytvoří vlákno pro obsluhu komunikace funkcí „t.server.create“. Předá adresu klienta vláknu a server poslouchá dál. Nově vzniklé vlákno obsluhuje komunikaci s daným klientem. Každý příkaz je ve formě řádku ukončeného speciálním znakem „#13“.



Obr. 5.4 Schéma funkce Serveru

Jednotlivé části příkazu jsou ve formátu oddělené středníkem, hodnota je poslána pouze u příkazu „WRITE_FLAG“ a desetinné místo u datového typu real je oddělené tečkou. Složení příkazu je:

- **Příkaz; Paměťové_místo; Datový_typ; hodnota**.

Příkazy jsou	**READ_FLAG**	**vyčtení hodnoty ze simulátoru**
	WRITE_FLAG	**zapsání hodnoty do simulátoru**

Paměťová místa	**MD**	**velikost double, místo pro uložení dat typu real/int**
		Příklad: MD10, MD14, MD18 ..
	MB	**velikost byte, 0-255**
		Příklad: MB 10,MB11,MB12 ..
	M	**velikost bit, proměnná typu boolean 1/0**
		Příklad: M1.1, M1.2, M10.4 …

Datový typ	**real**	**desetinná část oddělená tečkou, lze užít jen u paměťového místa MD**
	integer	**lze užít u paměťového místa MD a MB dle požadované velikosti**
	boolean	**lze užít u paměťového místa M**

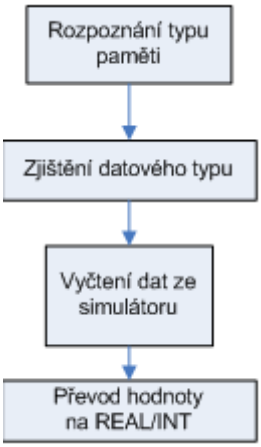
Hodnota	**real**	**Příklad: 1234.5678**
	integer	**Příklad: 67**
	boolean	**Příklad: 0/1**

Obr. 5.5 Schéma zápisu dat do simulátoru

Podle typu příkazu READ/WRITE je program rozvětven. Zpracování zápisu dat do simulátoru je vidět na obrázku 5.5. V případě příkazu write byla z přijatých dat vyčtena hodnota pro zápis. Jednoduchým algoritmem je rozpoznána velikost zapsaných dat (např. M, MB, MD), místo pro uložení dat (např. 10, 12,1.1) a zjištění jakého datového typu hodnota je. Potom je hodnota převedena ze stringu na daný datový typ. Pro zapsání dat do simulátoru je zavolána funkce „WriteFlagValue“ [12]. Datový typ real v paměti simulátoru má velikost „DoubleWord“ a je uložen ve formátu „Single“ dle standardu IEEE 754-1985.

V případě vyčtení dat ze simulátoru je posloupnost funkcí vidět na obrázku 5.6. Nejprve je rozpoznáno umístění v paměti simulátoru (10, 12, 1.1) a velikost zapsaných dat (M, MB, MD), poté je zjištěn datový typ. Potom je zavolána funkce „ReadFlagValue“ [12] s příslušnými parametry pro vyčtení dat ze simulátoru. Vyčtená hodnota je převedena na požadovaný datový typ, následně převedena na string a odeslána na port klientovi. Data jsou na příkaz read vrácena ve formátu:

- **READ;Paměťové místo;Datový typ;Hodnota**

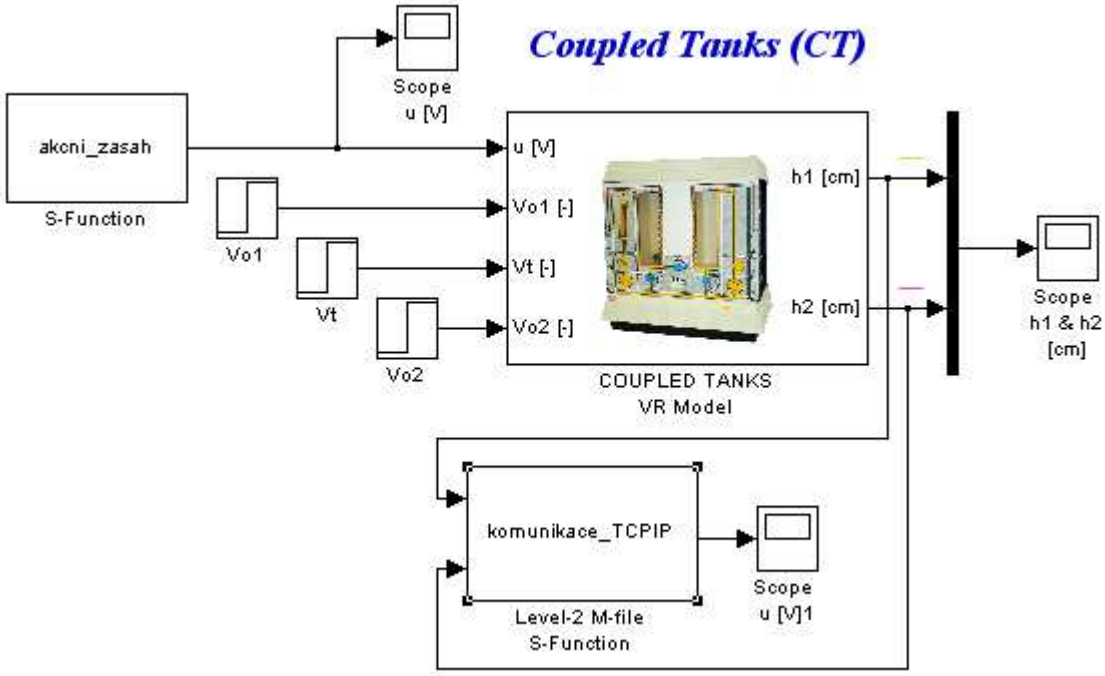


Obr. 5.6 Schéma vyčítání dat ze simulátoru

5.4. Klient v Matlabu

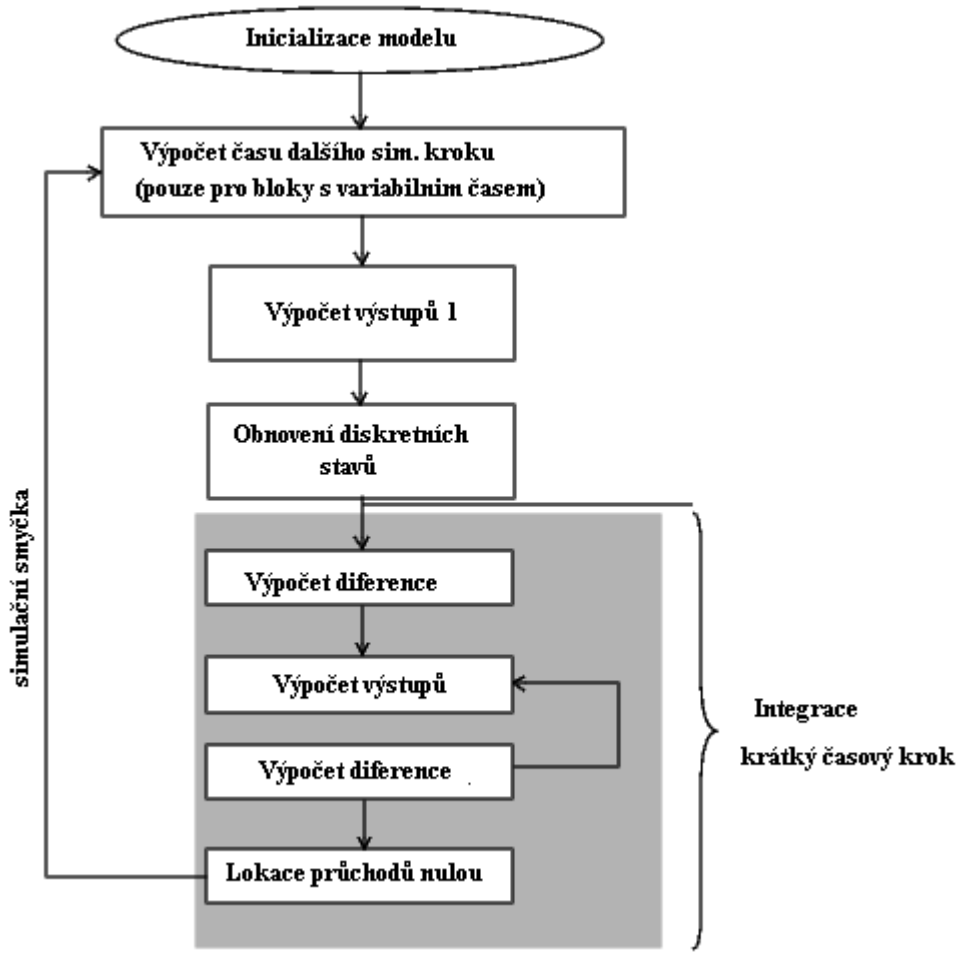
Data jsou do Serveru posílána nebo vyčítána s-funkcí „komunikace_TCPIP“ umístěnou přímo v prostředí Simulinku (viz obrázek 5.7). S-funkce má dvě vstupní proměnné: výšku hladiny levého a pravého válce. V každém kroku jsou vstupní data zpracována a poslána na Server pro zapsání do simulátoru PLCSim. V každém kroku je ze simulátoru přes Server vyčítán akční zásah „u“, který je zapsán na výstup bloku s-funkce.

Výstup bloku „komunikace_TCPIP“ nejde přímo propojit se vstupem modelu vodárny „Coupled Tanks“. Problém je s výpočtem algebraické smyčky výpočtu stavů modelu vodárny, která musí být spočítána s danou přesností a konečném čase definovaném pro celou simulaci. Tento problém způsobuje komunikace se Serverem po TCP/IP při získávání akčního zásahu „u“. S-funkce pošle dotaz na vyčtení dat ze simulátoru a čeká na odpověď od Serveru. Odpověď od Serveru přichází v různém čase podle zatížení sítě nebo její topologii. Tento problém je vyřešen zapisováním hodnoty akčního zásahu do globální proměnné uložené ve workspacu Simulinku a z ní je pomocí druhé s-funkce „akční_zásah“ zapisována na vstup „u“ modelu vodárny. S-funkce „akční_zásah“ vyčítá hodnotu proměnné v každém kroku simulace a zapisuje ji na svůj výstup.

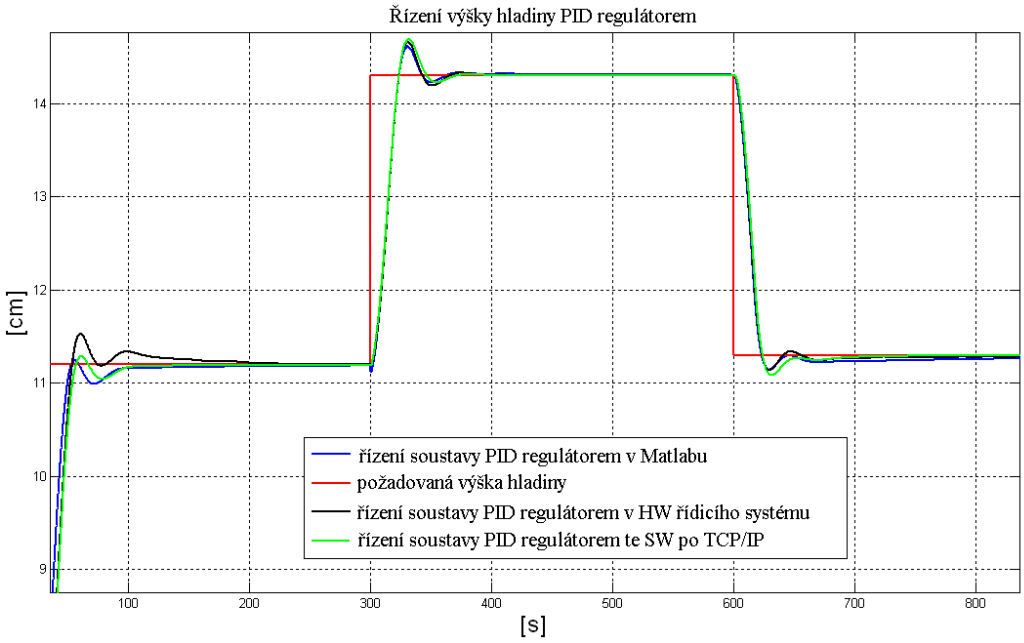


Obr. 5.7 Simulinkové schéma

Průběh simulace modelu je vidět na obrázku 5.8. S-funkce „komunikace_TCPIP“ v inicializaci modelu vytvoří síťový objekt pro komunikaci po TCP/IP. Pro vytvoření objektu je využita funkce Matlabu, které se předá typ objektu (tcpip), adresa serveru a port. Port je ve funkci předem nastaven na 2000 a adresa serveru (host) je převzata z parametru bloku funkce „komunikace_TCPIP“. V každém kroku „Calculate outputs“ (viz obrázek 5.8) jsou přečtena data ze vstupů a poslána serveru pomocí funkce Maltabu „fprintf“. Potom je na server poslána žádost o vyčtení akčního zásahu. Následně je zkontrolováno, jestli přišla data od serveru, jsou vyčtena a zapsána do globální proměnné. Když data nepřijdou hned, jsou vyčtena v dalším kroku simulace a hodnota v globální proměnné zůstane nezměněna. Aktuálnost proměnné akčního zásahu „u“ v modelu může být jeden krok simulace stará, ale výhodou řešení je kratší krok simulace. Funkce akční zásah v každém kroku „Calculate outputs“ vyčte data z globální proměnné a zapíše je na svůj výstup.

