ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Systémová integrace reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny

Praha 2011

Vypracoval: Michal ZVOLÁNEK

Prohlášení

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

V Praze, dne ……. …….
podpis

Abstrakt

Cílem diplomové práce je provézt systémovou integraci reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny, dokončit jeho hardwarovou část a vytvořit program řízení včetně vizualizace.

Práce se zaměřuje na analýzu, návrh a aplikaci systémové integrace modelu a jeho začlenění do výuky na katedře řídicí techniky FEL ČVUT. V souvislosti s tím je řešeno začlenění do systému pro vzdálený přístup Lablink a problémy s tím spojené. Následně jsou analyzována případná rizika provozu modelu a je diskutováno jejich řešení. Zvláštní kapitoly jsou poté věnovány vytvoření lokální i vzdálené vizualizace a základního algoritmu řízení. Na závěr práce je popsána metodika sběru a využití archivních dat získaných z řízené technologie. Výsledkem práce je také technická dokumentace modelu, která je pro svoji obsáhlost přiložena jako zvláštní dokument.

Abstract

The main goal of this thesis is system integration of a real pumped-storage hydro power plant model, completion of the hardware part and the implementation of basic control algorithms including visualization.

The main focus of the thesis is on analysis, design and application of system integration of the model and its incorporation to the education process at the Department of Control Engineering at Faculty of Electrical Engineering CTU in Prague. In context of this case, the integration to the system for remote access Lablink is solved as well as subsequent problems. Consequently, the possible risks of running model are analyzed and their solution is discussed. Particular chapters are devoted to the implementation of both local and remote visualization and the basic control algorithms. In conclusion, the methodology of collecting and use of archival dates is described. The result of this thesis is also technical documentation, which is attached as a separate document because of its comprehensiveness.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Michal Zvolánek**

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

Název tématu: **Systémová integrace reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny**

Pokyny pro vypracování:

Cílem je provézt systémovou integraci reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny, dokončit hardwarovou část a vytvořit projektovou dokumentaci i program řízení včetně vizualizace a vzdálené vizualizace.

1. Dokončete hardwarovou a softwarovou část modelu přečerpávací vodní elektrárny, umístěné v místnosti KN:E-s109.
2. Analyzujte a aplikujte postup pro systémovou integraci reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny.
3. Vytvořte kompletní dokumentaci ke každé části projektu a prezentujte ji prostřednictvím internetu. Analyzujte závažná rizika provozu a diskutujte jejich řešení.
4. Vytvořte program řízení na PLC včetně vizualizace z ovládacího pracoviště.
5. Analyzujte a realizujte možnost využití vzdálené vizualizace.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce.

Vedoucí: Ing. Pavel Burget, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2010/2011 (změna 1. 12. 2010)

L.S.

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 1. 12. 2010

Obsah

1 ÚVOD 1

1.1 CÍLE PROJEKTU 1
1.2 HISTORIE PROJEKTU 1
1.3 PROČ JE TŘEBA MODELŮ S PRŮMYSLOVÝMI PRVKY 2
1.4 STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE 2

2 ZÁKLADNÍ POPIS REÁLNÉHO MODELU 4

2.1 HARDWAROVÁ ČÁST PROJEKTU 4
2.1.1 Řídicí a zobrazovací jednotky 5
2.1.2 Senzory 6
2.1.3 Akční členy 9
2.1.4 Komunikační prvky 11
2.2 SOFTWAROVÁ ČÁST PROJEKTU 12
2.2.1 Programové vybavení pro PLC Siemens S7-300 12
2.2.2 Programové vybavení pro vizualizaci 12
2.2.3 Konfigurační software (STARTER, FieldCare) 13
2.2.4 OPC - společné rozhraní pro vzájemnou komunikaci 15

3 SYSTÉMOVÁ INTEGRACE MODELU 17

3.1 APLIKACE SYSTÉMOVÉ INTEGRACE POPISOVANÉHO MODELU 17
3.2 VYUŽÍVÁNÍ MODELU PŘI VÝUCE 18
3.2.1 První nasazení modelu 18
3.2.2 Lablink – aplikace pro vzdálený přístup 20
3.2.3 Uvedení modelu do výchozího nastavení 20

4 DOKUMENTACE K MODELU 23

4.1 POPIS STRUKTURY DOKUMENTACE 23
4.2 RIZIKA PROVOZU MODELU 24
4.2.1 Mechanická konstrukce modelu 24
4.2.2 Akční členy - čerpadlo 24
4.2.3 Použitá kapalina 25
4.3 PREZENTACE DOKUMENTACE PROSTŘEDNICTVÍM INTERNETU 25

5 PROGRAM ŘÍZENÍ MODELU A VIZUALIZACE 27

5.1 ŘÍDICÍ PROGRAM PRO PLC 27
5.1.1 Hardwarová konfigurace 27
5.1.2 Urovnání datových bloků 28
5.1.3 Implementace algoritmů regulace do řídícího programu PLC 29
5.1.4 Priorita řízení a napojení na vizualizaci 29
5.2 VIZUALIZACE TECHNOLOGIE 30
5.2.1 Popis vytvoření a nastavení projektu 30
5.2.2 Konkrétní vlastnosti vytvořené vizualizace 35

6 VZDÁLENÁ VIZUALIZACE 37
6.1 MOŽNOSTI REALIZACE VZDÁLENÉ VIZUALIZACE 37
6.1.1 WinCC 7.0 37
6.1.2 Nadstavby programu vhodné pro vzdálenou vizualizaci 38
6.1.3 Využití OPC serveru 39
6.2 VLASTNÍ REALIZACE VZDÁLENÉ VIZUALIZACE 39
6.2.1 Popis základního projektu ve WinCC 7.0 40
6.2.2 Vytvoření vizualizace v programu WinCC 7.0 42
7 ZÁVĚR 50
SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY 51
SEZNAM OBRÁZKŮ: 53
SEZNAM PŘÍLOH: 54
PŘÍLOHA A - OBSAH PŘILOŽENÉHO CD 55
PŘÍLOHA B – COMMAND INTERFACE 56

1 Úvod

Diplomová práce se zaměřuje na dokončení projektu vytvoření reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny umístěného v laboratoři KN:E-s109. Tento model, který je sestaven výhradně z průmyslových komponent, byl vytvořen především za účelem praktické výuky na katedře řídicí techniky ČVUT FEL.

