ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ŘÍDICÍ TECHNIKY

Automat SoftLogix5800 a vizualizace RSView32

květen 2012

vypracoval: Pavel Schamberger
vedoucí práce: Ing. Jindřich Fuka

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 23.5.2012

podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu Ing. Jindřichu Fukovi za vedení během prací na modelech a za úvod do dané problematiky.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Pavel Schamberger**

Studijní program: Kybernetika a robotika
Obor: Systémy a řízení

Název tématu: **Automat SoftLogix5800 a vizualizace RSView32**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se softwarovým řešením programovatelného automatu SoftLogix5800 firmy Rockwell Automation a vizualizačním softwarem RSView32.
2. Zpracujte základní popis vlastností automatu SoftLogix5800 a jeho provázání s vizualizačním softwarem RSView32.
3. Vytvořte pomocí vizualizačního softwaru RSView32 zjednodušené virtuální modely systémů pro logické a i spojité řízení podle výukových modelů v laboratoři KN:E-23.
4. Navrhněte a vypracujte vhodné příklady řízení a vizualizace pro podporu výuky.

Seznam odborné literatury:

[1] www.ab.com
[2] Martinásková Marie, Šmejkal Ladislav: PLC a automatizace I a II, Ben Praha, 2005

Vedoucí: Ing. Jindřich Fuka

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2012/2013

L.S.

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 25. 4. 2012

Abstrakt

V této práci jsem se zabýval softwarovým řešením programovatelného automatu SoftLogix5800, především pak tvorbou virtuálních modelů některých systémů umístěných v laboratoři Allen-Bradley K23. Pro práci byl použit software společnosti Rockwell Automation. Virtuální modely jsou vytvářeny s cílem přiblížit fungování reálných systémů studentům v budoucích předmětech. Virtuální modely by měly částečně nahradit skutečné modely umístěné v laboratoři, které jsou díky nahodilému vývoji nejednotné. Po nainstalování potřebného softwaru by měl být student schopen pracovat na přidělené úloze na jakémkoli počítači.

Abstract

In this work, I was working with software solution SoftLogix5800, primary the creation of virtual models of some systems located in the Allen-Bradley Laboratory in room K23. For work will be used software from Rockwell Automation. Virtual models are created with meaning of the virtual models determined in the proximity of their activities in real models to students in future subjects. Virtual models should partly replace physical models located in the laboratory, which are scattered through the development of non-uniform. After installing the required software student could work on assigned tasks on any computer.

Obsah

Seznam obrázků……..……viii

Seznam tabulek……..……ix

1 Úvod 1

2 Použité technologie 2

2.1 SoftLogix5800 2
2.2 RSLogix5000 4
2.3 RSView32 4
2.4 Provázání SoftLogix5800 a RSView32 6
2.5 RSLogix 5000 Source Protection 13

3 Model polohovacího zařízení 14

3.1 Popis skutečného modelu 15
3.2 Popis virtuálního modelu 16

4 Model vodárny 18

4.1 Popis skutečného modelu 18
4.2 Popis virtuálního modelu 20
4.3 Eulerova metoda 21
4.4 Jednoduchá modifikace virtuálního modelu 23
4.5 Základní řízení 24

5 Model elektrárny 25

5.1 Popis skutečného modelu 26
5.2 Popis virtuálního modelu 27
5.3 Dopravní zpoždění 28
5.4 Jednoduchá modifikace virtuálního modelu 28
5.5 Základní řízení 29

6 Podpora výuky 30

6.1 Kalkulačka 30
6.2 Rozdíl hladin 30
6.3 Rozšíření vodárny 31

6.4 Piškvorky 31
6.5 Tovární hala 31
6.6 Řízení elektrárny 31

7 Závěr 32

8 Literatura 33

A Seznam zkratek I

B Seznam softwaru II

C Obsah přiloženého CD III

D Konfigurace tagů IV

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Chasis Monitor s přehledem aktuálně používaného automatu 3
Obrázek 2.2: Nabídka modulů 3
Obrázek 2.3: Přehled připojení pomocí OPC 5
Obrázek 2.4: Prázdné šasi 6
Obrázek 2.5: Přidání nového ovladače 7
Obrázek 2.6: Cesta k procesoru 7
Obrázek 2.7: Záložka Data Collection 8
Obrázek 2.8: Záložka Advanced Communication 8
Obrázek 2.9: Okno projektu 9
Obrázek 2.10: Položka Channel 9
Obrázek 2.11: Položka Node 10
Obrázek 2.12: Nový projekt 11
Obrázek 2.13: Nový modul 11
Obrázek 2.14: Registrování tagu 12
Obrázek 2.15: Test tagu 12
Obrázek 2.16: Zamčená routina 13

Obrázek 3.1: Polohovací zařízení ZB-300 firmy Jetline engeneering 14
Obrázek 3.2: Skutečný model 15
Obrázek 3.3: Model polohovacího zařízení 16
Obrázek 3.4: Ukázka logiky 17
Obrázek 4.1: Skutečný model vodárny 18
Obrázek 4.2: Ovládací panel vodárny 19
Obrázek 4.3: Virtuální model vodárny 20
Obrázek 4.4: Simulinkový model jedné nádrže s trvalým odtokem 21
Obrázek 4.5: Porovnání výsledků přímého výpočtu s výsledkem Eulerovy metody 22
Obrázek 4.6: Detail použití Eulerovy metody 22
Obrázek 4.7: Blok Compute jedné nádrže s trvalým odtokem 23
Obrázek 4.8: Tagy ovlivňující parametry prvků 23
Obrázek 4.9: PID regulátor pro vodárnu 24
Obrázek 5.1: Principiální schéma přečerpávací vodní elektrárny 25
Obrázek 5.2: Skutečný model elektrárny 26
Obrázek 5.3: Virtuální model elektrárny 27
Obrázek 5.4: Pár FFU – FFL 28
Obrázek 5.5: Tagy ovlivňující parametry prvků 28
Obrázek 5.6: PID regulátor pro elektrárnu 29
Obrázek 5.7: Ovládací okno elektrárny 29
Obrázek 6.1: Možná podoba kalkulačky 30

Seznam tabulek

Tabulka D.1: Konfigurace Tagů polohovacího zařízení IV
Tabulka D.2: Konfigurace tagů vodárny V
Tabulka D.3: Zapojení tagů elektrárny V

Kapitola 1

Úvod

Bakalářská práce se zabývá možnostmi použití softwarového řešení programovatelného automatu SoftLogix5800 od firmy Rockwell Automation v praktické výuce programování automatů. Především pak má za cíl vytvořit sadu zjednodušených virtuálních modelů, které se jak funkčně tak vzhledově podobají těm skutečným nacházející se v laboratoři Allen-Bradley K23 katedry řídicí techniky Elektrotechnické fakulty na Karlově náměstí. Vytvoření virtuálních modelů je také důležité pro sjednocení používaných modelů. Aktuální situace je taková, že se v laboratoři nachází nedostatečný počet modelů v různých generacích a i nedostatečný počet programovatelných automatů. Výuka ve větším počtu studentů tak není možná. SoftLogix5800 nainstalovaný na všech počítačích tyto potíže vyřeší.

Práce je rozdělena na tři hlavní části. Po úvodu se v druhé kapitole čtenář seznámí s technologiemi, které jsou použity pro vytvoření modelů. Zjistí jak vytvořit spojení mezi jednotlivými programy pomocí OPC serveru a dozví se, jakým věcem by se měl při tvorbě vyvarovat. Následující tři kapitoly detailně porovnávají vytvořené virtuální modely s reálnými systémy a ukazují jejich hlavní vlastnosti. V příloze je ke každému virtuálnímu modelu tabulka, která obsahuje důležité informace, které bude každý uživatel k úspěšné práci potřebovat. Poslední kapitola obsahuje příklady zadání úloh, které můžou sloužit vyučujícím pro přípravu předmětu.

Kapitola 2

Použité technologie

2.1 SoftLogix5800

Softwarové řešení SoftLogix5800 je softwarová realizace programovatelného automatu Controllogix spustitelná na všech počítačích vybavených 32bitovými Windows. V počítači se virtuální automat chová stejně, jako kdybyste měli připojen automat skutečný s tou výhodou, že rozšíření nebo úprava SoftLogixu je nejenom jednodušší, ale i bez vedlejších finančních nákladů. Můžete si tak v pohodlí svého počítače vytvořit automat, který může v určitých ohledech nahradit automat skutečný.

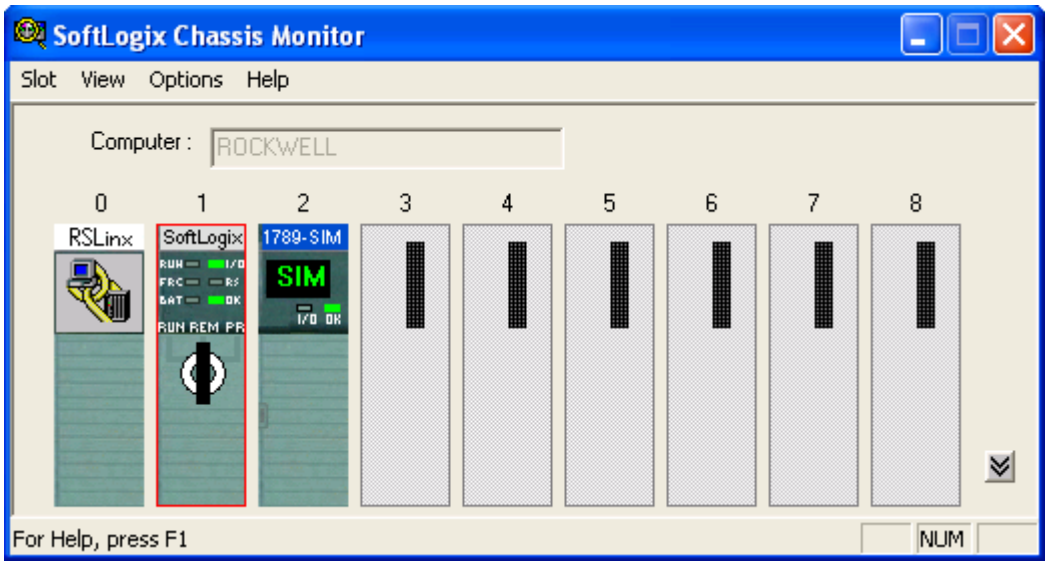
Je možné použít simulační vstupně výstupní (I/O) digitální modul. Dále je možné připojit množství PCI karet (ty musí být v počítači umístěny). V mém případě jsem si vystačil s procesorem 1789-L60/A a simulačním vstupně/výstupním digitálním modulem 1789-SIM. Další vstupy a výstupy získáváme pomocí vizualizačního softwaru RSView32, jež je schopný zapisovat do a číst z vnitřních proměnných programu v SoftLogixu pomocí OPC serveru komunikačního programu RSLinx.

Jedno z možných použití SoftLogixu v průmyslovém prostředí je optimalizace navrženého programu tak, aby se zamezilo škodám způsobených chybou nebo nedokonalostí programu. SoftLogix5800 také dokáže plně nahradit skutečný automat.

SoftLogix5800 umožňuje propojit programování, ovládání, vizualizaci a sběr dat na průmyslovém nebo osobním počítači a minimalizovat finanční náklady na hardware a problémy při počáteční instalaci. Kombinuje vysoký výkon procesorů Logix s pokročilými možnostmi počítače. Je plně kompatibilní se všemi ostatními programy společnosti Rockwell Automation.

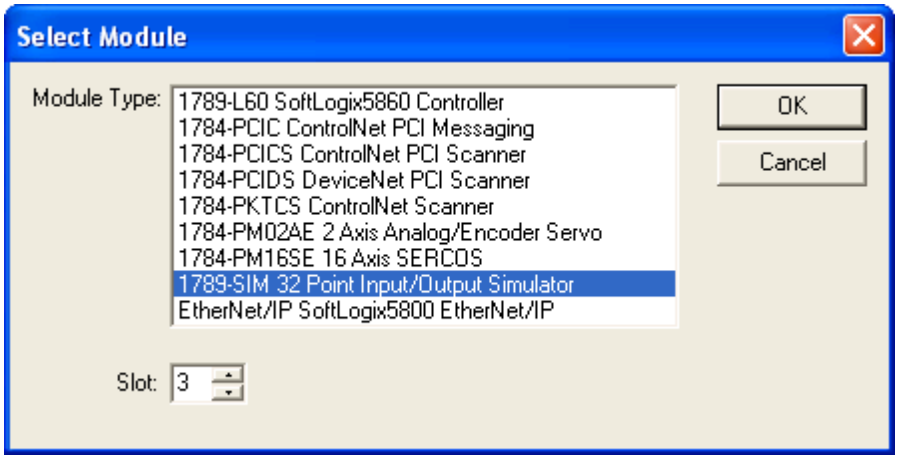
Mimo jiné SoftLogix umožňuje detailní nastavení:

- velikosti paměti podle požadavků aplikace,
- libovolného druhu komunikace použitím komunikačních karet,
- rozdělení aplikace do úkolů pro strukturované programování,
- simulačního I/O modulu pro snadnější návrh.