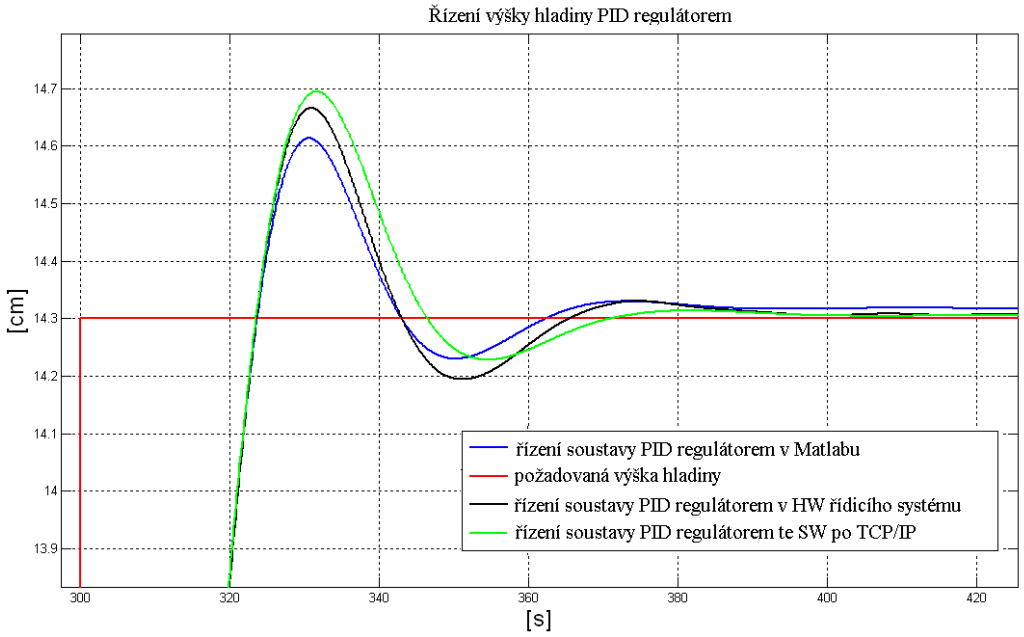


Obr. 5.8 Průběh simulace modelu



Obr. 5.9 Porovnání řízení výšky hladiny

Porovnání řízení výšek hladin s různými konfiguracemi projektu a identifikací modelu je vidět na obrázku 5.9. Modrou barvou je znázorněno řízení modelu vodárny PID regulátorem realizovaným přímo v simulinkovém schématu u modelu. Černou barvou je zobrazeno řízení modelu vodárny v Simulinku PID regulátorem, který byl implementován v řídicím algoritmu v PLC a hodnoty vstupů/výstupů byly přenášena pomocí hardwaru (viz obrázek 4.1). Zelenou barvou je znázorněné řízení modelu vodárny PID regulátorem, který byl implementován v řídicím algoritmu a nahrán do simulátoru PLCSim. Hodnoty vstupů/výstupů byly přenášeny formou server/klient po protokolu TCP/IP (viz obrázek 5.1).



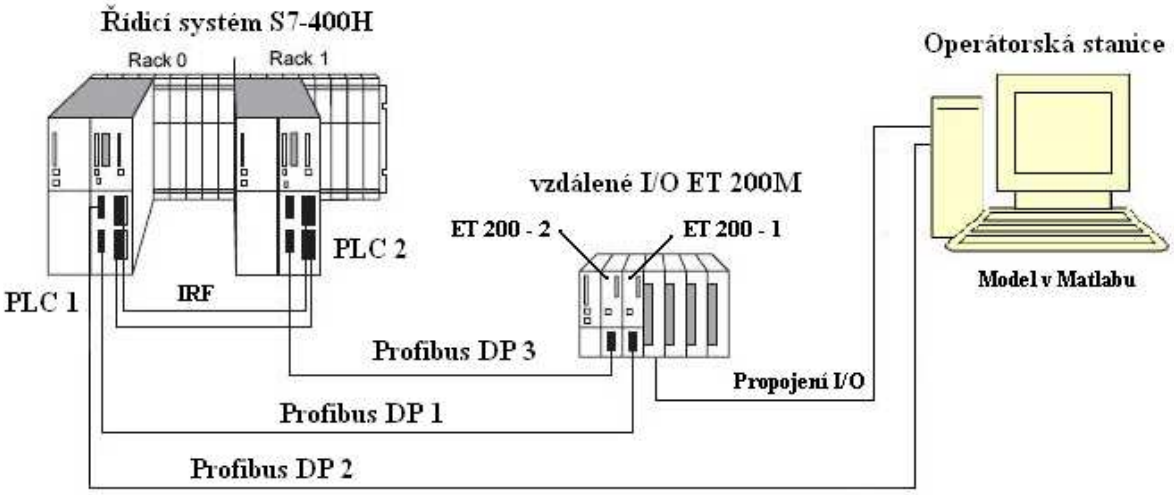
Obr. 5.10 Výřez řízení výšky hladiny v pracovním bodě

6. Testování

Bylo otestováno chování navrženého redundantního systému na simulované poruchy PLC a Profibusu DP. Testovaná sestava je vidět na obrázku 6.1. Všechny testy začínají z výchozího stavu. Výchozí stav celého systému je následující:

- PLC 1 je nastaveno na Master
- PLC 2 čeká na předání řízení
- Interface ET 200 – 1 je nastaven jako aktivní
- ET 200 – 2 je pasivní
- Profibus DP 2 - přenášena data pro vizualizaci na Operátorskou stanici (OS).

V tomto stavu vše funguje bez problémů. Model v Matlabu je řízen a OS je aktivní.