Tato práce navazuje na dvou-semestrový týmový projekt, který se zabýval především návrhem, výběrem nejvhodnějších komponent a fyzickou realizací modelu. Hned po zrodu zadání této práce bylo zřejmé, že svým obsahem bude zasahovat do několika různých oblastí. Vzhledem k mým úkolům v týmu a rozpracované činnosti na modelu to však byla jediná možnost, jak dosáhnout patřičného zkompletování práce na modelu.

Vyčerpávající informace o fyzické, hardwarové i softwarové stránce celého projektu jsou obsažené v dokumentaci k modelu. Ta je pro svoji obsáhlost přiložena jako zvláštní dokument.

1.1 Cíle projektu

Hlavním cílem této práce je provézt analýzu, návrh a aplikaci systémové integrace reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny. Se splněním tohoto cíle úzce souvisí diskuze a řešení problémů spojených se začleněním do výuky na katedře řídicí techniky FEL ČVUT a do systému pro vzdálený přístup Lablink. Dílčím cílem je vytvoření lokální i vzdálené vizualizace, základního algoritmu řízení a také metodiky pro sběr a využití archivních dat. Důležitou součástí je také analýza případných rizik provozu modelu a diskuze jejich řešení. Cílem práce je také vytvoření technické dokumentace modelu.

1.2 Historie projektu

Absolvování předmětů katedry řízení na ČVUT FEL dává studentům možnost setkat se s několika předměty, ve kterých pracují na reálných modelech průmyslových procesů. Existence těchto modelů jim umožňují identifikovat daný systém, vytvořit jeho matematický popis a následně navrhnout algoritmy řízení. Ty pak mohou následně implementovat v daném řídicím systému. U některých pak mohou analyzovat různé způsoby průmyslové komunikace a také aplikovat moderní teorie řízení. Na velké části již používaných modelů jsou bohužel implementovány senzory, akční a komunikační členy, které se již v běžné průmyslové praxi většinou nepoužívají. Proto jsme přivítali možnost pracovat na projektu vytvoření laboratorního modelu, který bude osazen výhradně průmyslovými komponenty. Při jeho návrhu i následném konstruování jsme navíc mohli aplikovat získané zkušenosti z již absolvovaných předmětů. Díky tomu se nám podařilo uzpůsobit model k co možná nejlepšímu využití pro studenty.

Pro splnění zmíněných požadavků bylo nezbytné vytvoření modelu, který bude sestaven výhradně z průmyslových komponent, tj. všechny senzory, vizualizační prvky, akční, komunikační a řídicí členy musí splňovat průmyslové normy a standardy. Model by měl také umožňovat implementaci složitějšího řízení než pouze sekvenčního. Pro splnění zmíněných nároků byl vybrán model přečerpávací vodní elektrárny.

Model byl vytvořen za účelem výuky řídicí techniky a od reálné struktury přečerpávací vodní elektrárny se výrazně liší. Jak již bylo uvedeno, důležité je, že dává všem studentům možnost vyzkoušet si práci s průmyslovými komponenty, navrhnout a aplikovat vlastní sofistikovaný řídící program nebo vizualizaci.

1.3 Proč je třeba modelů s průmyslovými prvky

S blížícím se koncem studia je již téměř na každém studentovi patrný jistý směr, kterým se chce v dalším pokračování své kariéry zabývat. Možnosti aplikovat získané teoretické znalosti v reálných situacích již před ukončením vysokoškolského vzdělání k vyprofilování tohoto směru výrazně přispívají.

Je důležité, že se nám s velkou pomocí pana Ing. Pavla Burgeta Ph.D. podařilo získat a následně instalovat senzory, akční a řídicí členy, které jsou v současné době jedny z nejlepších na trhu. Tato skutečnost je základní předpoklad pro co možná největší aktuálnost hardwarového vybavení modelu i pro následující roky.

1.4 Struktura diplomové práce

Základní popis reálného modelu

Slouží jako charakteristika celého projektu po technické stránce. Je zaměřena na stručný popis reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny. Zmíněný je základní popis senzorů, akčních členů, řídicích jednotek a dalších hardwarových prvků. Následně je čtenář stručně seznámen i s využitými softwarovými nástroji.

Systémová integrace modelu

V této kapitole si po stručném úvodu do praktického využití systémové integrace popíšeme její aplikaci při realizaci popisovaného projektu. Zároveň se dozvíme, jakým způsobem bylo nutné spojovat potřeby, které se vyskytují při spolupráci nesourodých systémů. Dále pak budou vyzdvihnuty cíle využití modelu ve výuce.

Dokumentace k modelu

Kvalitně zpracovaná dokumentace je základem úspěchu každého projektu, proto jí byl věnován dostatek času i v našem případě. Z důvodu její obsáhlosti je v této kapitole popsána pouze její dílčí struktura. Kompletní dokumentace je přiložena na CD jako samostatný dokument. Na konec kapitoly jsou zhodnocena nejzávažnější rizika dlouhodobého provozu modelu a prezentace dokumentace prostřednictvím internetu.

Realizace základních algoritmů řízení a vizualizace

Dílčím cílem této práce bylo také navržení programu řízení pro popisovaný model. Realizace návrhu je popsána právě v této kapitole. Dále je čtenář seznámen se základními možnostmi a následně i s realizací vizualizace v programu WinCC flexible.

Vzdálená vizualizace

Tato kapitola je zaměřená na popis možností a realizaci vzdálené vizualizace. Dále se soustředí na požadavky současných rozsáhlých distribuovaných systémů. Dále si přiblížíme možnosti a využití archivace procesních dat.

