

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vizualizace a řízení hydraulických modelů

Praha, 2011

Autor: Vít Souček

Prohlášení

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

V Praze dne _____

podpis

Poděkování

Děkuji především vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jindřichu Fukovi. Dále bych rád poděkoval rodičům a všem, kteří mě podporovali.

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce je realizace řídicího a vizualizačního systému pro hydraulické modely umístěné v laboratoři KN:E-23. Modely reprezentují řízení vodního hospodářství a vodní elektrárny. Modely splňují požadavky bezpečného napětí a jsou vybaveny průmyslovými senzory a akčními členy. Modely je možné řídit ručně z ovládacího panelu, z počítače pomocí Matlabu s RT toolboxem a nebo s nejvyšší prioritou pomocí programovatelného automatu. Práce obsahuje demonstrační programy, webovou a PC vizualizaci použitelnou pro výuku programovatelných automatů.

Abstract

The main goal of this bachelor thesis is completion of a control and visualisation system for hydraulic models in laboratory KN:E-23. Models represent control of water management and water power plant. The models satisfy requirements for secure voltage supply and are equipped with industrial sensors and actuators. Models could be controlled manually using front panel, from personal computer through the use of Matlab with RT toolbox or with highest priority from programmable automatic controller. The thesis also contains demo programs, WEB and PC visualisation usefull for programmable automation controller education.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Vít Souček**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Vizualizace a řízení hydraulických modelů**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s výukovými modely Vodní elektrárna E1 a Vodárny V1 až V4 v laboratoři KN:E-23, které je možné řídit programovatelnými automaty typu ControlLogix nebo pomocí RT-toolboxu Matlabu.
2. Provedte nutné úpravy modelů pro zajištění společného řízení z určeného automatu (propojení sítěmi ControlNet a Ethernet/IP) a napište pro ně demonstrační programy. Zachovejte individuální řízení pomocí Matlabu.
3. Realizujte vizualizaci vybrané části systému panelem operátora PanelView Plus 700 pomocí softwaru RSView ME. Vizualizace by měla umožnit ovládání modelů a zobrazení základních informací o nich.
4. Seznamte se s modulem 1756-EWEB systému ControlLogix. Pro tento modul vytvořte webové stránky, které umožní monitorování vybraného modelu pomocí webové kamery a pro celý uvažovaný systém zobrazení jeho stavu a řízení.
5. Popište základní vlastnosti modelů a navrhnete vhodné experimenty pro studenty.
6. Zpracujte zadané úkoly a výsledky předložte na úvodní přednášce v laboratoři.

Speciální odborné literatury:

Úkol: vypracování práce

Vedoucí: Ing. Jindřich Fuksa

Platnost zadání do konce letního semestru 2011/2012

prof. Ing. Vít Souček, DrSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Bohumír Čížek, CSc.
děkan

Praga, dne 24. 2. 2011

Obsah

Seznam obrázků	viii
Seznam zkratk	1
1 Úvod	1
2 Popis řízených modelů	2
2.1 Klíčové části modelů	4
2.1.1 Čerpadlo	4
2.1.2 Tlakový snímač výšky hladiny	5
2.1.3 Ventily	5
2.1.4 Soustrojí turbínka a ss tachodynamo	6
2.2 Úpravy provedené na modelech	7
3 Popis použité automatizační techniky	8
3.1 Komunikační síť ControlNet	9
3.2 Komunikační síť Ethernet/IP	10
3.3 Automat CompactLogix	11
3.4 Automat ControlLogix	12
3.5 Modul FlexIO	13
3.6 Vizualizační panel	13
3.7 Modul EWEB pro automat ControlLogix	14
4 Řízení a vizualizace	15
4.1 Použité programové vybavení	15
4.1.1 RSLogix 5000	15
4.1.2 FactoryTalk	16
4.2 Řízení modelu E1	16

4.3	Vizualizace modelu E1	17
4.4	Distribuovaný řídicí systém pro modely V1-V4	17
4.5	Vizualizace modelu V3 přes webové rozhraní	18
5	Závěr	20
	Literatura	21
A	Seznam zkratek	I
B	Obsah přiloženého CD	II

Seznam obrázků

2.1	Model Vodárna V1 v laboratoři KN:E-23	2
2.2	Model Voddní elektrárna E1 v laboratoři KN:E-23	3
2.3	Čerpadlo na modelu V3	5
2.4	Tlakový snímač hladiny LMP 311	5
2.5	Digitální ventil SCG262A264	6
2.6	Proporcionální ventil SCG202A057V	6
2.7	Soustrojí turbínka a ss tachodynamo na modelu E1	6
3.1	ControlNet v laboratoři KN:E-23	10
3.2	Programovatelný automat CompactLogix	11
3.3	Programovatelný automat ControlLogix	12
3.4	Modul FlexIO	13
3.5	Vizualizační panel PanelView Plus 700	14

Kapitola 1

Úvod

Cílem bakalářské práce bylo obnovení řízení modelu "Vodní elektrárna E1" a modelů "Vodárna V1-V4" po rekonstrukci laboratoře v roce 2009. Všechny modely bylo již možno řídit pomocí výpočetního programu Matlab, především simulačního prostředí Simulink.

Součástí práce byla rekonstrukce propojení modelů s programovatelnými automaty firmy Rockwell Automation (Allen-Bradley) ControlLogix a CompactLogix. Programovatelné automaty spolupracují po průmyslových komunikačních sítích EtherNet/IP a ControlNet. Automat CompactLogix byl následně propojen s panelem operátoru PanelView Plus 700. Pro operátorský panel byla vytvořena vizualizace, která umožňuje ovládání modelu "Vodní elektrárna E1".

Pro automat ControlLogix s instalovaným modulem 1756-EWEB byla vytvořena vizualizace umožňující ovládání modelu "Vodárna V3" přes internet. Pro tuto vizualizaci byla namontována kamera umožňující kontrolu modelu přes internet v reálném čase.