Obrázek 2.1: Chasis Monitor s přehledem aktuálně používaného automatu

Systém SoftLogix5800 využívá virtuální šasi (tzv. Chasis Monitor), ve kterém zobrazuje moduly do něho vložené. Všechny moduly jsou umístěny ve virtuální základní desce (backplane). Virtuální šasi funguje jako skutečné v tom, že spojuje moduly a umožňuje jejich komunikaci. Vytvoření nového modulu je tak velice jednoduché. Jednoduše kliknete pravým tlačítkem myši nad volnou pozicí, vyberete Create a v nově otevřeném okně vyberete požadovaný modul. Po tomto zapojení je již modul plně přístupný pomocí programu RSLogix5000.



Obrázek 2.2: Nabídka modulů

Výhody použití systémů SoftLogix:

- oproti použití skutečného procesoru jsou programy spravované systémem SoftLogix rychlejší, zvládají vykonat tisíc řádků programu během jedné milisekundy (v závislosti na PC),
- je možné vytvářet vlastní rozšíření prostředí pomocí programovacího jazyka C,
- SoftLogix umožňuje připojení k velké škále sítí, včetně EtherNet, EtherNet/IP, DeviceNet, ControlNet.

2.2 RSLogix5000

Je základní programovací prostředí pro programovatelné automaty Allen-Bradley. Umožňuje čtyři způsoby programování:

- příčkový diagram (Ladder Diagram),
- sekvenční diagram (Sequential Function Chart),
- funkční bloky (Function Block Diagram),
- strukturovaný text (Structured text).

2.3 RSView32

RSView32 je prostředí pro sledování a řízení automatizovaných procesů. Je plně kompatibilní s dalšími produkty firmy Rockwell Software. Za použití malého úsilí lze připojit i prvky jiného výrobce.

Mezi jeho pokročilé funkce patří:

- SPC – statistický sběr dat v reálném čase,
- TrendX – zobrazení průběhů veličin v reálném čase,
- Webový server – umožní náhled obrazovky zpřístupnit pomocí webového prohlížeče,
- Active Display System – je možné připojit externí vzdálený ovládací panel.

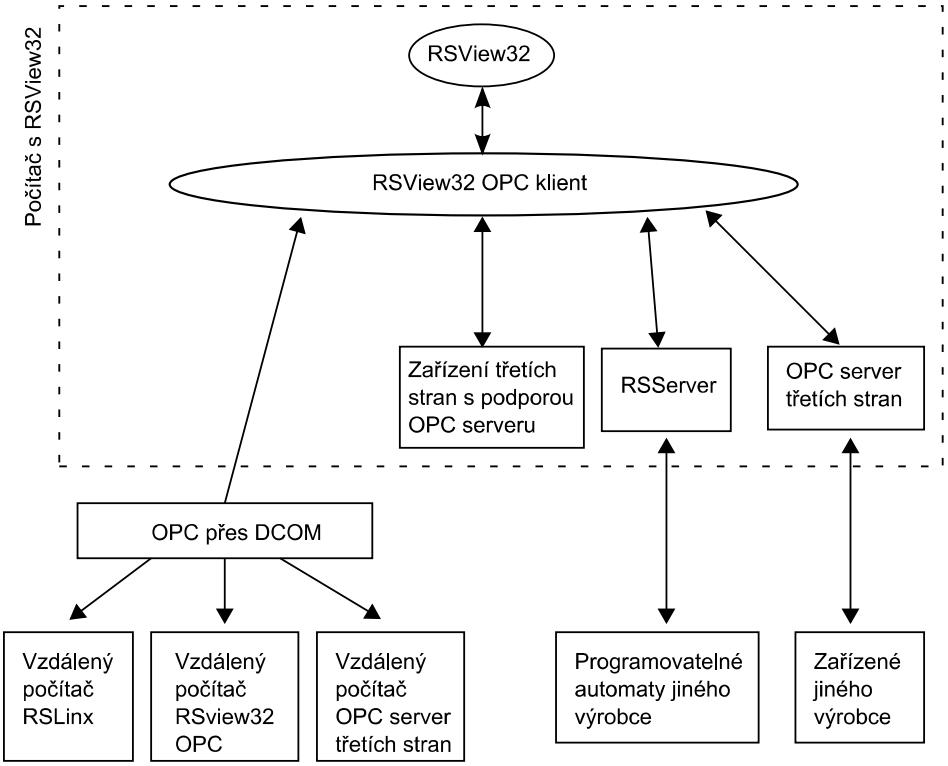
RSView32 je distribuován ve dvou variantách RSView32 Runtime a RSView32 Works. Verze Runtime slouží pouze k používání vytvořené vizualizace. Je vhodná pro použití obsluhou sledovaného zařízení. Ve skutečném provozu by se mohlo stát, že operátor pozmění kritické nastavení vizualizace a díky tomu by sledovaný systém mohl zkolabovat.

Oproti ní verze Works umožňuje kompletní vytváření a editaci vizualizací. Verze Works v sobě také obsahuje prostředí pro spouštění Runtime, takže následné používání a případné ladění chyb vizualizace je možné bez dalšího zásahu.

Pro vzájemnou komunikaci můžeme vytvořit DDE nebo OPC server. Pro komunikaci s virtuálním automatem používám OPC server.

Pomocí OPC serveru je možné připojit RSView32:

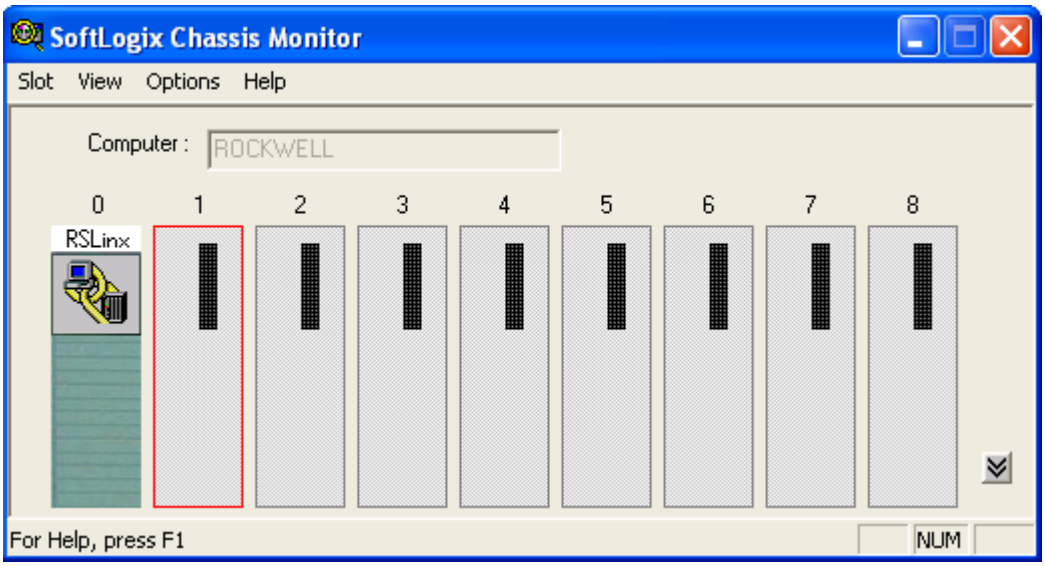
- ke komunikačním zařízením pomocí RSLinx,
- k zařízením třetích stran (musí mít vlastní OPC server),
- k dalšímu počítači s nainstalovaným RSView32,
- k aplikaci jiného výrobce umístěné na stejném počítači nebo v síti.



Obrázek 2.3: Přehled připojení pomocí OPC

2.4 Provázání SoftLogix5800 a RSView32

Výchozí okno nástroje SoftLogix Chassis Monitor vypadá takto:



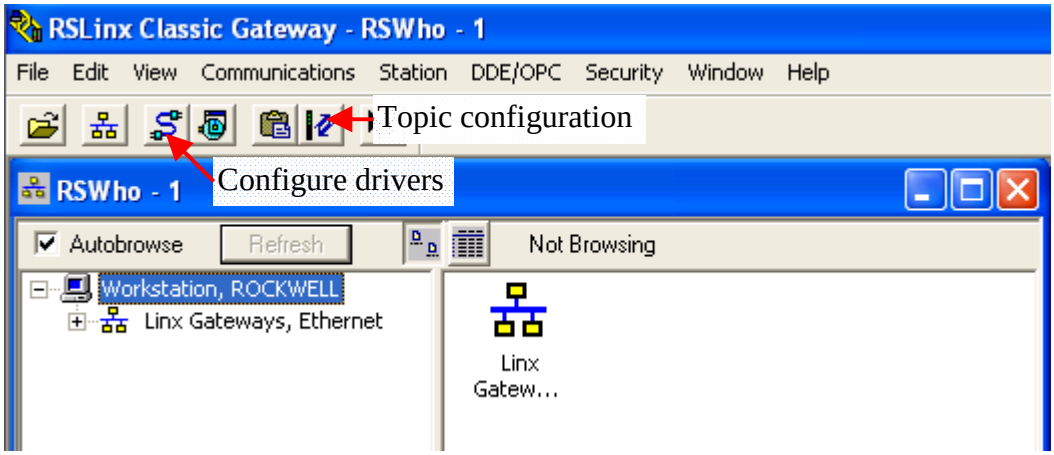
Obrázek 2.4: Prázdné šasi

Jako první přidáme procesor. To provedeme klepnutím pravým tlačítkem myši na nejlépe levý krajní slot a vybráním možnosti Create. Tím se dostaneme do nabídky výběru modulu. Na výběr je pouze jediný typ procesoru a to 1789-L60 SoftLogix5860 Controller. Ponecháme vše na výchozích hodnotách.

Další přijde na řadu vstupně výstupní (I/O) modul. Pro základní účely bude stačit 1789-SIM 32 Point Input/Output Simulator. Zde není kromě libovolného názvu co nastavovat. Automat je tímto nastaven a můžeme přejít k tvorbě OPC serveru.

Jak jsem již uvedl všechny programy se propojí pomocí OPC serveru. Ten je potřeba vytvořit pomocí plné verze RSLinx. OPC server je aplikace běžící na pozadí MS Windows, v tomto případě je od Rockwell Software. OPC server umí komunikovat s programovatelným automatem pomocí různých spojení a zároveň umí komunikovat s aplikacemi běžícími ve Windows.

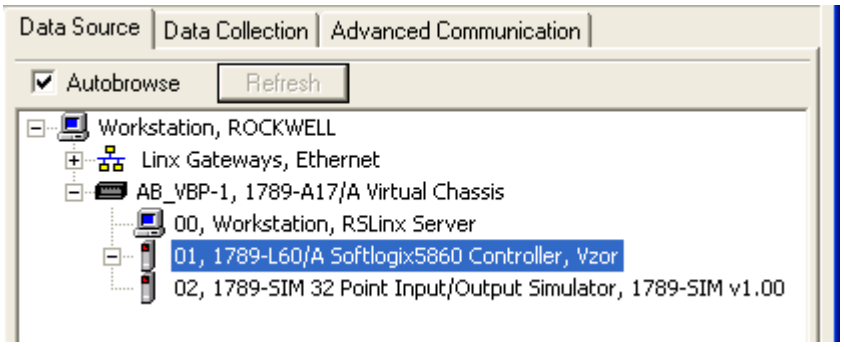
Dále je nutné vytvořit v RSLinxu virtuální driver AB_VBP-1. Kliknutím na tlačítko Configure drivers vyvoláte okno, ve kterém vyberte v nabídce Virtual Backplane (SoftLogix58xx, USB) nový ovladač připojení. Pojmenujte ho například AB_VBP-1.