2 Základní popis reálného modelu

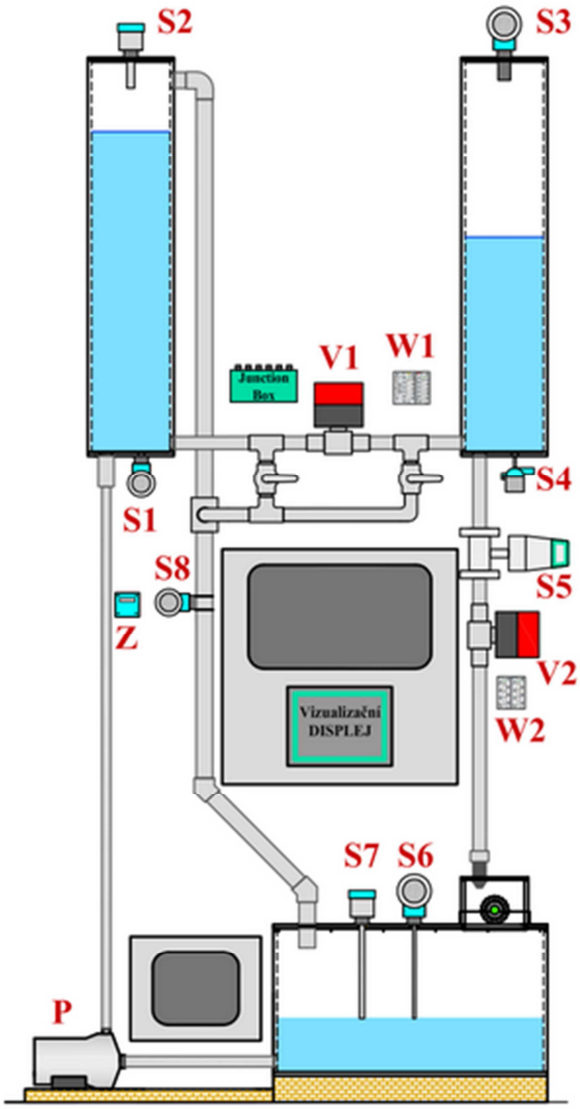
Tato část diplomové práce slouží pro seznámení s reálným modelem přečerpávací vodní elektrárny a je zaměřena na jeho stručnou charakteristiku. Zmíněný je základní popis senzorů, akčních členů, řídicích jednotek a dalších hardwarových prvků. Základní část hardwarového vybavení byla nainstalována již v předchozí etapě sestavení modelu. Naším úkolem bylo dokončit integraci stávajících prvků a následně instalovat a konfigurovat zbývající projektované prvky.

Podrobný popis jednotlivých hardwarových i softwarových elementů je uveden v dokumentaci ke zmíněnému modelu [1].

2.1 Hardwarová část projektu

Obrázek 2.1 zobrazuje nákres popisovaného modelu. Skládá se z dvojice horních a jedné spodní nádrže, ve kterých se v průběhu chodu modelu přelévá tekutina. Tato tekutina je působením čerpadla P dopravena do levé horní nádrže. Výkon čerpadla je ovládán frekvenčním měničem připojeným přes PROFIBUS k PLC. Tekutina dále samovolně přetéká z levé do pravé nádrže v závislosti na otevření ventilu V1. Z pravé nádrže poté odtéká zpět do dolní nádrže v závislosti na otevření ventilu V2.

P – odstředivé čerpadlo
V1 – ON/ OFF ventil
V2 – proporcionální ventil
W1 – I/O moduly Wago
W2 – I/O moduly Wago
S1 – senzor tlakový
S2 – senzor kapacitní (limitní)
S3 – senzor ultrazvukový
S4 – senzor teplotní
S5 – senzor průtoku - indukční
S6 – senzor mikrovlnný
S7 – senzor kapacitní (limitní)
S8 – senzor teploty
Z – profibus PA display



Obrázek 2.1 - Rozmístění prvků na modelu

Na konci výtokové trubky vedoucí do spodní nádrže je umístěna tryska, která je nasměrována na peltonovu turbínu. Turbína je přes hřídel spojena se stejnosměrným elektromotorem s permanentními magnety, který zde plní funkci generátoru.

2.1.1 Řídicí a zobrazovací jednotky

Bez hardwarové části by byl sebelepší algoritmus těžko realizovatelný. Proto se v první řadě zaměříme na popis konfigurace, zajišťující správný chod celého modelu. Jak již bylo uvedeno výše, obsah následující kapitoly slouží jako přehled použitých prvků. Jejich stručný technický popis je čerpán z informačních zdrojů dodávaných jednotlivými výrobci.

K řízení modelu byly využity dva různé typy PLC od společnosti Siemens. Měli jsme tedy možnost seznámit se se zapojením obou druhů řídicích systémů. V této práci se ale dále zaměřím pouze na využití programovatelného automatu Simatic S7-315. Podrobnosti o nasazení druhého řídicího prvku (PLC Simatic S7 – 400H) naleznete v dokumentaci [1] nebo v diplomové práci kolegy Ing. Jana Švece [14].

PLC SIMATIC S7 – 315

PLC S7 – 315 (viz Obr. 2.2) je stále jedním z nejprodávanějších řídicích systémů SIMATIC z celkové koncepce plně integrované automatizace. S jistotou lze říci, že se s ním můžete setkat v aplikacích rozprostřených po celém světě. SIMATIC S7 – 315 poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na výrobní technologii. Tato platforma je optimálním řešením jak pro centralizovaná, tak pro distribuovaná řešení.

Použit byl model ze standardní řady S7 – 315 2PN/DP. Jak již vyplývá z názvu, v tomto PLC jsou integrována dvě komunikační rozhraní – rozhraní profinet a profibus DP.

Obrázek 2.2 - PLC SIMATIC S7-300

Popisovaný řídicí automat je doplněn síťovou komponentou IE/PB Link. Ta dokáže zprostředkovat přechod mezi sítí profinet a profibus. Tímto způsobem dokáže integrovat zařízení komunikující pouze po síti profibus do sítě profinet. Tato komponenta se sice zdá být nadbytečná, protože výše popisovaný automat disponuje oběma zmíněnými rozhraními. Uplatnění však najde především při výuce průmyslových sítí, kde díky ní studenti vyzkouší možnosti propojení obou zmíněných sítí.

Průmyslový dotykový panel

Dění v technologickém procesu je vizualizováno průmyslovým dotykovým panelem MP 377 15“ Touch od společnosti Siemens. Tento panel s TFT displejem, je vhodný nejen pro vizualizaci procesů, ale se softwarem Simatic WinAC MP2007 (softwarové PLC) dokáže s vizualizací zároveň řešit i úlohy řízení (nebylo realizováno v tomto projektu).

Obrázek 2.3 - Panel MP 377 15“

Multipanel MP 377 nabízí uživatelům tři rozhraní – Profinet, MPI/Profibus DP a USB 2.0. Poslední jmenované slouží pro připojení periferních zařízení – například pevných disků, klávesnic, tiskáren atd. Uživatelskou paměť o velikosti 12 MB lze rozšířit pomocí slotu pro MultiMediaCard nebo slotu pro CF-Card a rozšířit tak například možnosti archivace nebo ukládání recepturních dat.