Obr. 6.1 Redundantní systém

Test 1: simulování poruchy PLC 2

Porucha: *PLC 2 je v režimu „Stop“.*

Stav systému: *Systém v pořádku, na OS zobrazeno upozornění na ztrátu redundance.*

Odstranění poruchy: *Po přepnutí PLC 2 do režimu Run je systém ve výchozím stavu.*

Test 2: simulování poruchy PLC 2

Porucha: *PLC 2 vypnuto (odpojeno napájení).*

Stav systému: *Systém v pořádku, na OS zobrazeno upozornění na ztrátu redundance.*

Odstranění poruchy: *Po zapnutí, PLC 2 provede „selftest“, následně naběhne do normálního stavu. Selftest trvá několik minut. Systém je ve výchozím stavu.*

Test 3: simulování poruchy interfacu ET 200-2

Porucha: *interface vypnut z napájení nebo odpojen od Profibusu DP 3*

Stav systému: *Systém v pořádku, na OS zobrazeno upozornění na chybu Profibusus DP 3.*

Odstranění poruchy: *Po zapnutí interfacu nebo jeho zapojení Profibusu systém naběhne do výchozího stavu.*

Test 4: simulování poruchy na Profibusu DP 2

Porucha: *Odpojení MPI/DP kabelu od PLC 1*

Stav systému: *Model je řízen dále bez přerušení, OS není aktivní, na OS zobrazeno upozornění na ztrátu komunikace na Profibusu DP 2.*

Odstranění poruchy: *Po zapojení kabelu je OS aktivní po několika sekundách. Systém je výchozím stavu.*

Test 5: simulování poruchy PLC 1

Porucha: *PLC 1 je v režimu „Stop“.*

Stav systému: *PLC 2 přepnuto na Master. Vizualizace v operátorské stanici není aktivní, protože nejde komunikace po Profibusu DP 2. Přidružený interface ET 200–1 je nastaven jako pasivní a aktivní je ET 200–2. Řízení modelu Spojených nádob TQ není přerušeno, protože PLC 2 převzalo okamžitě řízení. Na OS zobrazeno upozornění na ztrátu komunikace na Profibusu DP 2.*

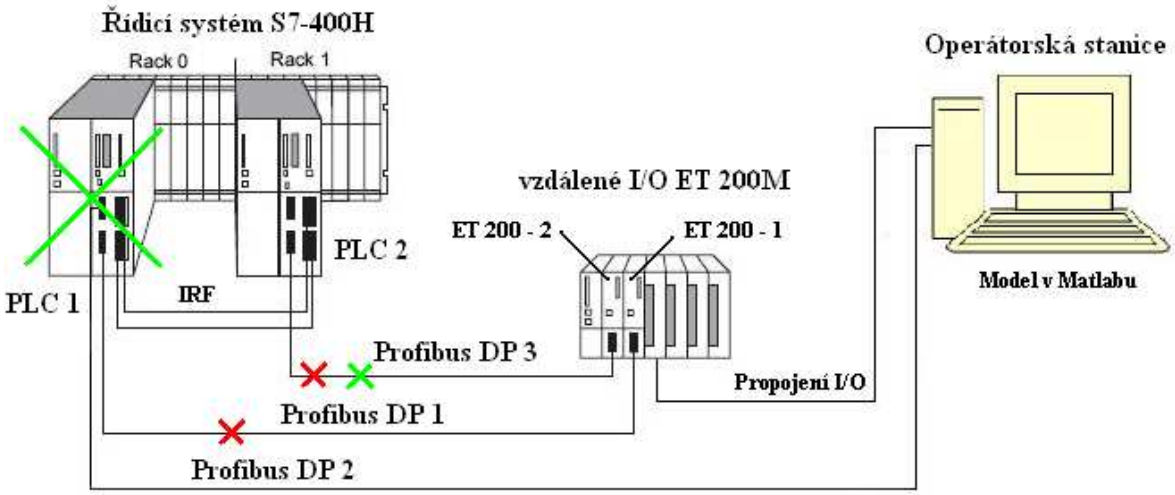
Odstranění poruchy: *Při odstranění poruchy zůstává PLC 2 jako master a ET 200–2 je aktivní. OS je po několika sekundách opět aktivní. OS je aktivní, i když není PLC 1 nastaveno jako master. Systém není ve výchozím stavu.*

Test 6: simulování poruchy PLC 1

Porucha: *PLC 1 je vypnuto (odpojeno napájení).*

Stav systému: *PLC 2 přepnuto na Master. Vizualizace v operátorské stanici není aktivní, protože nejde komunikace po Profibusu DP 2. Přidružený interface ET 200–1 je nastaven jako pasivní a aktivní je ET 200–2. Řízení modelu Spojených nádob TQ není přerušeno, protože PLC 2 převzalo okamžitě řízení.*

Odstranění poruchy: *Při zapnutí PLC 1 zůstává PLC 2 jako master a ET 200–2 je aktivní. PLC 1 provede selftest a OS je po několika sekundách opět aktivní. OS je aktivní, i když není PLC 1 nastaveno jako master. Systém není ve výchozím stavu.*



Obr. 6.2 Simulovaná porucha redundantního systému

Test 7: simulování poruchy Profibusus DP 1 a 3.

Porucha: *Vytažen kabel Profibus DP 1 a 3 z obou PLC (viz obrázek 6.2 červeně).*

Stav systému: *Přerušeno řízení Spojených nádob TQ (akční zásah je nulový). OS je aktivní, ale nemá žádná data o výškách hladin. Na OS zobrazena chyba o poruše na Profibusu DP 1 a 3.*

Odstranění poruchy: *V případě zapojení jednoho z Profibusů DP je řízení modelu opět obnoveno a OS má data o výškách hladin nadrží. Zapojení kabelu Profibusu DP 1 a 3 je možné prohodit a na výslednou funkci to nemá vliv.*

