

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**ŘÍZENÍ MODELU HYDRAULICKÉ SOUSTAVY POMOCÍ PLC
SIEMENS SIMATIC**

Tomáš Bizek

Bakalářská práce
2015

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Bizek**
Osobní číslo: **I12059**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Název tématu: **Řízení modelu hydraulické soustavy pomocí PLC Siemens Simatic**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Postup:

Cílem práce je návrh několika typů automatického řízení hydraulické soustavy pomocí vybraného PLC. Student nejprve vytvoří simulátor hydraulické soustavy běžící v reálném čase v osobním počítači, následně korektně zprovozní komunikaci mezi PLC a počítačem a nakonec v do PLC naprogramuje vhodný algoritmus řízení.

Teoretická část:

Struční rešerše principů modelování technologických procesů, popis problematiky PLC, možnosti programování PLC.

Praktická část:

Vytvoření simulátoru hydraulické soustavy, zprovoznění komunikace PC - PLC, vytvoření programu do PLC realizujícího dvoustavový regulátor, vytvoření programu do PLC realizujícího PID regulátor. Zprovoznění a vyhodnocení úlohy.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BALÁTĚ, J. Automatické řízení. Praha: BEN, 2003. 654 s. ISBN 80-7300-020-2.
KWASNIEWSKI, J. Programmable Logic Controllers. Cracow: ROMA-POL, 2002. ISBN 83-86320-45-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Doležel, Ph.D.

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

4. prosince 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

11. května 2015



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2015

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 11. 5. 2015

Tomáš Bizek

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Petru Doleželovi, Ph.D. za veškerou pomoc a ochotu při tvorbě této bakalářce práce.

V Pardubicích dne 11. 5. 2015

Tomáš Bizek

ANOTACE

V práci je vyřešen způsob řízení modelu hydraulické soustavy, který byl vytvořen v prostředí MATLAB. K řízení je použit PLC, který je v programu TIA Portal nakonfigurován jako dvoustavový regulátor a PID regulátor. Komunikace mezi programy probíhá přes OPC Server.

KLÍČOVÁ SLOVA

Siemens Simatic S7-1200, Matlab MathWorks, OPC Server, TIA Portal, řízení, PID regulátor.

TITLE

Control of Hydraulic Device Using Siemens Simatic Programmable Logic Controller

ANNOTATION

This work solve method of controlling hydraulic system model, which was create in MATLAB. PLC configured via TIA Portal like bistable controller and PID controller. Communication between programs proceeds via OPC Server.

KEYWORDS

Siemens Simatic S7-1200, Matlab MathWorks, OPC Server, TIA Portal, control, PID controller.

Obsah

Obsah	7
Seznam zkratek	9
Seznam značek	10
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	12
ÚVOD.....	13
1 SIEMENS SIMATIC S7-1200	14
1.1 Technické parametry.....	15
1.2 Možnosti rozšíření	16
2 TIA PORTAL V10.5.....	17
2.1 Uživatelské rozhraní	17
2.1.1 Portal view	18
2.1.2 Project view	20
2.2 Požadavky pro instalaci	21
3 OPC SERVER.....	22
3.1 Princip OPC	22
3.2 KEPServerEX V5	24
4 MATLAB MATHWORK	25
5 PID REGULÁTOR.....	26
5.1 P složka	26
5.2 I složka	26
5.3 D složka	26
6 REGULOVANÁ SOUSTAVA.....	27
7 KOMUNIKACE MEZI MATLABEM A PLC	29
7.1 Nastavení OPC Serveru (KEPServerEX®)	29
7.2 Nastavení PLC v TIA PORTAL.....	35
7.3 Rozhraní MATLAB PLC.....	38
8 ŘÍZENÍ VÝŠKY HLADINY DVOUSTAVOVÝM REGULÁTOREM A PID REGULÁTOREM	40
8.1 Podmínky regulace	40
8.1.1 Řízení dvoustavový regulátorem	41
8.2 Řízení PID regulátorem	43

8.2.1 Akční veličina napětí na čerpadle	44
8.2.2 Akční veličina napětí na ventilu	49
9 ZHODNOCENÍ.....	51
10 ZÁVĚR	52
Literatura	53

Seznam zkratk

PLC	Programmable Logic Controller
CPU	centrální procesorová jednotka
MATLAB	Matrix Laboratory
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal
PID	proporcionálně integračně derivační regulátor

Seznam značek

h výška hladiny, m

u_c napětí na čerpadle, V

u_v napětí na ventilu, V

Seznam obrázků

Obr. 1.1 - Siemens Simatic S7-1200, CPU1211C (Siemens AG 4/2012).....	14
Obr. 1.2 - Možnosti rozšíření základního modulu (Siemens AG 4/2012).....	16
Obr. 2.1 - Hierarchie zapojení úlohy s využitím TIA Portal (Siemens AG 12/2009).....	17
Obr. 2.2 - Prostředí Portal view	18
Obr. 2.3 - Prostředí Project view	20
Obr. 3.1 - Propojení OPC Client/Server (Kepware Technologies ©2015).....	22
Obr. 3.2 - Propojení OPC skupiny/položky (Kepware Technologies ©2015).....	23
Obr. 3.3 - Propojení dat a OPC Server (Kepware Technologies ©2015).....	23
Obr. 3.4 - Prostředí KEPServerEX V5	24
Obr. 4.1 - Grafické prostředí MATLAB R2011b	25
Obr. 6.1 - Reálná hydraulická soustava Gunt RT010 (G.U.N.T Hamburg 2005).....	27
Obr. 6.2 - Model hydraulické soustavy vytvořen v MATLAB	28
Obr. 6.3 - Přechodová charakteristiku modelu nádrže.....	28
Obr. 7.1 - Pojmenování channel	29
Obr. 7.2 - Typ komunikace	30
Obr. 7.3 - Zadání IP adresy zvoleného zařízení.....	31
Obr. 7.4 - Vytvoření skupin	32
Obr. 7.5 - Nastavení tagu pro výšku hladiny	33
Obr. 7.6 - Nastavení tagů pro napětí	34
Obr. 7.7 - Přidání nového zařízení PLC.....	35
Obr. 7.8 - Nastavení bloku pro komunikaci.....	36
Obr. 7.9 - Definování tagů	37
Obr. 7.10 - Skript pro vytvoření RozhraníMatlabPLC část 1	38
Obr. 7.11 - Skript pro vytvoření RozhraníMatlabPLC část 2	39
Obr. 8.1 - Program dvoustavového regulátoru	41
Obr. 8.2 - Průběh regulace dvoupolohový regulátorem.....	42
Obr. 8.3 - Výběr organizačního bloku pro PID regulátor	43
Obr. 8.4 - Nastavení PID regulátoru	44
Obr. 8.5 - Zvolení Basic parametrs	45
Obr. 8.6 - Omezení velikosti na výstupu regulátoru.....	45
Obr. 8.7 - Parametry PID regulátoru pro napětí na čerpadle	46
Obr. 8.8 - Spuštění online režimu	47
Obr. 8.9 - Průběh regulace za použití napětí na čerpadle jako akční veličiny.....	48
Obr. 8.10 - Změna logiky výstupu regulátoru	49
Obr. 8.11 - Parametry PID regulátoru pro napětí na ventilu.....	49
Obr. 8.12 - Průběh regulace za použití napětí na ventilu jako akční veličiny	50

Seznam tabulek

Tab. 1.1 - Technické parametry CPU1211C (Siemens AG 4/2012, 20s).....	15
-----------------------------------------------------------------------	----

ÚVOD

V této práci budou popsány základní parametry programovatelného automatu od firmy Siemens a jeho možností rozšíření. Tento automat bude sloužit k vyřešení úloh pro řízení výšky hladiny v modelu hydraulické soustavy. K řešení těchto úloh je zapotřebí základní znalost a orientace v softwarech a těmi jsou TIA Portal V10.5 od firmy Siemens, KEPServerEX V5 od společnosti Kepware Technologies a MATLAB od společnosti MathWorks.

Všechny zmíněné softwary jsou popsány v následujících kapitolách, aby byl s nimi uživatel seznámen. Řízena bude výška hladiny nádrže, kterou lze ovlivnit napětím na ventilu nebo na čerpadle. K řešení budou tři druhy úloh řízení výšky hladiny. První způsob bude pomocí dvoupolohového regulátoru, který bude mít v jedné poloze maximální napětí na ventilu a nulové na čerpadle. V druhé poloze bude nulové napětí na ventilu a maximální na čerpadle.

K druhému způsobu řízení výšky hladiny bude použit PID regulátor. Při použití PID regulátoru se nabízí dvě možnosti řešení. V prvním případě bude zvoleno konstantní, nenulové napětí na ventilu a PID regulátor bude řídit napětí na čerpadle. Pro druhý případ bude konstantní a nenulové napětí na čerpadle a PID regulátor bude regulovat napětí na ventilu.

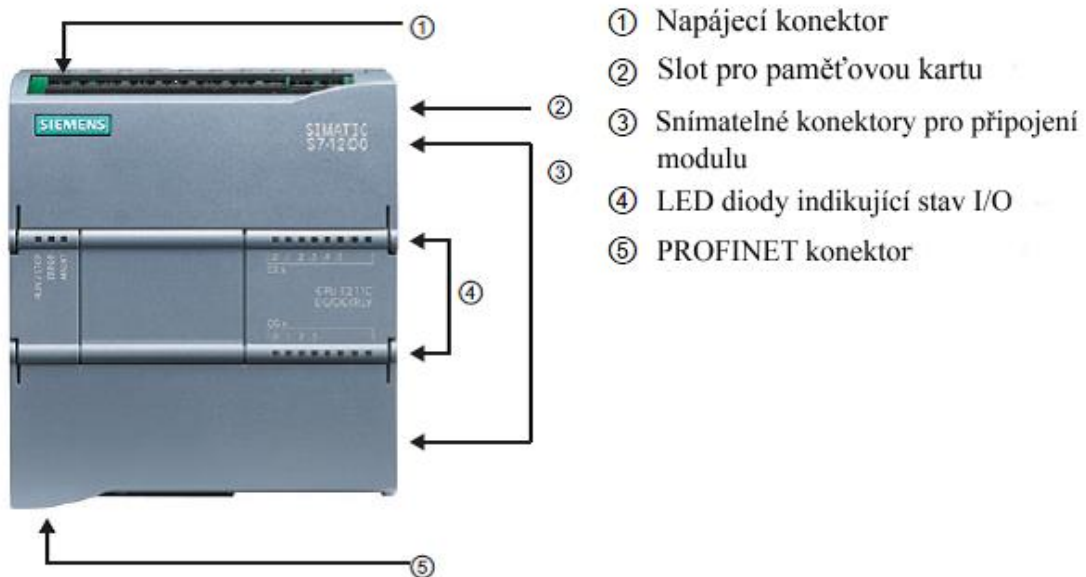
Výsledky úloh budou vzájemně porovnány ve vyhodnocení, bude zvoleno a zdůvodněno nejlepší řešení.

1 SIEMENS SIMATIC S7-1200

Jedná se o programovatelný automat, značený zkratkou PLC od firmy Siemens, který je možno využít v širokém spektru aplikací v oboru řízení procesů a automatizace. Je využíván především pro svoje kompaktní rozměry, možnosti rozšíření modulu a flexibilní konfiguraci.

Použitá řada S7-1200 disponuje čtyřmi typy CPU a to 1211C, 1212C, 1214C, 1215C. Rozdíly mezi danými typy jsou ve velikosti uživatelské paměti, počtu digitálních a analogových vstupů/výstupů, počtu časovačů a rozměry zařízení.

Pro použitou aplikaci byl k dispozici typ CPU 1211C. Podrobné technické parametry následují v kap. 1.1 (Siemens AG 4/2012).



Obr. 1.1 - Siemens Simatic S7-1200, CPU1211C (Siemens AG 4/2012)

1.1 Technické parametry

Tab. 1.1 - Technické parametry CPU1211C (Siemens AG 4/2012, 20s)

Rozměry (mm)		90 x 100 x 75
Zdroje napájení		24V DC
Uživatelská paměť	Pracovní	30 kB
	Zaváděcí	1 MB
	Zálohovací	10 kB
Vstupy/Výstupy	Digitální	6 vstupů/4 výstupy
	Analogové	2 vstupy
Velikost obrazu procesu	Vstupy	1024 bytes
	Výstupy	1024 bytes
Bitová paměť (M)		4096 bytes
Komunikační model (CM)		3
Signální karta (SB), Záložní karta (BB), Komunikační karta (CB)		1
Vysokorychlostní čítače	Celkově	3 vestavené I/O, 6 s SB
	Jednofázové	3 se 100 kHz SB: 2 se 30 kHz
	Čtyřfázové	3 s 80 kHz SB: 2 se 20 kHz
PROFINET		1 Ethernet port

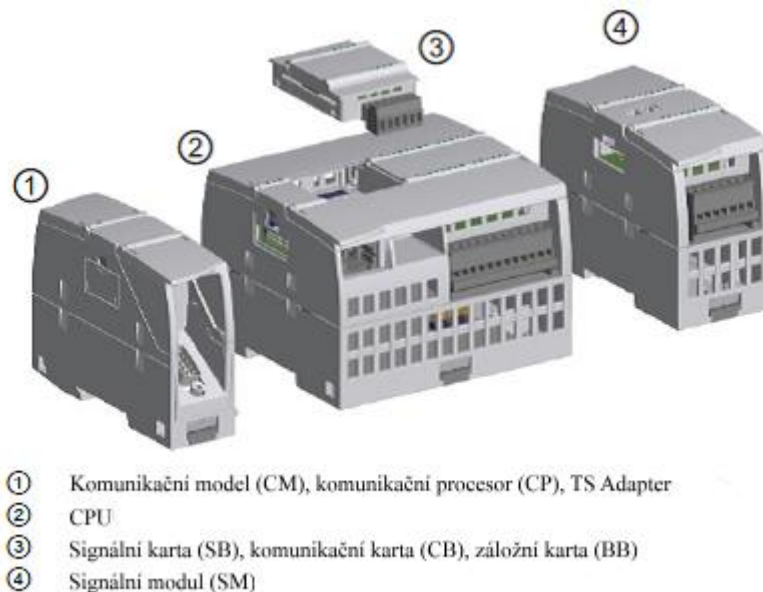
V porovnání se zbylými typy řady S7-1200 model CPU1211C patří výkonově mezi nejslabší typ. Proto je vhodnější pro méně náročnější aplikace s menšími požadavky na počet vstupů/výstupů.

Výhodou každého modelu řady S7-1200 je možnost rozšíření o další potřebné moduly. Typy rozšiřitelných modulů se nachází v kap. 1.2.

1.2 Možnosti rozšíření

K základnímu rozšíření schopností CPU patří přidání počtu vstupů/výstup nebo různých druhů komunikačních protokolů, které usnadní komunikaci s okolním prostředím.

Mezi základní rozšiřitelné moduly patří komunikační model (CM), komunikační procesor (CP), TS Adapter, signální karta (SB), komunikační karta (CB), záložní karta (BB) a signální modul, který nám rozšiřuje počet vstupů/výstupů (Siemens AG, 4/2012).



Obr. 1.2 - Možnosti rozšíření základního modulu (Siemens AG 4/2012)

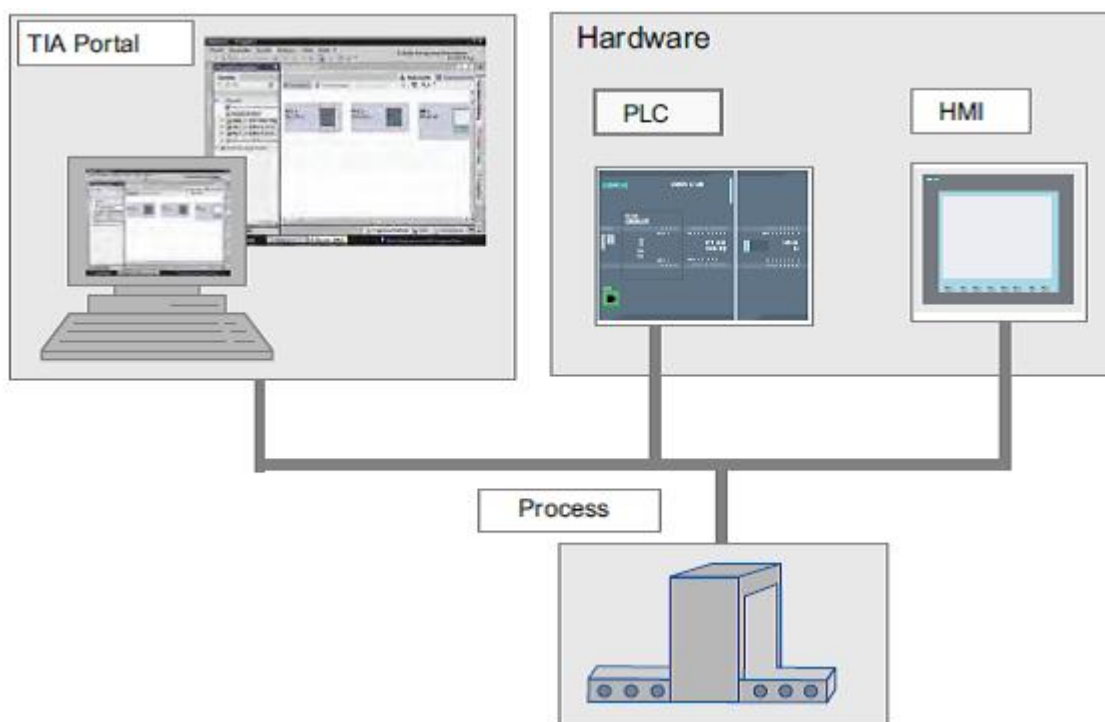
Další možností rozšíření je možnost připojení HMI panelu, který umožní uživateli ovládat program nahráný v PLC. Každé CPU podporuje připojení až 3 HMI panely typu Simatic HMI Basic Panel nebo Simatic HMI Comfort Panel (Siemens AG 4/2012).

2 TIA PORTAL V10.5

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) je software nabízený firmou Siemens, který umožňuje v jednotném prostředí vytvářet programy pro PLC a aplikace pro HMI. Výhodou TIA Portal je, že veškeré potřebné komponenty, STEP7 pro PLC a WinCC pro HMI, integruje do jednotného prostředí.

Komponenty nejsou rozděleny a to umožňuje uživateli implementovat data do jednoho projektového souboru. Díky společnému uživatelskému rozhraní je možné vytvořit takové úlohy, které budou mít za všech okolností přístup jak k programové části PLC, tak i k části pro HMI (Siemens AG, 12/2009).