2.1.2 Senzory

Na modelu je umístěno celkem 8 senzorů a to od dvou různých dodavatelů. Tři od firmy Siemens a pět senzorů dodala firma Endress + Hauser (dále jen E + H). Dále je instalován PA zobrazovač. Umístění prvků je znázorněno na obr. 2.1. Všechny senzory komunikují s PLC po protokolu Profibus PA. V následujících několika odstavcích bude uveden jejich stručný popis. Podrobněji se senzorům věnuje kompletní dokumentace k modelu [1].

S1 - tlakoměr Cerabar S PMC71

Tlakový senzor Cerabar, vyráběný firmou E+H, je tlakoměr s kapacitním snímačem s keramickou membránou Ceraphire®. Je vybavený komplexním zabezpečením a inteligentními ovládacími funkcemi. Jeho pracovní rozsah je 2 bary. Maximální hodnota přetlaku je 60 bar.

Princip měření spočívá v tom, že tlak působí přímo na izolační keramickou membránu, kterou deformuje. Tlakovou deformací membrány se pak mění vzdálenost mezi elektrodami a tím i kapacita měřená na elektrodách.

Obrázek 2.4 - Cerabar S PMC71

S2, S7 – Limitní senzor Siemens Pointek

Pro detekci dosažení maximální hladiny vody v levé horní nádrži (ochrana proti přetečení) a detekci minimální hladiny vody ve spodní nádrži (ochrana čerpadla před chodem bez zaplnění) byly použity limitní senzory různé délky Pointek CLS 200 od firmy Siemens.

Pointek CLS 200 je všestranný kapacitní limitní snímač s vysokou mírou chemické odolnosti. Je použitelný pro detekci povrchu pevných, tekutých, kašovitých i pěnivých materiálů. Snímač reaguje na přítomnost jakéhokoli materiálu s relativní dielektrickou konstantou větší než 1,5. Kontakt s materiálem je detekován změnou kapacity, která způsobuje změnu měřené oscilační frekvence.

Obrázek 2.5 - Siemens Pointek

S3 – Ultrazvukový hladinoměr Prosonic M

Měření výšky hladiny v druhé nádrži je prováděno bezkontaktním ultrazvukovým hladinoměrem od firmy E + H. Maximální rozsah měření u tohoto typu je 5 m. Senzor má integrovaný tepelný snímač pro automatickou korekci tepelné závislosti rychlosti zvuku. Tento typ hladinoměru je vhodný pro měření hladiny kapalin včetně kapalin s vysokou viskozitou a hrubých sypkých materiálů. Dále se také používá při měření výšky hladiny na otevřených kanálech a jezech.

Princip měření spočívá ve vysílání a následném přijímání odražených ultrazvukový pulzů. Senzor měří čas uplynulý mezi vysláním a přijmutím pulzu. Ze znalosti času a rychlosti zvuku se vypočítá vzdálenost.

Obrázek 2.6 – Prosonic M FMU 40

S4 – Teploměr Omnigrad M TR10

Omnigrad M TR 10 je universální průmyslový teploměr pracující v teplotním rozsahu -200°C až 600°C a obsahuje převodník iTemp TMT 84 (oboje od firmy E + H).

Tento teploměr používající senzor Pt 100 podle IEC 60751. Tímto senzorem je platinový rezistor s odporem 100 Ω při teplotě 0 °C a teplotním součinitelem elektrického odporu α=0,003851°C^{-1}.

Obrázek 2.7 - Omnigrad M TR10

S5 – Průtokoměr Sitrans MAGFLO MAG 5100 W

K měření průtoku mezi horní a dolní nádrží byl použit magneto – indukční průtokoměr Sintrans MAG 5100W s převodníkem MAG 6000 od firmy Siemens. Tento typ je možné použít na měření průtoku elektricky vodivých kapalin. Minimální požadovaná el. vodivost měřeného média je 5 µS/cm. Princip měření průtoku u magneto – indukčních průtokoměrů vyplývá z Faradayova zákona o elektromagnetické indukci.

Převodník MAG 6000 je vhodný pro aplikace, které vyžadují vysokou přesnost měření a rozšířené funkce převodníku.

Obrázek 2.8 - Průtokoměr Sitrans

S6 – Hladinoměr Levelflex M FMP40

Levelflex M, vyráběný firmou E+H, je top-montážní, kompaktní mikrovlnný hladinoměr pro úrovňové měření hladiny. Pracuje jako mikro-impulzní radar na principu time-of-flight (čas letu). Ze změřeného času mezi vysláním a přijmutím odraženého pulsu lze vypočítat vzdálenost povrchu materiálu od membrány senzoru. Pulsy jsou vedeny po tyči, lanku nebo koaxiální sondě. Na našem modelu je použit typ s vedením po tyči. Rychlost šíření pulzu c a intenzita odrazu jsou závislé na dielektrické konstantě okolí.

Obrázek 2.9 - Hladinoměr Prostic M

S8 – Teploměr iTEMP® TMT162

Převodník teploty TMT162 je univerzální programovatelný dvoudrátový převodník s analogovým výstupem, dvěma měřicími vstupy pro odporové teploměry a odporové snímače ve dvou-, tří- i čtyř-drátovém zapojení, pro termočlánky a pro měření napětí. Zobrazovač LCD ukazuje aktuální naměřenou teplotu současně číslicově a sloupcovým grafem s indikací překročení nastavené mezní hodnoty.

Obrázek 2.10 - Teploměr TMT162

Z – Zobrazovač RIP 261

Tento prvek dokáže zobrazovat procesní hodnoty a alarmy dalších zařízení na PA síti. Adresa zařízení, jehož data se zobrazují, se nastavuje přepínači uvnitř zobrazovače. Je proveden s krytím IP 66 a disponuje sedmimístným displejem.

2.1.3 Akční členy

Níže popsané prvky převádějí řídicí informaci z PLC na akční zásah. To by však bylo jen těžko možné bez podpůrných subsystémů. Proto v této podkapitole naleznete jak stručný popis čerpadla a použitých elektromechanických ventilů, tak také popis frekvenční měniče MM440 a I/O modulů Wago Speedway.

V1, V2 – Elektromechanické ventily

Součástí modelu jsou elektropohony VALPES série ER (ER35-X53M) a EK(ER35 933SP6).

Tyto pohony slouží k automatizovanému ovládání průmyslových armatur. První zmíněný ventil V1, umístěný mezi horními nádržemi, pracuje v režimu otevřený/ zavřený a má stejně jako druhý ventil čtyři nastavitelné koncové snímače.