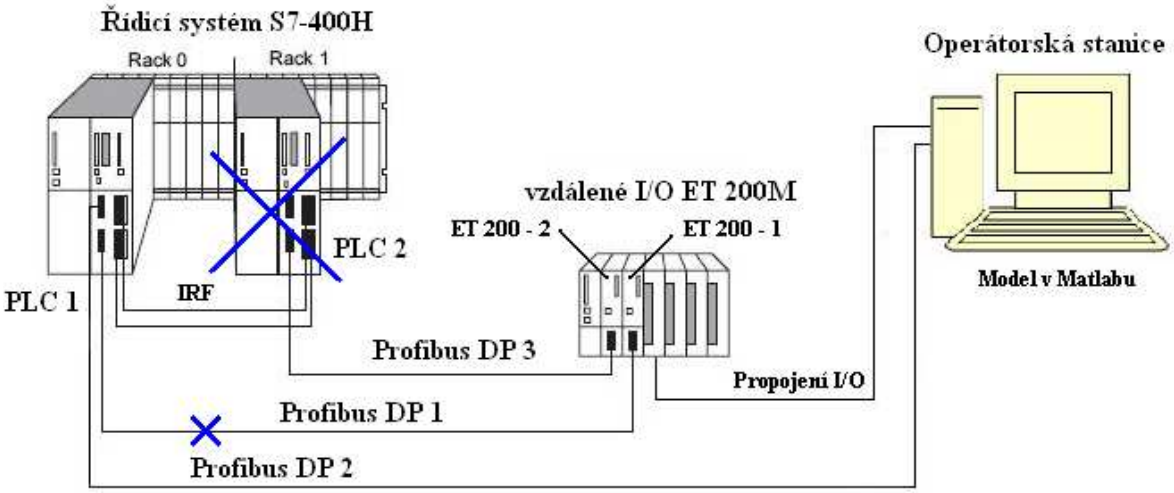
Test 8: simulování poruchy Profibusus DP 1

Porucha: *Vytažen kabel Profibus DP 3 a vypnuto PLC 1(viz obrázek 6.2 zeleně).*

Stav systému: *Přerušeno řízení Spojených nádob TQ (akční zásah je nulový). OS není aktivní. PLC 2 nastaveno jako master. Ani jeden interface ET 200 není nastaven jako aktivní.*

Odstranění poruchy:

- *Při zapojení Profibusu DP 3 je obnoveno řízení a nastaven interface ET 200-2 jako aktivní. OS není aktivní.*
- *Při zapnutí PLC 1 proveden selftest (trvá až několik minut). Po selftestu je obnoveno řízení modelu a OS je aktivní.*



Obr. 6.3 Simulovaná porucha redundatního systému

Test 9: simulování poruchy Profibusus DP 1

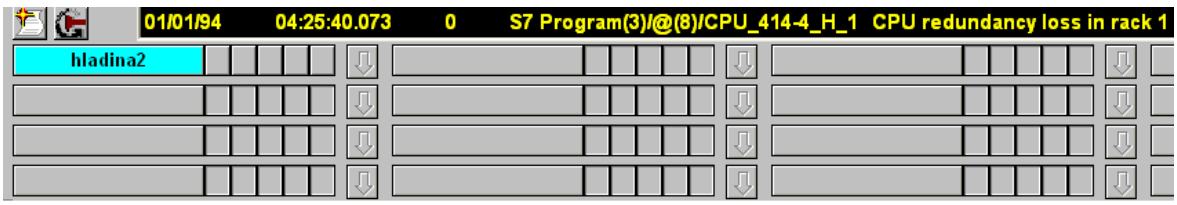
Porucha: *Vytažen kabel Profibus DP 3 a vypnuto PLC 1(viz obrázek 6.3 modře).*

Stav systému: *Přerušeno řízení Spojených nádob TQ (akční zásah je nulový). OS je aktivní, ale nemá žádná data o výškách hladin. Na OS zobrazena chyba o ztrátě redundance a problému na Profibusu DP 1. PLC 1 je Master. Ani jeden interface ET 200 není nastaven jako aktivní.*

Odstranění poruchy:

- *Při zapojení Profibusu DP 1 je obnoveno řízení a nastaven interface ET 200-1 jako aktivní. OS je aktivní a má aktuální data o výskách hladin nadrží.*
- *Po zapnutí PLC 2 je proveden selftest (trvá až několik minut). Po selftestu je ET 200-2 nastaveno jako aktivní a je obnoveno řízení modelu.*

Každá chyba je uživateli na OS zobrazena upozorněním (viz obrázek 6.4), pokud je OS aktivní. V případě neaktivního OS jsou chyby uloženy v paměti v PLC a zobrazeny postupně uživateli po obnovení komunikace.



Obr. 6.4 Chybová hlášení v OS

7. Závěr

Cílem této práce bylo seznámit se s procesním řídicím systémem Simatic PCS7 od firmy Siemens. Nastudovat možnosti redundantního zapojení řídicího systému a jeho propojení s virtuálním modelem v Matlabu. V druhé části bylo cílem vytvořit a aplikovat komponentu, která nahradila řídicí hardware. Výsledky práce jsou určeny pro výuku na Katedře řídicí techniky.

V práci jsou rozebrána možná zapojení redundantního zapojení řídicího systému s jejich výhodami a nevýhodami. Řídicí systém byl navržen a realizován ze dvou redundantně zapojených PLC S7-400H a připojených vzdálených analogových vstupů/výstupů zapojených v konfiguraci „One side switched I/O“. Řízený virtuální model v Matlabu představoval model Spojených nádob TQ, jehož reálný model je umístěn v laboratoři K26 Katedry řídicí techniky. Vstupy/výstupy jsou k modelu v Matlabu připojeny pomocí multifunkční karty Humusoft MF614. Model v Matlabu byl identifikován a navržen PID regulátor, jenž byl implementován v řídicím systému. Srovnání výsledků řízení regulátoru implementovaného v Matlabu a v řídicím systému jsou popsány v kapitole 4.

V druhé části byl řídicí systém nahrazen simulátorem v systému PCS7, do něhož byl nahrán řídicí algoritmus. V práci je diskutována problematika spojení Matlabu a simulátoru v PCS7. Nakonec byla vybrána varianta komunikace využívajícího protokol TCP/IP formou server/klient. K této variantě bylo přikloněno hlavně z důvodu možnosti spojení simulátoru i s jinými aplikacemi při budoucím využití této práce. Server je umístěn u simulátoru PCS7, z kterého vyčítá a zapisuje požadovaná data klientem. Klient je realizován s-funkcí v Matlabu, která se při spuštění simulace připojí k serveru a komunikuje pomocí definovaných příkazů. Komunikace může probíhat na jednom PC na localhostu nebo na oddělených PC. Srovnání výsledků řízení regulátoru implementovaného v Matlabu, v řídicím systému a simulátoru jsou popsány v kapitole 5.

Další možností pokračování v této práci je zjištění možností řízení modelů v Matlabu v reálném čase a jeho implementace.

Výsledkem práce jsou dva hotové ukázkové projekty (HW a SW řešení), připravené pro aplikování ve výuce, a aplikace pro vyčítání dat ze simulátoru. V této práci jsou shrnuty problémy, s kterými jsem se potýkal při učení se systémem Simatic PCS7 a které jsou problematické při vytvoření nového projektu v systému Simatic PCS7. Tato práce zčásti slouží jako doplnění dokumentace „Getting started“ v PCS7.