Obrázek 2.5: Přidání nového ovladače

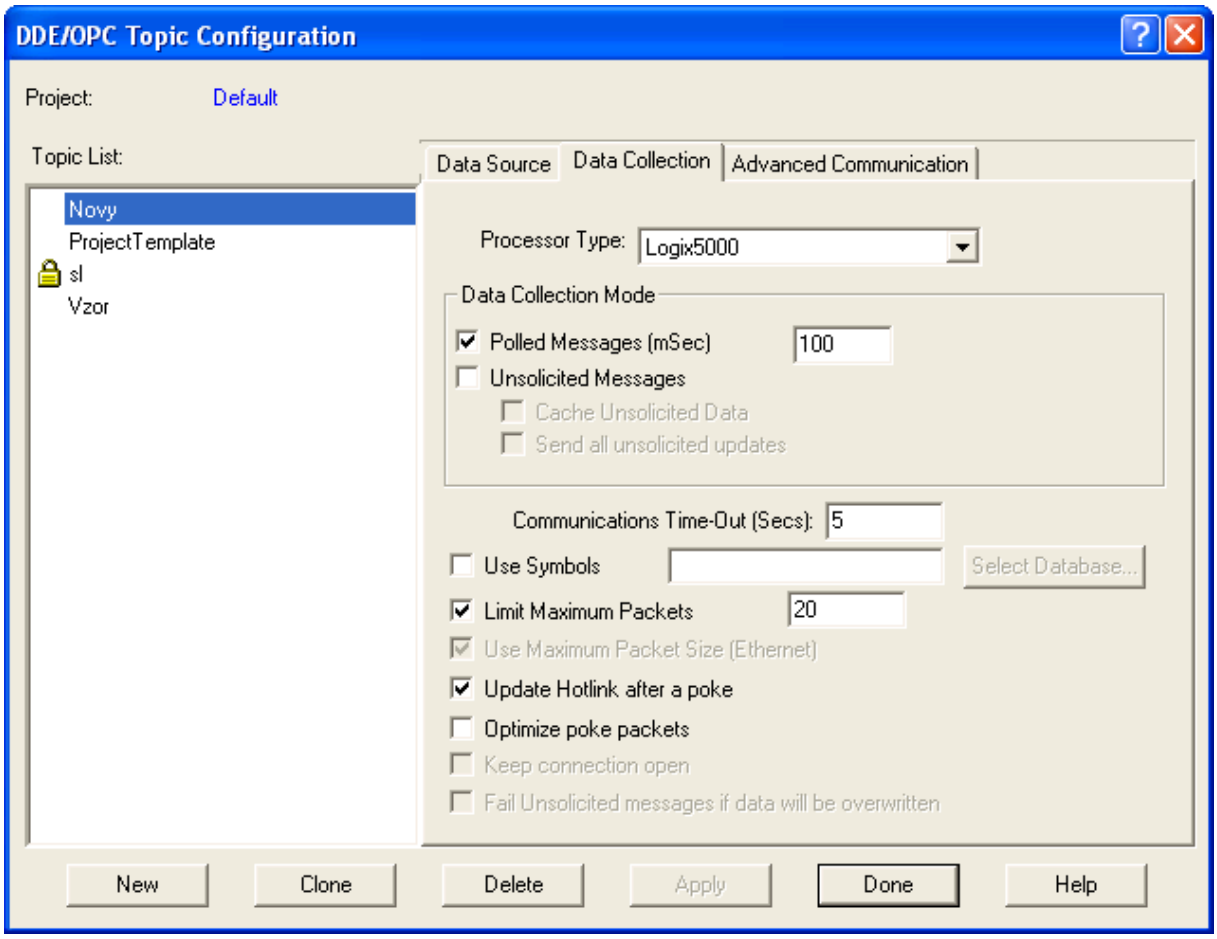
V hlavním panelu klikněte na tlačítko Topic configuration a vyskočí okno se seznamem. Klepnutím na tlačítko New vytvoříme a pojmenujeme nový Topic.

Záložka Data Source obsahuje seznam vytvořených šasi, které jsou připojeny pomocí různých rozhraní. Náš virtuální automat se nachází v AB_VBP-1, 1789-A17/A Virtual Chassis.



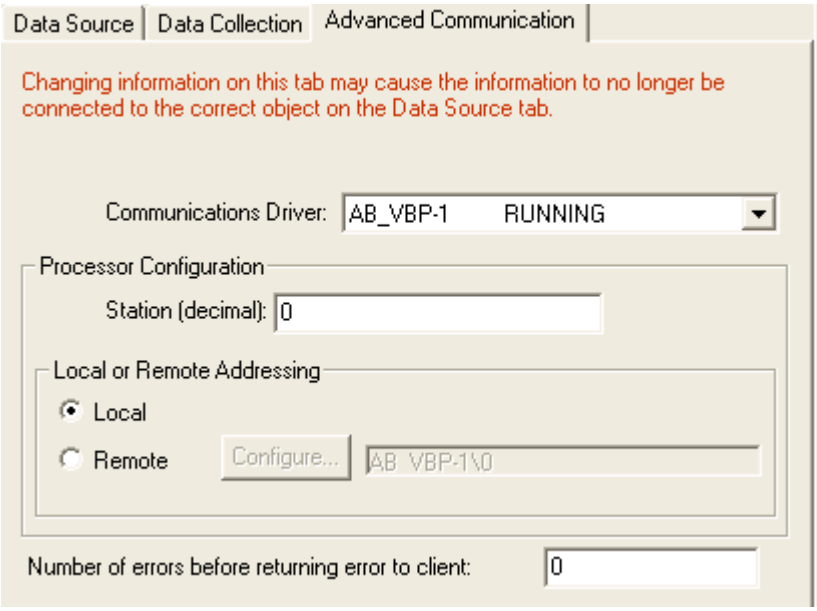
Obrázek 2.6: Cesta k procesoru

V záložce Data Collection je potřeba zvolit typ procesoru Logix5000. Ostatní položky můžete nechat na výchozích hodnotách. V průběhu vytváření programu můžete experimentovat s hodnotou Polled Messages v milisekundách.



Obrázek 2.7: Záložka Data Collection

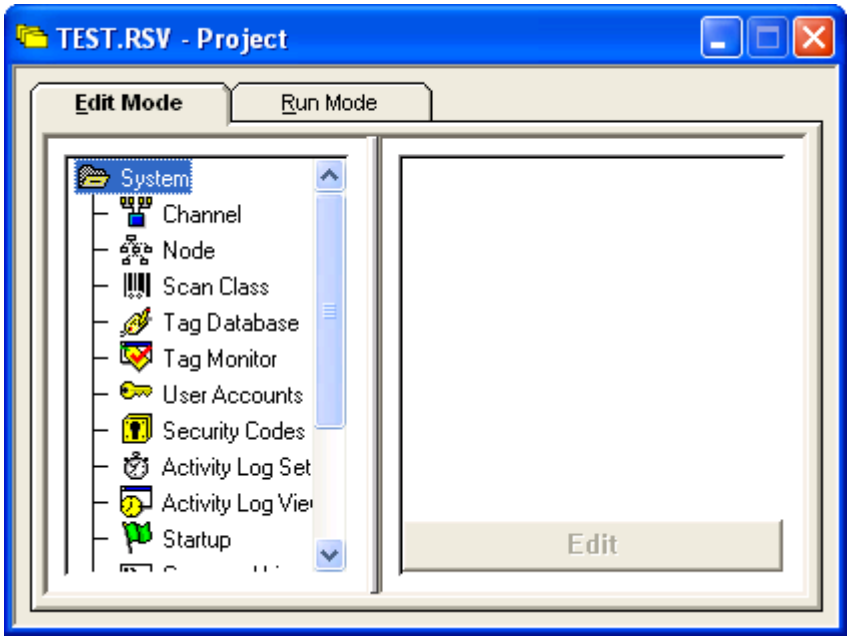
Poslední záložka skrývá výběr komunikačního driveru:



Obrázek 2.8: Záložka Advanced Communication

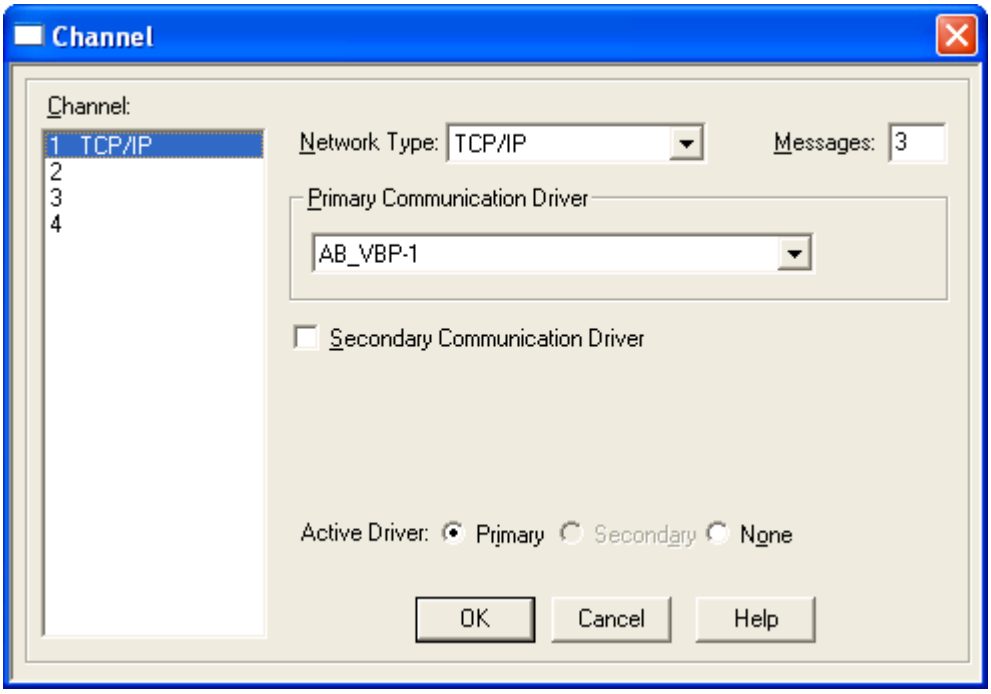
OPC server je vytvořený, prozatím o něm ale RSView32 neví.

Po vytvoření nového projektu se v RSView32 objeví okno projektu s výběrem. Budou nás zajímat první dvě položky složky System – Channel a Node:



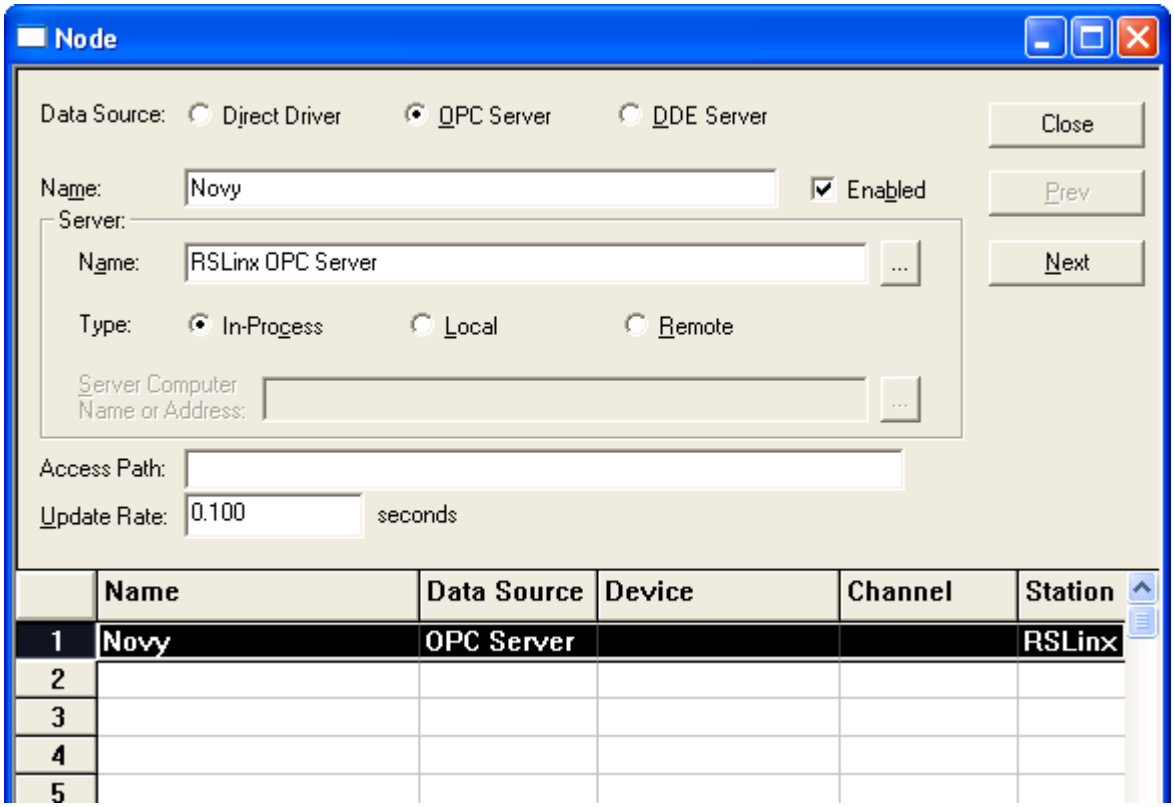
Obrázek 2.9: Okno projektu

V položce Channel vybereme typ připojení k automatu, který budeme chtít používat.