Práce má tři základní části:

- Popis řízených modelů
- Popis použité automatizační techniky
- Řízení a vizualizace.

Vypracované programy a vizualizace budou sloužit k výuce v laboratoři KN:E-23, která je vybavena průmyslovými řídicími systémy firmy Rockwell Automation.

Kapitola 2

Popis řízených modelů

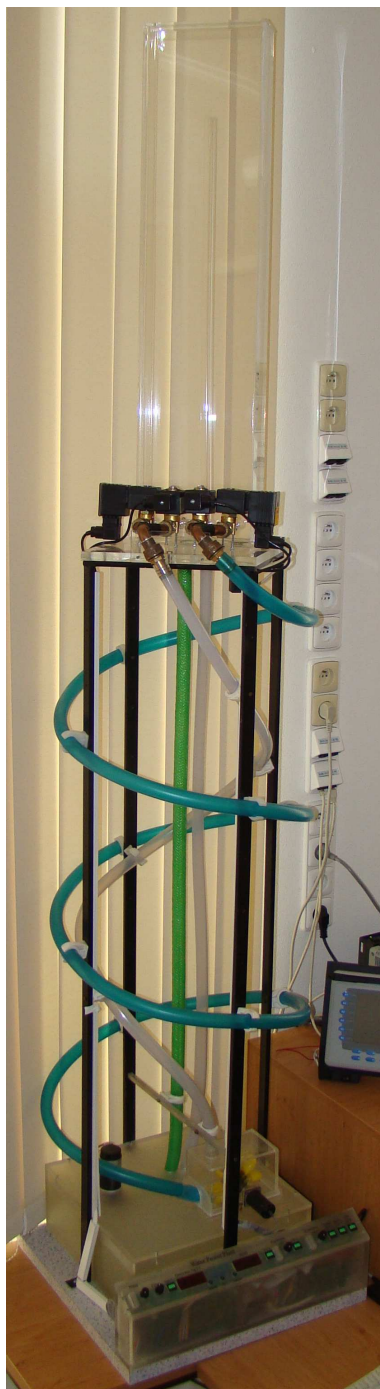


Obrázek 2.1: Model Vodárna V1 v laboratoři KN:E-23

elování řízení dynamických systémů. Z obrázku je i při letmém pohledu patrná koncepce modelu. Čerpadlo plní levý válec vodou. Druhý válec je napájen

Všech pět modelů, které jsou předmětem této práce, mají řadu stejných charakteristických rysů. Zásadním společným prvkem je použitý materiál. Všechny modely byly pro názornost vyrobeny z průhledných plastových profilů stejnou firmou. Díky tomu jsou na modelech vidět všechny části a studenti bez nutného rozebírání modelu snadno vidí princip jejich činnosti. Modely V1-V4 byly vytvořeny v rámci Diplomové práce "Distribučný řídicí systém s automaty Rockwell Automation" (HANZLÍK, J., 2008). Jedna z vodáren, konkrétně V1, je na obrázku obr. 2.1. Všechny čtyři vodárny mají jednotné šasi a liší se pouze uspořádáním akčních členů. Jejich hlavní použití v laboratoři je při modelování řízení dynamických systémů.

je i při letmém pohledu patrná koncepce modelu. Čerpadlo plní levý válec vodou. Druhý válec je napájen



Obrázek 2.2: Model Vodní elektrárna E1 v laboratoři KN:E-23

z prvního válce mezilehlým ventilem a je vypouštěn zpět do spodní nádrže hlavním výstupním ventilem. Výška hladiny je měřena tlakovými čidly umístěnými v zadní části modelu. Při standardní regulaci je za výstup považována výška hladiny ve druhém válci. Model je možno řídit ručně z předního panelu, z počítače pomocí Matlabu nebo pomocí PAC. Najednou lze použít pouze jednu z těchto možností. Na panelu se zobrazuje vždy aktuální výška hladiny a stisknutím příslušného tlačítka je možné zobrazit přímo napětí na senzoru. Při ručním řízení lze z panelu ovládat čerpadlo a oba ventily. Mechanická konstrukce bohužel obsahuje zdánlivě drobné nedostatky, díky nimž je při neodborné manipulaci, a to především běhu čerpadla na plný výkon se zavřenými ventily, možné, aby první sloupec přetekl. Model nebyl na tuto možnost připraven, přetečení může znamenat poškození řídicí elektroniky, především části komunikující s počítačem a PAC. Model je z důvodů nižšího opotřebení dílů naplněn destilovanou vodou.

Model vodní elektrárny s laboratorním označením E1 využívá princip přečerpávacích elektráren. Jeho hlavním účelem je však simulace dopravního zpoždění. Model byl zrekonstruován a značně vylepšen v rámci Bakalářské práce "Model systému s dopravním zpožděním" (JANEČEK, M., 2007). Z původního modelu zůstala pouze kovová konstrukce a koncept funkce modelu. Model E1, je na obrázku obr. 2.2. Model se skládá ze dvou nádrží