Druhý na rozdíl od prvního spojitý ventil V2 je umístěný pod pravou horní nádrží a je ovládán pohonem ze série ER. Navíc je vybaven zpětnovazebním potenciometrem, který udává aktuální polohu uzavření ventilu.

Obrázek 2.11 – Elektromecha. ventil

W1, W2 - I/O moduly WAGO Speedway

Pro ovládání elektromechanických ventilů z PLC je využito I/O modulů 767 Speedway od firmy WAGO. Jedná se o velmi kompaktní periferii svým krytím IP 67 předurčené pro montáž mimo rozvaděč. Moduly komunikují s PLC po protokolu PROFINET.

Použité I/O moduly 767 Speedway:

4AO U/I – 767-7401

4AI U/I – 767-6401

8DO 24V DC 0,5A (8xM8) – 767-4801

FC PROFINET 8DI 24v DC – 767-1201

Obrázek 2.12 - Moduly WAGO 767 Speedway

P – Čerpadlo EBARA CD 120/07

Nerezové odstředivé jednostupňové čerpadlo řady CD je určeno pro čerpání čistých kapalin. Plášť motoru i veškeré součásti jsou vyrobeny z nerezové oceli AISI 304, proto je vhodné pro použití do vlhkého prostředí. Mechanická ucpávka je v provedení uhlík/keramika/NBR.

Čerpadlo je poháněno dvoupólovým asynchronním elektromotorem (výkon 0,55 kW) napájeným trojfázovým napětím. Maximální pracovní tlak čerpadla je 8 bar.

Obrázek 2.13 - Čerpadlo EBARA

Frekvenční měnič MICROMASTER 440

Tento prvek je pro nás z hlediska řízení důležitější než samotné čerpadlo.

Frekvenční měnič Micromaster 440 je určený pro napájení třífázových asynchronních a synchronních elektromotorů ve výkonovém rozsahu od 120 W do 75 kW. Obvody řízení a regulace jsou realizovány pomocí digitální techniky s mikroprocesorovým řízením a výkonovými tranzistory typu IGBT. Metodou PWM (pulzně šířkové modulace) s přepínatelným spínacím kmitočtem je dosaženo tichého a rovnoměrného chodu motoru.

Obrázek 2.14 - Fr. měnič MM440

Příslušenství frekvenčního měniče MICROMASTER 440:

- **Odrušovací filtr** - zabraňuje přenosu rušení vzniklého v měniči do napájecího kabelu. Zajistí splnění požadavků na elektromagnetickou kompatibilitu.
- **BOP (Basic Operator Panel)** - 5-timístný číselný panel pro řízení, nastavení a sledování měničů MM440.
- **PROFIBUS komunikační modul -** slouží ke komunikaci s PLC po protokolu Profibus DP a začleňuje tak měnič MM 440 do konceptu TIA[1].

[1] TIA (Totally Integrated Automation) - plně integrovaná automatizace více viz [5]

2.1.4 Komunikační prvky

Pro vytvoření optimální konfigurace komunikace po sběrnici je třeba využít několik dalších komponent. Jedná se především o prvky spojené se sběrnicí profibus.

Profibus DP a PA jsou velmi podobné protokoly. Data, která jsou posílána po DP nebo PA sítích, jsou prakticky interpretována stejným způsobem. Liší se především ve fyzické vrstvě. Protokol PA navíc podporuje jak přenos dat, tak napájení po stejném kabelu.

Převodník Profibus DP/PA

PROFIBUS Power Hub KT-MB-GTB-2PS od společnosti Pepperl + Fuchs slouží jako převodník z protokolu Profibus DP na Profibus PA.

Podporuje dva PA segmenty pro až 62 přístrojů. Každý segment plní zároveň úlohu transparentního spojení segmentů Profibus PA na sběrnici Profibus DP a zároveň napájení zařízení připojených na Profibus PA.

Obrázek 2.15 - Profibus Power Hub

Komunikační prvky Profibus PA

Segment protector R2 – SP – N6, od firmy Pepperl + Fuchs, plní funkci posilovače sběrnice a rozděluje ji na 6 samostatných segmentů. Pokud dojde ke zkratu na libovolném segmentu, není nijak ovlivněn chod segmentů ostatních a dojde-li k opravení nastalé chyby, segment protektor automaticky obnoví provoz sítě.

Obrázek 2.16 - Segment protector

Dále je na sběrnici PA instalován **rozbočovač (Junction Box)** také od firmy Pepperl + Fuchs se 4 segmenty. Díky krytí IP67 je toto zařízení určeno k instalaci přímo v technologii mimo rozváděč.

Obrázek 2.17 - Junction Box

2.2 Softwarová část projektu

Sebelepší hardware nelze patřičně využít bez kvalitního řídícího programu. Naprogramování řídicího systému je však náročné nejen na programátora, ale také na vývojové prostředí, ve kterém je zmíněný systém navrhován.

V této kapitole je popsáno programové vybavení, které je nezbytné k základnímu nastavení jednotlivých prvků, k naprogramování řídicích algoritmů a vizualizace.

2.2.1 Programové vybavení pro PLC Siemens S7-300

Řídicí programy jsou vytvářeny pomocí softwarových nástrojů firmy Siemens. Z jejich internetových stránek je také citován základní popis viz [2].

Step7 Professional

STEP 7 Professional je programovací a konfigurační software určený pro profesionální použití spolu s řídicími systémy SIMATIC. Zajišťuje podporu uživatele ve všech fázích vývoje projektu.

STEP 7 Professional odpovídá mezinárodnímu standardu IEC 61131-3, čímž podporuje všeobecnou standardizaci a napomáhá k úspoře nákladů na tvorbu projektu. Program vytvořený ve Step7 se skládá z:

- **Organizačních bloků (OB) -** Vytváří rozhraní mezi operačním systémem a uživatelským programem. Řídí chování celého řídicího systému při startu, vykonávání programu v cyklu nebo vyvolaného přerušením.
- **Funkční bloky (FB), Funkce (FC)** - *Funkční bloky* mají svůj přidružený datový blok, ve kterém jsou ukládány vstupní a výstupní parametry stejně jako statická data. Díky tomu mohou udržovat zpracovávanou hodnotu během několika cyklů. *Funkce* naopak nemají svůj datový blok, a proto při vyvolání, vyžadují vždy vstupní data, která si nedokáží uchovat do dalšího cyklu.
- **Datový blok (DB) -** Slouží k ukládání uživatelských dat.
- **Systémové funkce (SFC) a systémové bloky (SFB)** - Tyto funkce a funkční bloky, které můžeme využít, jsou integrované v operačním systému S7 – CPU.