Obrázek 2.10: Položka Channel

Položka Node obsahuje výběr připojení. Na výběr je připojení přímé nebo pomocí serverů. DDE server je vhodný pro připojení k reálnému automatu, takže nám zbývá OPC server.

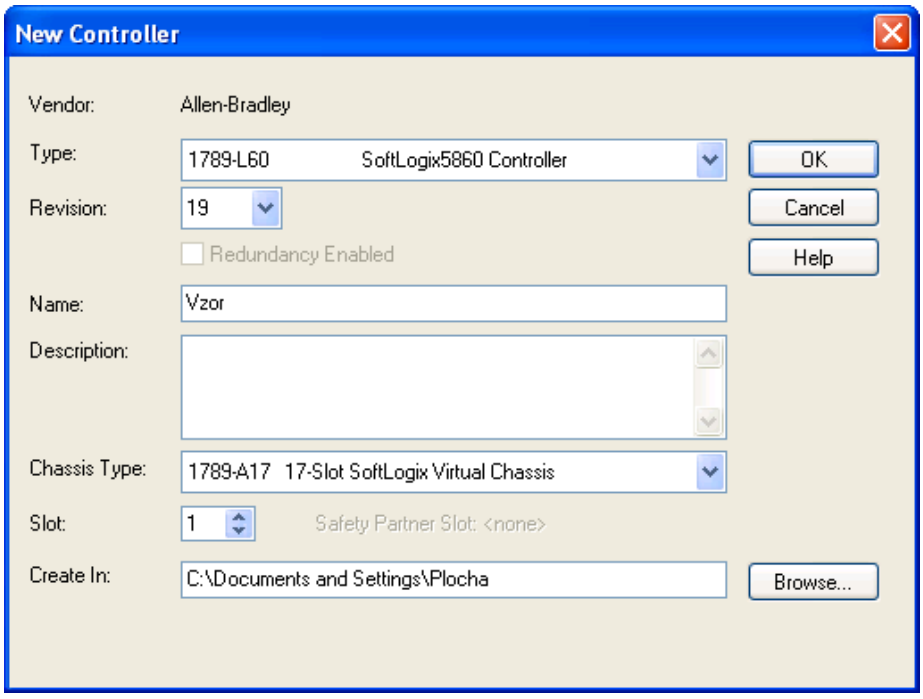


Obrázek 2.11: Položka Node

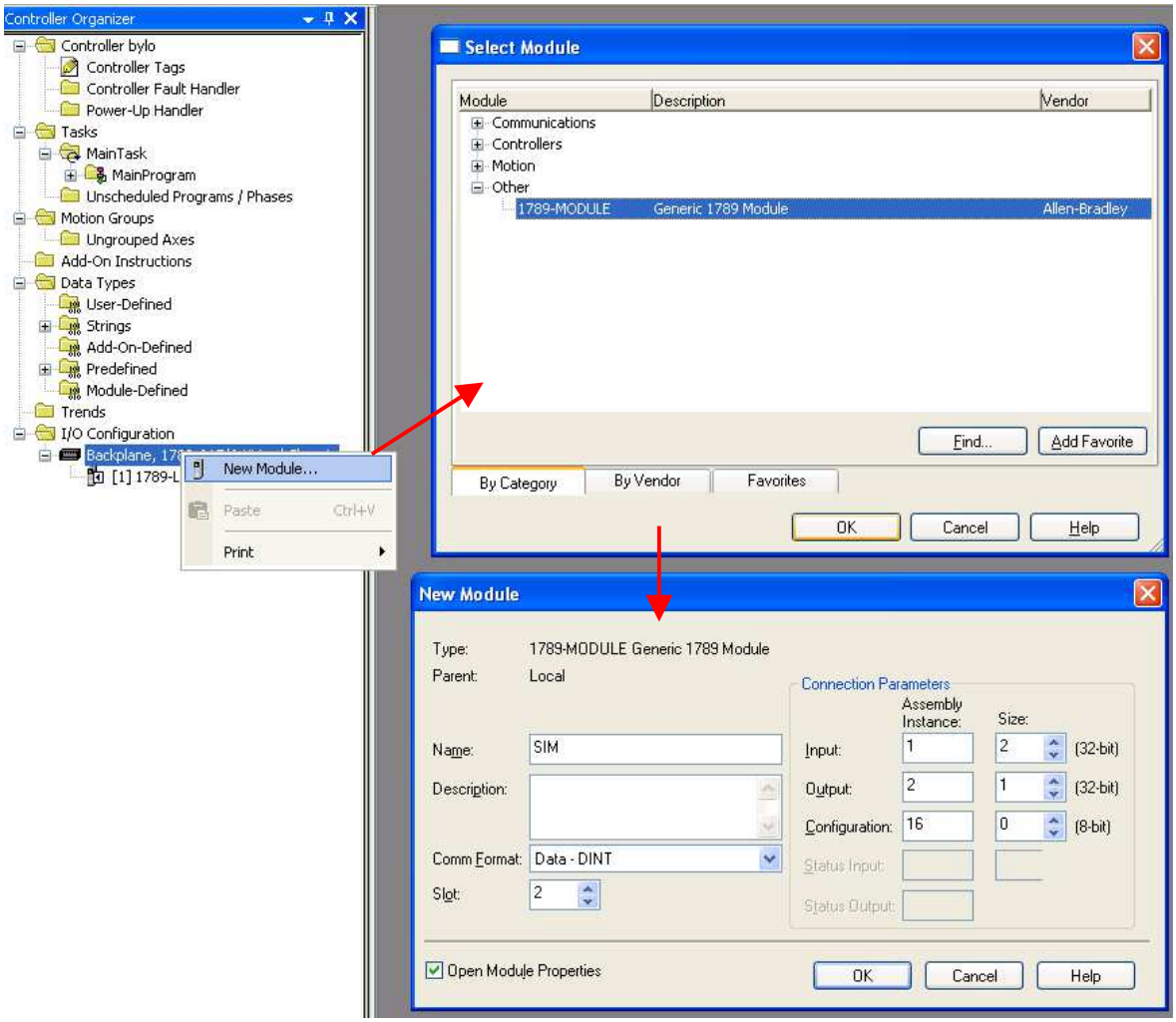
Vytvořili jsme tedy automat, který je připojený k serveru společně s RSView32. Zbývá už jenom do automatu poslat nějaká data.

V RSLogix5000 je už jenom potřeba vytvořit odkazy na automat a modul v okně Controller Organizer složce I/O Configuration.

První okno, které se objeví při vytváření nového projektu, je okno New controller s výběrem základních parametrů nového stroje. Typ procesoru bude SoftLogix5860. Stačí ho už jenom pojmenovat. Kliknutím na OK bude vytvořena základní struktura programu a v I/O Configuration se objeví šasi spolu s procesorem. Při přidání SIM modulu je už jenom potřeba si dát pozor na správné parametry spojení viz. Obrázek 2.13.



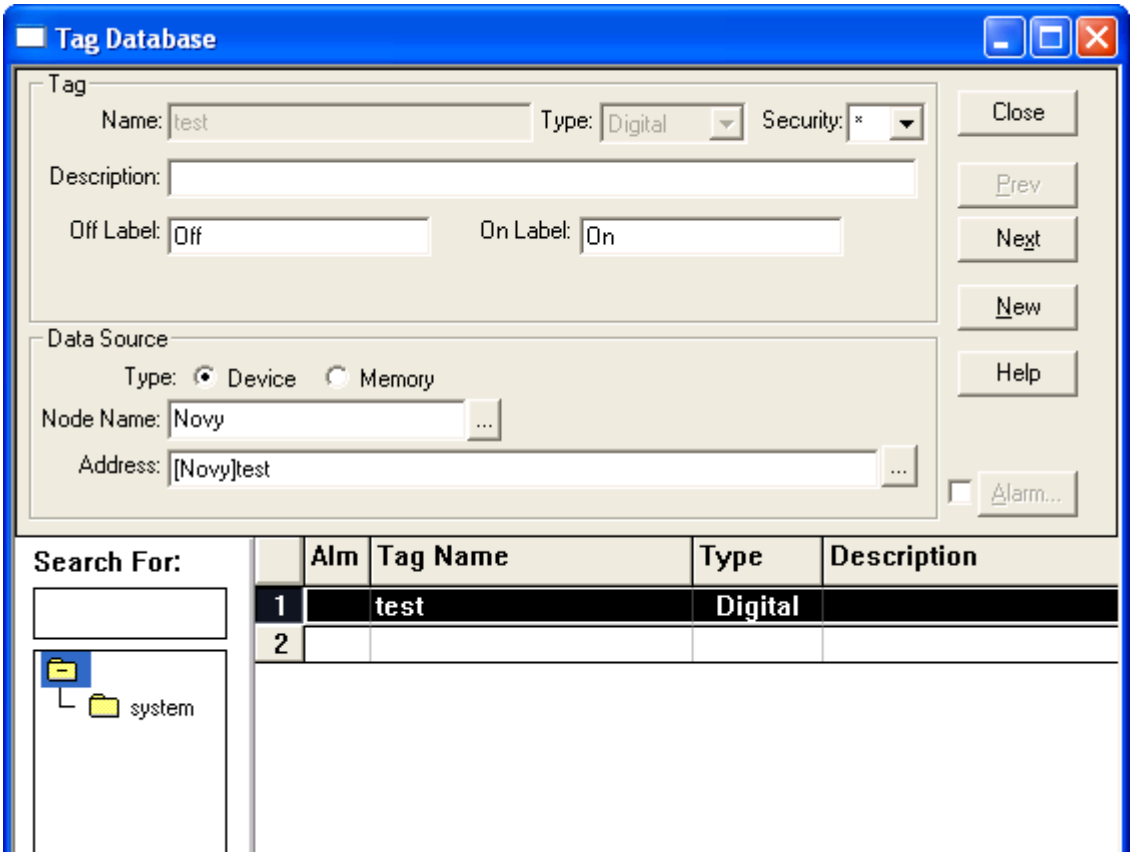
Obrázek 2.12: Nový projekt



Obrázek 2.13: Nový modul

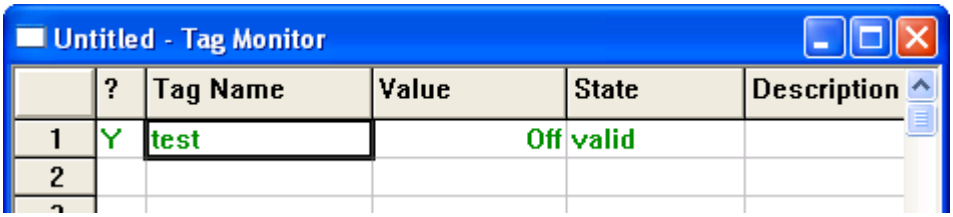
Posledním krokem je vyzkoušet propojení. V RSLogix5000 si vytvoříme tag, který se bude jmenovat například test.

Každý tag, který chceme použít v RSView32 musíme zaregistrovat do databáze.
System >> Tag database



Obrázek 2.14: Registrování tagu

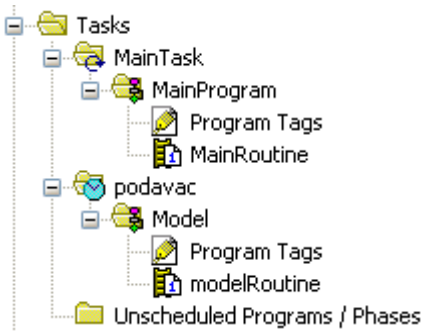
Pomocí Tag Monitoru můžeme takto vytvořený tag otestovat.