V následující kap. 2.1 budou základně popsána uživatelská rozhraní a jejich bloky. Podrobnější popis některých bloků a jejich funkčnosti bude proveden v praktické části.



Obr. 2.1 - Hierarchie zapojení úlohy s využitím TIA Portal (Siemens AG 12/2009)

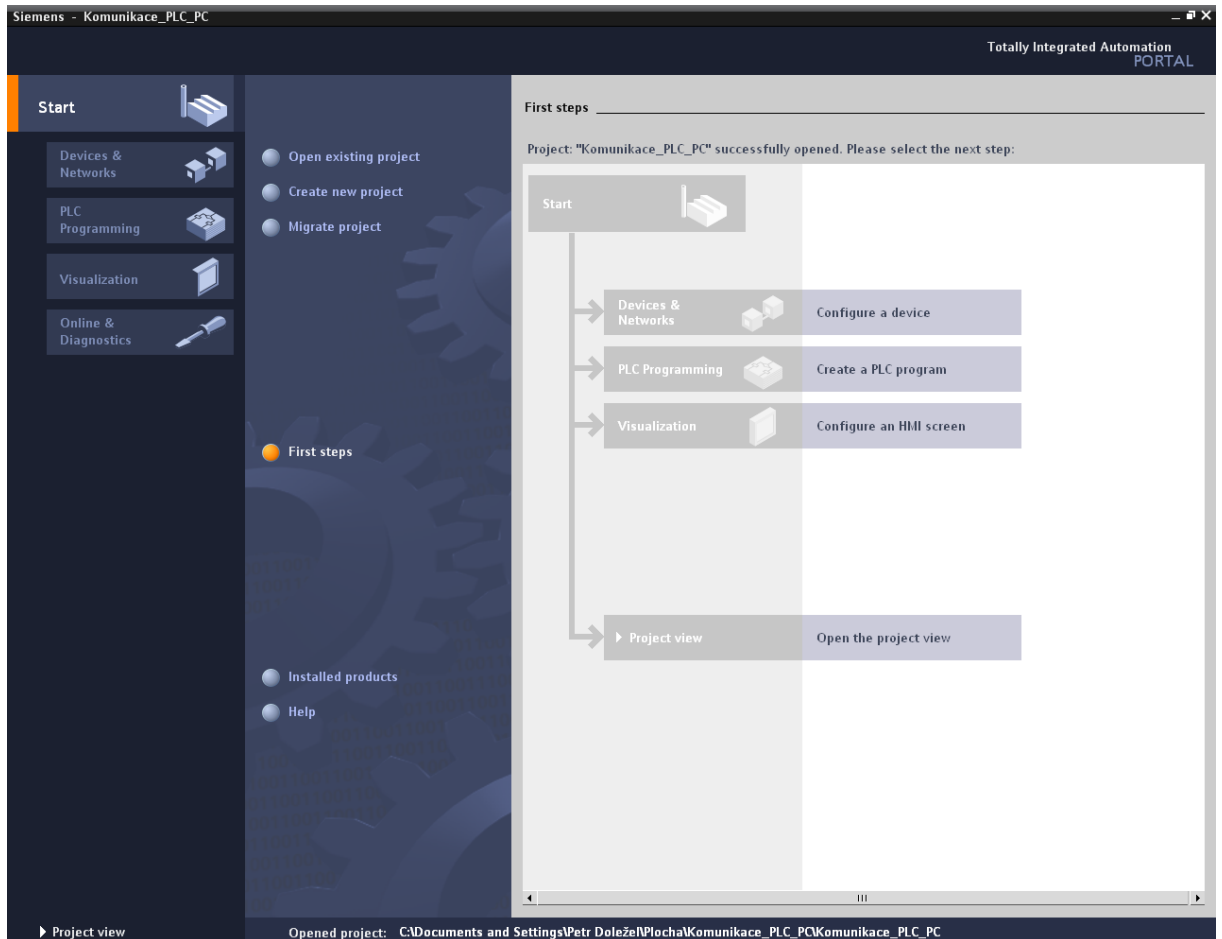
2.1 Uživatelské rozhraní

U různých verzí TIA Portal se mohou rozhraní mírně lišit v grafickém i funkčním provedení. Následující popis je proveden pro verzi TIA Portal v10.5 Basic.

Ta obsahuje dvě pracovní rozhraní, Project view a Portal view. Obě prostředí jsou propojená a nabízí úkolově orientovanou konfiguraci (ang. task-oriented configuration) a objektově orientovanou konfiguraci (ang. object-oriented configuration). Bližší popis následuje v kap. 2.1.1 a 2.1.2.

2.1.1 Portal view

Grafické rozhraní Portal view je zobrazeno na obr. 2.2. Jedná se o úvodní obrazovku, která se objeví při spuštění TIA Portal a nachází se zde základní funkce a úlohy pro založení a otevření projektu.



Obr. 2.2 - Prostředí Portal view

V levé části jsou umístěny následující funkce. Start, která slouží k založení, otevření nebo k přesunu projektu. Dále se zde nachází seznam nainstalovaných částí programu, Installed product, kde se dá provést kontrola verzí komponentů. Posledním bodem je Help, který ukrývá nápovědu a systémový manuál.

Další částí je Devices & Networks. Zde je možné si prohlédnout připojená zařízení, případně připojit nová. K propojení více zařízení do sítě a k následné správě vytvořené sítě slouží položka Configure networks.

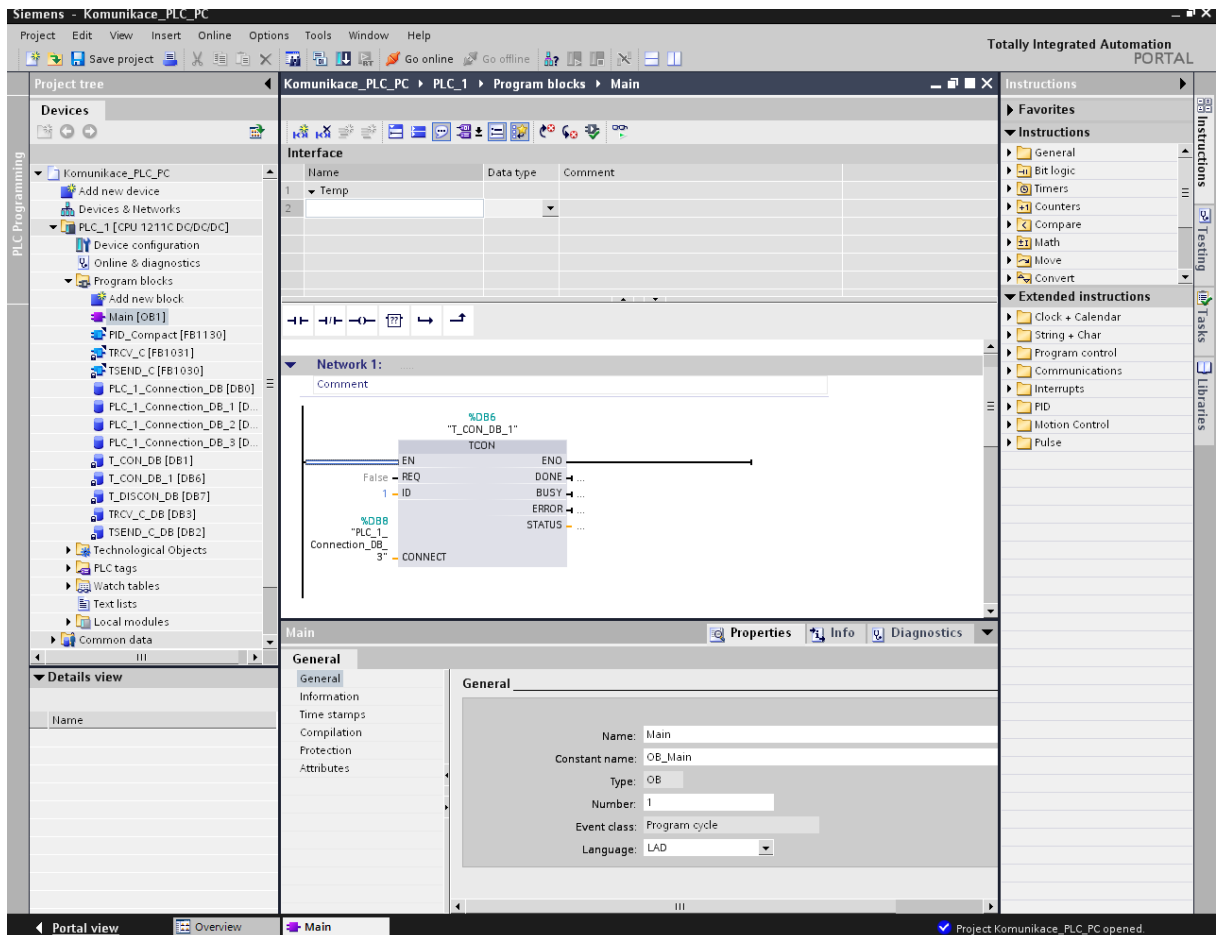
Následuje funkce PLC Programming, která nabídne rozbalovací lištu, kde je možnost vybrat požadované zařízení nebo přidat nové. Tato část se zabývá už program pro dané PLC. Nachází se zde podkategorie Show all objects. Umožňuje zobrazit veškeré použité bloky v aktuálním projektu. K daným blokům patří Organization block (OB), Function block (FB), Function (FC), Data Block (DB). Položka Show cross-references zobrazí uživateli souvislosti mezi danými bloky, jejich adresy, typ a cestu. Poslední informační částí je Show program structure, která nabídne informace o programu či bližší informace o použitých blocích.

Funkce Visualization se zabývá realizováním připojení a nastavením zobrazovacích panelu HMI. Opět v rozbalovací liště je možnost zvolení daného panelu. Visualization má velmi podobnou strukturu jako předchozí funkce, PLC Programming. Podkategorie Show all obsahuje veškeré komponenty pro HMI panel a pro jeho připojení. Screens slouží k zobrazení a nastavení používaných obrazovek. V Tags connections je možná správa a propojení HMI tagů. Zmíněné komponenty se pak dají přidat v podkategorii Add object. Edit umožňuje podrobněji upravit již použité obrazovky, tagy či upozornění. Důležitou částí je Simulate device, která umožňuje uživateli vyzkoušet vytvořený program, aniž by měl fyzicky k dispozici požadovaný HMI panel.

Poslední funkce je Online & Diagnostic. Ta nabízí zobrazení všech připojených zařízení a následně možnost přepnutí do online sledování, kde má uživatel možnost sledovat aktuální chování zařízení (Siemens AG 12/2009).

2.1.2 Project view

Na obr. 2.3 je prezentováno rozhraní Project view. Nabízí uživateli různé druhy editorů, které mohou být použity pro tvorbu a úpravu programů pro dané komponenty. Důležité části jsou popsány v následujících odstavcích.



Obr. 2.3 - Prostředí Project view

V liště menu se nachází veškeré potřebné nástroje pro práci na projektu. Zahnuje záložky Project, Edit, View, Insert, Online, Options, Tools, Windows, Help.

Pod ní je panel nástrojů (ang. toolbar), který obsahuje příkazy, které se používají nejčastěji. Výhodou je rychlý přístup k důležitým příkazům a usnadnění práce.

V levé části pod panelem nástrojů zaujímá místo Project tree. S jeho pomocí má uživatel přístup ke všem komponentům projektu a jeho datům. Například k programovým blokům, které jsou základním částí při tvorbě programu pro PLC.

Vpravo od Project tree se nachází pracovní oblast (ang. work area), kde uživatel vytváří hlavní část programu, kterou skládá pomocí bloků, které reprezentují určitou součástku.

Pod pracovní oblastí v levém rohu je dostupný Details view, který nabízí podrobnější informace o zvoleném projektu. Mezi ně patří poznámky a tagy.

Následujícím oknem vedle Details view je Inspector window. Zobrazuje další informace o zvoleném objektu v pracovní oblasti, jako jsou jméno a adresa objektu. V případě PLC jsou zde veškeré podrobnosti o jeho výbavě a nastavení (Siemens AG 12/2009).

2.2 Požadavky pro instalaci

Hardwarové požadavky:

- Procesor
 - Pentium 4, 1,7 GHz nebo srovnatelný
- Operační paměť
 - 1 GB nebo vyšší pro Windows XP
 - 2 GB nebo vyšší pro Windows Vista
- Disk
 - 2 GB volného místa
- Grafická karta
 - 32 MB s rozlišením 32-bit barev

Softwarové požadavky:

- Podporované operační systémy
 - Microsoft Windows XP Home, Professional SP3
 - Microsoft Windows Vista Home Premium, Business, Ultimate SP1
- Nepodporované operační systémy
 - Windows Vista SP2 (64-bitová verze)
 - Windows 7
 - Windows 8, 8.1 (Siemens AG 2011)

3 OPC SERVER

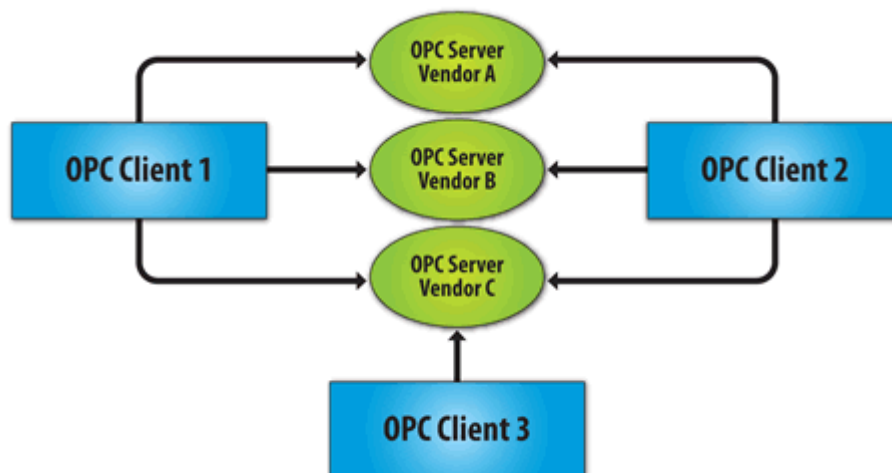
OPC je technologie, která je založena na komunikaci klient/server. V dnešní době je tato technologie velmi využívána a představuje průmyslový komunikační standard. Její výhoda spočívá v tom, že umožňuje, jak v automatizačním průmyslu, tak jemu podobném, komunikaci, přístup k aktuálním datům, historickým datům, monitorování událostí či upozornění a to bez potřeby mít hardware a software od jednoho výrobce či dodavatele.

To umožňuje uživateli vyhnout se uzavřeným řešením, která potřebují specifické vybavení. Díky tomu mohou dodavatelé i výrobci automatizačních prostředků nabízet mnohem otevřenější a transparentnější řešení problémů v daném oboru. Uživatel si pak může jenom vybrat, které řešení bude pro něj výhodnější z hlediska finanční a technické náročnosti.

Organizace, která se zabývá vývojem a údržbou tohoto komunikačního technologického standardu je The OPC Foundation. Další společnosti, jako jsou například Kepware Technologies a MatrikonOPC, vycházejí a používají tuto technologii. V případě této práce bude použit software od společnosti Kepware Technologies, který je popsán v kapitole 3.2 (Kepware Technologies ©2015, OPC Foundation ©2015).

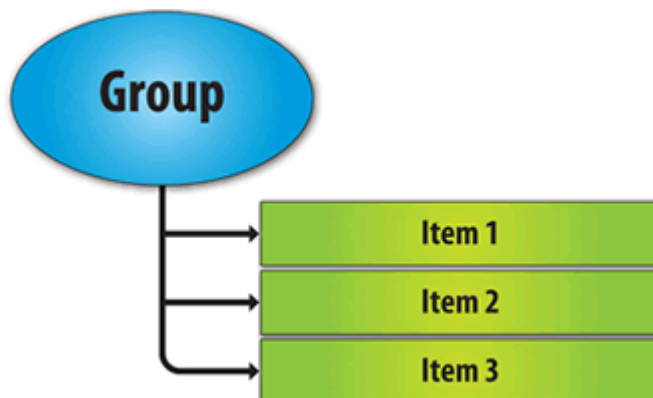
3.1 Princip OPC

Uživatel, nebo uživatelé, označován jako OPC Client, má možnost se připojit k jednomu nebo k více OPC serverům, které mohou být spravovány různými poskytovateli, tak jak je znázorněno na obr. 3.1. Poskytovatel musí na každém serveru definovat, k jakému zařízení má mít daný server přístup a jakým způsobem má pracovat s daty, která jsou přístupná pro dané zařízení.



Obr. 3.1 - Propojení OPC Client/Server (Kepware Technologies ©2015)

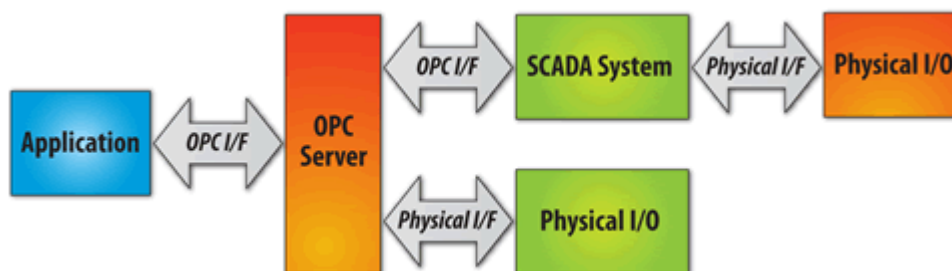
OPC server se skládá z několika objektů: server, skupina (ang. group) a položka (ang. item). Objekt server obsahuje informace o daném OPC serveru a zároveň obsahuje skupiny. Ty vlastní informace o sobě a poskytují mechanismus, postup pro ukládání a organizování OPC položek, jak je uvedeno na obr. 3.2. Skupiny zároveň nabízí uživateli efektivní a přehledný způsob organizace daných položek. Pokud bude mít uživatel několik položek pro čtení a zápis, nabízí se mu možnost vytvořit dvě skupiny, kde jedna z nich bude obsahovat položky pro zápis dat a druhá položky pro čtení dat.



Obr. 3.2 - Propojení OPC skupiny/položky (Kepware Technologies ©2015)

OPC položka představuje připojení k datům, která jsou uložena na OPC serveru. K práci s položkami musí OPC Client přistupovat k daným položkám přes danou skupinu. Není možné přistoupit k položce přímo.

Na obr. 3.3 je znázorněn detailnější vztah mezi OPC Client a OPC Server. Je patrné, že OPC může pracovat na nejnižší úrovni, kdy může dostávat přímo fyzická data od systému SCADA nebo v případě této práce od PLC. Zároveň může data přímo posílat do daného zařízení či systému (Kepware Technologies ©2015, OPC Foundation ©2015).