umístěných nad sebou. ve spodní nádrži je instalováno čerpadlo a turbínka. V horní nádrži je instalován tlakový senzor výšky hladiny. Čerpadlo plní horní nádrž vodou. Díky odstředivému čerpadlu je možné, aby i bez odběru došlo k ustálení hladiny. Horní nádrž má přepad, kterým přeteče voda zpět do spodní nádrže, pokud překročí výšku 75 cm. K dosažení přepadu musí být na čerpadlu na 80% řídicího napětí při uzavřených ventilech. Výpust nádrže je realizována čtyřmi ventily. Ventily jsou svedeny do dvou různě dlouhých hadic tak, že každé hadici přísluší jeden proporcionální a jeden digitální ventil. Kombinace proporciálního a digitálního ventilu zabezpečuje Tato konstrukce umožňuje sledovat dvě rozdílná dopravní zpoždění za použití dvou typů ventilů a při plynule proměněném průtoku. Hadice jsou přivedeny k turbínce ve dvou odlišných místech pod rozdílnými úhly. To zajišťuje až tři možné účinnosti přenosu energie na turbínce. Model rovněž má ovládací panel ve stejném vzhledu, jako mají vodárny. Ovládání z počítače pomocí Matlabu nebo pomocí PAC je realizováno stejným způsobem. Na panelu se zobrazuje vždy aktuální výška hladiny a stisknutím příslušného tlačítka je možné zobrazit přímo napětí na senzoru. Rovněž se zobrazuje napětí na generátoru u turbínky. Kvůli kolísání napětí na generátoru, ke kterému dochází kvůli mechanické nerovnoměrnosti turbínky a nelinearitám modelu, je napětí generátoru filtrováno analogovým filtrem dolní propust druhého řádu o čtyřech různých časových konstantách, které se dají přepínat za chodu přepínačem na ovládacím panelu. Při ručním řízení lze z panelu ovládat čerpadlo a všechny ventily. Mechanická konstrukce je co se týče přetečení vody oproti menším modelům lépe zvládnutá, takže model nemůže za žádných podmínek přetéct. V modelu rovněž jako u předchozích je použita destilovaná voda.

2.1 Klíčové části modelů

2.1.1 Čerpadlo

Čerpadla do všech pěti modelů jsou od firmy Johnson Pump. Všechna čerpadla jsou odstředivá s napájením 24 V. Mechanická konstrukce čerpadla usnadňuje řízení, protože při konstantním napětí zůstává i hladina při zavřených ventilech konstantní. Výška hladiny je pak kvadraticky úměrná napájecímu napětí čerpadla. Udržení hladiny nevyžaduje díky tomu velký akční zásah. V menších modelech V1-V4 je použito čerpadlo typu CM10P7-1 s výkonem 14 W a průtokem 17 l/min při tlaku 10 kPa. V modelu E1 je použito větší čerpadlo CM30P7-1 s výkonem 26 W a průtokem 22,5 l/min při tlaku 15 kPa. Na

obrázku obr. 2.3 je zobrazeno čerpadlo zastavené do modelu.



Obrázek 2.3: Čerpadlo na modelu V3

2.1.2 Tlakový snímač výšky hladiny



Obrázek 2.4: Tlakový
snímač hladiny
LMP 311

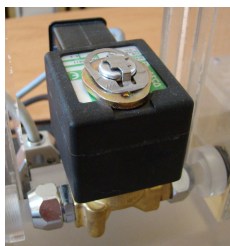
Obě vodní nádrže modelů V1-V4 a horní nádrž modelu E1 jsou vybaveny tlakovým snímačem výšky hladiny LMP 311. Tento snímač obsahuje tlakové čidlo DSP 401 vestavěné ve vodotěsném obalu s nerezovou membránou. Výstupní napětí snímače je 0 – 10 V. Toto napětí je pro zobrazení na panelu přepočteno na výšku hladiny tak, že nulová měřená výška je zvolena v úrovni vypouštěcích ventilů. Tím je způsobeno, že při vypuštění nádrži je měřená výška na panelu záporná. Pro PC a PAC je přenášeno přímo napětí senzoru. Na obrázku obr. 2.4 je zobrazen tlakový snímač vymontovaný z modelu. Jeho výhodou je vysoká linearita, dobrá reprodukovatelnost měření, možnost různého elektrického připojení a v neposlední řadě i mechanická robustnost.

2.1.3 Ventily

V modelech jsou použity digitální a proporcionální ventily od firmy Asco Joucomatic. V každém z pěti modelů jsou použity oba typy ventilů. V modelech V1-V4 po jednom od každého typu, v modelu E1 po dvou.

Digitální ventil má pouze dvě možné polohy - otevřeno a zavřeno. V klidu je ventil otevřený. Tento fakt je vhodný především k tomu, že se model uvede vždy do výchozí

polohy, kdy je všechna voda ve spodní nádrži. Konkrétní typ digitálního ventilu je SCG262A264 je na obrázku obr. 2.5



Obrázek 2.5: Digitální ventil SCG262A264

Proporcionální ventil má oproti ventilu digitálnímu navíc regulační jednotku, která ventil otevírá spojitě na libovolnou hodnotu od úplně zavřeného až po úplně otevřený. Řídicí napětí ventilu je v rozsahu 0 – 10 V. Konkrétní typ proporcionálního ventilu SCG202A057V je na obrázku obr. 2.6. Proporcionální ventily se nevyrábí pro nulový vstupní tlak. Jejich průtok i při nejvyšší úrovni otevření bude proto nižší, než u digitálního. Z tohto důvodu jsou k modelu E1 namontovány paralelně jeden proporcionální a jeden digitální ventil, aby byl zajištěn dostatečný průtok k roztočení turbíny.



Obrázek 2.6: Proporcionální ventil SCG202A057V

2.1.4 Soustrojí turbínka a ss tachodynamo



Obrázek 2.7: Soustrojí turbínka a ss tachodynamo na modelu E1

Turbínka na modelu E1 konstrukčně připomíná Peltonovu turbínu. Na její lopatky jsou přivedeny dvě přívodní hadice s různým spádem. Peltonova turbína se hodí k použití v systémech, kde proudí nízké množství vody o velké rychlosti, kterým je i model E1. K této turbínce je připojeno stejnosměrné

tachodynamo K4A2 od výrobce ATAS elektromotory Náchod a.s. Jedná se o stroj uzpůsobený pro měření otáček - stejnosměrný stroj s komutátorem a permanentními magnety.