2.2.2 Programové vybavení pro vizualizaci

O znázornění dění na řízené technologii se stará vizualizace projektu. Pro výše zmíněný panel MP 377 byla naprogramována lokální vizualizace v programu **WinCC Flexible 2008 SP1**. V kapitole vzdálená vizualizace se následně podrobněji zaměříme mimo jiné na softwarový produkt **WinCC 7.0,** který představuje řešení pro náročnější vizualizační úlohy.

WinCC Flexible se používá k vytváření lokálních vizualizačních projektů především pro široké spektrum operátorských panelů firmy Siemens.

Usnadnění práce při vytváření vizualizace pro PLC řady SIMATIC S7 je umožněno integrace projektu WinCC Flexible do nástroje SIMATIC Manager.

Tímto propojením odpadá projektantovi vizualizace vytváření komunikačních proměnných. Integrace přináší i možnost využít diagnostická hlášení, která informují operátora o problémech na řídicím systému.

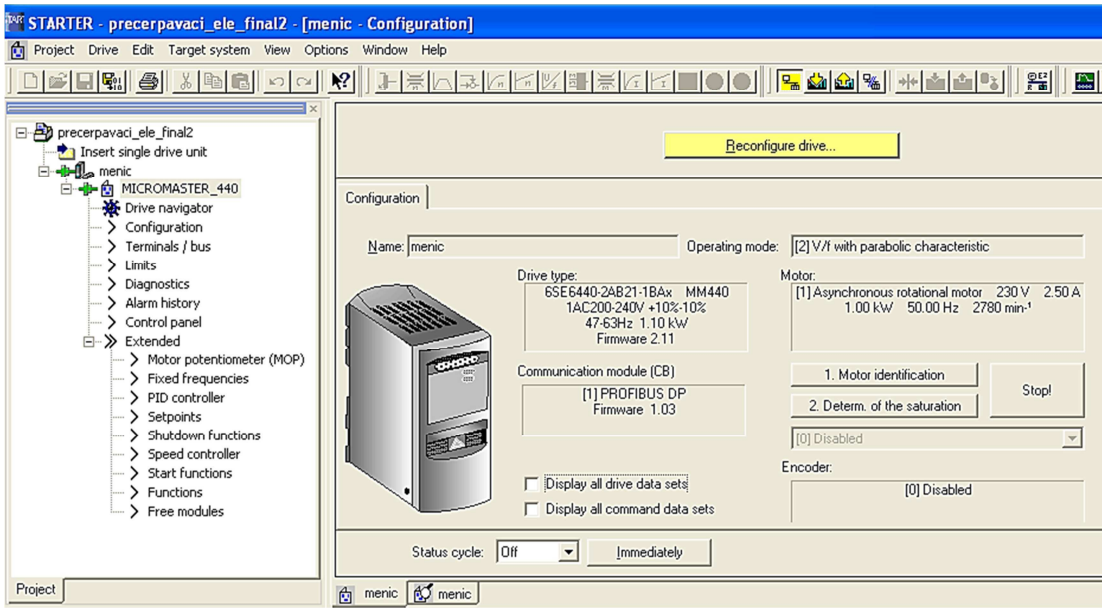
WinCC představuje velice výkonný systém SCADA[2], který je určen pro celé spektrum vizualizačních úloh. S jeho pomocí lze realizovat jak vizualizace jednotlivých strojů, tak i systémy sledování, ovládání, archivace a analýzy rozsáhlých technologických celků napojených na systémy vnitropodnikového řízení (např. systém SAP). Může být nasazen jako jedna stanice, případně jako více stanic (až 12 redundantních serverů) s architekturou server-klient (až 32 klientů na server).

WinCC je vybudováno na relační databázi MS SQL Server, v níž jsou uložena konfigurační i archivní data. Aplikace, běžící paralelně s WinCC, např. MS Excel, mohou tyto data využívat prostřednictvím DDE[3], OLE[4] a OPC[5].

2.2.3 Konfigurační software (STARTER, FieldCare)

2.2.3.1 Konfigurace frekvenčního měniče

Program STARTER je další z řady programových nástrojů firmy Siemens. Slouží k parametrizování a monitorování všech aktuálně prodávaných pohonů rodiny Sinamics a Micromaster.



Obrázek 2.18 – STARTER - program pro konfiguraci frekvenčního měniče

---

[2] SCADA (Supervisory control and data acquisition) – systém pro řízení kontroly a získávání dat.

[3] DDE (Dynamic Data Exchange) – technologie pro komunikaci více aplikací v systému MS Windows.

[4] OLE (Object Linking and Embedding) - technologie umožňující vkládání a propojování dokumentů a dalších objektů vyvinutá společností Microsoft.

[5] OPC (OLE for Process Control) – standard vytvářející společné rozhraní pro nesourodé systémy (podrobnější popis je uveden v následující kapitole).

Program umožňuje uvádění pohonů do provozu a jeho kompletní monitoring. Základní nastavení lze velmi přehledně monitorovat a měnit v hlavním okně aplikace. Odborné zásahy do podrobností nastavení lze pak provádět v takzvaném expert listu.

Po nastavení parametrů komunikace jsme s kolegou Jozefem Fetterikem díky tomuto softwarovému nástroji použitý frekvenční měnič nakonfigurovali. Nejprve bylo nutné nastavit výkonové parametry a režim řízení motoru čerpadla. Dále jsme museli vyřešit hlasitý chod čerpadla, který by rušil výuku při využívání modelu. To se nám podařilo až po konzultaci s Ing. Vladimírem Mýlkem ze společnosti Siemens. Díky jeho radám jsme provedli nastavení modulační frekvence a následně snížení výstupního proudu. Obě nastavení se dají provézt změnami v expert listu. Tímto postupem se hluk čerpadla minimalizoval. Jako poslední bylo provedeno zapojení a následné nastavení digitálních vstupů tak, aby měnič reagoval na rozepnutí „alarmových“ kontaktů u limitních senzorů svým okamžitým vypnutím. Podrobnější informace o jednotlivých nastaveních jsou uvedeny v dokumentaci k modelu [1].