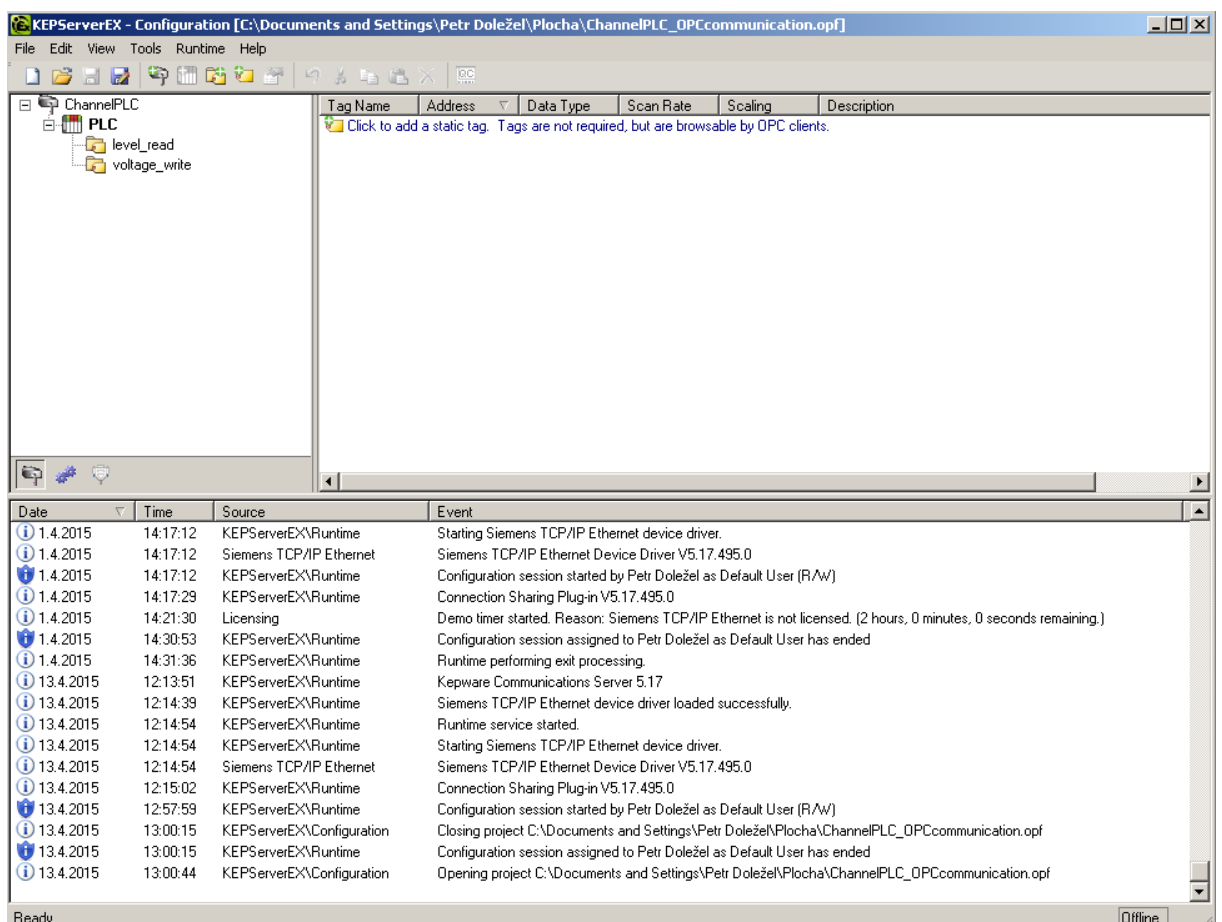


Obr. 3.3 - Propojení dat a OPC Server (Kepware Technologies ©2015)

3.2 KEPServerEX V5

Jedná se o software od již zmiňované společnosti, Kepware Technologies, sloužící ke komunikaci a řízení automatizačních zařízení přes robustní platformu, kterou je zavedený standard OPC. Grafické rozhraní je zobrazeno na obr. 3.4.

Program je možno stáhnout na stránkách firmy Kepware Technologies https://my.kepware.com/download/demo/ex/?utm_content=EX. Je zapotřebí provést registraci a pak je uživatel oprávněn stáhnout si demo verzi. Ta je omezena dvouhodinový limitem. Jiná omezení demo neobsahuje. Plnou verzi softwaru lze zakoupit v dalším kroku po registraci.



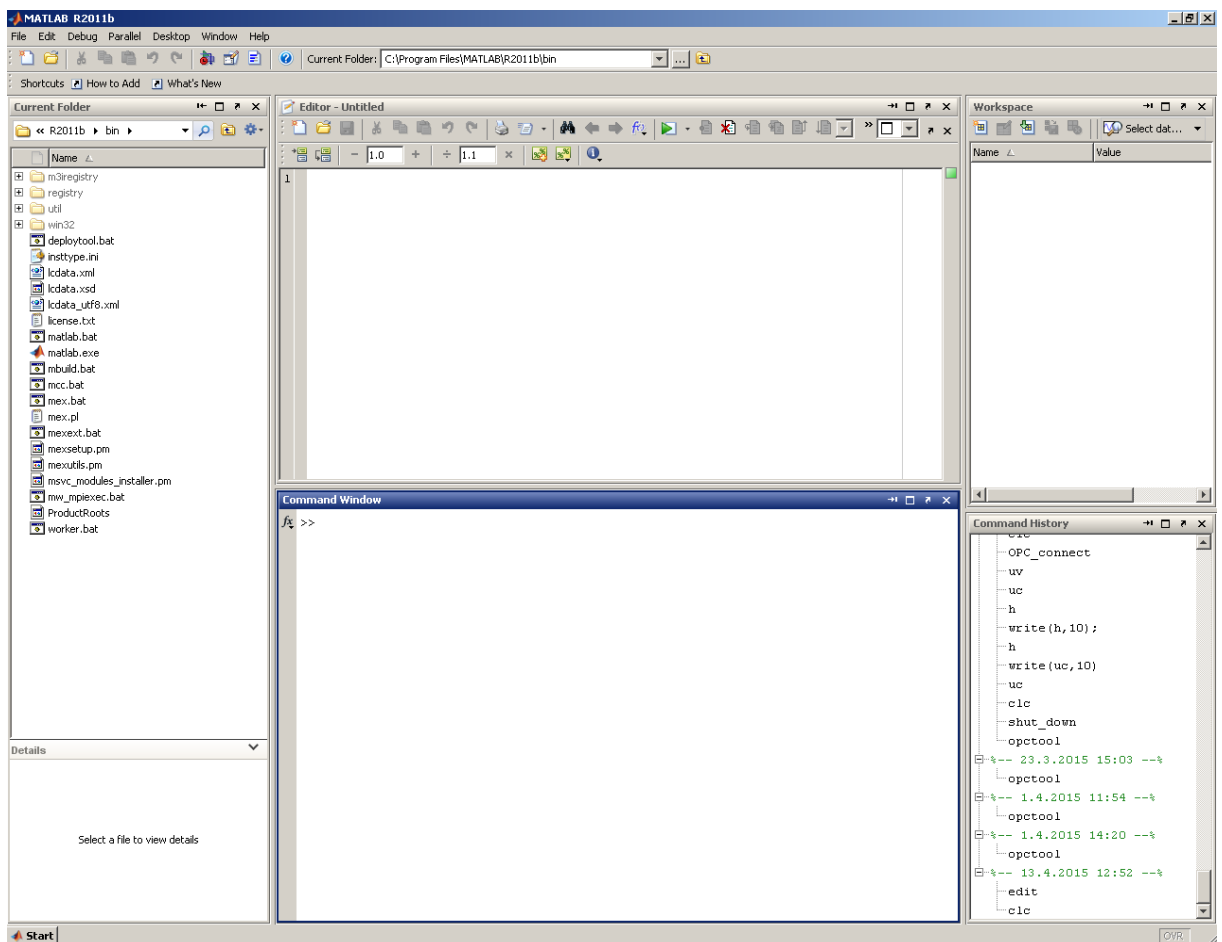
Obr. 3.4 - Prostředí KEPServerEX V5

4 MATLAB MATHWORK

Tento softwarový nástroj slouží k provádění technických výpočtů, simulací, modelování, analýze dat, měření signálů a následnému zpracování signálů. Zkratka MATLAB vychází ze spojení MATrix LABoratory. V názvu je již zmíněn i základní datový typ, se kterým MATLAB pracuje, matice. Jedná se o moderní high-performance programovací jazyk, který nabízí transparentní datovou strukturu, debugging nástroje a podporuje objektivě orientované programování.

Díky práci s orientovaným dvourozměrným polem je řešení technických problémů, které manipulují s maticovou či vektorovou formulací, rychlejší a jednodušší než v klasických počítačových jazycích jako jsou jazyk C nebo FORTRAN. Další výhodou MATLAB je, že jeho možnosti mohou být rozšířené o další knihovny a nástroje, které se nazývají toolboxy. Zvolený toolbox může nabízet speciální funkce pro danou oblast, například zpracování signálů, simulace, optimalizace.

Použitá verze MATLAB pro tuto práci je R2011b a její grafické prostředí je znázorněno na obr. 4.1 (Houcque 9/2005).



Obr. 4.1 - Grafické prostředí MATLAB R2011b

5 PID REGULÁTOR

Jedná se o spojitý regulátor složený z proporcionální, integrační a derivační části. Slouží k regulaci výstupní veličiny na žádanou veličinu a v systémech řízení je řazen před regulovanou soustavou. Kombinace PID složek je nejpoužívanější v praxi, protože zajišťuje jednoduchost použití, univerzálnost a také snadnou realizovatelnost pomocí elektronických obvodů. Každá položka má svoji určitou vlastnost, která bude v následujícím textu ve zkratce představena (Chlebný a kol. 2009).

5.1 P složka

Pouze zesiluje zápornou zpětnou vazbu. Nevýhodou P složky je, že nikdy nedokáže odstranit regulační odchylku na nulu a díky tomu nedosáhne v ustáleném stavu žádané hodnoty. Pokud se bude u P složky zvětšovat její zesílení, dojde ke zrychlení regulačního děje. Při vysokých hodnotách zesílení může dojít ke kmitání a k nestabilitě.

5.2 I složka

Na rozdíl o P složky dokáže I složka odstranit regulační odchylku na hodnotu 0. Za cenu prodloužení regulačního děje, proto se v praxi používá z větší části spojení dvou zmíněných složek, tedy PI. Kde na začátku regulačního děje působí především složka P, která zrychluje celý průběh děje a následně převažuje vliv složky I, která odstraní regulační odchylku a tím se dosáhne žádané hodnoty.

5.3 D složka

Samostatná D složka není použitelná, tak jako v případě předchozích složek. Důvodem je, že výstupem složky je derivace regulační odchylky, která nereprezentuje velikost odchylky. Využití D složky je tedy potom ve spojení PID, kde umožňuje urychlit regulační pochod a reakci systému zejména u soustav vyšších řádů a u soustav s dopravním zpožděním (Chlebný a kol. 2009).

6 REGULOVANÁ SOUSTAVA

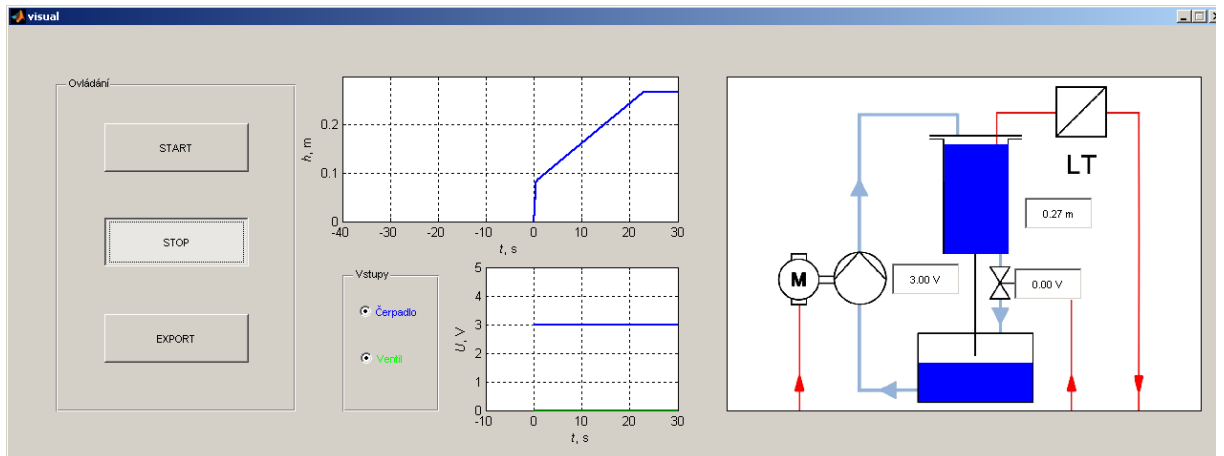
Pro tuto práci byla vybrána hydraulická soustava dvou nádrží, kdy se ve spodní nádrži nachází voda a pomocí čerpadla je čerpána do horní nádrže, která je prázdná. Horní nádrž má zároveň zaveden odtok pro odpouštění vody, který je řízen ventilem. Reálná soustava je prezentována na obr. 6.1.



Obr. 6.1 - Reálná hydraulická soustava Gunt RT010
(G.U.N.T Hamburg 2005)

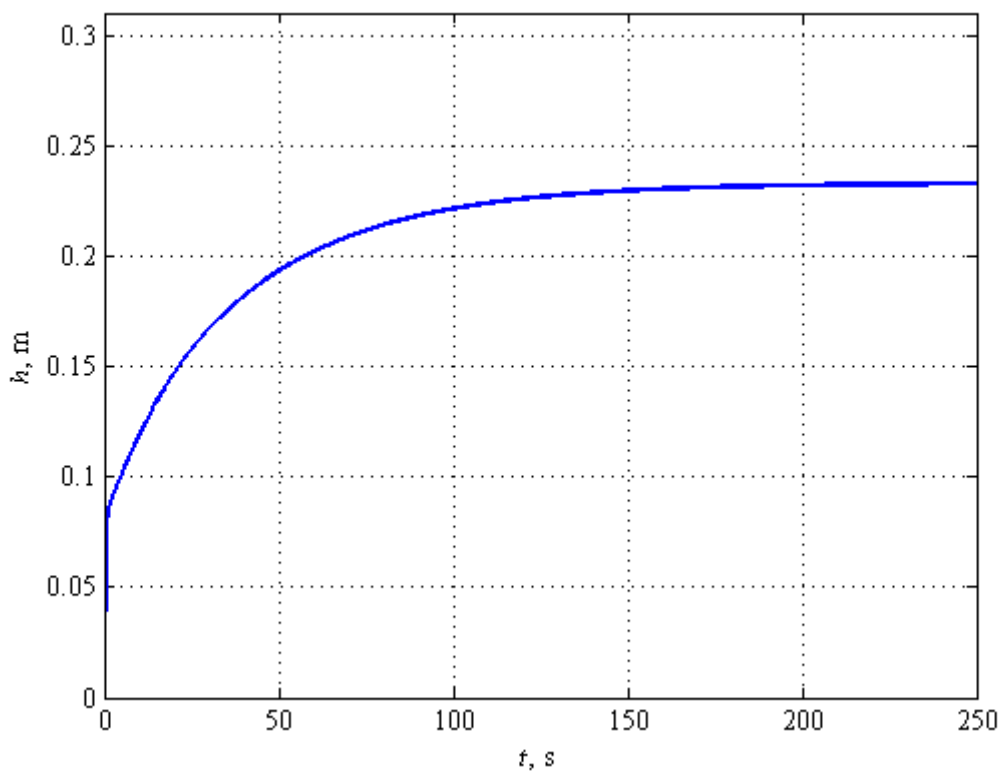
Maximální výška hladiny v horní nádrži, které lze dosáhnout je 0,27 m. Napětí pro čerpadlo a ventil může být nastaveno v rozmezí 0-5 V. K dispozici je model této soustavy, který je vytvořen v programu MATLAB a zobrazen na obr. 6.2.

Uživatel má v simulátoru možnost spustit simulaci napouštění nádrže, zobrazit si ve spodním grafu průběhy napětí na ventilu a čerpadle. Po zastavení simulace je možnost naměřená data uložit do textového souboru pomocí tlačítka Export.



Obr. 6.2 - Model hydraulické soustavy vytvořen v MATLAB

Ještě předtím, než bude soustava regulována, je zapotřebí danou soustavu identifikovat, tzn. udělat přechodovou charakteristiku. Napětí na čerpadle bylo zvoleno 4 V a napětí na ventilu 5 V. Simulace byla provedena do ustáleného stavu, data se potom uložila do textového souboru a v MATLABu byla vynesena do grafu na obr. 6.3. Z průběhu bylo zjištěno, že se jedná o soustavu prvního řádu.