Obrázek 2.15: Test tagu

2.5 RSLogix 5000 Source Protection

Protože je potřeba předejít úpravám modelu ze strany uživatelé je rutina modelu (modelRoutine) chráněna systémem RSLogix 5000 Source Protection. Ten umožňuje chránit obsah rutin. Rutinu může spravovat (prohlížet, upravovat) pouze ten, kdo vlastní tzv. Source Key File (soubor sk.dat). Soubor stačí vybrat v liště Tools >> Security >> Configure Source Protection. Bez tohoto souboru se routina nedá otevřít. Na přiloženém CD jsou umístěny, jak zamčené, tak odemčené varianty projektů.



Obrázek 2.16: Zamčená routina

Do správy zamknutých rutin se dostanete přes menu. Tools >> Security >> Configure Source Protection. Zde stačí vybrat správný soubor sk.dat a rutinu, která má být zamknuta nebo odemknuta.

Kapitola 3

Model polohovacího zařízení

Pro vytvoření virtuálního modelu polohovacího zařízení jsem použil modernizovanou podobu „Modelu polohovacího zařízení“, kterou vytvořil Jiří Kos ve své diplomové práci v roce 2007 **[3]**.

Modernizovaný model má za úkol napodobovat v průmyslu používané zařízení určené například k rozřaďování výrobků mezi několik stanovišť při balení nebo dalším zpracování. Hlavním smyslem je ale seznámit studenty se základními možnostmi programování automatům. Je tedy univerzální a je možné ho využít v mnoha případech.

Např. při svařování se používají elektrické polohovače pro přesnou manipulaci se svařovanými kusy. Jako příklad polohovací zařízení ZB-300 firmy Jetline engeneering, které zvládne horizontálně pohybovat kusy o váze až 204 kg

Obrázek 3.1: Polohovací zařízení ZB-300 firmy Jetline engeneering

3.1 Popis skutečného modelu

Obrázek 3.2: Skutečný model

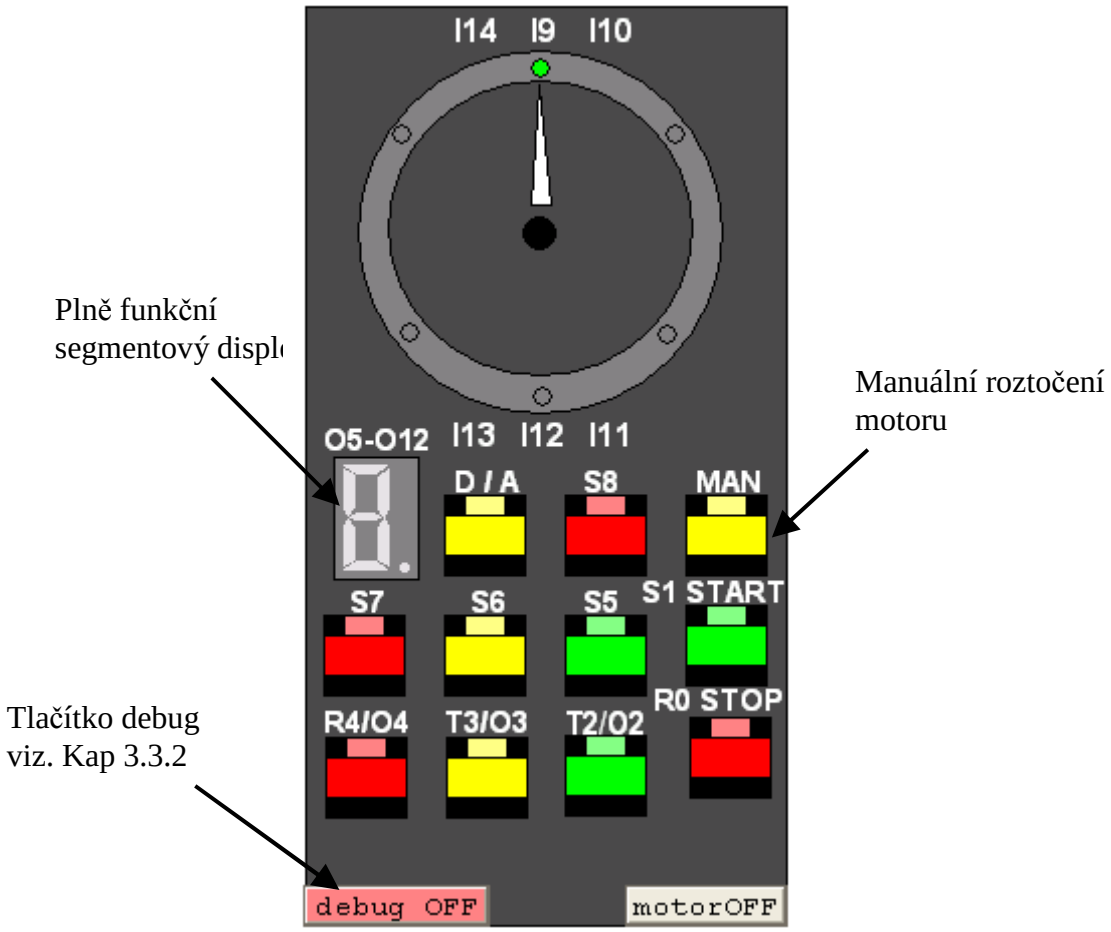
Model polohovacího zařízení je složen z několika základních částí.
Je to ciferník poháněný modelářským servomotorem Hitec HS-311, který zvládá pohyb v obou směrech otáčení.

Na ose motoru je umístěn rotační plíšek s výřezem umístěným na okraji. Rotační plíšek protíná dráhu optickým závorám umístěných v úhlu 45°. Optické závory tvoří na jedné straně infračervená dioda, na druhé pak f3ototranzistor. Každá optická závora je

propojena se signalizační diodou, která se rozsvítí při její aktivaci. Uživatel tak má přehled o aktuální poloze polohovacího zařízení. Model také obsahuje šest tlačítek a pět přepínačů. Většina je plně k dispozici pro přiřazení funkce programátorem. Jediné tlačítko 10 má pevně danou funkci a to manuální roztočení motorku. Mezi tlačítky je také umístěn sedmi segmentový displej, který může sloužit velkému množství použití. Celý model je k PLC připojen 37-pinovým CAN konektorem. Vnitřní funkcí, která je důležitá pro další fungování modelu je funkce změna směru otáčení kotoučku. Nachází se na pinu 14. Tato funkce se využívá ve velkém množství úloh.

3.2 Popis virtuálního modelu

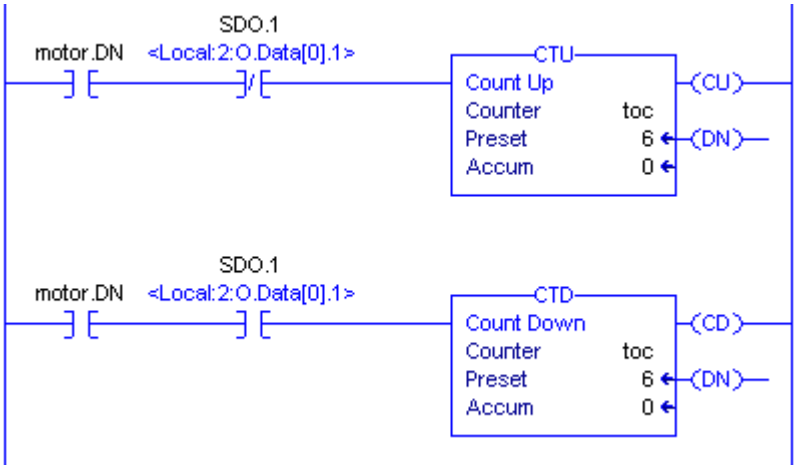
Při návrhu virtuálního modelu jsem se snažil o věrnou podobu se skutečným modelem a to proto, aby budoucí uživatel mohl jednoduše přecházet mezi modelem virtuálním a skutečným.



Obrázek 3.3: Model polohovacího zařízení

Model má plně funkční všechny důležité prvky jako jsou tlačítka a přepínače. Každé tlačítko má u sebe indikační diodu. Dále model umožňuje roztočení kotoučku přímo z prostředí stiskem tlačítka MAN. Možná je i změna směru upravením tagu smer. Sedmi segmentový displej je také plně funkční přesně jako na původním modelu. Zapojení segmentů viz. Tabulka D.1. Tlačítkem motorOFF je možné točení kotoučku zastavit. První písmeno v označení tlačítka značí jeho chování po stisknutí. R-zapínací, S-spínací s aretací a T-spínací bez aretace. Pouze tlačítko S1 START není s aretací. Pro snadnou práci model obsahuje tzv. ladící tlačítko. Po jeho stisknutí se u každého ovlivnitelného prvku ukáže popis připojeného tagu. To umožní snadnější práci s modelem nezávisle na přiložené tabulce.

Otáčení je děláno tak jednoduše jak to jen jde. Šipka má šest pevných pozic tagu toc očíslovaných 0 až 5. Soustava dvou čítačů CTU a CTD tag zvětšuje případně zmenšuje o jedničku. Čítače startuje done-bit časovače motor (motor.DN), kterým je možné regulovat rychlost otáčení. Kvůli možnosti měnit směry jsou těsně před čítači umístěny relé spojené s tagem SDO.1, který je také ovlivnitelný z modelu.



Obrázek 3.4: Ukázka logiky

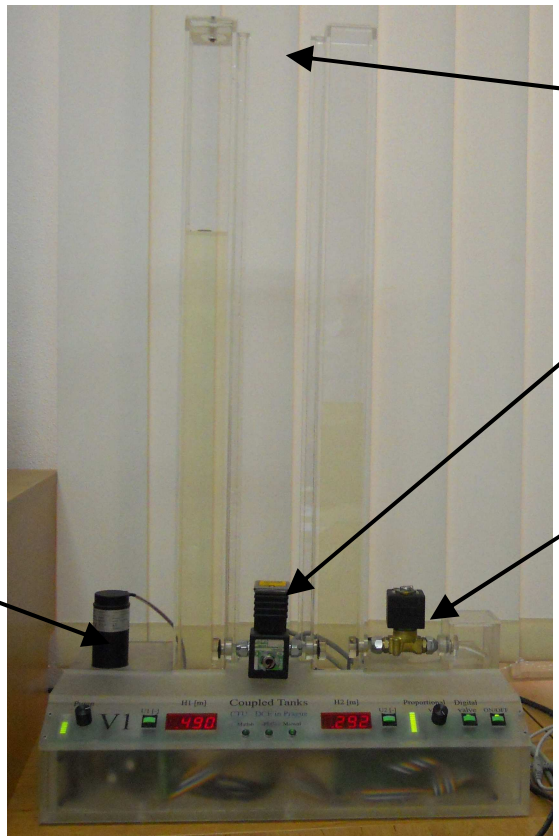
Kapitola 4

Model vodárny

S tekutinami se v praxi pracuje velmi často. Uchovávání, přelévání a míchání tekutin se používá jak v potravinářství tak i v chemickém průmyslu a při zpracování vod ve vodárenství. Tento model věrně simuluje základní vlastnosti, se kterými je možné se v budoucnu setkat.

Pro vytvoření virtuálního modelu vodárny jsem použil „Model zařízení“, který vytvořil Jiří Hanzlík ve své diplomové práci v roce 2008 **[1]**.