2.2 Úpravy provedené na modelech

Na modelech V1-V4 nebylo nutné provádět jakékoliv rozsáhlejší úpravy. Modely byly pouze připojeny každý ke svému PAC resp. FlexIO modulu a otestovány všechny jejich funkce. Model E1 nebyl delší dobu z důvodů rekonstrukce laboratoře používán. Byl proto pouze postaven na svém místě nezapojený a bez vody. Jedinou zásadní závadou na modelu bylo reznoucí uchycení kloboučku v horní nádrži. Tento klobouček zabraňuje stříkání vody a tím houpání hladiny, která je měřena senzorem. Uchycení kloboučku bylo vyměněno za kombinaci plastu, nerez a mosazi. Tím bylo zamezeno dalšímu znečišťování vody. Model byl následně vyčištěn, naplněn vodou, připojen a odzkoušen.

Kapitola 3

Popis použité automatizační techniky

Čerpáno z (<http://literature.rockwellautomation.com/>, 2011) a (<http://knowledgebase.rockwellautomation.com/>, 2011)

Programovatelný automat se označoval v minulosti zkratkou PLC (Programmable Logic Controller) Ze zkratky přímo vyplývá, že PLC pracuje pouze s logickými vstupy a výstupy. To omezovalo použití PLC pouze na diskrétní úlohy. Původní PLC také měly jen minimální možnosti komunikace. Tím byly značně sníženy možnosti distribuce říze na více míst.

Modernější typy automatů se proto nazývají zkráceně PAC (Programmable Automation Controller). Jedná se o průmyslový automat určený k řízení v reálném čase. Automat má uzpůsobené periferie pro napojení na technologické procesy. Řídicí technika je díky tomu nasazována rychleji. Vzhledem k rozvoji polovodičových prvků značně vzrostly možnosti řídicí techniky. PAC tak mohou mít jak spojitě vstupy i výstupy tak i vyspělé komunikační prostředky. Většina PAC nyní umí řídit i spojitě systémy regulovat pomocí PID regulátorů, komunikovat přes internet, archivovat a strukturovat naměřená data a podobně.

Programovatelné automaty lze dělit na dvě skupiny - kompaktní a modulární.

Kompaktní PAC v sobě integruje procesor, vstupy, výstupy a základní podporu komunikace. Rozšiřitelnost těchto systémů je omezena. Kompaktním zařízením je kupříkladu Micrologix od Rockwell Automation.

Oproti tomu modulární PAC můžeme sestavit z potřebných I/O a speciálních modulů. Tyto moduly mají definovaný způsob připojení. Zpravidla se umísťují na DIN lištu nebo do speciálního šasi dodávaného výrobcem. Modulární systém je snadno rozšiřitelný. to

umožňuje sestavení automatu, který bude obsahovat pouze potřebné komponenty pro daný projekt.

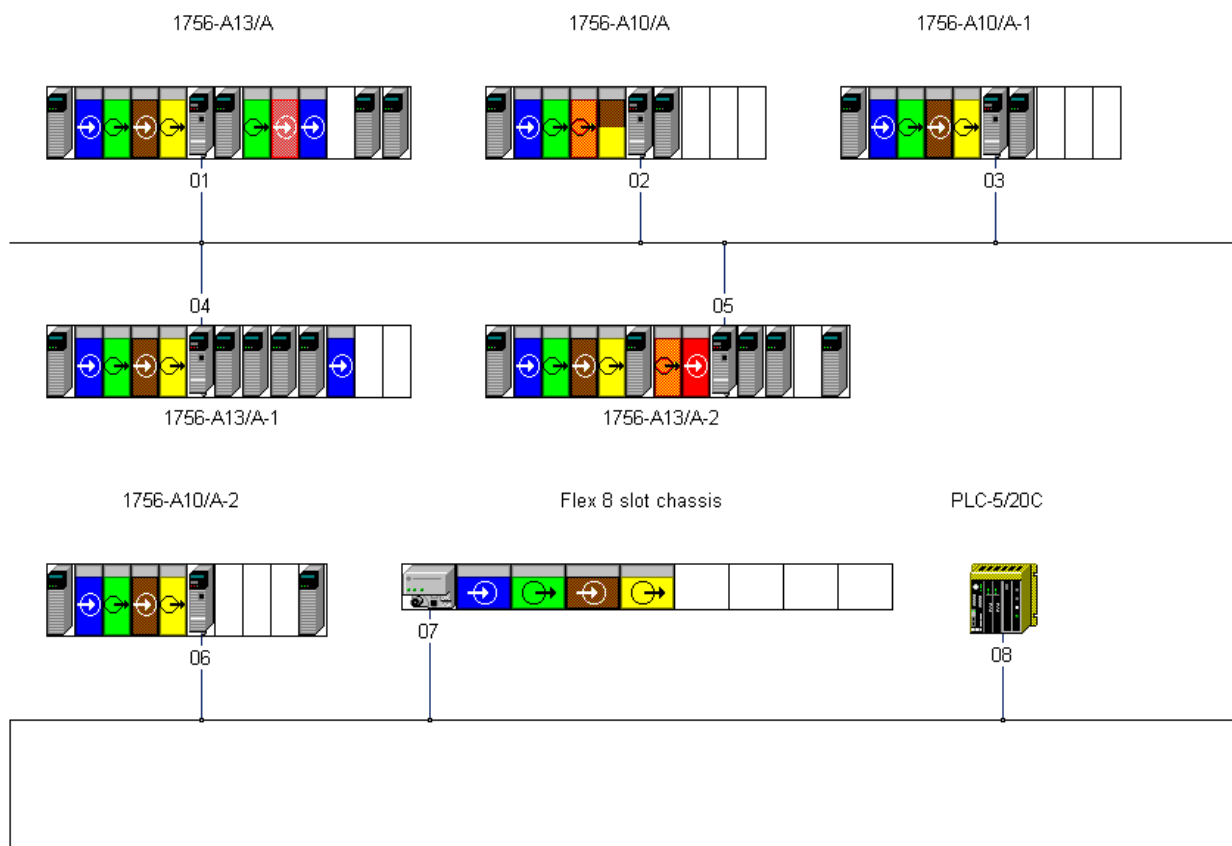
Každý programovatelný automat má jeden hlavní procesorový modul. Pokud se jedná o automat s více procesorovými jednotkami, tak každý procesor má určené moduly, ke kterým má povolný přístup. Ke vstupním a komunikačním modulům smí přistupovat více procesorových jednotek najednou. K výstupním pak pouze jedna. Každá procesorová jednotka v sobě má uložen program, který vykonává. Na rychlosti a počtu procesorových jednotek pak závisí výkonnost celého systému.