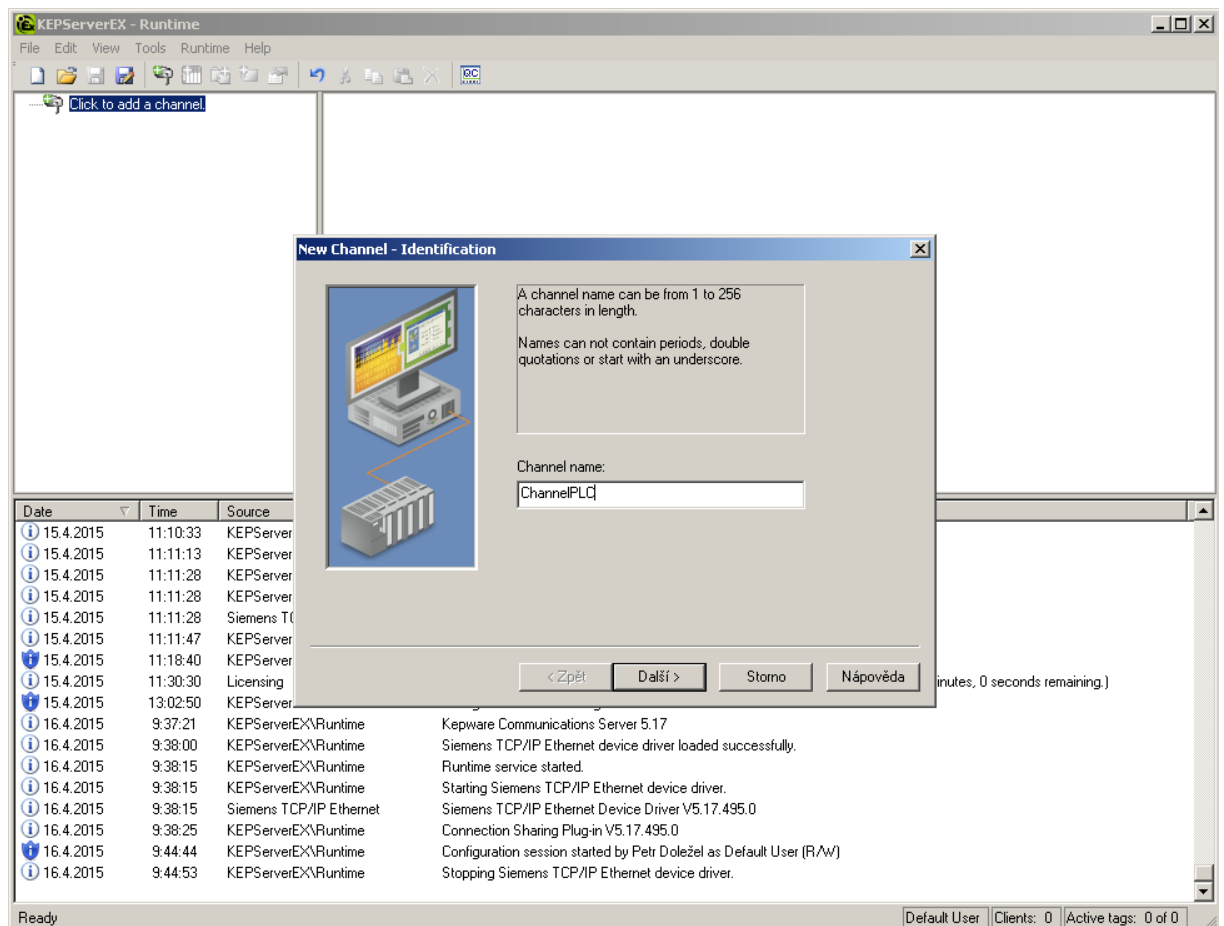
Obr. 6.3 - Přechodová charakteristiku modelu nádrže

7 KOMUNIKACE MEZI MATLABEM A PLC

V této kapitole bude popsáno zprovoznění komunikace mezi prostředím MATLAB a prostředím pro správu PLC a to TIA Portal. Prvním krokem bude správně založit a nastavit OPC server, který bude působit jako prostředník mezi dvěma zmiňovanými prostředími. Po nastavení serveru bude v TIA Portal vytvořen program pro komunikaci přes ethernet port pro PLC. Posledním krokem bude úprava programu v MATLAB tak, aby byly požadované proměnné získávané z PLC pro řízení simulátoru soustavy s nádržemi.

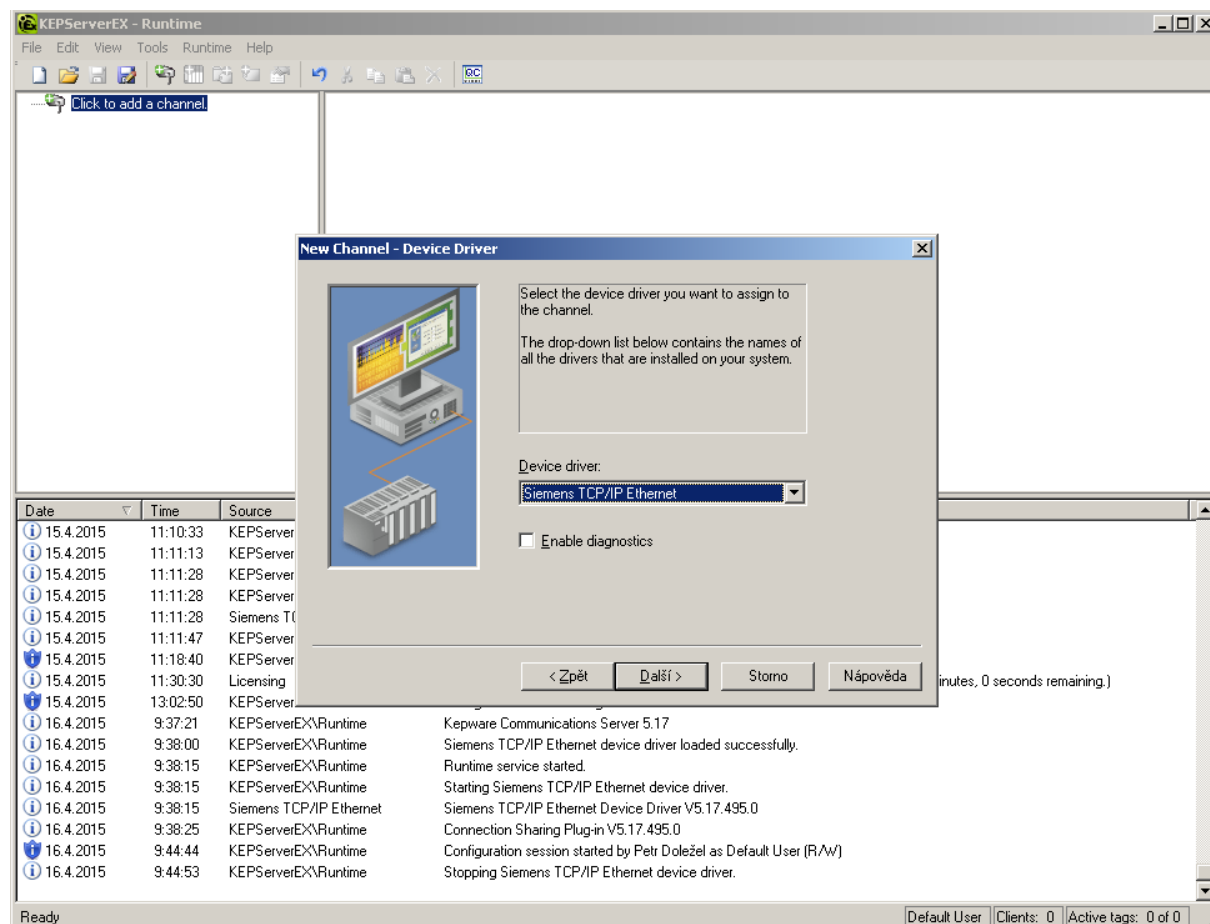
7.1 Nastavení OPC Serveru (KEPServerEX®)

K založení OPC Serveru bude použit software KEPServerEX® verze 5.17 od společnosti Kepware Technologies. Prvním krokem pro fungující komunikaci je zapotřebí vytvořit channel. V levém horním rohu se nachází tlačítko Click to add a channel, které při kliknutí otevře okno, kde se nastaví základní parametry. První položka pro nastavení je Channel name, tak jak je uvedeno na obr. 7.1.



Obr. 7.1 - Pojmenování channel

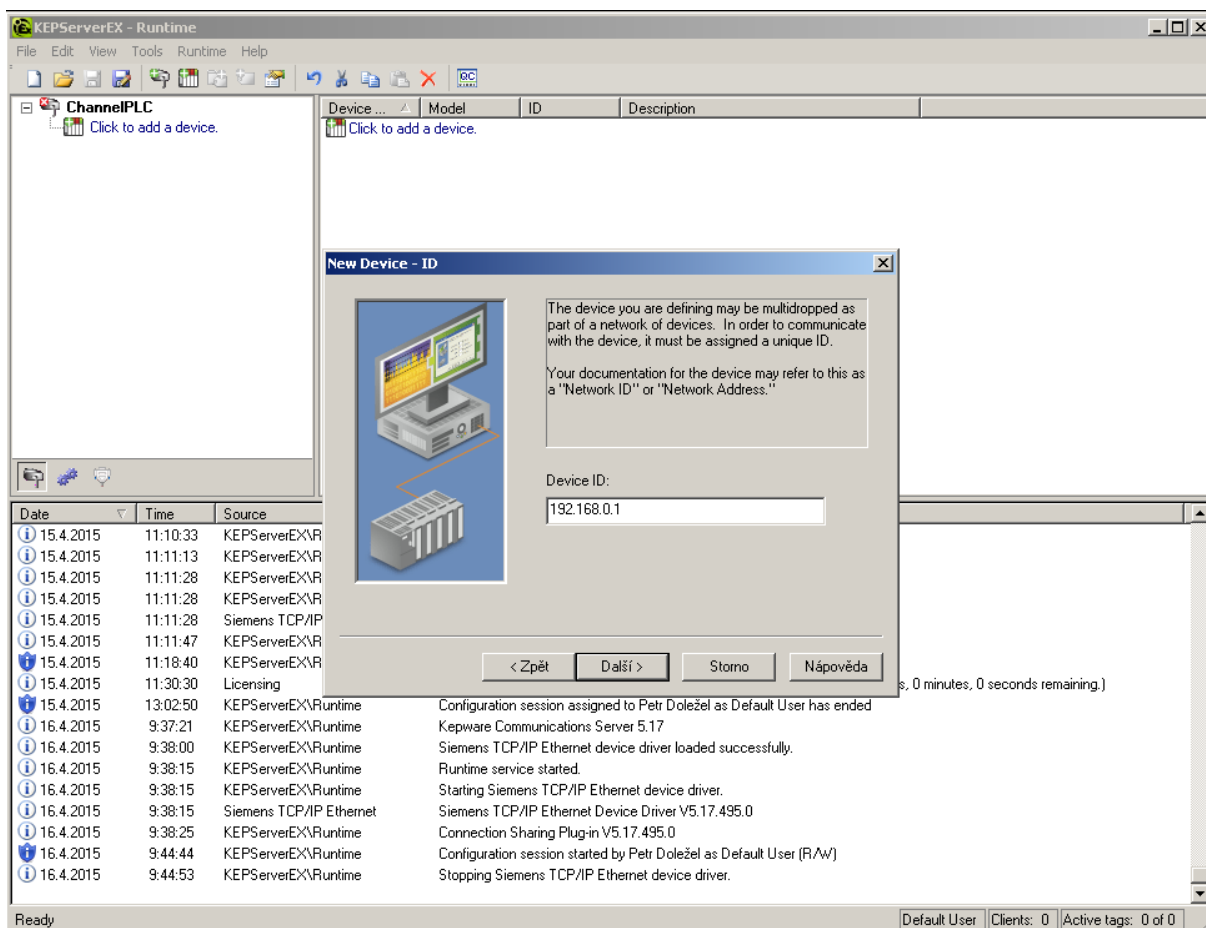
Dalším důležitým parametrem je Device driver. Ten vybírá druh komunikace, která bude použita pro zvolený channel. V tomto případě je zvolen Siemens TCP/IP Ethernet, ukázka na obr. 7.2. V případě, že není k dispozici reálné PLC, lze použít Simulation, která bude částečně simulovat vlastnosti PLC.



Obr. 7.2 - Typ komunikace

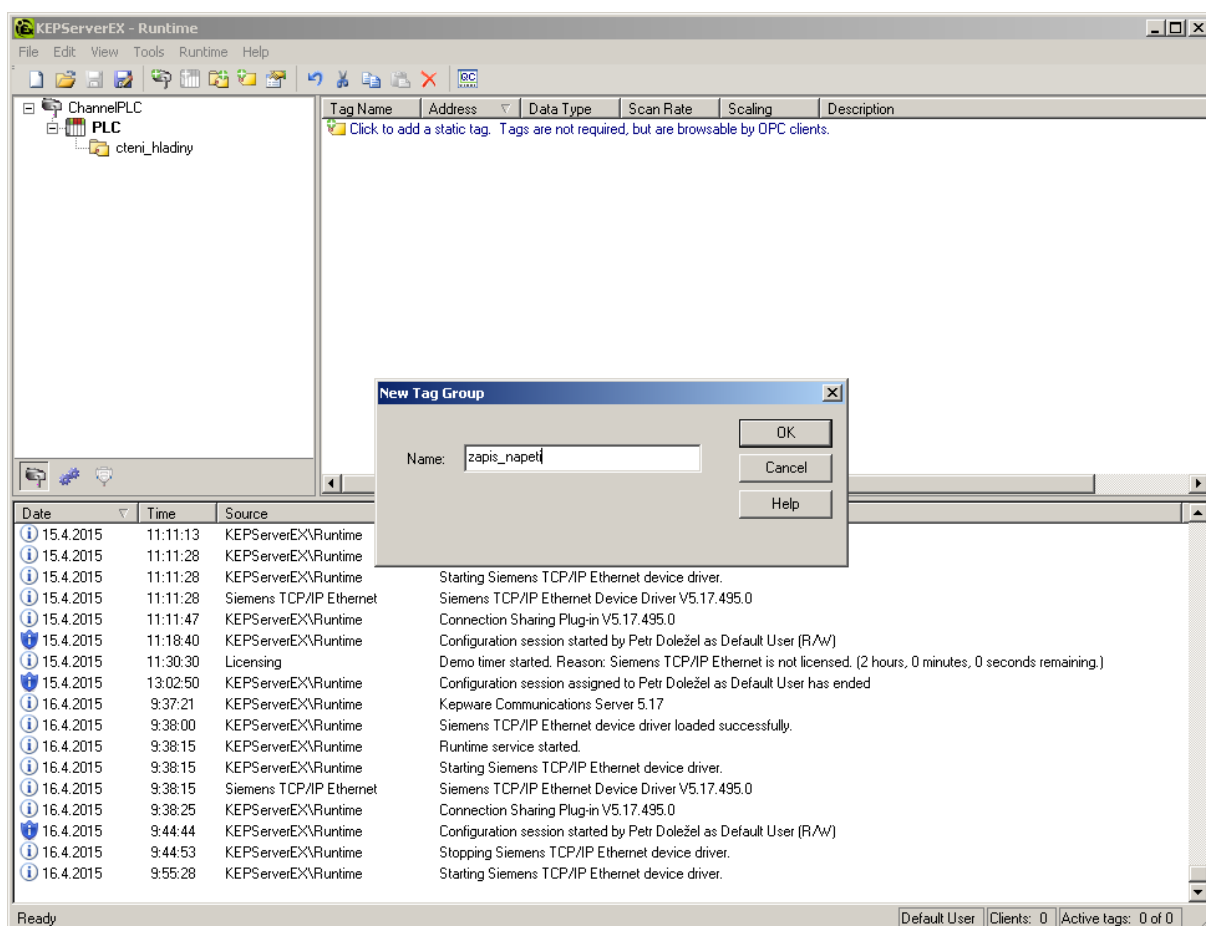
Zbylé možnosti nastavení, které následují po zvolení typu komunikace lze přeskočit. Pro zvolené zadání práce jsou nepotřebné a mohou zůstat automaticky nastavené. Nyní je v levém horním rohu vytvořen nový channel se zvoleným pojmenováním. Pod ním se nachází položka Click to add a device.

Ta slouží k přidání a správě nového zařízení. Při rozkliknutí se opět zobrazí okno ve kterém lze pojmenovat vybrané zařízení. V dalším kroku je nabídnuta uživateli možnost výběru typu PLC. V případě této práce je zvolen typ S7-1200. Po zvolení typu zařízení následuje důležitý parametr a to zadání IP adresy vybraného PLC. Příklad zapsání IP adresy je uveden na obr. 7.3. Pro provedení předchozí akce jsou zbylé kroky nepotřebné a lze je opět přeskočit a tím dokončit nastavení zařízení.



Obr. 7.3 - Zadání IP adresy zvoleného zařízení

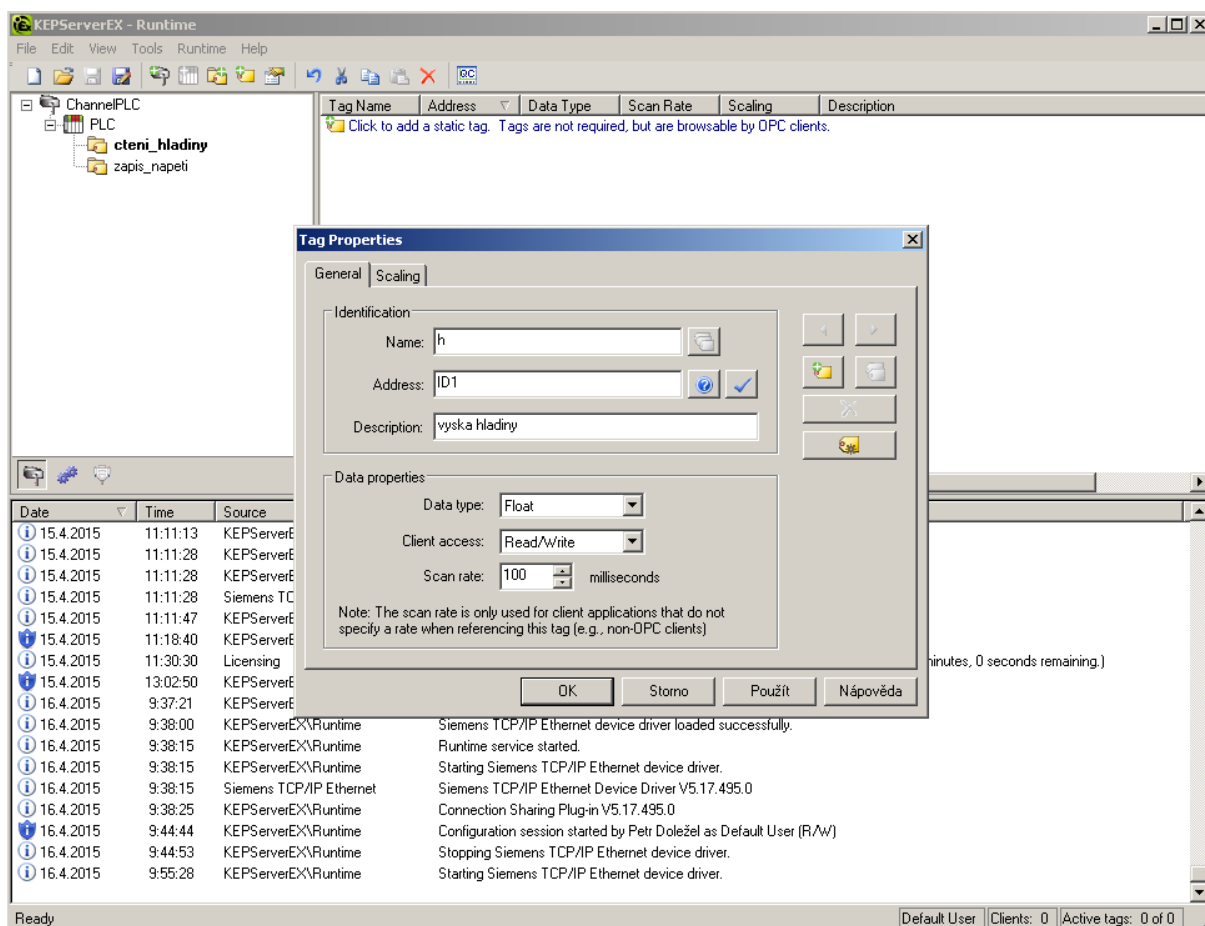
Pro nyní nastavené zařízení je zapotřebí nadefinovat skupiny a do nich později přidat tagy, které budou reprezentovat proměnné, s kterými bude PLC pracovat. Vytvoření skupiny se provedeme pravým klikem na zvolené zařízení a vybere se položka New Tag Group. Při zvolení se objeví okno, kde je možno zadat jméno skupiny. Je vhodné zvolit takový název, který bude reprezentovat obsahující tagy, aby se předešlo nepřehlednosti a nesrozumitelnosti. Konkrétní případ je reprezentován na obr. 7.4, kde lze vidět už jednu vytvořenou skupinu a druhou v procesu vytváření.