2.2.3.2 Konfigurace senzorů

FieldCare

Program byl využit pro konfiguraci senzorů společnosti Endress + Hauser. Nabízí následující možnosti:

- Kompletní nastavení zařízení E + H a dalších ostatních výrobců
- Podporu protokolů PROFIBUS a HART
- Podpora DTM souborů ostatních výrobců

PDM (Process device manager)

Slouží ke konfiguraci senzorů od firmy Siemens. SIMATIC PDM je univerzální nástroj pro konfiguraci, monitorování, diagnostiku a údržbu inteligentních procesních zařízení a komponent pro automatizaci.

2.2.3.3 Softwarové nástroje pro podporu OPC

OPC Scout je program, který se po spuštění chová jako OPC klient a může se tak připojit k dostupným OPC serverům. Kvalitu komunikace určuje kvalita hodnoty proměnné ve sloupci Quality. Pokud je její hodnota „good“ je spojení plně funkční. V OPC Scout může uživatel vytvořit skupiny proměnných, měnit oprávnění atd. Pro vytvoření a kontrolu skupiny zprostředkovávaných dat klientem může posloužit „OPC-Navigator“. Pro korektní chod komunikace je nutné PC stanici správně nakonfigurovat. Návod na správné nastavení není triviální, podrobnosti naleznete v dokumentaci k modelu[1] nebo v [13].

S pomocí zmíněného návodu byl nakonfigurován OPC server OPC.SimaticNET. Ten následně zprostředkovával data pro využití klienty ostatních specializovaných programů (WinCC, Matlab Simulink atd.).

2.2.4 OPC - společné rozhraní pro vzájemnou komunikaci

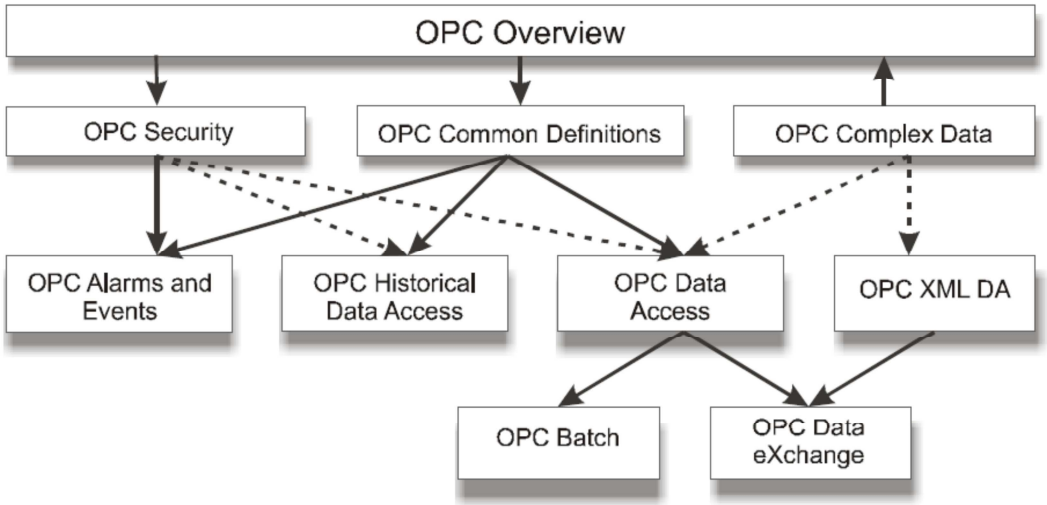
V předcházejících kapitolách bylo několikrát skloňováno využití rozhraní OPC. Protože je tento pojem důležitý i ve spojení s účely popisovanými v kapitole vzdálená vizualizace, rozebereme si ho nyní trochu podrobněji.

Cílem OPC (OLE for Process Control) je vytvořit společné rozhraní pro vzájemnou komunikaci mezi hardwarovou a softwarovou částí různých produktů. Tímto otevřeným rozhraním se eliminují závislosti daného monitorovacího nebo řídicího softwaru na výrobci hardwaru. Proto již téměř všichni SCADA/ HMI[6] výrobci v oboru počítačové automatizace, a také samozřejmě výrobci zařízení pro automatizaci, nabízejí se svými produkty OPC klienty, resp. OPC serverové rozhraní. Zavedení možností OPC standardů přináší do světa automatizace volnost a komponentovou nezávislost na jednotlivých výrobcích automatizační techniky a s tím spojený výrazný ekonomický přínos pro koncové uživatele.

OPC se v současné době stal významným standardem průmyslové komunikace vytvořeným ve spolupráci světových dodavatelů automatizačních prostředků. Tento standard je založen na metodách OLE, COM[7] a DCOM[8] společnosti Microsoft. Vypracováním standardu OPC, jeho udržováním, šířením a prezentací se zabývá nadnárodní dobrovolná organizace OPC Foundation [11].

2.2.4.1 Specifikace OPC

Vytváření a udržování zmíněného standardu je možné prostřednictvím tzv. specifikací OPC. Tím se rozumí volně přístupná technická dokumentace stanovující pravidla, která popisují chování a konfiguraci standardního rozhraní OPC. Specifikace OPC a jejich vzájemné vazby jsou znázorněné na následujícím obrázku 2.19.



Obrázek 2.19 - Specifikace OPC a jejich vazby (zdroj: © The OPC Foundation [11])

[6] HMI (Human machine interface) – koncept vytvoření rozhraní člověka a stroje.

[7] COM (Component Object Model) - komponentově orientovaná technologie od firmy Microsoft

[8] DCOM (Distributed COM) - distribuovaná verze technologie COM (COM + síťové rozšířením)

Základem specifikace je OPC Overview, který sumarizuje základní informace o účelu, výhodách a vlastnostech PC. OPC Security, OPC Common Definitions a OPC Complex Data pak popisují funkční schopnosti, které mohou být implementovány.

OPC Data Access, OPC Historical Data Access, OPC Alarms and Events a OPC XML DA pak určují rozhraní komunikace pro kompletní serverový nebo klientský aplikační program. Z nich o první trojici, která je založena na metodě DCOM, bude dále hovořeno v kapitole vzdálená vizualizace.

Kompletní popis specifikace a dalších podrobnější informací o OPC lze dohledat v citované literatuře [11], [12].