Všechny programovatelné automaty použité v této práci jsou modulární.

3.1 Komunikační síť ControlNet

Je vhodná pro aplikace s nepřetržitým řízením a monitorováním. Umožňuje i použití pro aplikace s velkým množstvím vzdálených vstupů a výstupů. Přenosová rychlost sítě je 5 Mb/s a umožňuje časově kritická data zasílat opakovaně. Chod sítě neovlivňuje změna počtu připojených zařízení. ControlNet dokáže data perfektně časově synchronizovat. Sběrnice má patentovanou metodu přístupu, která podporuje deterministický přenos časově kritických vstupních a výstupních dat. Data mají různé úrovně priorit od nízkých, které mají programové příkazy až k vysokým, které mají kritická provozní data. Síť takto zapouzdřuje více datových toků o různých rychlostech podle priority. zařízení na síti mohou být typu producent - pouze odesílá data a žádná nepožaduje, konzument - pouze přijímá a dále zpracovává data a žádná nevysílá, a producent i konzument - vysílá i požaduje data.

Průmyslová síť ControlNet je v laboratoři zapojena podle obrázku obr. 3.1 tvořena speciálním koaxiálním kabelem. Ten byl položen pod podlahou a vystupuje z ní pouze na místech, kde jsou vytvořeny průchodky pro tento účel. Ke každému automatu vede od hlavního kabelu odbočka. Vše je spojeno pomocí BNC konektorů. Na koncích kabelu je připojeno impedanční zakončení. Takto byly propojeny všechny automaty ControlLogix v laboratoři a modul FlexIO pro sběr dat. Tři automaty v první řadě stolů a modul FlexIO mají z demonstračních účelů síť a moduly redundantní - hlavní koaxiální kabel je pro ně zdvojen. Pro výukové účely je s adresou 8 přidán starší automat typu PLC-5. V současnosti nemá vliv na řízení žádného modelu.