Obr. 7.4 - Vytvoření skupin

Do vytvořených skupin budou nyní přidány již zmíněné tagy, které reprezentují danou proměnnou. Pro přidání tagu do skupiny je zapotřebí kliknout pravým tlačítkem na zvolenou skupinu a vybrat New Tag. V zobrazeném okně na obr. 7.5 se nastaví parametry tagu. První řádek je pro nastavení jména tagu. V tomto případě je zvoleno písmeno *h*, které bude reprezentovat výšku hladiny.

Dalším krokem je zadání adresy, na které bude daný tag definován. Pokud si uživatel není jistý, jakou má zvolit adresu, klikne na tlačítko s otázníkem, které zobrazí nápovědu adres pro zvolené zařízení. Uživatel si danou zadanou adresu může pak zkontrolovat kliknutím na tlačítko potvrzení, které se nachází vedle tlačítka nápovědy. Pokud bude zadaná adresa chybná, objeví se hlášení, kde bude moci uživatel přejít do manuálu a zobrazit si pro daný typ komunikace různé možné kombinace adres a podrobné vysvětlení významu daných písmen.

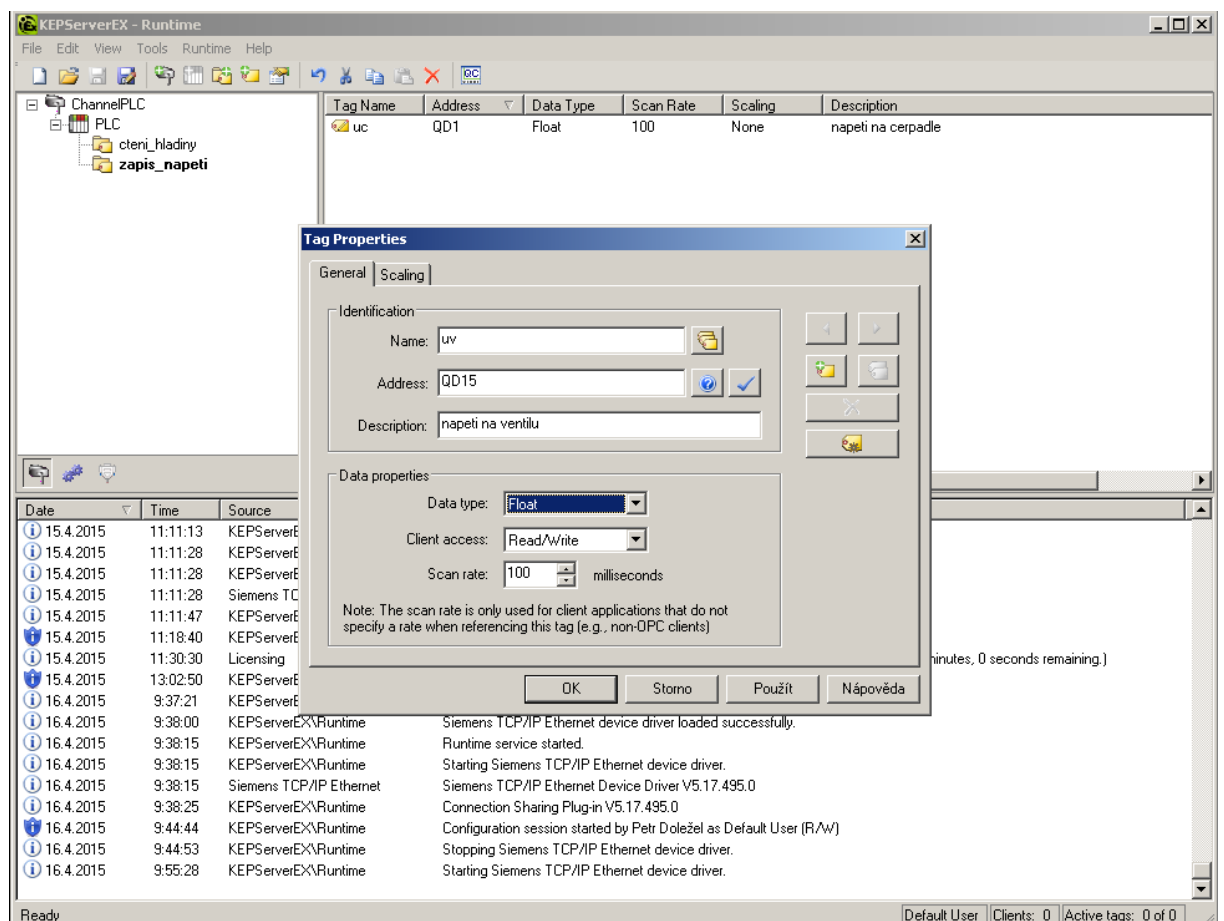


Obr. 7.5 - Nastavení tagu pro výšku hladiny

Na obr. 7.5 je zvolena adresa ID1, kde písmeno I udává, že se jedná o vstup, písmeno D udává datový typ proměnné a číslo 1 pozici proměnné. V části Data properties je zapotřebí nastavit typ proměnné. Zde je zvolen typ Float, protože výška hladiny bude v desetinných hodnotách.

Při zadávání adresy je zapotřebí, aby zvolené adresy měly od sebe dostatečný rozestup. Pokud by například byly definovány následovně, ID1 a ID2, mohlo by dojít k vzájemnému překrývání hodnot proměnných a tím ke zkreslení výsledků. Na obr. 7.6 jsou nastavovány tagy pro napětí. V tomto případě se složení adresy tagu napětí a tagu hladiny liší tím, že tag napětí má místo písmena I písmeno Q, které udává, že daný tag je výstupem.

Ve skupině zapis_napeti jsou vytvořeny dva tagy. Jeden označen u_c reprezentuje napětí na čerpadle a druhý s označením u_v napětí na ventilu. Je zde vyřešen i problém s překrýváním adres, kdy první zmiňovaný tag má adresu QD1 a druhý QD15. To je dostačující rozmezí, kde už nemůže dojít k vzájemnému překrytí.

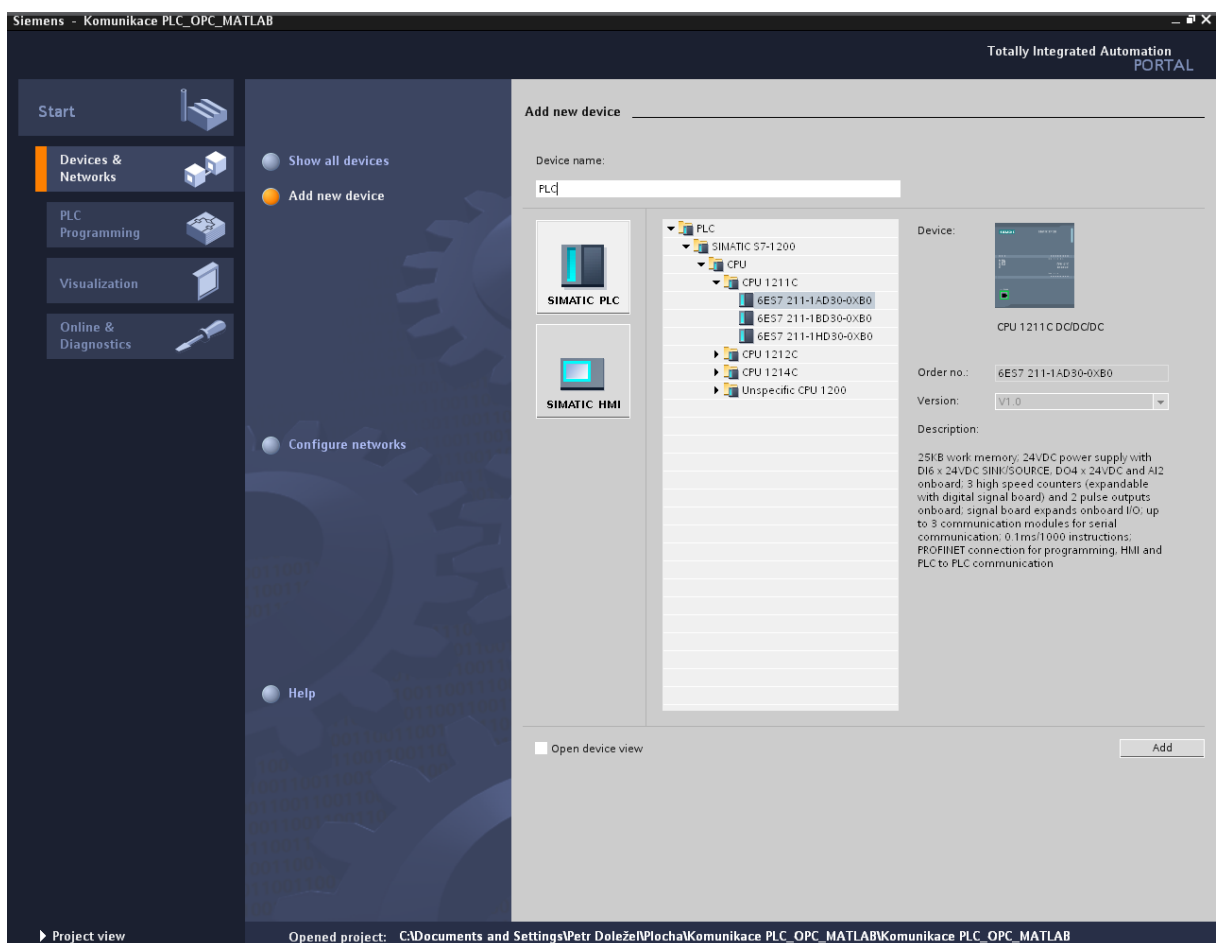


Obr. 7.6 - Nastavení tagů pro napětí

7.2 Nastavení PLC v TIA PORTAL

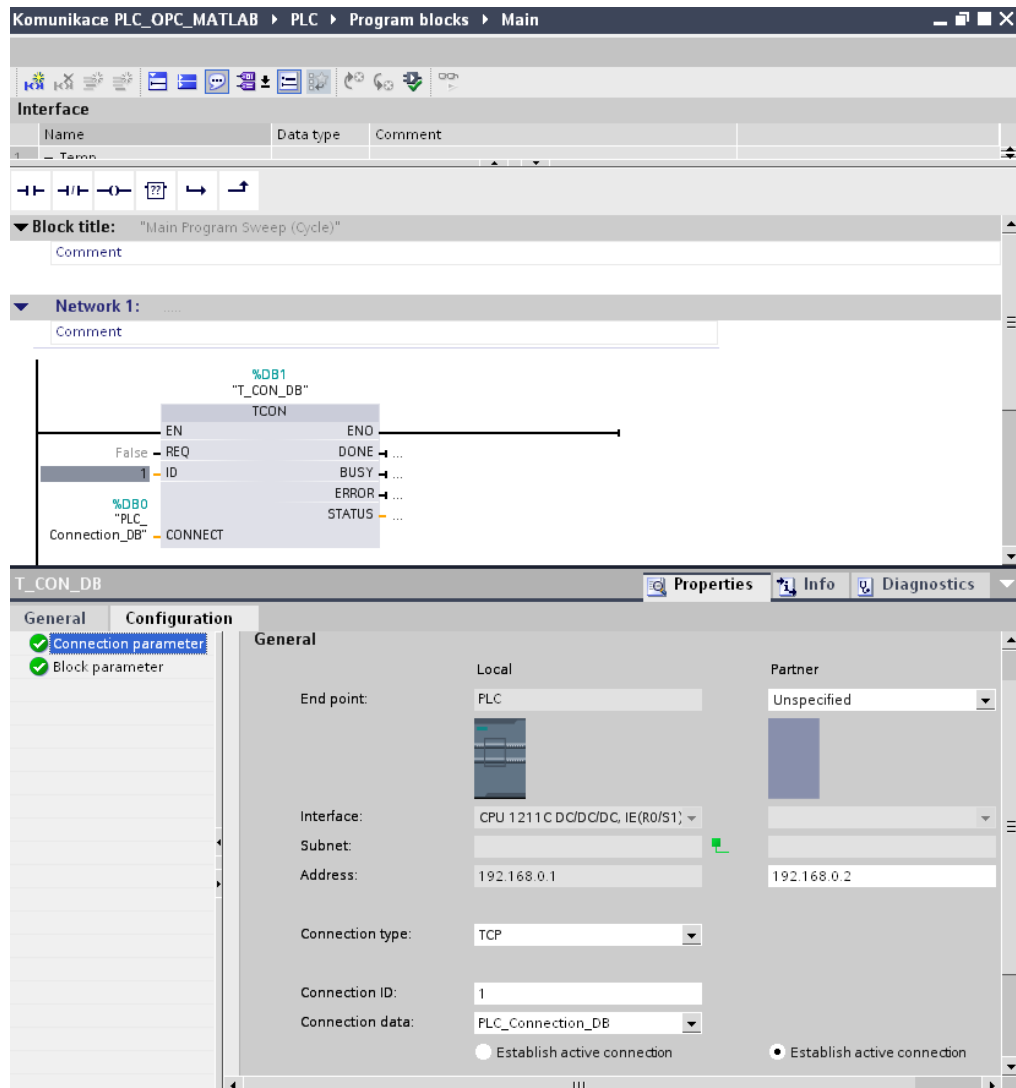
Pokud je OPC Server nastaven, je zapotřebí do PLC nahrát program, který umožní komunikaci ze strany PLC. Bližší informace o orientaci v prostředí TIA Portal v10.5 jsou popsány v kap. 2.

Do nového založeného projektu, pojmenovaného Komunikace PLC_OPC_MATLAB, je zapotřebí přiřadit nové zařízení. Při zvolení záložky Devices & Networks a vybrání úlohy Add new device je uživateli nabídnut strom složek s vybranými zařízeními. V této práci je použito PLC Simatic S7-1200, které má typ procesoru CPU1211C, výběr zařízení je zobrazen na obr. 7.7. Přidání zařízení se provede výběrem a potvrzení tlačítkem Add.



Obr. 7.7 - Přidání nového zařízení PLC

Pro vytvoření programu je zapotřebí se přepnout do rozhraní Project view. To lze provést stisknutím tlačítka v levém dolním rohu. V rozhraní Project view se na levé straně nachází Project tree, kde je ve složce Program block základní blok programu s názvem Main. K otevření je zapotřebí dvojklik levým tlačítkem myši. Nyní je zobrazeno pracovní prostředí rozděleno na network, síť, kde se pracuje pomocí programovacího jazyka LAD.



Obr. 7.8 - Nastavení bloku pro komunikaci

Pro zprovoznění komunikace bude zapotřebí pouze jeden komunikační blok, který se nachází na pravé straně v záložce Extended instructions, ve složce Communications, v podsložce Others s názvem TCON. Kliknutím a držením pravého tlačítka se vybere blok TCON a následným tažením přesune do Network 1.

Nastavení komunikačního bloku je prezentováno na obr. 7.8. Důležité je znát IP adresu počítače, na kterém uživatel pracuje. Ta se zadává do adresy ve sloupci partnera. V neposlední řadě je zapotřebí nastavit aktivní připojení na straně partnera, označení výběru Establish active connection.

Program je momentálně možné zkompilovat a nahrát do PLC. Ale pro zrychlení a usnadnění pozdějších kroků lze definovat tagy, které budou propojeny s tagy na OPC Serveru. Přidání tagů se nachází v projektovém stromě, ve složce PLC tags. Nadefinování je uvedeno na obr. 7.9. Důležité je aby tagy měly stejný datový typ a adresu jako tagy na OPC Serveru.

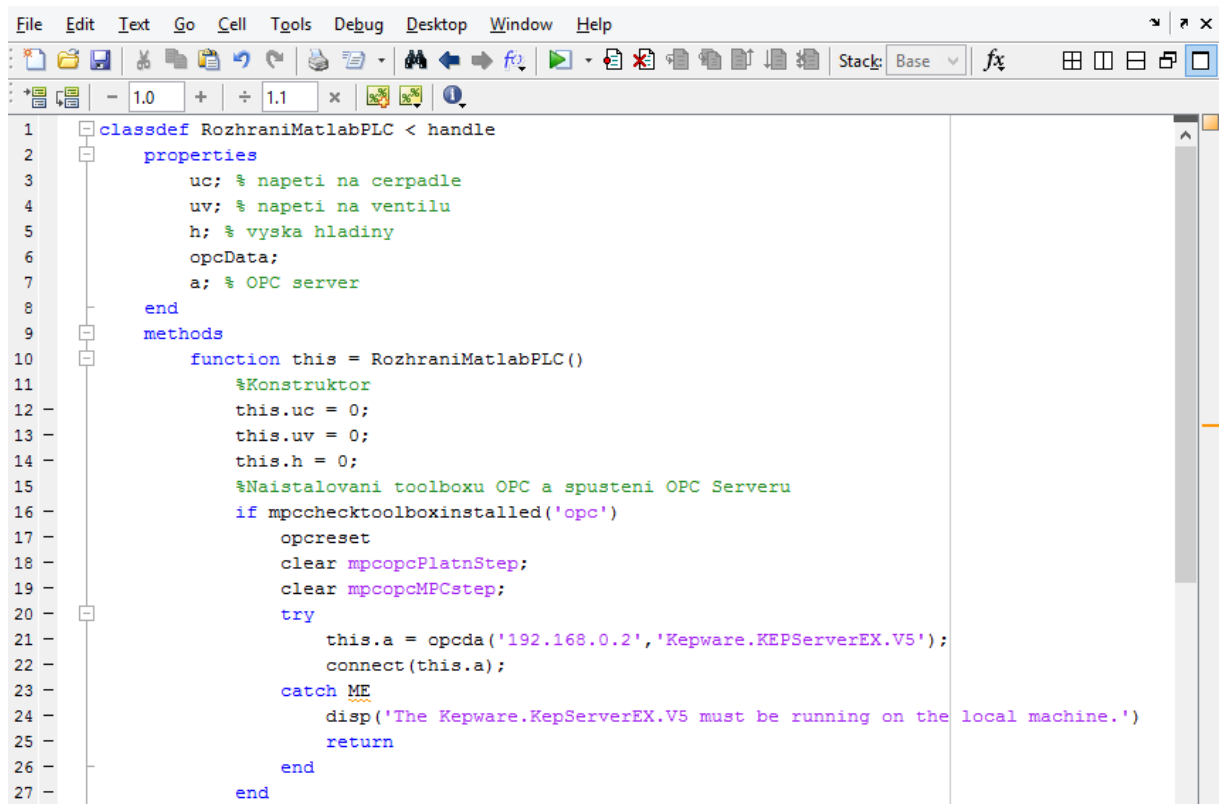
PLC tags		PLC tags	Constants		
	Name	Data type	Address	Retain	Comment
1	uc	Real	%QD1	<input type="checkbox"/>	napeti na cerpadle
2	uv	Real	%QD15	<input type="checkbox"/>	napeti na ventilu
3	h	Real	%ID1	<input type="checkbox"/>	vyska hladiny
4				<input type="checkbox"/>	

Obr. 7.9 - Definování tagů

Pro nahrání programu do PLC je zapotřebí prvně program zkompilovat. To se provede pravým klikem v programu Main a vybráním příkazu Compile. Pro odeslání se provede stejná akce, jen s výběrem Download to device. Je zapotřebí potvrdit přepnutí PLC do módu STOP, následuje Load Preview, kde tlačítkem Load uživatel potvrdí nahrání programu. Po dokončení nahrávání, pokud je program bez chyby, je možné opět spustit PLC do módu RUN. PLC nyní pracuje podle vytvořeného programu.