4.1 Popis skutečného modelu



Obrázek 4.1: Skutečný model vodárny

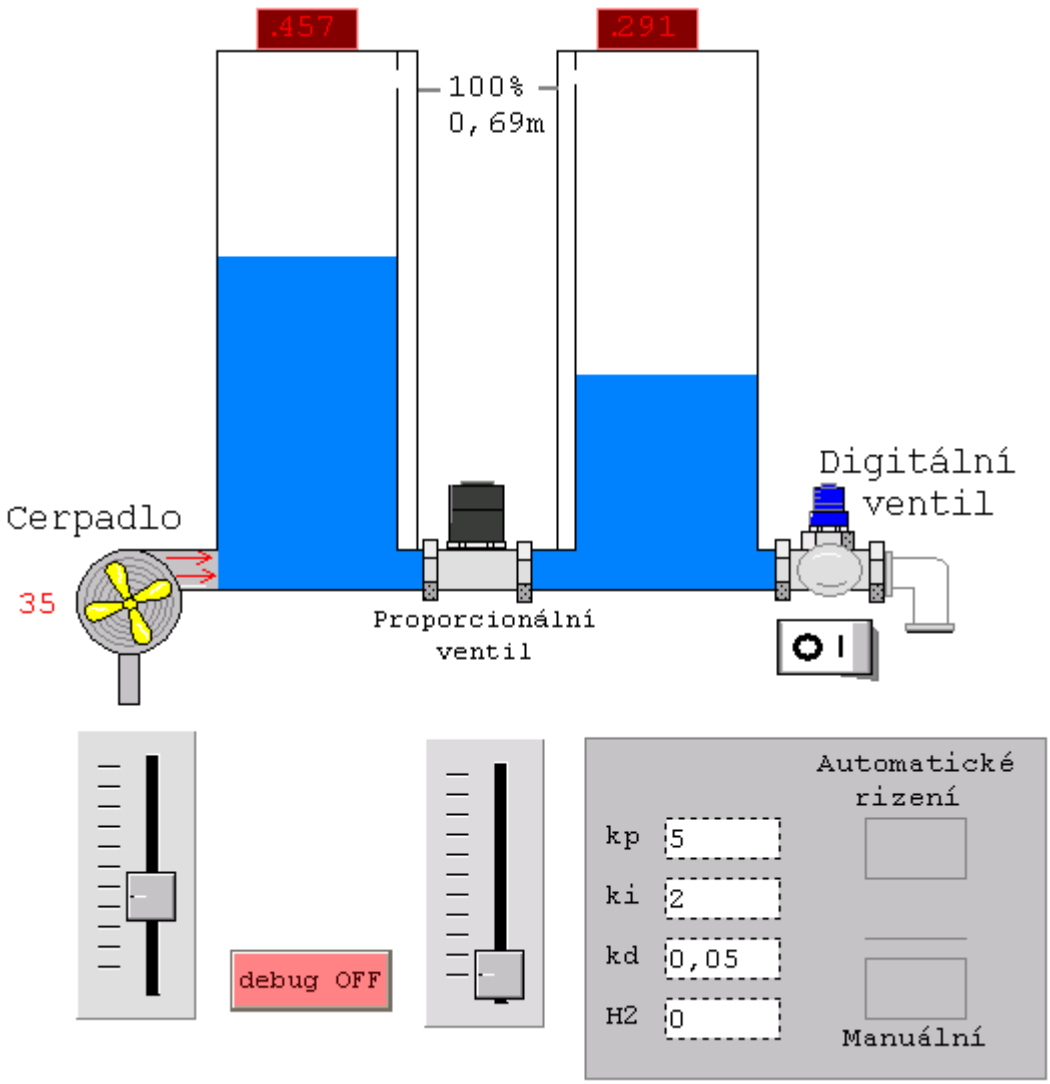
Model se skládá ze dvou nádrží. Maximální výška hladin je v každé nádrži 690 mm. Překročení maximální hladiny brání přepady, které přebytečnou vodu svádějí do skryté spodní nádrže. Odstředivé čerpadlo CM10P7–1 vhání vodu do první nádrže, je možné ho regulovat na panelu v rozmezí hodnot 0% až 100%. Jelikož se čerpadlo chová pouze jako zdroj tlaku, neumožňuje čerpání v opačném směru.

Proporcionální ventil umístěný mezi nádržemi umožňuje průtok vody mezi nimi. Na samém konci soustavy je umístěn digitální ventil, který vypouští tekutinu z druhé nádrže do spodního zásobníku.

Výšku hladiny snímají senzory LM331 od firmy Smaris. Hydrostatický senzor LM331 je přímo určen pro kontinuální snímání hladin. Hladinu měří na základě tlaku, který je vyvíjen na jeho tlakové čidlo. Vyšší hladina vytvoří vyšší tlak, který snímač zaznamená a pošle na panel převedený do jednotek délky.

Obrázek 4.2: Ovládací panel vodárny

4.2 Popis virtuálního modelu



Obrázek 4.3: Virtuální model vodárny

Ve virtuální modelu vodárny se snažím co možná nejvíce napodobit chování skutečného modelu. Model obsahuje dvě nádrže. Maximální hladina je u každé 69 centimetrů. Maximální hladinu hlídají přepady. Propojovací ventil je proporcionální a výtokový digitální. Čerpadlo a proporcionální ventil mají svůj ovládací prvek – posuvník, kde se dá jemně nastavit rozmezí 0 % až 100%. Digitální ventil své tlačítko na otevření nebo zavření má také.

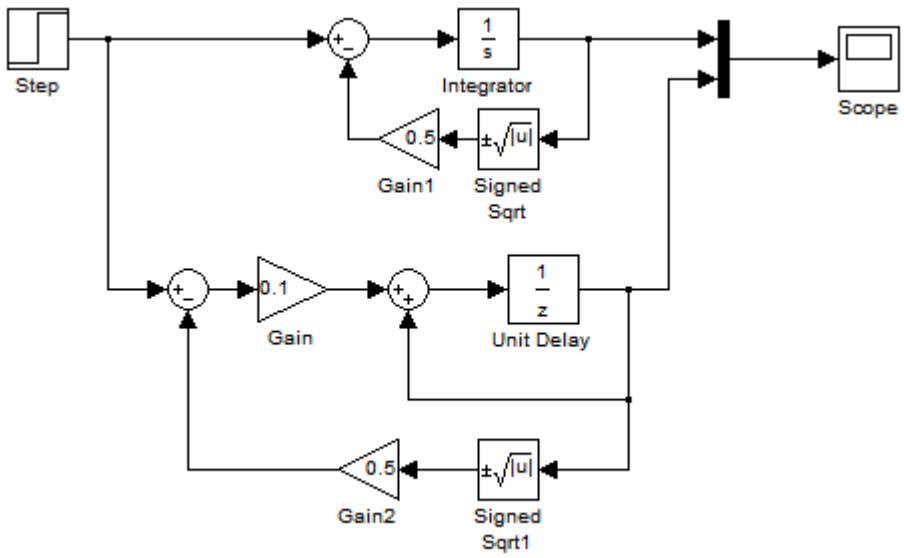
4.3 Eulerova metoda

Pro počítání plnění a odtoku nádrží v modelech jsem použil Eulerovu metodu. Je jednoduchá, nenáročná na procesor a vyhovující pro řešení modelových úloh.

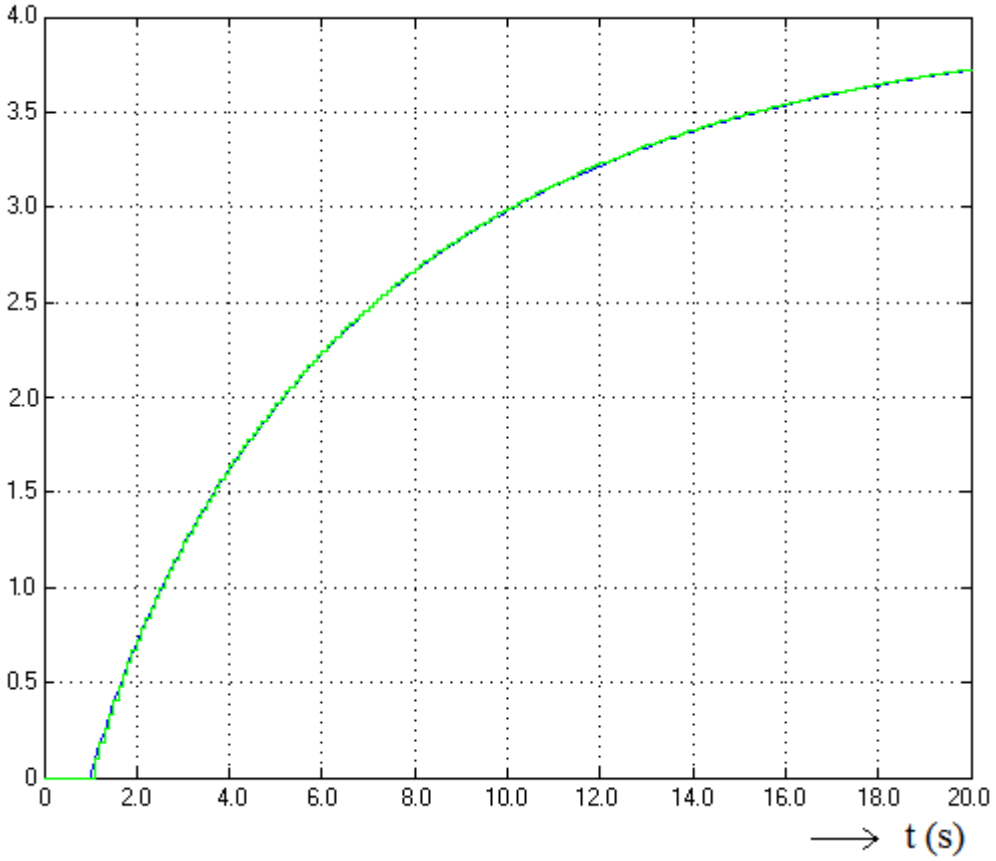
Eulerova metoda je nejjednodušší výpočetní metoda řešení obyčejných diferenciálních rovnic se zadanou počáteční podmínkou. Řešení dostaneme po přibližném výpočtu derivace pomocí aproximace metodou konečných diferencí.

Rekurentní vzorec Eulerovy metody: $y_{i+1} = y_i + h \cdot f(x_i, y_i)$

Před použitím v reléové logice jsem si vytvořil simulinkový model. Model obsahuje dvě větve. V první je výpočet přímo. V druhé je již zapojeno krokové počítání Eulerovou metodou.



Obrázek 4.4: Simulinkový model jedné nádrže s trvalým odtokem



Obrázek 4.5: Porovnání výsledků přímého výpočtu s výsledkem Eulerovy metody

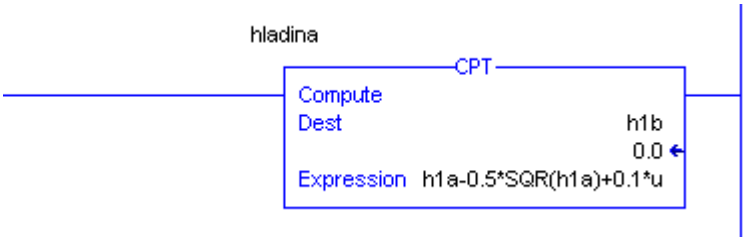
Obrázek 4.6: Detail použití Eulerovy metody

Jak je vidět z průběhů je Eulerova metoda pro toto použití dostatečně přesná.

Pro jednu nádrž s trvalým odtokem a volitelným přítokem by to vypadalo takto:

Řešením rovnice $\frac{dh}{dt} = -k_1 \cdot \sqrt{h} + k \cdot u$ (1) se dostanu k výsledku $h(k+1) = h(k) - T \cdot k_1 \cdot \sqrt{h(k)} + T \cdot k \cdot u$ (2), což je vztah použitelný k další práci, kde h je výška hladiny, u je průtok čerpadla, k konstanty a T časová kroková konstanta.

Blok compute s výpočtem systému jedné nádrže. Předchází mu ještě blok move, který se stará o přesun vypočtené hodnoty z h1b do h1a a zajišťuje tak cyklus.



Obrázek 4.7: Blok Compute jedné nádrže s trvalým odtokem

4.4 Jednoduchá modifikace virtuálního modelu

Virtuální modely disponují funkcí snadné úpravy vnitřních parametrů.
U virtuálního modelu vodárny je možné ovlivnit parametry ventilů a čerpadla. Slouží k tomu tři konstantní tagy k_u, k_v1 a k_v2. Jejichž změnou je velice jednoduše možné vytvořit několik variant zadání pro případné budoucí studenty.