Obrázek 3.1: ControlNet v laboratoři KN:E-23

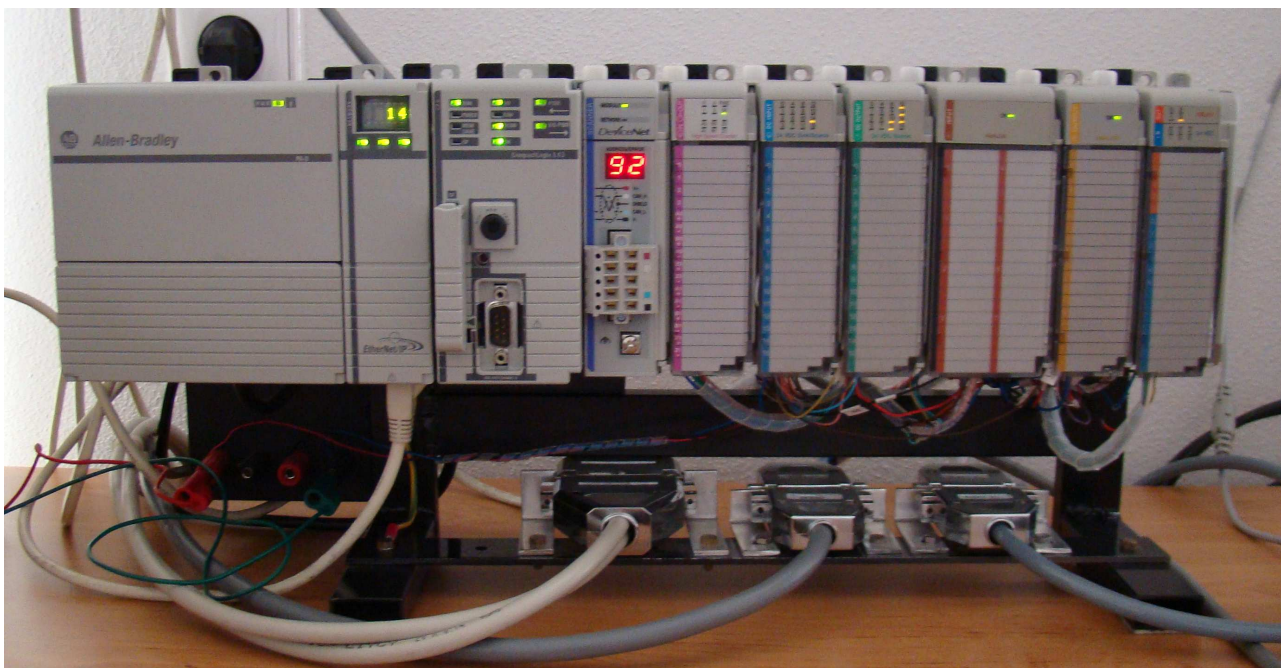
3.2 Komunikační síť Ethernet/IP

Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol) vznikl ve snaze využít primárně počítačové sítě Ethernet v řídicí technice. To zajistilo stoprocentní kompatibilitu s Ethernetem TCP/IP podle normy IEEE 802.3. Ethernet/IP využívá identické vrstvy podle komunikačního OSI modelu. Zásadní výhodou je možnost využití stejných technických a programových prostředků jako pro konfiguraci Ethernetu TCP/IP. V síti se komunikuje ve dvou zásadních prioritách. V nízké, kdy se data soustředí do paketů typu TCP, jsou vysílána bezpečným přenosem v nižších intervalech a vysoká, kdy jsou vysílána opakované pakety typu UDP, které zabezpečují rychlejší přenos za cenu nižšího bezpečí. Tyto dva protokoly byly spojeny v sítích Ethernet/IP do protokolu CIP (Common Industrial Protocol). Síť Ethernet/IP umožňuje i připojení běžných stolních PC do stejné sítě, jako je použita pro běžně dostupný Ethernet TCP/IP. Přenosové rychlosti jsou 10Mb/s 100Mb/s

a 1Gb/s.

V laboratoři je tato síť tvořena strukturovanou kabeláží, která je společná pro počítačovou síť. Připojení automatů do této sítě znamenalo tedy pouze propojení příslušných zásuvek se switchem v racku a připojení automatů na zásuvky u stolů v laboratoři. Celá komunikace byla poté otestována. Všechny automaty připojené do této sítě mají veřejnou IP adresu, a tak jsou přístupné přes internet.

3.3 Automat CompactLogix



Obrázek 3.2: Programovatelný automat CompactLogix

Pro model E1 je v laboratoři vyhrazen programovatelný automat CompactLogix (obr. 3.2) Jedná se o modulární systém montovaný na DIN lištu. Automat obsahuje: vlastní napájecí zdroj, procesorovou jednotku Compactlogix L43, komunikační modul pro síť Ethernet IP (1768-ENBT/A), modul komunikační sítě DeviceNet, Dále pak analogové, releové i digitální vstupní a výstupní moduly. Za posledním modulem je připojen zakončovací prvek, který nemá jinou aplikaci, než ukončení vnitřní sběrnice automatu. Vstupní a výstupní moduly mají zepředu svorkovnice na připojení vývodů. Svorkovnice jsou opatřeny

krytem bránícím poškození a znečištění kontaktů. Přívodní vodiče pak vedou směrem dolů od modulů. Při realizaci řízení modelů v předchozích pracích byly z důvodů nedostatku analogových vstupů některé vstupy připojeny na relé tak, aby podle toho, který model je aktiálně řízen, se relé přepnulo do patřičné polohy. Tato možnost však bohužel neumožňuje řídit více modelů najednou.

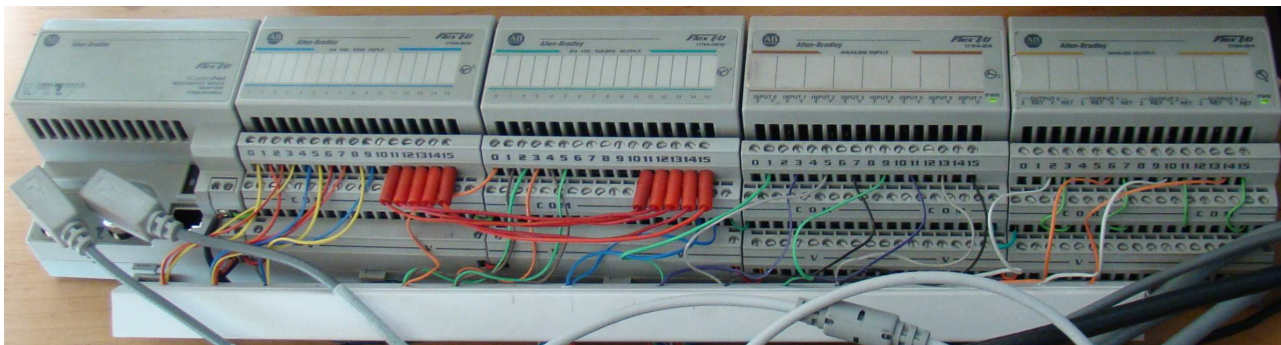
3.4 Automat ControlLogix



Obrázek 3.3: Programovatelný automat ControlLogix

Řízení modelů V1-V4 obstarávají 4 programovatelné automaty typu ControlLogix (obr. 3.3) Tento modulární automat je rozdílné konstrukce, než automat CompactLogix. Má totiž šasi s pevně daným počtem slotů pro přídatné moduly. Dodává se v provedení obsahujícím 4, 7, 10, 13 a 17 slotů. Speciální šasi do agresivního prostředí má pouze 5 nebo 7 slotů. Každý modul má identické rozměry a je možné dokonce je za běhu programu měnit, pokud tím není samotný běh narušen. Každý automat podílející se na distribuovaném řízení modelů V1-V4 má specifickou konfiguraci modulů. Tím jsou demonstrovány různé možnosti distribuce řízení mezi procesorovými jednotkami a automaty.

3.5 Modul FlexIO



Obrázek 3.4: Modul FlexIO

Na obrázku obr. 3.4 vidíme modul FlexIO. Tento autonomní modul připojený k modelům V1 a V4 je použit pouze k distribuci vstupů a výstupů po síti ControlNet. Modul samotný představuje vstupy a výstupy přístupné pomocí komunikační sítě vzdáleně mimo šasi. Flex IO pouze produkuje a konzumuje provozní hodnoty na síti podle svých vstupů a výstupů. Modul FlexIO neslouží v žádném případě k řízení. Toto řešení je schopno ušetřit peníze tam, kde potřebujeme vzdáleně řídit více modelů a není nutné, aby u každého bylo vlastní PAC. Moduly se dají rozšiřovat o další vstupy a výstupy. Modul i jeho rozšíření jsou montována na DIN liště. To zajišťuje komplexnost modulu.