7.3 Rozhraní MATLAB PLC

V simulátoru nádrží, který je vytvořen v prostředí MATLAB je zapotřebí vytvořit třídu, která umožní výměnu dat mezi simulátorem a PLC. Do atributů třídy jsou zahrnuty veškeré proměnné, které budou zapotřebí pro úspěšné provedení simulace. Patří mezi ně napětí na čerpadle, napětí na ventilu, výška hladiny, a taky proměnné pro OPC Server. Část kódu je zobrazena na obr. 7.10.

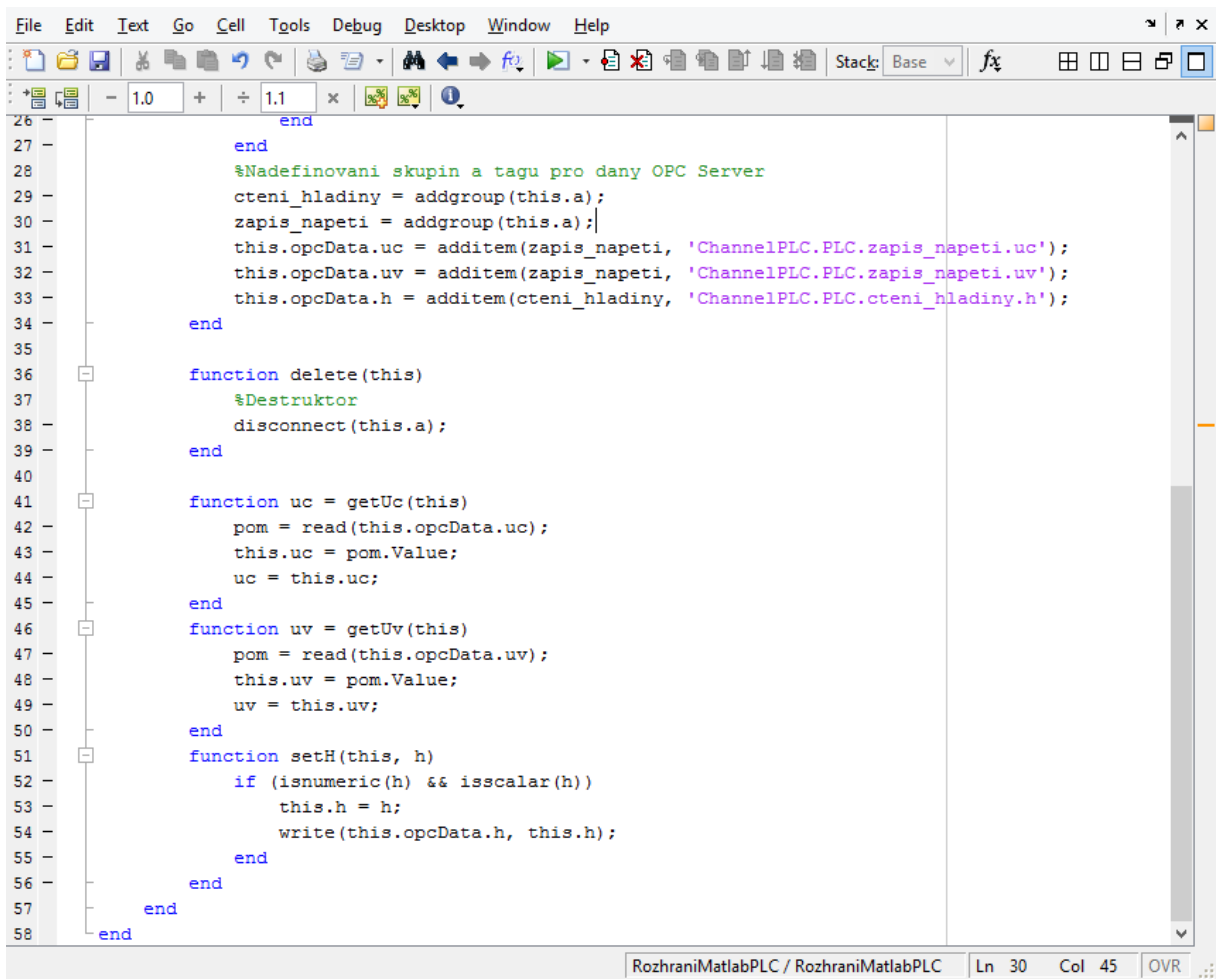


```
1 classdef RozhraniMatlabPLC < handle
2     properties
3         uc; % napeti na cernadle
4         uv; % napeti na ventilu
5         h; % vyska hladiny
6         opcData;
7         a; % OPC server
8     end
9     methods
10        function this = RozhraniMatlabPLC()
11            %Konstruktor
12            this.uc = 0;
13            this.uv = 0;
14            this.h = 0;
15            %Naistalovani toolboxu OPC a spusteni OPC Serveru
16            if mpcchecktoolboxinstalled('opc')
17                opcreset
18                clear mpcopcPlatnStep;
19                clear mpcopcMPCstep;
20                try
21                    this.a = opcda('192.168.0.2','Kepware.KepServerEX.V5');
22                    connect(this.a);
23                catch ME
24                    disp('The Kepware.KepServerEX.V5 must be running on the local machine.')
25                    return
26                end
27            end
28        end
29    end
30 end
```

Obr. 7.10 - Skript pro vytvoření RozhraniMatlabPLC část 1

Při definování tagů je zapotřebí vložit do funkce additems celou cestu k tagu, který je uložen na daném OPC Server, tak jak je uvedeno na obr. 7.11 v sekci označené komentářem Nadeřinování skupin a tagů pro daný OPC Server.

Na obr. 7.11 jsou napsány dva gettry, které slouží k přístupu k daným atributům a získávají hodnotu dané proměnné z OPC Server. Dále se zde nachází jeden setter, který slouží k nastavení atributu. Získává hodnotu ze simulátoru a zapisuje ji na OPC Server.



```
26 -         end
27 -     end
28 -     %Nadefinovani skupin a tagu pro dany OPC Server
29 -     cteni_hladiny = addgroup(this.a);
30 -     zapis_napeti = addgroup(this.a);
31 -     this.opcData.uc = additem(zapis_napeti, 'ChannelPLC.PLC.zapis_napeti.uc');
32 -     this.opcData.uv = additem(zapis_napeti, 'ChannelPLC.PLC.zapis_napeti.uv');
33 -     this.opcData.h = additem(cteni_hladiny, 'ChannelPLC.PLC.cteni_hladiny.h');
34 -
35 -
36 -     function delete(this)
37 -         %Destruktor
38 -         disconnect(this.a);
39 -     end
40 -
41 -     function uc = getUc(this)
42 -         pom = read(this.opcData.uc);
43 -         this.uc = pom.Value;
44 -         uc = this.uc;
45 -     end
46 -     function uv = getUv(this)
47 -         pom = read(this.opcData.uv);
48 -         this.uv = pom.Value;
49 -         uv = this.uv;
50 -     end
51 -     function setH(this, h)
52 -         if (isnumeric(h) && isscalar(h))
53 -             this.h = h;
54 -             write(this.opcData.h, this.h);
55 -         end
56 -     end
57 - end
58 - end
```

RozhraniMatlabPLC / RozhraniMatlabPLC Ln 30 Col 45 OVR

Obr. 7.11 - Skript pro vytvoření RozhraniMatlabPLC část 2

8 ŘÍZENÍ VÝŠKY HLADINY DVOUSTAVOVÝM REGULÁTOREM A PID REGULÁTOREM

V této kapitole budou vyřešeny zadané úlohy pro regulaci výšky hladiny v modelu hydraulické soustavy. Pro správnou funkčnost je zapotřebí mít nastaveny všechny kroky uvedeny v předchozí kapitole 7. Bude používán soubor Komunikace PLC_OPC_MATLAB vytvořen v programu TIA Portal a simulátor v programu MATLAB. Nastavený OPC Server může běžet na pozadí, v něm žádné změny probíhat nebudou.

8.1 Podmínky regulace

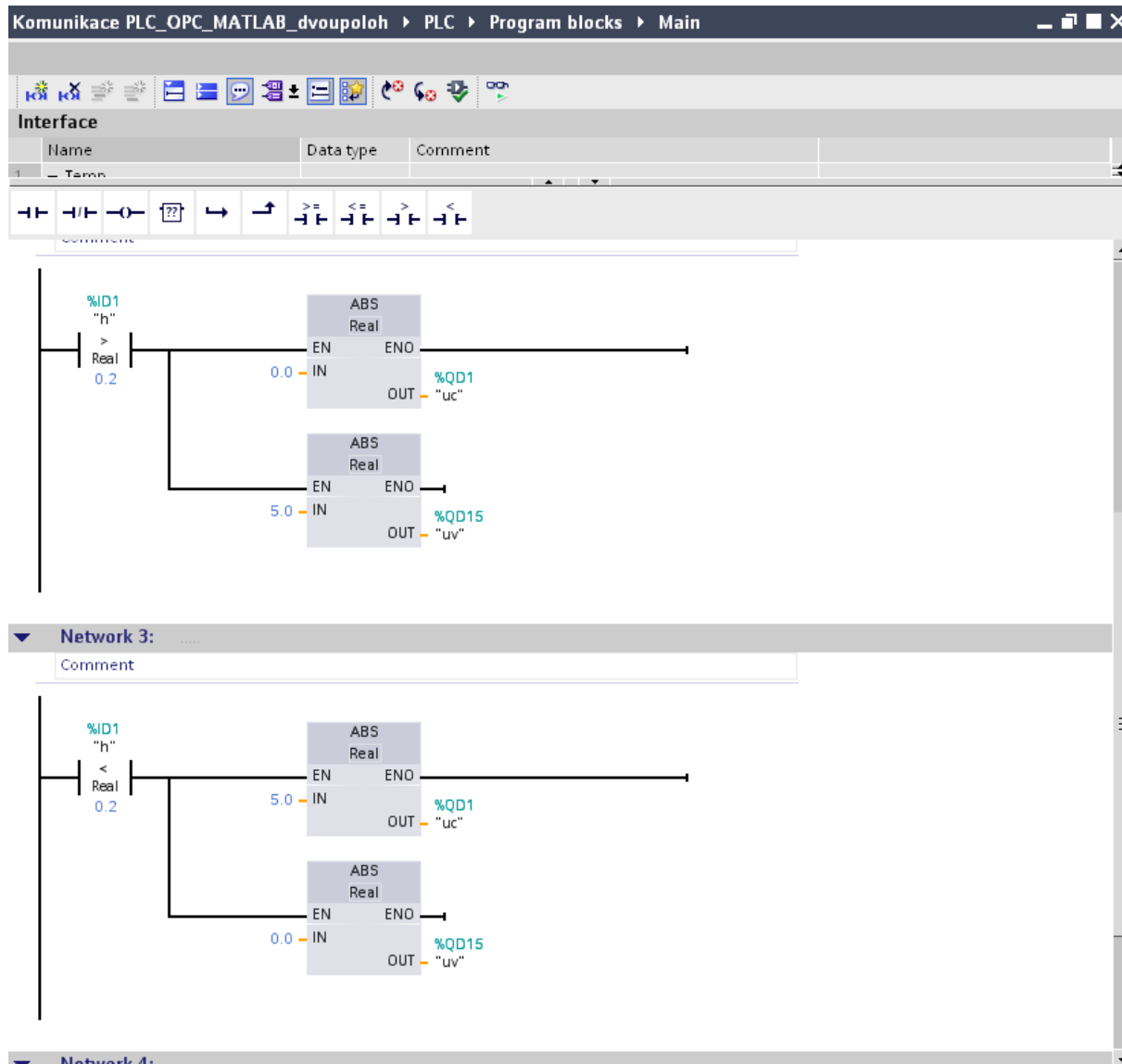
Požadovaná výška hladiny bude nastavena na 0,2 m. Regulovat se bude třemi způsoby. První je pomocí dvoustavového regulátoru, který bude přepínat mezi stavem, kdy bude na čerpadle maximální dovolené napětí a na ventilu nulové, a stavem opačným.

Druhým způsobem bude výška hladiny řízena PID regulátorem. Pro tento způsob bude akční veličina napětí na čerpadle a napětí na ventilu bude nastaveno ve skriptu RozhraniMatlabPLC v konstrukturu na hodnotu 1 V.

Poslední způsob je podobný druhému. V tomto případě bude akční veličina napětí na ventilu a konstantní napětí bude na čerpadle. Zvolená hodnota pro napětí na čerpadle, bude opět nastavena ve skriptu, je 3 V.

8.1.1 Řízení dvoustavový regulátorem

Při realizaci dvoustavového regulátoru budou zapotřebí bloky pro porovnání požadované výšky hladina a aktuální výšky hladiny.

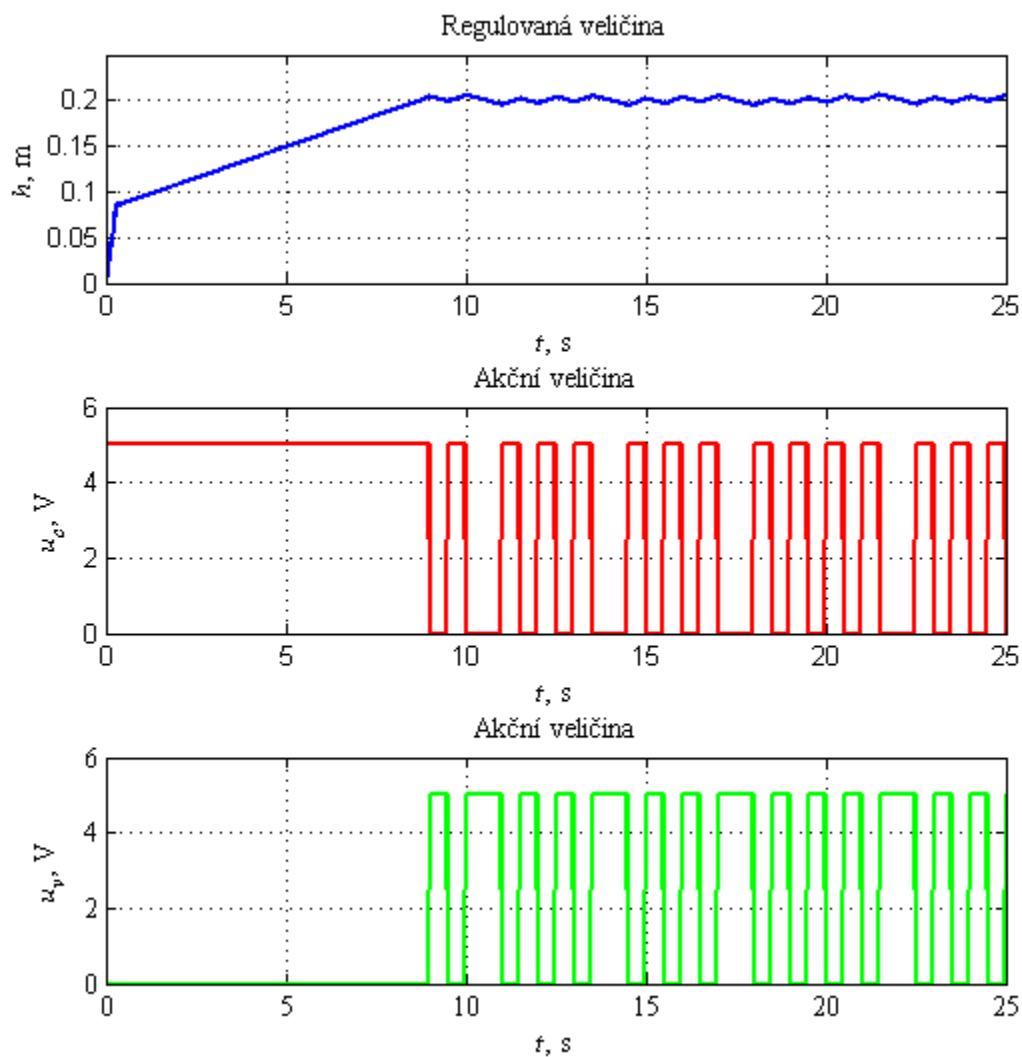


Obr. 8.1 - Program dvoustavového regulátoru

Ty se nacházejí ve sloupci Instructions ve složce Compare. Je zapotřebí zvolit bloky, které značí pouze větší, menší než vstupní veličina. Nikoliv je větší nebo rovno, menší nebo rovno.

Ve větvi Network 2 bude definován stav, kdy aktuální výška hladiny přesáhne žádanou. Proto se zde umístí blok větší než žádaná hodnota. Nyní se nastaví, jaká veličina bude porovnávána a s jakou hodnotou. V tomto případě se zvolí veličina aktuální výšky hladiny h , které se napíše do horní části bloku. Do spodní části se napíše velikost žádané veličiny, nastavení výšky hladiny na 0,2 m.

Za tímto blokem je zapotřebí větev rozdělit, tak aby mohly být definovány dva stavy. Do horní části je vložen blok absolutní hodnoty, který zajistí, že hodnota zapsaná na vstup IN bude zapsána na adresu uvedenou na výstupu OUT. Díky funkci absolutní hodnoty se zároveň zamezí zadání záporné hodnoty napětí.