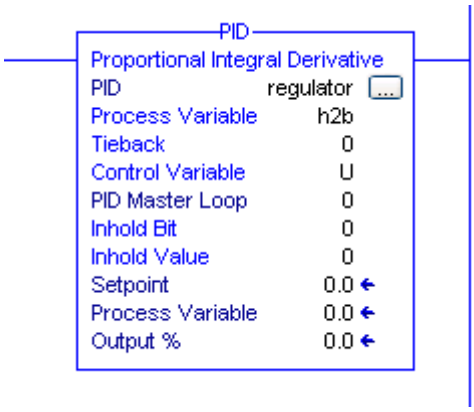
k_u	0.1		Float	REAL	Konstanta cerpadla
k_v1	0.02		Float	REAL	Konstanta ventilu 1
k_v2	0.5		Float	REAL	Konstanta ventilu 2

Obrázek 4.8: Tagy ovlivňující parametry prvků

Při změně parametrů je potřeba dát si pozor a nepřehnat rozdíly od aktuálního nastavení. Například příliš velkou konstantou u čerpadla způsobíte přehnaně rychlé plnění nádrží, které systém nebude schopen plynule zobrazovat. Ventily již tak citlivé nejsou, ale po změně je potřeba model pořádně otestovat.

4.5 Základní řízení

V hlavní routině je umístěn jednoduchý příklad řízení hladiny druhé nádrže pomocí PID regulátoru. V okně modelu je umístěno ovládací okno kde je možné přepnout mezi manuálním (uživatelem ovládaným) a automatickým řízením (pomocí PID regulátoru).



Obrázek 4.9: PID regulátor pro vodárnu

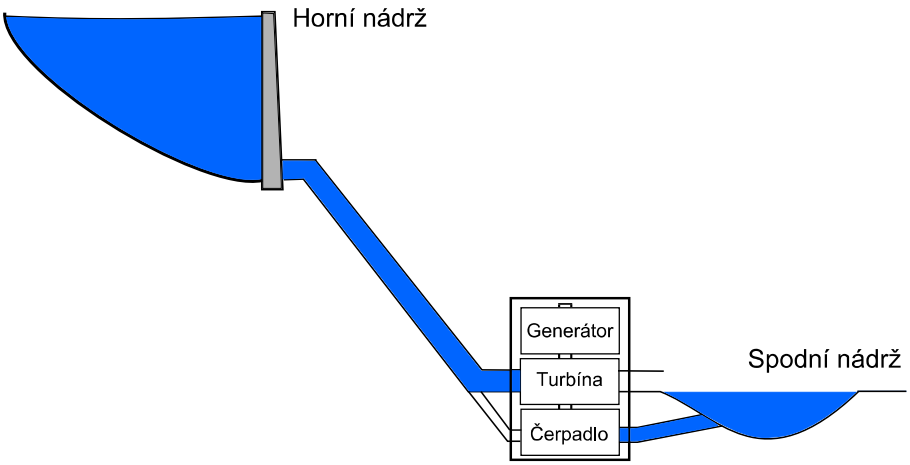
Kapitola 5

Model elektrárny

Hlavním důvodem používání přečerpávacích elektráren je nepravidelná poptávka po elektrické energii, která se během dne mění. Ostatní elektrárny v síti nemohou úplně přerušit svoji výrobu elektrické energie. Tyto přebytky je potřeba zužitkovat a právě k těmto účelům se používají přečerpávací elektrárny. V době mimo špičku tedy akumulují energii, kterou poté v době energetické špičky vracejí do sítě. Přečerpávací elektrárny se tedy skládají ze dvou nádrží. Během noci čerpají vodu ze spodní nádrže do horní (využijí tak přebytečnou energii) a během dne vypouští vodu z horní nádrže přes turbíny a vyrábějí tímto způsobem energii, kterou zpět dodávají do sítě. Tímto způsobem snižují energetické společnosti své ztráty způsobené výkyvy ve spotřebě elektrické energie.

V České republice jsou v provozu čtyři elektrárny tohoto typu. Vodní dílo Dalešice, Dlouhé Stráně, Vodní elektrárna Štěchovice a v omezeném provozu pracující Vodní elektrárna Černé jezero.

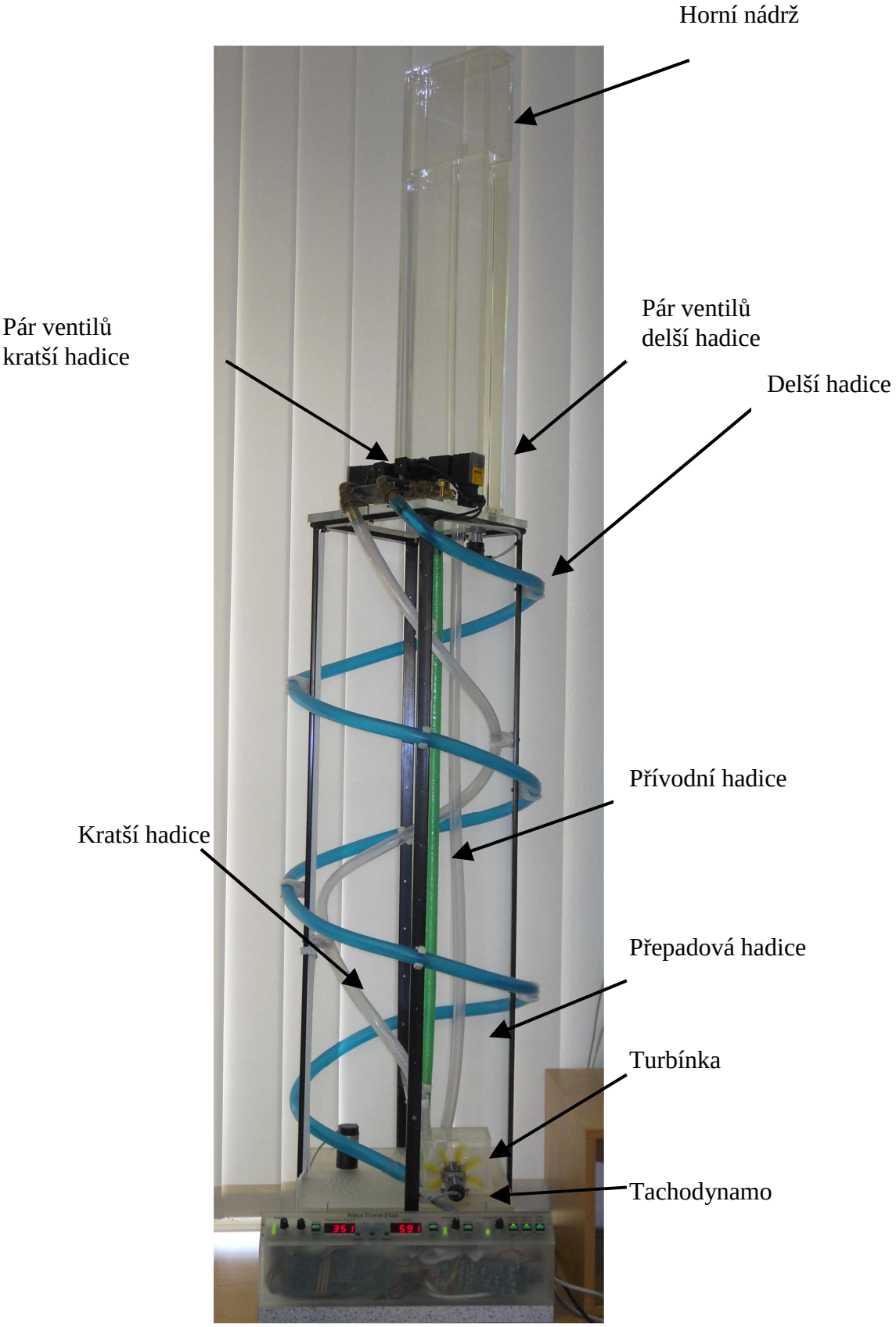
Model elektrárny se snaží velice úspěšně simulovat přečerpávací vodní elektrárnu.



Obrázek 5.1: Principiální schéma přečerpávací vodní elektrárny

Pro vytvoření virtuálního modelu elektrárny jsem použil „Model zařízení“, který vytvořil Milan Janeček ve své bakalářské práci v roce 2007 **[2]**.

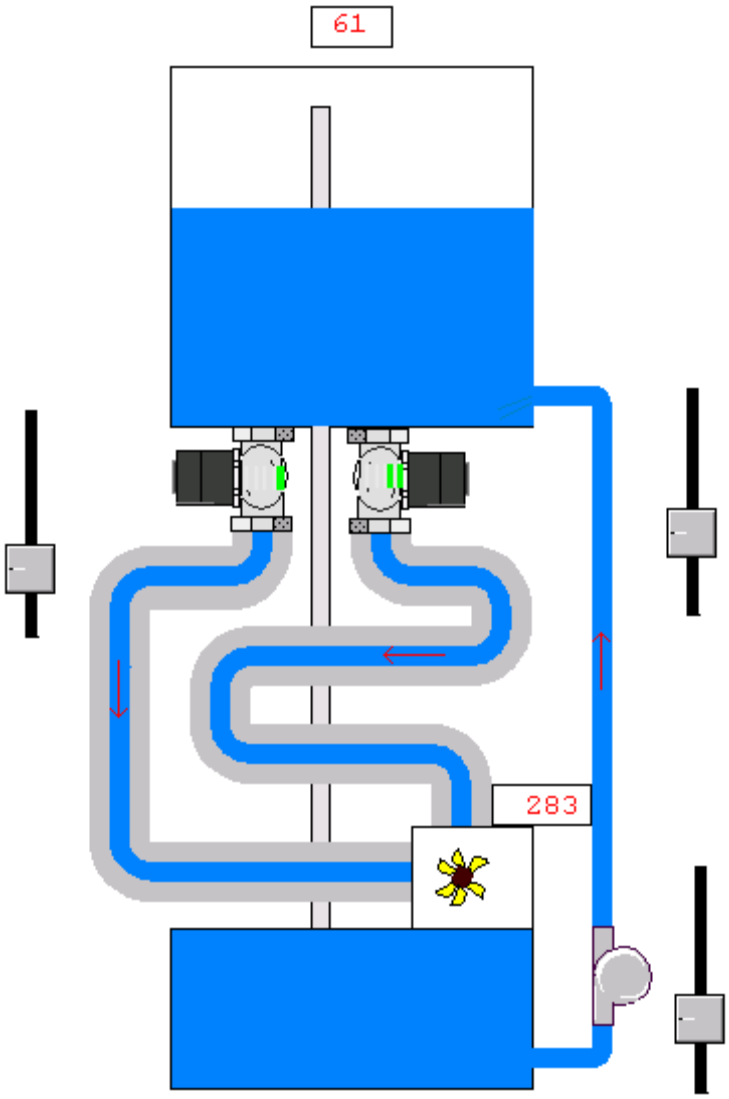
5.1 Popis skutečného modelu



Obrázek 5.2: Skutečný model elektrárny

Model přečerpávací elektrárny se skládá z horní nádrže. Její maximální výška hladiny je 90 cm. Nádrž má dva odtoky různě zešikmenými trubicemi. Trubice jsou nastaveny na konstantní zrychlení. Do každé trubice přitéká voda z nádrže pomocí dvou ventilů. Jednoho digitálního a druhého proporcionálního. Konce trubic míří na turbínku, která se konstrukčně blíží Peltonově turbíně. Turbínka je hřídelí spojená se stejnosměrným tachodynamem K4A2, které měří otáčky a převádí je na napětí, které poté zobrazuje na displej. Vodu do nádrže přivádí odstředivé oběhové čerpadlo přes další hadici. Maximální hladinu v nádrži obstarává přepadová hadice, která odtéká do společného spodního zásobníku.

5.2 Popis virtuálního modelu



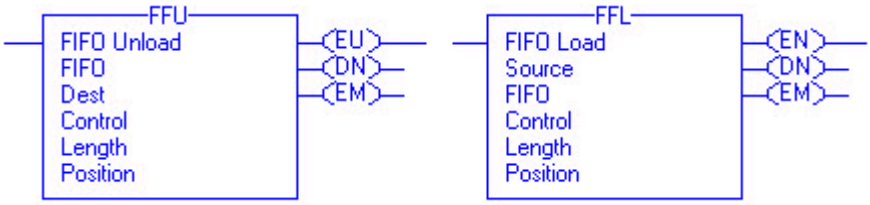
Obrázek 5.3: Virtuální model elektrárny

Virtuální model je oproti svému vzoru zjednodušen. Jelikož u virtuálního modelu nejsem omezen konstrukčními možnostmi. Místo páru ventilů (digitální a proporcionální) ke každé hadici byl použit vždy jeden proporcionální ventil s rozsahem otevření 0 až 100%.

Dopravní zpoždění odtokových i přívodních hadic bylo zachováno. V modelu se dá doba zpoždění měnit úpravou časovačů T_v1, T_v2, T_u a T_h1b.