3.6 Vizualizační panel

Vizualizační panel (viz obr. 3.4) je určený pro operátorská stanoviště v průmyslovém řízení. Jedná se o PanelView Plus 700 verze 3.20. Panel umožňuje připojit síť Ethernet, seriové rozhraní RS-232 a dvojici USB portů i myš a klávesnici. Napájen je 24V z PAC CompactLogix. Vizualizační program je uložen na paměťové kartě CompactFlash. Panel obsahuje otevřený operační systém Windows CE a flash paměť. Díky tomu může být v panelu operátora nahráno několik různých vizualizací, které můžeme snadno přepínat. Nahrání již uložené vizualizace se provede přes tlačítko Load a poté spuštění vybrané aplikace přes Run.



Obrázek 3.5: Vizualizační panel PanelView Plus 700

3.7 Modul EWEB pro automat ControlLogix

Automat určený pro řízení vodárny V3 obsahuje modul 1756-EWEB/A. Jedná se o speciální modul pro komunikaci po síti Ethernet/IP, který obsahuje navíc webový a FTP server, takže na něm lze vytvořit webovou prezentaci daného automatu. Modul umožňuje přístup k procesním proměnným a díky tomu lze pomocí webového rozhraní model kompletně řídit. Přístup k procesním tagům je umožněn přes funkce jazyka ASP, které jsou pro tento účel v modulu implementovány. Modul je schopen komunikovat se všemi dostupnými webovými prohlížeči.

Kapitola 4

Řízení a vizualizace

4.1 Použité programové vybavení

K programovatelným automatům dodává firma Rockwell i speciální programovací nástroje. Jedná se o celý balík software. Pro nás jsou však zajímavé pouze dva programy. RSLogix 5000, který se používá k programování vlastních PAC, a pak FactoryTalk, který se používá ke tvorbě vizualizací.

4.1.1 RSLogix 5000

Program RSLogix 5000 umožňuje programovat nejnovější PAC od firmy Rockwell. Program představuje kompletní IDE prostředí, které zastřešuje vývoj, testování a finální nasazení programů. Díky rozsáhlému počtu verzí je nutno dbát na stejnou verzi nainstalovaného RSLogixu a procesoru, pro který právě píšeme program. Některé procesory jsou limitovány maximální možnou verzí firmware. Je proto nutné si kompatibilitu ověřit před započítím programování. Základním programovacím způsobem je žebříčkový diagram (Ladder). Tento způsob vychází z releové logiky a implementuje velmi interaktivní schema, při kterém lze jednoduše spojováním čar na obrazovce nebo psaním jednoduchých písmenných zkratk vytvořit logické schema programu v automatu. Dalším způsobem tvorby programu je FBD (Functio block diagram) Jedný se rovněž o grafický nástroj, ve kterém se tvoří program automatu pomocí spojování logických funkcí (AND, OR...) do schematu společně se vstupy a výstupy. Jediným textovým nástrojem je Struct text. Pomocí něj se programuje pomocí speciální sady příkazů stejně, jako bývá zvykem na osobních počítačích. Poslední variantou je SFC (Sequential Function Charts). Sekvenční

graf je analogií ke grafsetu nebo petriho sítím. Umožňuje proto uložit program jako přepis stavového automatu. Všechny programy byly díky jednoduchému zápisu a snadnému pochopení programů studenty vytvořeny v žebříčkovém diagramu.

4.1.2 FactoryTalk

Balík software FactoryTalk je prostředím pro tvorbu vizualizací. V našem případě byl využit pro realizaci vizualizace modelu E1. Také FactoryTalk je velmi komplexním programem. Stejně jako v RSLogix je nutné dodržení verze panelu, pro který vizualizaci vytváříme. Klíčové pro správnou vizualizaci je navázání komunikace s PAC. Především pak navázání procesních poměných tzv. tagů. Při správné komunikaci pak dochází k předávání tagů na panel a jejich zobrazení a v případě nastavení hodnot na panelu dochází k jejich promítnutí zpět v PAC.

4.2 Řízení modelu E1

Při tvorbě programu jsem vycházel ze struktury programu v diplomové práci Řízení modelu vodní elektrárny automatem CompactLogix (HARENCZYK, M., 2009). Celý program je vytvořen v žebříčkovém diagramu, pro snadnější čitelnost je členěn do několika podprogramů. Následuje jejich stručný popis:

1. **Alarmy** kontrola výšky hladiny a definovaných stavů kdy by se měla otáčet turbínka
2. **Kontrola** kontrola chyb karet automatu
3. **Inicializace** připojení vstupních analogových signálů přepnutím reléového přepínače, nahrání inicializačních konstant regulátorů (kp,ki,kd a žádaná hodnota) a resetování alarmů a pointeru zásobníku
4. **Manual** monitoruje hodnoty v režimu manuál (cerpadlosled na cerpadlo), aby při změně z manuálního režimu došlo k beznázarovému přepnutí
5. **Nacteni** načte obraz vstupů. Při chybě karet je tento podprogram zakázán
6. **Panel** Reaguje na zadání hodnot panelem, řídí logiku pravomocí uživatele a automatu v jednotlivých režimech a v režimu kdy je to povoleno přepočte hodnotu

OUT a pošle ji na výstupní procesní proměnnou. Obstarává přechody mezi režimy detekcí naběžných hran a výpočítává žádané hodnoty pro PID při hybridním řízení

7. **Regulator** cyklicky spouští instrukce PID regulátoru a sekvenčně řídí v automatickém režimu
8. **Vizualizace** přepočítává vstupní hodnoty pro účely vizualizace, řídí logiku výběru režimů řízení přes menu a centrálně vypíná model
9. **Vypis** Vypisuje obraz výstupů. Při chybě karet je tento podprogram zakázán