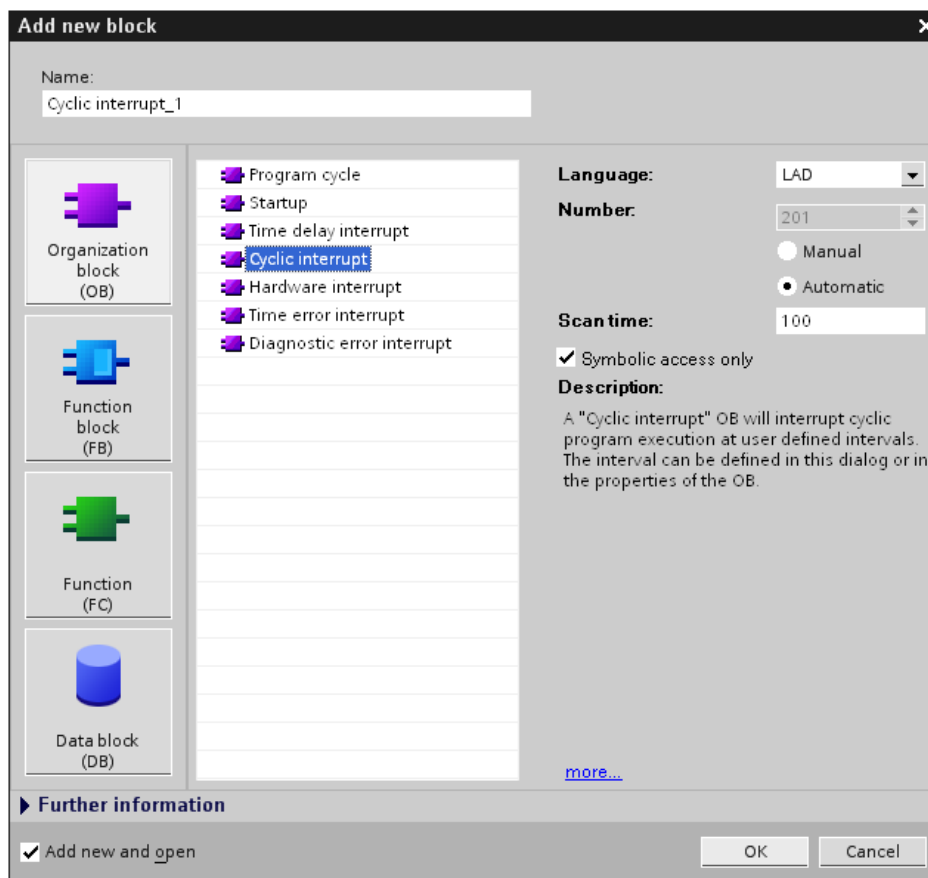
Obr. 8.2 - Průběh regulace dvoupolohový regulátorem

V bloku je tedy zapotřebí definovat vstup a adresu. Vstupní hodnota je zvolena nulová a je zapsána na adresu proměnné u_c . Do dolní části je opět vložen blok absolutní hodnoty a na jeho vstup je nastavena hodnota 5, která je zapsána na adresu proměnné u_v . Stejný postup bude i ve větvi Network 3, kde bude použit blok menší než žádaná a hodnoty v blocích absolutní hodnoty budou prohozeny, tak jak je uvedeno na obr. 8.1.

Nyní je zapotřebí projekt nově pojmenovat a uložit, např. Komunikace PLC_OPC_MATLAB_dvoupoloh. Dalším krokem je zkompilování a nahrání programu do PLC. Když proběhne nahrávání bez problému, lze spustit simulátor v MATLABu. Extrahovaná data z průběhu regulace jsou zobrazena v grafu na obr. 8.2, který je vytvořen pomocí MATLABu.

8.2 Řízení PID regulátorem

Při vytváření programu pro PID regulátor je zapotřebí vložit blok regulátoru vložit do správného organizačního bloku (ang. organization block). Ve složce Program blocks při vybrání Add new block musí být vybrán organizační blok s názvem Cyclic interrupt, který umožní přerušit provádění programu v definovaných intervalech. Výběr bloku je prezentován v obr. 8.3.



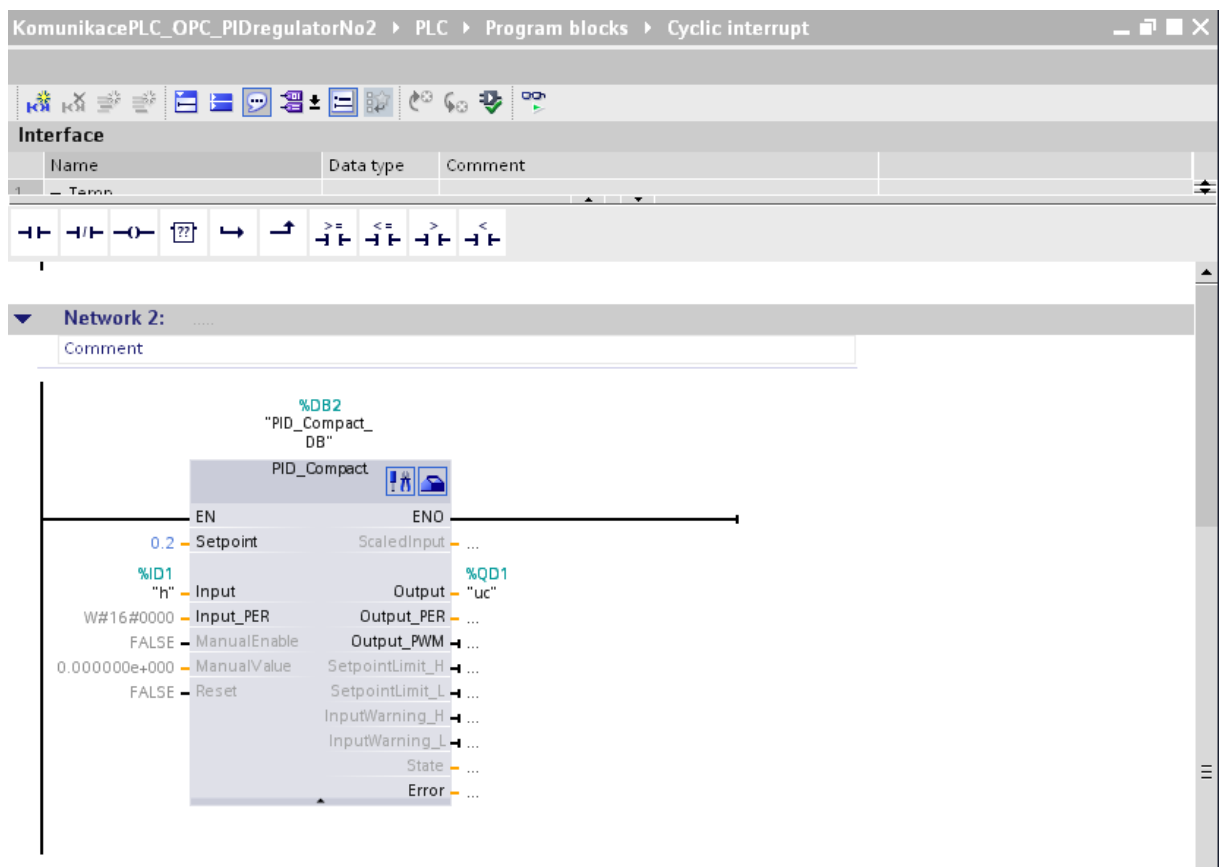
Obr. 8.3 - Výběr organizačního bloku pro PID regulátor

8.2.1 Akční veličina napětí na čerpadle

Ve skupině Extended instructions ve složce PID regulátor se nachází pouze jeden blok a to PID_compact. Ten se vloží to větve v bloku Cyclic interrupt. Na vstup, označeném Setpoint se nastavuje požadovaná hodnota, které má regulátor dosáhnout a následně ji udržovat konstantní. Druhý nastavovaný vstup je označen Input a na něj se přivádí výstupní veličina soustavy, tedy aktuální výška hladiny.

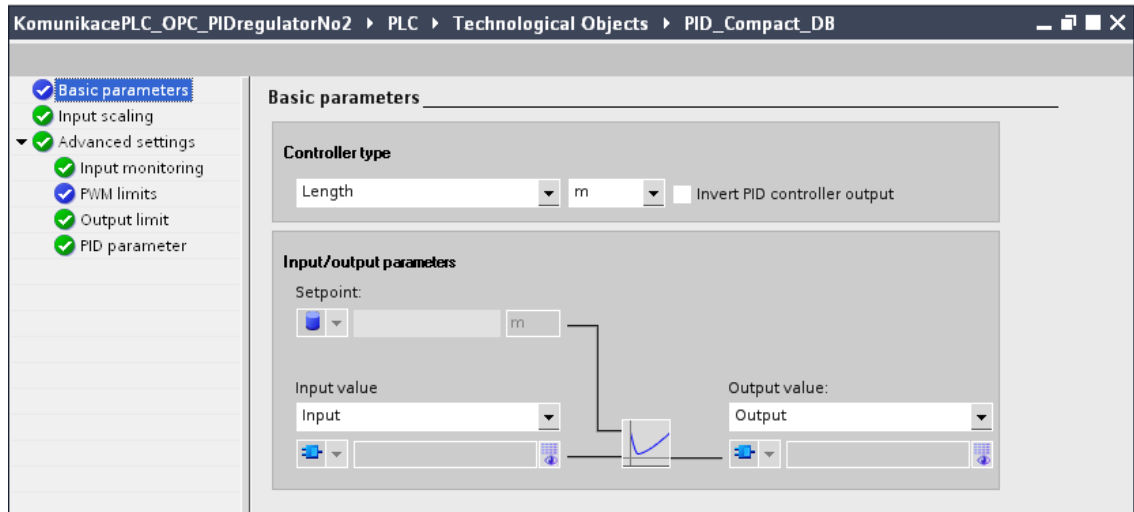
Akční veličinou je zde napětí na ventilu, které bude PID nastavovat a proto je na výstupu Output nastavena adresa této veličiny, tak jak je uvedeno na obr. 8.4. Zbylé vstupy a výstupy PID bloku jsou pro tuto práci nepotřebné a proto není zapotřebí je použít.

Nastavení parametrů PID regulátoru, omezení výstupu a nastavení limitů se nachází v záložce Configuration, kterou lze najít v pravém horním rohu, jedná se o tu ikonu, která je bližší k rohu bloku, anebo ve složce Technological Objects při rozbalení PID_Compact_DB.



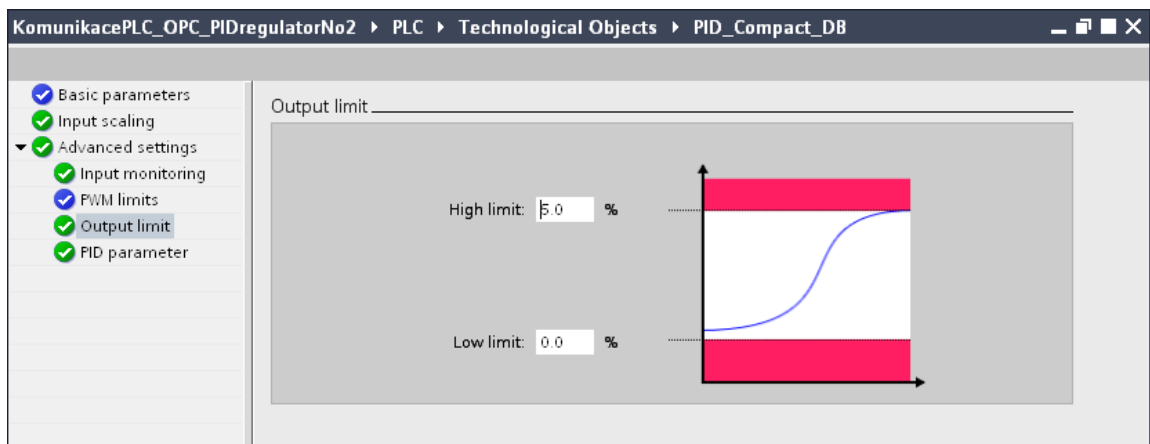
Obr. 8.4 - Nastavení PID regulátoru

První možností nastavení jsou tzv. Basic parameters. Zde je možnost nastavit typ jednotky pro vstup a setpoint. V tomto konkrétním případě je zvolena Length, délka, která má jednotku metry, jak je ukázáno na obr. 8.5.



Obr. 8.5 - Zvolení Basic parameters

Aby nedošlo k překročení maximálního napětí na čerpadle, musí se omezit akční zásah regulátoru. V obr. 8.6 je předvedeno omezení velikosti výstupní veličiny na 5%. Bohužel označení v procentech je poměrně zavádějící a nejde ovlivnit, nicméně výstup bude mít hodnotu 5 V.

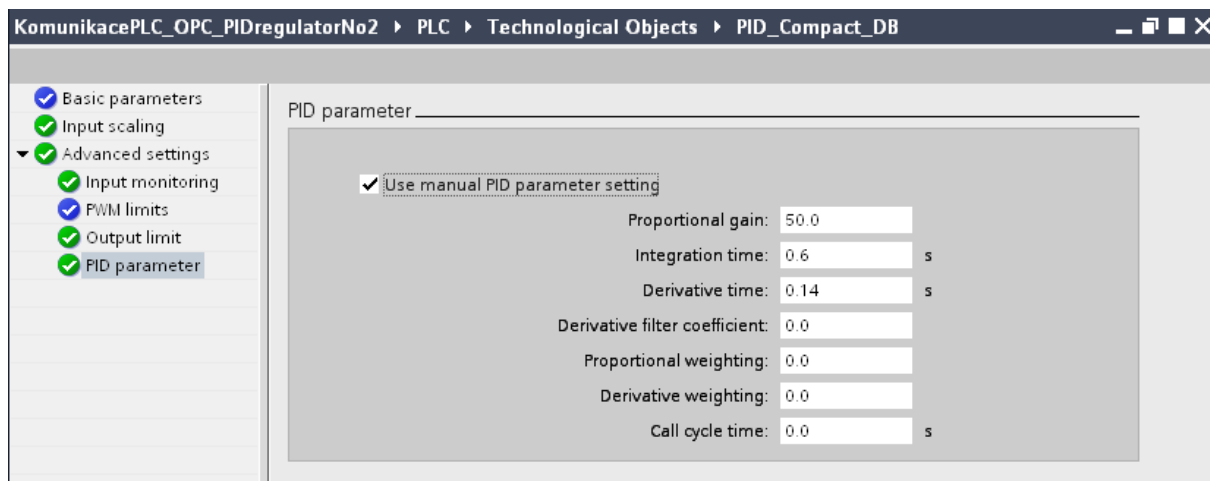


Obr. 8.6 - Omezení velikosti na výstupu regulátoru

Nastavení hodnot jednotlivých složek PID regulátoru lze provést v záložce PID parameter. Po označení Use manual Parametr setting má uživatel možnost dosadit vypočtené nebo zjištěné hodnoty jednotlivých položek regulátoru. Pro přesnější nastavení je tu možnost nastavit váhu proporcionální, derivační složky a dalších zpřesňujících parametrů.

Uživatel může také použít metody nastavování parametrů, kterou nabízí funkce automatického ladění, bude na ni poukázáno v následujícím textu. Tato metoda je ovšem někdy velice nepřesná a volí nevhodné parametry regulátoru, které způsobí časté spínání akčního členu a tedy i jeho časté opotřebení. Proto je lepší použít jinou metodu pro určování parametrů PID regulátoru.

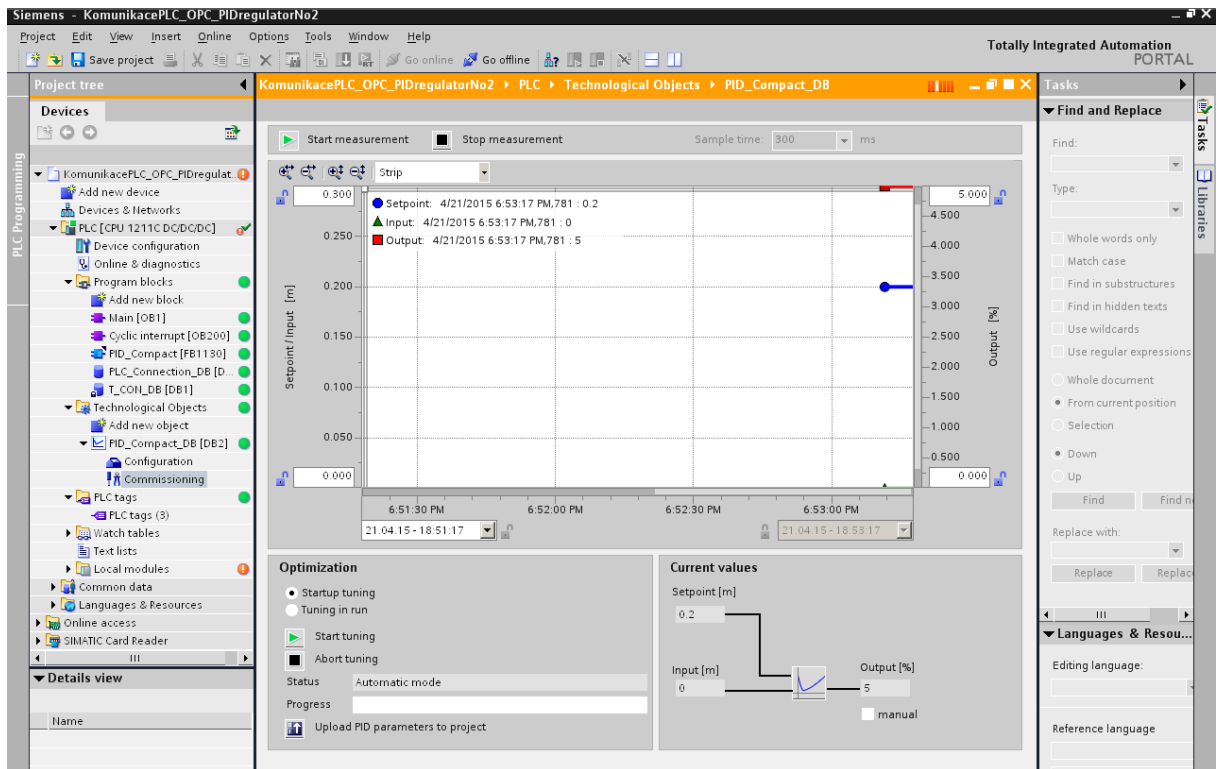
Pro regulování napětí na čerpadle byly zvoleny parametry, které jsou uvedeny v obr. 8.7.