5.3 Dopravní zpoždění

Dopravní zpoždění je tvořené frontou FIFO, tedy fronta kde první kdo do ní přijde také první odejde. RSLogix5000 zná její implementaci pomocí dvojice bloků FIFO Unload (FFU) a FIFO Load (FFL). Tyto dva bloky se musí používat vždy ve dvojici. Jeden frontu vybírá a druhý plní.



Obrázek 5.4: Pár FFU – FFL

Zdrojové soubory modelu jsou chráněny systémem RSLogix 5000 Source Protection viz. 2.5.

5.4 Jednoduchá modifikace virtuálního modelu

Modely disponují funkcí snadné úpravy vnitřních parametrů. Model elektrárny je možné ovlivnit šesticí parametrů čerpala a ventilů. Jejichž změnou je velice jednoduše možné vytvořit několik variant zadání pro případné budoucí studenty.

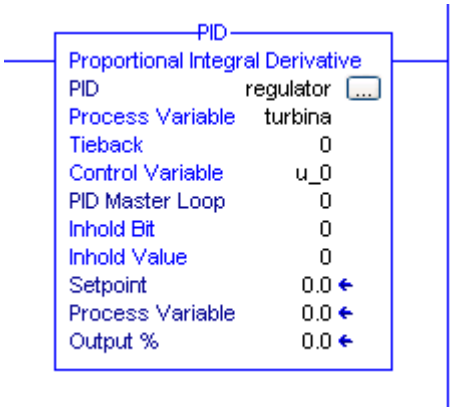
k_u_1	0.005		Float	REAL	konstanta zpozdeneho cerpadla
k_u_0	0.0		Float	REAL	konstanta nezpozdeneho cerpadla
k_v1_1	0.06		Float	REAL	konstanta zpozdeneho ventilu 1
k_v1_0	0.001		Float	REAL	konstanta nezpozdeneho ventilu 1
k_v2_1	0.1		Float	REAL	konstanta zpozdeneho ventilu 2
k_v2_0	0.001		Float	REAL	konstanta nezpozdeneho ventilu 2

Obrázek 5.5: Tagy ovlivňující parametry prvků

Při změně parametrů je potřeba dát si pozor a nepřehnat rozdíly od aktuálního nastavení. Například příliš velkou konstantou u čerpadla způsobíte přehnaně rychlé plnění nádrží, které systém nebude schopen plynule zobrazovat. Ventily již tak citlivé nejsou, ale po změně je potřeba model pořádně otestovat. Zpoždění hadic je možné nastavovat úpravou příslušných časovačů.

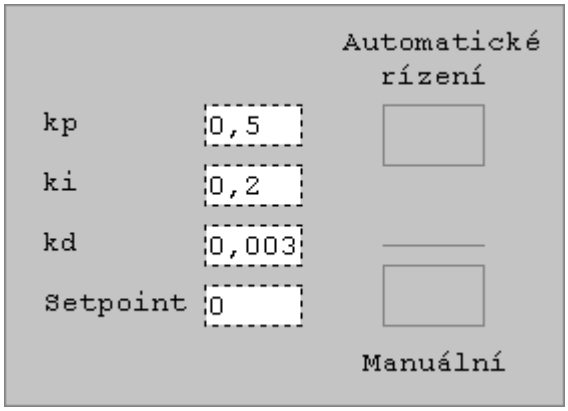
5.5 Základní řízení

V hlavní routině je umístěn jednoduchý příklad řízení napětí tachogenerátoru pomocí PID regulátoru. V okně modelu je umístěno ovládací okno kde je možné přepnout mezi manuálním (uživatelem ovládaným) a automatickým řízením (pomocí PID regulátoru).



Obrázek 5.6: PID regulátor pro elektrárnu

Řídící okno umožňuje nastavit požadované napětí tachogenerátoru a přepínat mezi módy automatického a manuálního řízení.



Obrázek 5.7: Ovládací okno elektrárny

Kapitola 6

Podpora výuky

6.1 Kalkulačka

Vytvořte simulaci vědecké kalkulačky. V RSView32 vytvořte vzhledově co nejpodobnější model své vědecké kalkulačky. Pomocí SoftLogix5800 propojte model s RSLogix5000, v něm vytvořte všechnu logiku kalkulačky. Nezapomeňte na speciální funkce (odmocnina, mocnina, logaritmus, integrál, goniometrická funkce, paměť výsledků, konstanty, …).

Obrázek 6.1: Možná podoba kalkulačky

6.2 Rozdíl hladin

Udržujte rozdíl hladin mezi nádržemi. Naplňte obě nádrže s tím, že v jedné budete držet předem danou odlišnou hladinu kapaliny. Změnou výšky jedné nádrže se změní i výška druhé.

6.3 Rozšíření vodárny

Rozšiřte model vodárny o monitor tagů, ze kterého bude jasně vidět hodnota nejdůležitějších tagů a nové okno obsahující průběhy tagů hladin a ventilů, které bude spustitelné přes speciální tlačítko. Podporu pro grafy naleznete v knihovně Trends.

6.4 Piškvorky

Pomocí vizualizačního prostředí RSView32 vytvořte obdobu známé hry piškvorky pro dva hráče na jednom počítači (můžete vyzkoušet i hru více hráčů na různých počítačích). Nezapomeňte na úvodní obrazovku s úvodem do hry. Hra by měla mít možnost spuštění nové hry.

6.5 Tovární hala

Vytvořte simulátor tovární haly. Z boku, případně z ptačí perspektivy viděná výrobní hala s několika spojenými stanovišti. Každé stanoviště přebere výrobek od předešlého a vizuálně ho pozmění. Na konci vyjde skutečný výrobek. Pozn.: Nastudujte si výrobu něčeho reálného. (automobil, notebook, sekačka, chleba, …)

6.6 Řízení elektrárny

Udržujte napětí tachogenerátoru přečerpávací vodní elektrárny. Protékání hadicemi můžete měnit otevíráním ventilů a změnou výšky hladiny. Napětí držte v předem daných hladinách. Prvních dvacet vteřin na první úrovni. Po dvaceti vteřinách zvyšujte úroveň napětí.

Kapitola 7

Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvořit zjednodušené virtuální modely skutečných modelů umístěných v laboratoři K23 Elektrotechnické fakulty Českého vysokého učení technického v Praze na Karlově náměstí. Vytvořené zjednodušené modely dostatečně věrně napodobují modely skutečné a to jak chováním, tak vzhledem. Modely umožňují jednoduchou konfiguraci pomocí několika konstant, které ovlivní chování modelu. Model polohovacího zařízení umožňuje prosté otáčení kotoučku včetně změny směru otáčení, je tedy určen spíše pro začátečníky. Vodárna se složitostí staví nad polohovací zařízení, umožňuje plynulé přelévání tekutiny v nádržích a požaduje již základní prvky regulace veličin. Model přečerpávací vodní elektrárny funguje s dopravními zpožděními, které tomuto modelu zajišťují statut vyšší obtížnosti. K návrhu regulace pro tento model je již potřebné znát pokročilé techniky. Jelikož modely mohou být použity ve výuce, byla jejich zdrojová logika zamknuta viz kap 2.5. V rámci popisu technologií jsem napsal základní návod spojení vizualizačního programu s ostatními pomocí prostředků dostupných v rámci instalace. V laboratoři se ještě nachází množství dalších modelů, které by mohly být zpracovány podobným způsobem.

Literatura

[1] Hanzlík Jiří: Diplomová práce, ČVUT Praha 2008

[2] Janeček Milan: Bakalářská práce, ČVUT Praha 2007

[3] Kos Jiří: Diplomová práce, ČVUT Praha 2007

[4] Katalogy Allan Bradley, http://www.ab.com/catalogs

[5] Literatura Rockwell Automation, http://literature.rockwellautomation.com

Příloha A

Seznam zkratek

I/O	(input/output) – vstupně/výstupní
PCI	(Peripheral Component Interconnect) - počítačová sběrnice pro připojení periferií k základní desce
SPC	(Statistical process control) - Statistický sběr dat
DDE	(Dynamic Data Exchange) - Dynamická výměna dat sloužící ke sdílení proměnných
OPC	(OLE for processcontrol) – OLE pro řízení procesu
OLE	(Object Linking and Embedding) - vkládání a propojování objektů pro procesní řízení
PLC	(Programmable Logic Controller) - Programovatelný logický automat
PC	(Personal computer) – Osobní počítač

Příloha B

Seznam softwaru

RSLinx Classic Gateway, 2.57.00.14 CPR 9 SR 3

SoftLogix5800, 19.01.00

RSView32 Works 100K, 7.50.00 CPR 9 SR 1

RSLogix 5000, 19.01.00 CPR 9 SR 3

Microsoft Office Word 2003, 11.8328.8341 SP3

Simulink, 7.6

Inkscape, 0.48.2

Příloha C

Obsah přiloženého CD

Modely pro *RSLogix5000*
- zamknute
  - Elektrarna_z.ACD
  - Vodarna_z.ACD
  - Podavač_z.ACD
- odemknute
  - Elektrarna.ACD
  - Vodarna.ACD
  - Podavač.ACD

Modely pro *RSView32*
- elektrarna.rsv
- vodarna.rsv
- podavac.rsv

Source Key File
- sk.dat

Bakalářská práce
- BP_2012_schamberger_pavel.pdf

Příloha D

Konfigurace tagů

Číslo	Funkce	PLC	Skutečný
4	Segment 7 (g)	SDO.11	g
5	Segment 4 (d)	SDO.8	d
6	Segment 1 (a)	SDO.5	a
7	Segment 3 (c)	SDO.7	c
8	Segment 8 (h)	SDO.12	h
9	Segment 5 (e)	SDO.9	e
10	Segment 2 (b)	SDO.6	b
11	Segment 6 (f)	SDO.10	f
12	Motor ON	SDO.15	motorON
14	Směr	SDO.1	smer
15	LED4	SDO.13	LED_I12
16	Pozice 1	toc = 0	
17	Pozice 2	toc = 1	
18	Pozice 3	toc = 2	
19	Pozice 4	toc = 3	
20	Pozice 5	toc = 4	
21	Pozice 6	toc = 5	
22	LED 3	SDO.4	LED_I11
23	LED 1	SDO.2	LED_I9
24	LED 2	SDO.3	LED_I10
25	LED 5	SDO.14	LED_I13
26	Tlačítko 2	DI.9	T2/O2
27	Tlačítko 3	DI.10	T3/O3
28	Tlačítko 4	DI.11	R4/O4
29	Tlačítko 0	SDO.15	MAN
30	Tlačítko 1	DI.8	R0_08
31	Přepínač 5	DI.5	S5_05
32	Přepínač 6	DI.6	S6_06
33	Přepínač 7	DI.7	S7_07
34	Přepínač 8	DI.2	S8_02
35	-		
36	-		
37	LED6	SDO.15	LED_I14

Tabulka D.1: Konfigurace Tagů polohovacího zařízení

Základ tabulky převzat z [3].

číslo	Označení RSLogix5000	Označení RSView32	funkce
1	U	cerpadlo	čerpadlo
2	h1b	H1	Hladina levé nádrže
3	h2b	H2	Hladina pravé nádrže
4	V1	proporcional	Otevření proporcionálního ventilu
5	V2	button	Otevření digitálního ventilu
6		debug	Tlačítko debug

Tabulka D.2: Konfigurace tagů vodárny

číslo	Označení RSLogix5000	Označení RSView32	funkce
1	h1b	H1	hladina
2	h1b_1		zpoždění hladiny
3	u_0	Cerpadlo	čerpadlo
4	u_1	Cerpadlo_1	čerpadlo po zpožděním
5	v1_0	v1	ventil 1
6	v1_1	v1_1	zpožděný ventil 1
7	v2_0	v2	ventil 2
8	v2_1	v1_1	zpožděný ventil 2
9	k_u_1		konstanta zpožděného čerpadla
10	k_u_0		konstanta nezpožděného čerpadla
11	k_v1_1		konstanta zpožděného ventilu 1
12	k_v1_0		konstanta nezpožděného ventilu 1
13	k_v2_1		konstanta zpožděného ventilu 2
14	k_v2_1		konstanta nezpožděného ventilu 2
15	turbina	turbinka	Rychlost otáčení turbínky
16		debug	Zapnutí/Vypnutí debugovacího tlačítka

Tabulka D.3: Zapojení tagů elektrárny