8. Literatura

[1] Siemens: Procesní řídicí systém PCS7, 09/2006
http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=519cea4926&ctxp=doc_prospekty
(citováno 27. 4. 2009)

[2] Siemens: Inženýrský systém řídicího systému SIMATIC PCS7, nedatováno.
http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=004d65ada8&ctxp=home,
(citováno 27. 4. 2009)

[3] Siemens: Operátorský systém řídicího systému SIMATIC PCS7, nedatováno
http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=987e88dffa&ctxp=home,
(citováno 27. 4. 2009).

[4] Siemens: Automatizační stanice řídicího systému SIMATIC PCS7, nedatováno. http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=9de7f7ee34&ctxp=home,
(citováno 27. 4. 2009)

[5] Siemens: SIMATIC Process Control System PCS 7 V7.0 SP1 PC Configuration and Authorization, 20. 11. 2007, ID: 27002558. https://support.automation.siemens.com,
(citováno 27. 4. 2009)

[6] Siemens: PCS 7 V7.0 Released Modules, 26.2.2007, ID: 24831707.
https://support.automation.siemens.com, (citováno 27.4.2009)

[7] Siemens: H Technology CPU 41x, Product information on H technology, Technical data, 4.7.2008, ID: 22917168
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=22917168&nodeid0=10805186&load=content&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csview&extranet=standard&viewreg=WW, (citováno 27. 4. 2009)

[8] Siemens: Operating System Updates for CPU412-3H / CPU414-4H / CPU414-4H PG / CPU417-4H, 24. 3. 2009, ID: 6741018
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=6741018&objAction=csOpen&nodeid0=33810613&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW, (citováno 27. 4. 2009)

[9] Laboratoř K26 - Katedra řídicí techniky: Spojené nádoby TQ (CT), nedatováno
http://support.dce.felk.cvut.cz/lab26/index.php?page=CT_TQ, (citováno 27. 4. 2009)

[10] Humusoft: Měřící karta MF614, 2002.
http://www.humusoft.cz/produkty/datacq/old/mf614/index.php?lang=cz&p1=1&p2=6&p3=3, (citováno 27. 4. 2009)

[11] Siemens: SM331; AI 8 x 12 Bit Getting Started part 3: Thermocouples, 10.9.2007, ID: 18972936. https://support.automation.siemens.com, (citováno 27.4.2009)

[12] Siemens: SIMATIC S7-300, S7-300 Module data, 13. 6. 2007, ID: 8859629
https://support.automation.siemens.com, (citováno 27. 4. 2009)

[13] Siemens: S7ProSim V5.4 COM Object, 26. 2. 2009, ID: 1139855
https://support.automation.siemens.com, (citováno 2. 5. 2009)

[14] Microsoft: CoCreateInstance Function, 5.2.2009
http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686615.aspx, (citováno 15. 4. 2009)

9. Přílohy

Seznam příloh:

A Podrobné nastavení problematických částí

B Zapojení „Single channel one side DP slaves“

C Zapojení „Single channel switched DP slaves“

D Seznam symbolů vstupů/výstupů

E Schéma zapojení CFC grafu: Hladina 2 - pravá nádrž

Příloha A

Spojení „Textual interconnections“ mezi diagramy:

Nejprve je třeba v manažeru v levé části, kde se nachází katalog, mít otevřenou záložku charts, kde jsou ukázány dostupné CFC diagramy (viz obrázek 2.5). Označí se požadovaný vstup v aktuálním diagramu. Následně je v katalogu vybrán cílový diagram a pravým tlačítkem myši zvolen „Open object“. Otevře se požadovaný diagram a zde označíte požadovaný vstup. Propojení je hotovo.

Nastavení jednotek faceplatu PID_CTRL:

V CFC grafu je nutné otevřít blok PID_CTRL a otevřít záložku I/O. Zde je možné u některých atributů měnit jednotku „Unit“, která je zobrazena i ve faceplatu.

S7 connections:

Vytvoření nového S7 connections. Je třeba pustit NetPro. V NetPru zvolit OS stanici a vložit „Insert new connections“. Zde vybrat S7 connections a zkontrolovat, jestli souhlasí adresy. Pro nahrání do CPU a stanice je potřeba označit CPU a zvolit download. Potom je nutno změnit PG/PC interface na vnitřní komunikaci, označit OS stanici a zvolit download. Po úspěšném nahrání se u OS stanice zobrazí žlutá šipka (viz obrázek 4.8).

Nastavení WinCC:

Je potřeba otevřít projekt ve WinCC, pak zvolit v levé části manažera „Tag Management“. Zde vybrat položku „SIMATIC S7 Protocol Suit“. V této položce jsou na výběr dostupná spojení. Zvolí se spojení, ve kterém jsou všechny tagy projektu, a v systém parameter je záložka „Unit“. V této záložce je v položce „Logical device name“ potřeba nastavit komunikační rozhraní. Zde je pro simulátor potřeba mít PLCIM Profibus a pro užití HW nastaveno Profibus. V případě použití HW a při kompilaci OS vybrané spojení „Named connections“ je možnost na výběr jen VM/. V tomto případě je nutné OS znovu zkompilovat a vybrat v connection Profibus. Pak už bude na výběr i PLCSIM Profibus.

Ukládání projektu v Simatic manažeru:

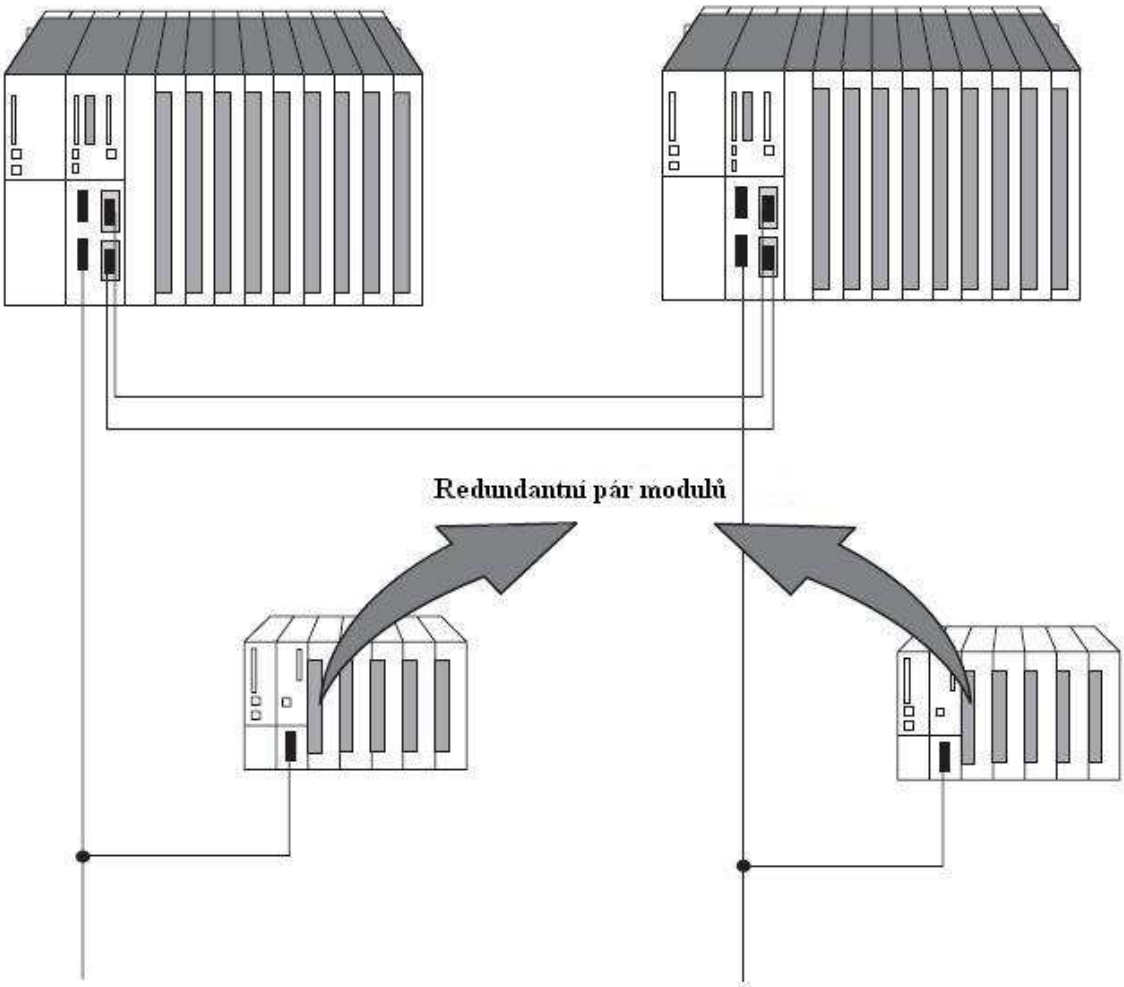
Při ukládání projektu se stává, že projekt nejde zálohovat (uložit). Při zálohování je zobrazeno upozornění: „Projekt je otevřen a využívá ho jiná aplikace. Ukončete všechny aplikace a zálohujte znovu“. V tomto případě je k projektu stále připojen SQL server od

WinCC. Je nutné otevřít si služby a zastavit službu „SQL Server (WinCC)“. Pak jde projekt zálohovat.

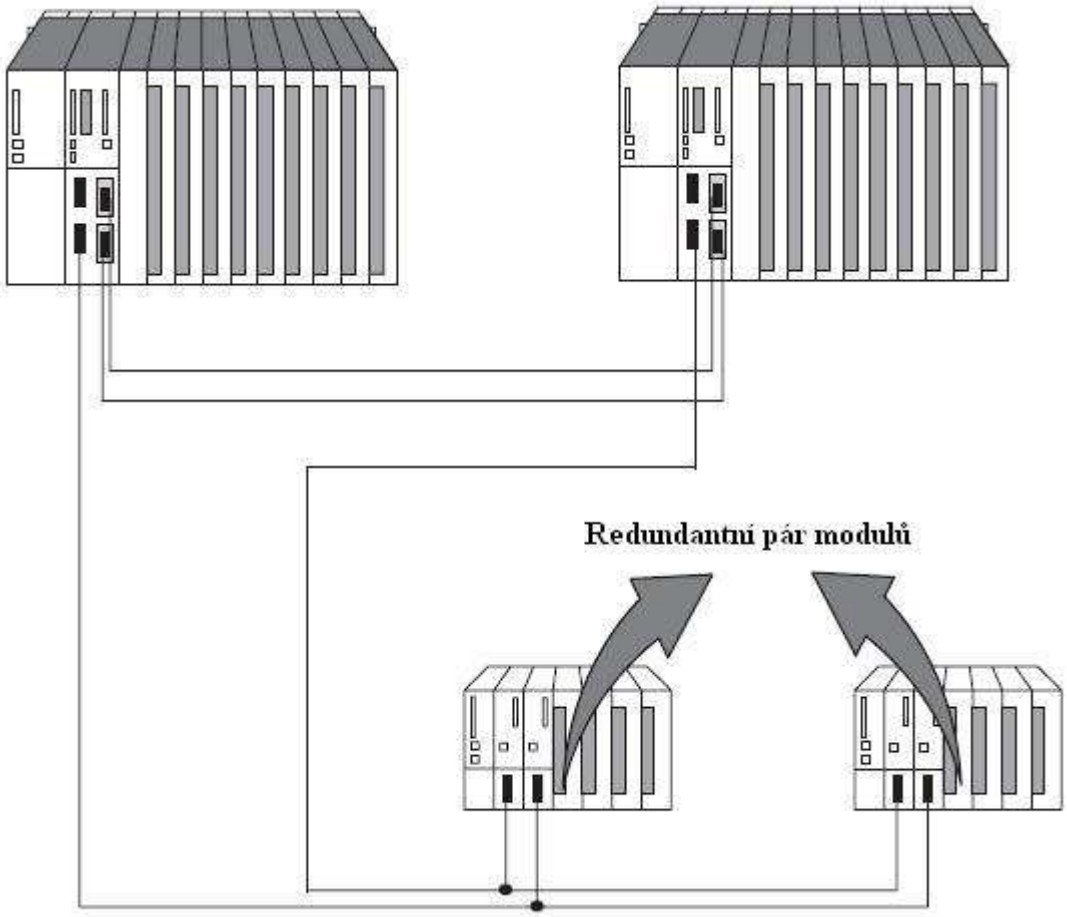
Přechodová charakteristika v malém:

Na vstup „u“ modelu v Simulinku je přiveden malý signál. Po ustálení přechodového jevu je v čase t1 vstupní signál zvýšen o 5 %. Druhý přechodový jev se ustálí v čase t2. Přechodová charakteristika v malém je průběh přechodového jevu mezi časy t1 a t2. Z tohoto průběhu je pak identifikován model.