Obr. 8.7 - Parametry PID regulátoru pro napětí na čerpadle

Nyní je zapotřebí program pojmenovaný `KomunikacePLC_OPC_PID_rizeni_uc` uložit, poté zkompilovat a nahrát do PLC. Pokud je program v pořádku nahrán, může uživatel přejít do online sledování. V horní liště je funkce `Go online`, která umožní přechod do daného režimu.

Když je program nahrán v PLC stejný a aktuální, jako program otevřený v TIA Portal, tak v levé části programu se zobrazí zelené indikátory, jak je ukázáno na obr. 8.8, které znázorňují kompatibilitu mezi prvky v PLC a v TIA Portal. Pokud byl nějaký prvek změněn, bez toho aniž by byl nahrán do PLC, bude daná sekce označena modrým a oranžovým půlkruhem, které tvoří kruh. V tomto případě je zapotřebí přejít zpět do offline režimu, program uložit, zkompilovat a opět nahrát do PLC.

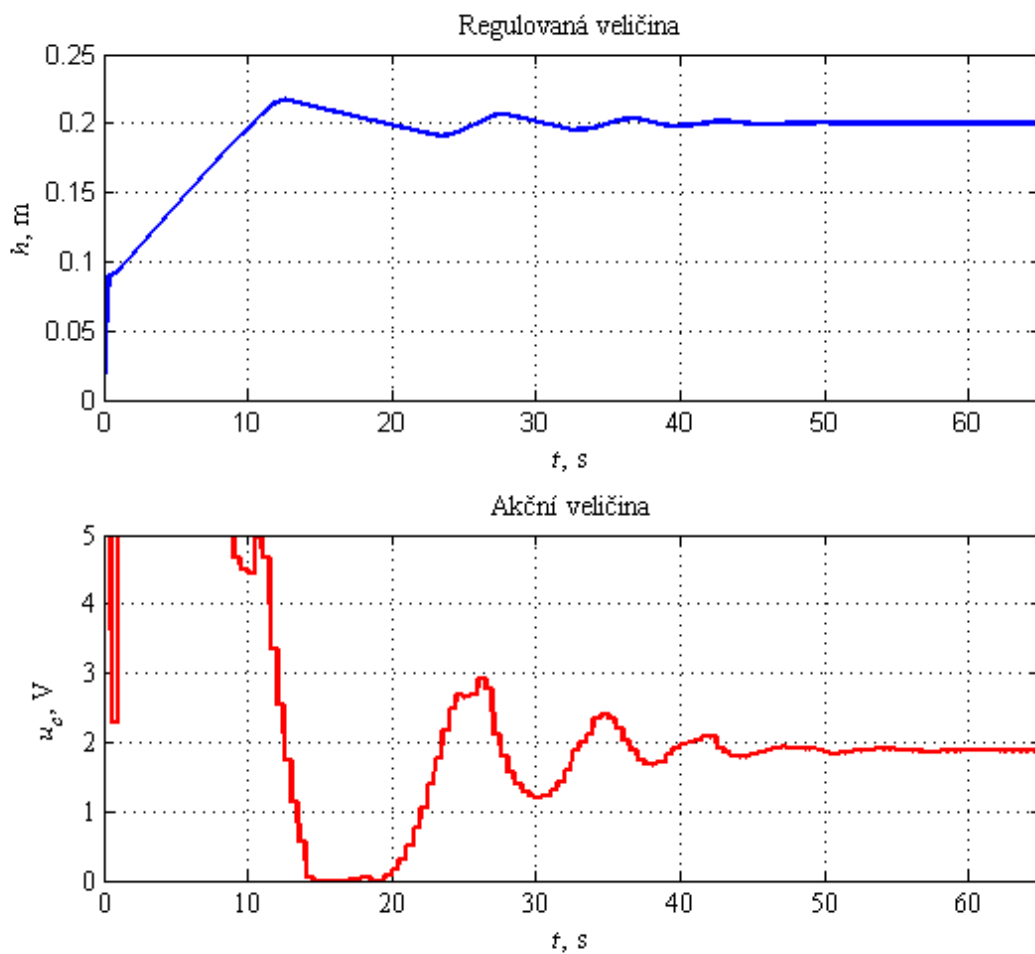


Obr. 8.8 - Spuštění online režimu

Pro spuštění regulátoru v online režimu musí uživatel ve složce Technological Object přejít na PID_Compact_DB a zvolit Commissioning. Zde se nachází možnost spustit měření, ale před tím je ještě zapotřebí otevřít simulátor v MATLABu. Pouze otevřít, nikoliv spustit. Otevřením se spustí OPC Server a vynulují se hodnoty proměnných.

Nyní lze spustit měření a zároveň regulátor stiskem tlačítka Start measurement. Bezprostředně potom musí uživatel spustit i simulátor v MATLABu. Výsledky regulace jsou uvedeny v grafech na obr. 8.9.

Pokud chce uživatel vyzkoušet metody automatického ladění, musí napřed odznačit možnost použití ručně zadaných parametrů regulátoru. Po opětovném nahrání a spuštění regulátoru zvolí v okně Optimization možnost Tuning in run a následnou metodu spustí tlačítkem Start tuning. Tímto způsobem zjištěné parametry lze uložit na místo, kde uživatel ručně zadával parametry, pomocí tlačítka Upload PID parameters to project.

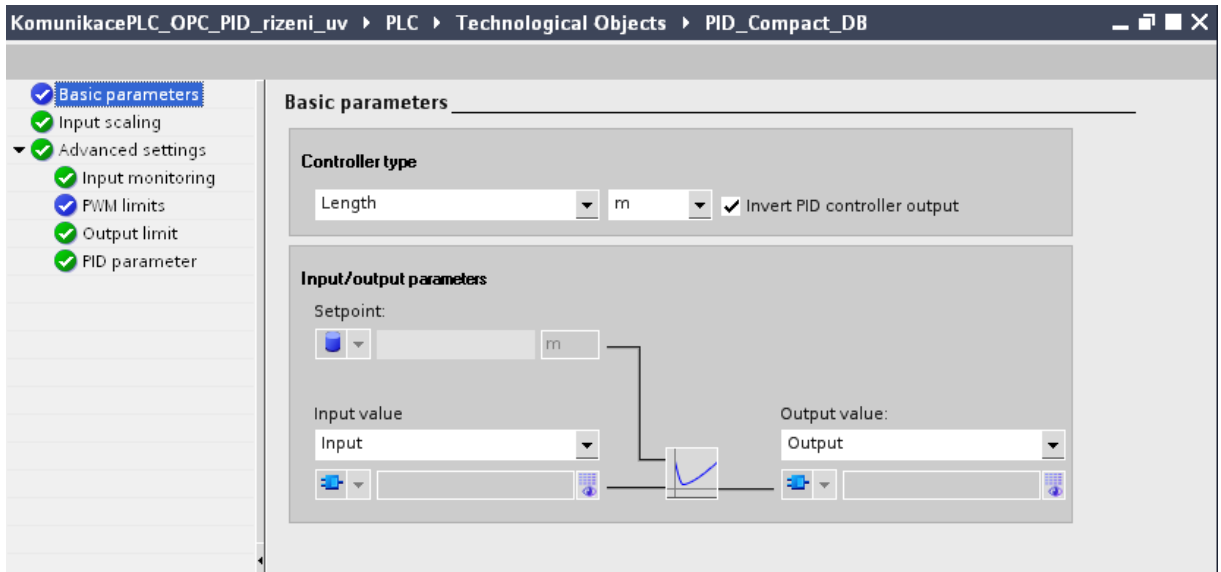


Obr. 8.9 - Průběh regulace za použití napětí na čerpadle jako akční veličiny

8.2.2 Akční veličina napětí na ventilu

Při výběru napětí na ventilu jako akční veličiny, lze uplatnit analogický postup jako v předchozím případě. Je však zapotřebí pár zásadních změn. Jako první se musí změnit výstup regulátoru z proměnné u_c na proměnnou u_v , tedy na napětí na ventilu.

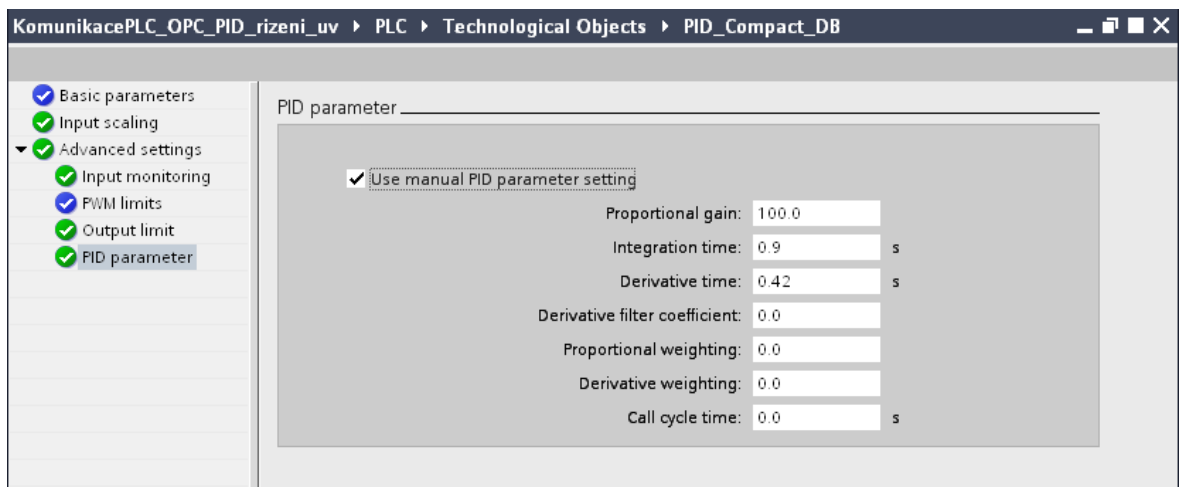
Další velmi zásadní změna proběhne v položce Basic parameters, kde uživatel musí označit Invert PID controller output, tak jak je znázorněno na obr. 8.10.



Obr. 8.10 - Změna logiky výstupu regulátoru

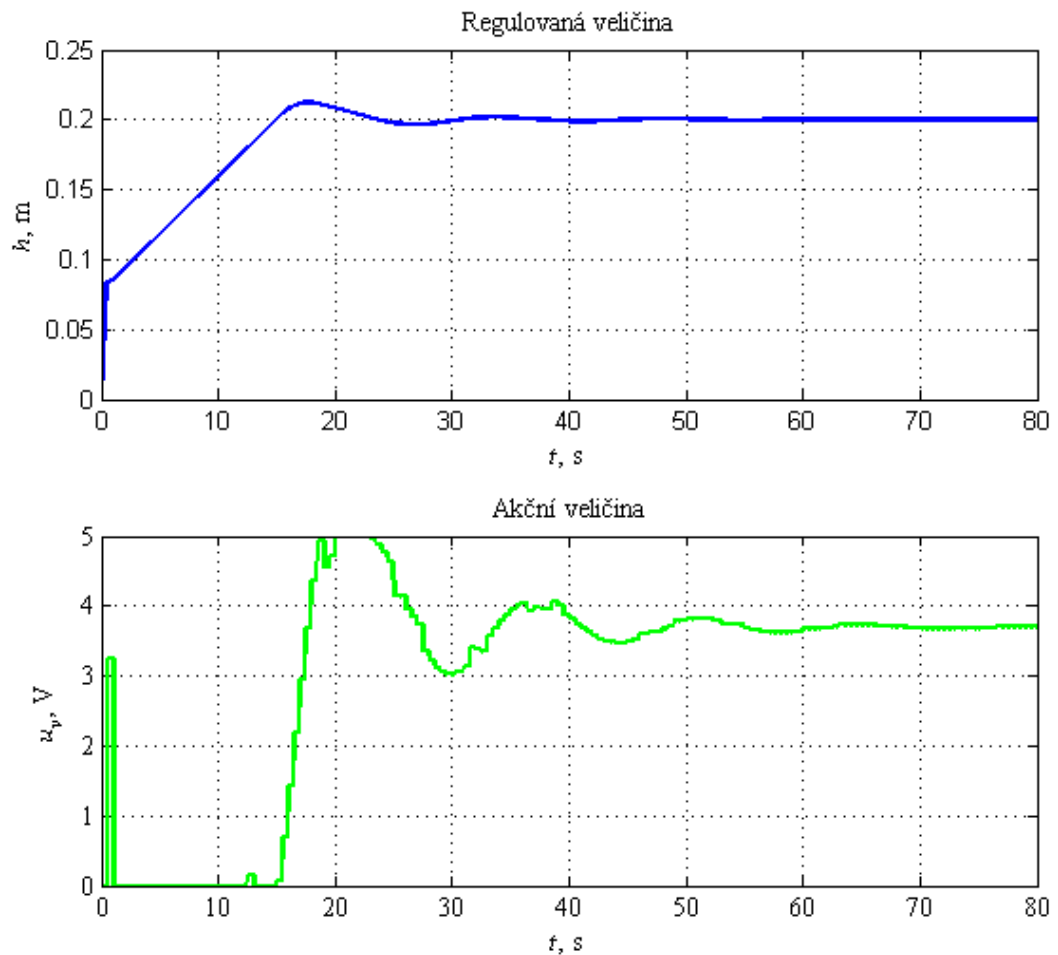
Dojde ke změně logiky výstupu regulátoru a to tak, že při spuštění regulátor začne reagovat až při dosažení a překročení žádané hodnoty.

Poslední změnou je použití jiných parametrů jednotlivých složek regulátoru. Uživatel má opět možnost nechat si parametry odladit samotným programem nebo zadat ručně podle své použité metody. Hodnoty parametrů jsou zobrazeny na obr 8.11.



Obr. 8.11 - Parametry PID regulátoru pro napětí na ventilu

Spuštění simulace a regulování výšky hladiny se provede stejným způsobem, jako v případě, kdy je akční veličinou napětí na čerpadle. Změřené průběhy jsou znázorněny v grafech na obr. 8.12.



Obr. 8.12 - Průběh regulace za použití napětí na ventilu jako akční veličiny

9 ZHODNOCENÍ

Z naměřených průběhů regulace výšky hladiny vyplývá následné hodnocení. Při použití dvoustavového regulátoru bylo velice rychle dosaženo žádané hodnoty. To ovšem za cenu velkého akčního zásahu a častého spínání jednotlivých akčních prvků. Nebylo ani dosaženo přesně žádané hodnoty, ale pouze výstupní hodnota kolem ní kmitala.

Při použití PID regulátoru bylo dosaženo přívětivějších výsledku. V případě použití napětí na čerpadle jako akční veličiny bylo dosaženo ustáleného stavu na žádané hodnotě v čase padesáti vteřin.

Když bylo za akční veličinu dosazeno napětí na ventilu, výsledky se mírně lišily. Hlavní rozdílem byl menší překmit přes žádanou hodnotu a následně i menší kmitání oproti předchozímu způsobu. Větší byla velikost času, za který se dosáhne ustálené hodnoty. Žádaná hodnota výšky hladiny byla dosažena v čase šedesáti vteřin.

10 ZÁVĚR

Úkolem této bakalářce práce bylo vytvořit robustní komunikaci mezi PLC, PC a řídit výšku hladiny dvoustavovým regulátorem a PID regulátorem.

Komunikace byla vyřešena pomocí OPC Serveru. K jeho založení byl použit software od firmy Kepware Technologies. Práce s programem byla bezproblémová, jeho ovládání bylo intuitivní a přehledné. Samotný program nabízí možnost zobrazit rychlého klienta serveru a tím si ověřit aktuální hodnoty všech tagů. Tento způsob komunikace je hojně využíván i průmyslu a proto je vhodné se s ním seznámit.

K nastavení PLC ke komunikaci je k dispozici manuál přímo od firmy Siemens AG, kde jsou možnosti nastavení podrobněji rozebrány. V této části též nebyly složitější problémy. Co se týče nastavení komunikace v MATLABu, velmi dobře posloužil samotný Help v programu, kde jsou potřebné příkazy důkladně popsány a to i pro prostředí Simulink.

K realizaci dvoustavového regulátoru byly použity základní bloky a jednoduché řešení, které bylo umožněno transparentní logikou regulátoru. Důležitá je správnost nastavení porovnávacích hodnot jednotlivých bloků. Použití dvoustavového regulátoru je ovšem v tomto případě pouze teoretické. Pro tuto úlohu není vhodný, protože by docházelo k velmi častému spínání jednotlivých akčních členů. To by způsobovalo jejich vysoké opotřebení v krátkém časovém intervalu a snížení spolehlivosti.

Při implementování PID bloku docházelo k menším problémům, kdy při změně parametrů PID a při následném nahrání programu do PLC program hlásil chybu s pamětí PLC. Pro znovu zprovoznění bylo zapotřebí provést restart PLC. Další postup byl bez větších problémů a v prostředí TIA Portal se velmi dobře orientuje.

Literatura

- G.U.N.T HAMBURG. 2005. *RT 010 Training System: Level Control*. [online]. Basrbüttel. [cit. 6. 4. 2015]. Dostupné z: http://www.gunt.de/static/s3411_1.php#
- HOUCQUE, D. 9/2005. *Introduction to Matlab for engineering students*. [online]. Northwestern University. [cit. 10. 4. 2015]. Dostupné z: <https://www.mccormick.northwestern.edu/documents/students/undergraduate/introduction-to-matlab.pdf%0e>
- CHLEBNÝ, J. a kol. 2009. *Automatizace a automatizační technika 3: Prostředky automatizační techniky*. 4. aktualiz. vyd. Brno: Computer Press. 296 s. ISBN 978-80-251-2523-6
- KEPWARE TECHNOLOGIES. ©2015. About OPC: Open Connectivity through Open Standards. In: *Kepware.com* [online]. [cit. 5. 4. 2015]. Dostupné z: http://www.kepware.com/Menu_items/industry OPC Foundation.asp
- OPC FOUNDATION. ©2015. What is OPC?. In: *Opcfoundation.org* [online]. [cit. 5. 4. 2014]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- SIEMENS AG. 12/2009. *Simatic TIA Portal STEP7 Basic V10.5: Getting Started*. [online]. Nürnberg. [cit. 12. 3. 2015]. Dostupné z: http://cache.automation.siemens.com/dnl/jU/jU0MTkwOQAA_40263542_HB/GS_STEP7_Bas105enUS.pdf
- SIEMENS AG. 4/2012. *Simatic s7-1200 Programmable controller: System Manual*. [online]. Nürnberg. [cit. 12. 3. 2015]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosysteme/simatic_s71200/manual_s7-1200_2012-04_en.pdf
- SIEMENS AG. 27. 4. 2011 What are the requirements for installing STEP 7 Basic V10.5?. In: *Support.industry.siemens.com* [online]. [cit. 12.3 2015]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/42100716?lc=en-WW>