4.3 Vizualizace modelu E1

Vizualizace modelu E1 byla vytvořena v rámci diplomové práce Řízení modelu vodní elektrárny automatem CompactLogix (HARENCZYK, M., 2009). Z této vizualizace jsme vycházeli. Ve vizualizaci byl především upraven vzhled tak, aby byla celá obrazovka přehlednější a snadněji se ovládala. Její jádro komunikující s PAC zůstalo zachováno. Vizualizace nabízí 3 možnosti nastavení řídicí metody:

- **Automatické řízení** neumožňuje uživateli měnit žádné parametry a automat řídí soustavu sám podle určené sekvence.
- **Hybridní řízení** umožňuje měnit nastavení konstant regulátoru a vybraných akčních členů. řízení, ale probíhá jako v automatickém režimu
- **Řízení panelem** funguje naprosto stejně jako řízení z panelu namontovaném na modelu

4.4 Distribuovaný řídicí systém pro modely V1-V4

Kompletní řešení po řízení a vizualizaci modelů V1-V4 byl již realizován v diplomové práci Distribuovaný řídicí systém s automaty Rockwell Automation (HANZLÍK, J., 2008). Protože je na tento systém navázána další vizualizace, musela být dodržena přesná struktura celého systému. Díky tomu nebylo možné provádět podstatné úpravy na programech

pro jednotlivé procesory. V distribuovaném řídicím systému jich navíc kooperuje celkem 7. Jejich úlohy jsou:

- **V1andV4.ACD** zajišťuje produkování a konzumování tagů pro a z FlexIO modulu a řízení modelů V1 a V4 podle nich. Nahrává se do L62/L63 ve slotu 0 CL s CN adresou 4
- **V2.ACD** zajišťuje produkování a konzumování tagů přímo z modulů na PAC pro řízení V2 a řízení podle nich. Nahrává se do L1 ve slotu 0 CL s CN adresou 5
- **V3.ACD** zajišťuje produkování a konzumování tagů přímo z modulů na PAC pro řízení V3 a řízení podle nich. Nahrává se do L62/63 ve slotu 0 CL s CN adresou 1
- **V1_def.ACD** zajišťuje produkování a konzumování tagů řízení V1 pro vizualizaci. Nahrává se do L1 ve slotu 6 CL s CN adresou 2
- **V2_def.ACD** zajišťuje produkování a konzumování tagů řízení V2 pro vizualizaci. Nahrává se do L1 ve slotu 10 CL s CN adresou 5
- **V3_def.ACD** zajišťuje produkování a konzumování tagů řízení V3 pro vizualizaci. Nahrává se do L1 ve slotu 11 CL s CN adresou 1
- **V4_def.ACD** zajišťuje produkování a konzumování tagů řízení V4 pro vizualizaci. Nahrává se do L62/63 ve slotu 0 CL s CN adresou 3

Jakákoliv změna ve struktuře by znamenala porušení celého systému. Vytvoření nových programů by navíc vedlo na stejný výsledek. V programech tak byly pouze odladěny drobné nedostatky.

4.5 Vizualizace modelu V3 přes webové rozhraní

Vzhledem k zastaralému vzhledu, informacím a fotografiím ve webovém rozhraní bylo nutné jej kompletně předělat. Z původního zbyl pouze jen skript na zapisování dat do automatu a okno webové kamery. Byla také odstraněna chyba, která neumožňovala měnit hodnotu žádané hodnoty při regulaci a parametry regulátorů. Nové webové rozhraní bylo otestováno pro většinu rozšířených webových prohlížečů. Po rekonstrukci byl model V3 přemístěn. Bylo tedy nutné umístit kameru na jiné místo, než kde byla původně. Z

nového místa je výhodně vidět na celou laboratoř a je tedy možné použít kameru i pro bezpečnostní účely.

Kapitola 5

Závěr

V rámci této práce bylo obnoveno řízení modelu "Vodní elektrárna E1" a modelů "Vodárna V1-V4". Nutnými kroky k dosažení tohoto cíle byla revize a otestování modelů a provedení nutných oprav. Dále pak založení infrastruktury průmyslových sítí v laboratoři KN:E-23 a to především sítě ControlNet. Některé modely a PAC byly přemístěny tak, aby byly lépe dostupné studentům při výuce v laboratoři. Bylo ověřeno, že všechny modely se dají i nadále řídit z prostředí Matlab-Simulink. Bylo rekonstruováno distribuované řízení modelů V1-V4. Bylo rekonstruováno řízení a vizualizace modelu E1. Bylo vytvořeno nové webové rozhraní pro vizualizaci modelu V3 pomocí modulu 1756-EWEB. Součástí práce byla rekonstrukce propojení modelů s programovatelnými automaty firmy Rockwell Automation. Byla namontována kamera pro kontrolu modelu a laboratoře v reálném čase.

Literatura

<http://knowledgebase.rockwellautomation.com/> (2011). [online].

<http://literature.rockwellautomation.com/> (2011). [online].

HANZLÍK, J. (2008), *Distribuovaný řídicí systém s automaty Rockwell Automation*, Diplomová práce.

HARENCZYK, M. (2009), *Řízení modelu vodní elektrárny automatem CompactLogix*, Diplomová práce.

JANEČEK, M. (2007), *Model systému s dopravním zpožděním*, Bakalářská práce.

Příloha A

Seznam zkratek

CL-ControlLogix

CN-ControlNet

PAC-programmable automation controller

PC-osobní počítač

PLC-programmable logic controller

Příloha B

Obsah příloženého CD

K této práci je přiloženo CD, na kterém jsou následující adresáře:

- EWEB: Obsahuje vizualizaci modulu pro modul EWEB.
- FT: Obsahuje vizualizaci pro panel operátora.
- PAC: Obsahuje programy do jednotlivých procesorů.
- TEXT: Obsahuje tento dokument ve formátu PDF.