Příloha B



Příloha C

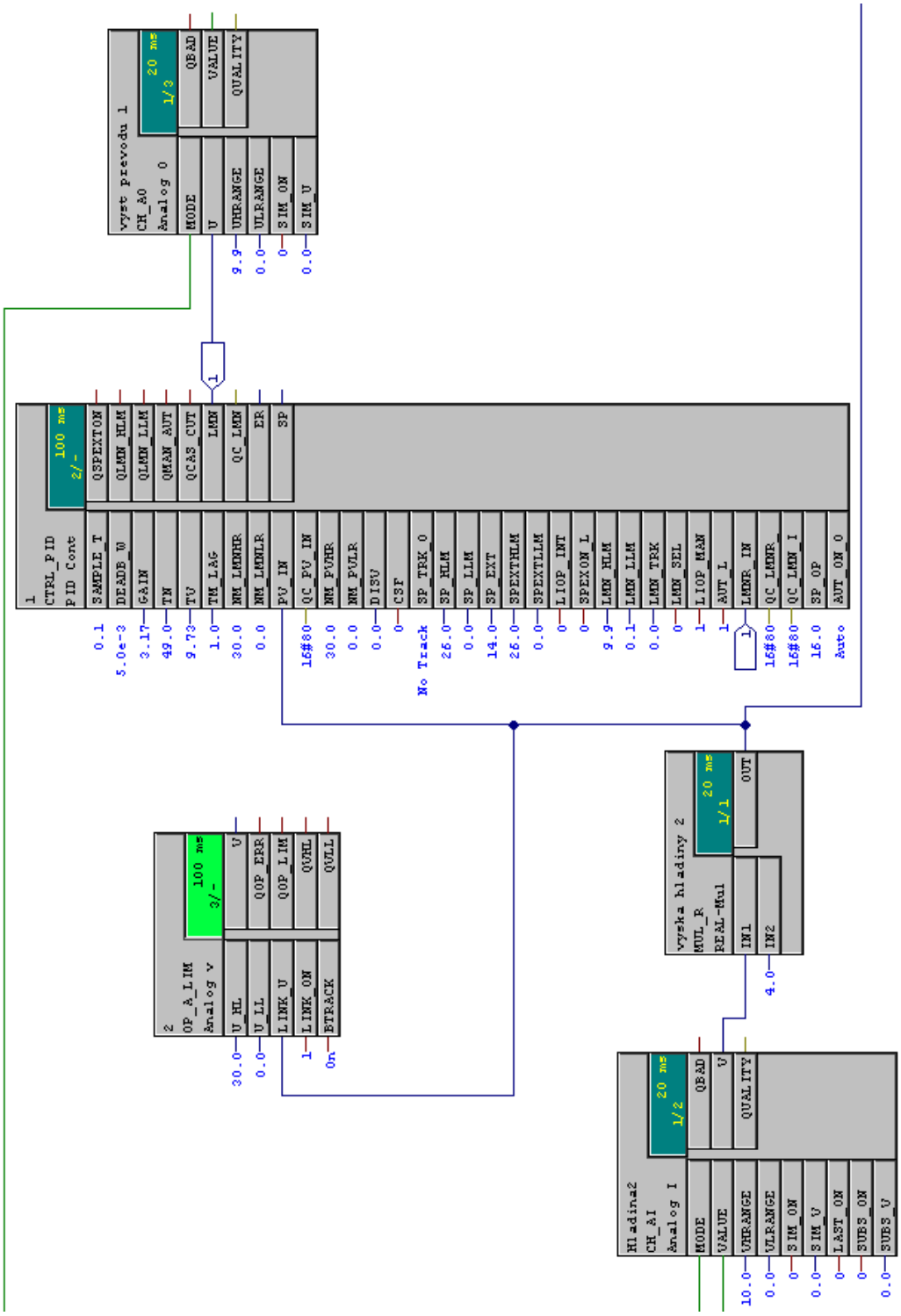


Příloha D

AI (6ES7331-7KF02-0AB0)	Paměť	Symbol
	IW 512	Vstup1
	IW 514	Vstup2
	IW 516	Vstup3
	IW 518	Vstup4
	IW 520	Vstup5
	IW 522	Vstup6
	IW 524	Vstup7
	IW 526	Vstup8

AO (6ES7332-5HD01-0AB0)	Paměť	Symbol
	QW 512	Výstup1
	QW 514	Výstup2
	QW 516	Výstup3
	QW 518	Výstup4

Příloha E


vyst prevodu 1
CH_AO
Analog O
20 ms
1/3
MODE
U
UHRANGE
ULRANGE
SIM_ON
SIM_U
QBAD
VALUE
QUALITY
9.9
0.0
0
0.0
1
CTRL_PID
PID Cont
100 ms
2/-
SAMPLE_T
DEADB_W
GAIN
TN
TV
TM_LAG
MM_LMNHR
MM_LMNLR
PV_IN
QC_PV_IN
MM_PVHR
MM_PVLR
DISV
CSF
SP_TRK_O
SP_HLM
SP_LLM
SP_EXT
SPEXTHLM
SPEXTLLM
LIOP_INT
SPEXON_L
LMN_HLM
LMN_LLM
LMN_TRK
LMN_SEL
LIOP_MAN
AUT_L
LMNR_IN
QC_LMNR
QC_LMN_I
SP_OP
AUT_ON_O
QSPEXTON
QLMN_HLM
QLMN_LLM
QMAN_AUT
QCAS_CUT
LMN
QC_LMN
ER
SP
0.1
5.0e-3
3.17
49.0
9.73
1.0
30.0
0.0
16#80
30.0
0.0
0.0
0
No Track
26.0
0.0
14.0
26.0
0.0
0
0
9.9
0.1
0.0
0
1
1
1
16#80
16#80
16.0
Auto
2
OP_A_LIM
Analog v
100 ms
3/-
U_HL
U_LL
LINK_U
LINK_ON
ETRACK
U
QOP_ERR
QOP_LIM
QUHL
QULL
30.0
0.0
1
On
vyska hladiny 2
MUL_R
REAL-Mul
20 ms
1/1
IN1
IN2
OUT
4.0
Hladina2
CH_AI
Analog I
20 ms
1/2
MODE
VALUE
UHRANGE
ULRANGE
SIM_ON
SIM_U
LAST_ON
SUBS_ON
SUBS_U
QBAD
U
QUALITY
10.0
0.0
0
0.0
0
0
0.0