3 Systémová integrace modelu

S termínem systémová integrace se můžeme setkat v souvislosti s několika různými významy. Jejím hlavním cílem je spojovat potřeby, úkoly a různorodé technologie, které se vyskytují při spolupráci zdánlivě nesourodých systémů. Bohužel se většina teorie zabývající se systémovou integrací zaměřuje především na podnikové informační systémy. Pro lepší představu uvádím, že pro tyto subjekty je hlavním cílem vytvoření a následná permanentní údržba integrovaného informačního systému. Ten optimálně využívá potenciálu dostupných informačních technologií k maximální podpoře podnikových cílů. V přeneseném smyslu však můžeme danou teorii aplikovat i pro případ integrace modelu přečerpávací vodní elektrárny do systému výuky na katedře řídicí techniky.

Je třeba si uvědomit, že systémová integrace je proces a nikoliv stav systému. A cílem tohoto procesu je sjednocení vzájemně nekompatibilních částí do funkčního celku. Důsledkem toho systémovou integraci nelze nikdy považovat za zcela dokončenou. Prostředí, se kterým se model snažíme co nejlépe propojit, se totiž neustále mění. Sice se tyto změny na první pohled zdají být v našem prostředí velice pozvolné. Budeme-li tyto nároky ignorovat, můžeme se lehce dostat do situace, kdy již model ani zdaleka nebude využívat svůj potenciál pro výuku.

3.1 Aplikace systémové integrace popisovaného modelu

Na počátku podtrhněme, že popisovaný projekt (vytvoření modelu přečerpávací vodní elektrárny) byl vyvíjen v akademickém prostředí. Tato počáteční podmínka nám umožňovala věnovat všechnu svoji energii co možná nejlepšímu technickému řešení. Náš tým měl díky aktivnímu přístupu našich školitelů k dispozici hned několik významných odborníků, kteří nám byli nápomocni při řešení většiny problémů. Tato skutečnost spolu s vyvinutým úsilím vedla k tomu, že se dala většina problémů a s nimi spojených rizik minimalizovat krátce po jejich vzniku.

A právě snížení rizik je často uváděno jako jeden z hlavních přínosů proč se systémovou integrací zabývat. V našem případě byla již od počátku za nejdůležitější považována rizika nedodržení harmonogramu a nesprávného sjednocení různorodých zdrojů. V průběhu projektu jsme se ale museli zabývat i velkým množstvím drobných rizik. Ty se sice mnohdy zdály nevýznamné, ale právě tyto rizika v důsledku způsobují nejvíce problémů [3]. Proto jsme se také jejich analýzou zabývali a během vývoje jsme se je snažili ihned řešit. Tím se jejich seznam dařilo nerozšiřovat a udržovat ho stále aktuální. Vzhledem k dosavadnímu vývoji výskytu rizik jsme dospěli ke stanovisku, že nejlépe si jim dá čelit, pokud je zpracovaná kvalitní projektová dokumentace. Kvalitní dokumentaci, pro všechny fáze vývoje projektu, uvádějí jako základ úspěšného projektu i přední odborníci.

Výsledkem je tedy vznik plně funkčního integrovaného celku, který je vytvořený z řady komponent různých výrobců. Výběr vhodných komponent byl velice důležitý,

proto jsme ocenili šířku trhu s námi poptávanými produkty. Na doporučení našich školitelů jsme jako základ hardwarového vybavení vybrali výrobky společnosti Siemens, které jsou schopny zmíněné požadavky splnit.

3.2 Využívání modelu při výuce

Jedním ze základních cílů bylo využívání vytvořeného modelu v co možná nejvíce vyučovaných předmětech. Potenciál na to jistě má, vždyť je na něm možné prakticky otestovat znalosti například z teorie řízení, výuky týkající se PLC, diagnostiky průmyslových sítí atd. Tento cíl se nám podařilo naplnit již v zimním semestru akademického roku 2010/2011.

3.2.1 První nasazení modelu

Do výuky byl model poprvé zařazen v zimním semestru akademického roku 2010/2011 v předmětu A0M35PII - Průmyslová informatika a internet. V rámci dokončování své diplomové práce jsem se účastnil seznamování studentů s modelem, zodpovídal jejich dotazy a v neposlední řadě se podílel na řešení následně vzniklých problémů. Pro podporu výuky jsem například zhotovil návod na vytvoření tagů zprostředkovaných OPC serverem OPC.SimaticNET.

Ve cvičeních tohoto předmětu studenti tvořili vlastní vizualizaci přečerpávací vodní elektrárny. Technologická data poskytoval právě zmíněný OPC server. V reálném čase tudíž mohla celá skupina studentů popisovanou technologii vizualizovat. Svých úkolů se zhostili na výbornou a výsledkem byly například zajímavosti, jako ovládání modelu prostřednictvím mobilního telefonu.

Samozřejmě se zapojení modelu do výuky neobešlo bez počátečních problémů. Kromě několika drobností nás nejvíce zaměstnalo prostředí pro tvorbu vizualizace WinCC 7.0. To si totiž do nově založeného projektu ukládá informace o uživateli, který ho vytvořil. Studenti však k počítačům přistupují přes síťové účty, které mají vždy po přihlášení unikátní identifikační číslo. Tím se jim prakticky znemožnila přenositelnost vytvořených projektů na jakýkoliv jiný počítač, což bylo samozřejmě nepřijatelné. Díky profesionální podpoře od firmy Siemens, se nám podařilo problém vyřešit. Studentům byly následně vytvořeny speciální uživatelské účty, které již měly potřebná oprávnění.

Následuje výčet skupin uživatelů, se kterými se počítá při nasazení ve výuce. Model dále skýtá několik zásadních možností rozšíření, tudíž se i jeho využívání může dále rozrůstat.

Výuka základních kurzů řízení + pokročilého řízení
(Systémy a modely, systémy a řízení, moderní teorie řízení atd.)

Studenti nebudou přistupovat přímo k PLC. Budou zpracovávat data, které jim zprostředkuje OPC. Tím zajistíme, že bez nutnosti kontroly nastavení technologie, budou mít přístup k datům, díky nimž budou moci identifikovat a následně řídit celý model. Podobný princip je již aplikován při řízení modelů v laboratořích KN:E-23 a KN:E-26.

Výuka získání a zpracování dat (OPC server, databáze) a vizualizace
(Průmyslová informatika a internet, Programovací jazyky pro řízení atd.)

Studenti opět nepřistupují přímo k hardwarovým prvkům. Zpracovávají buď aktuální data z OPC severu, nebo historická data uložená v databázi. Nabízí se velká škála využití při výuce vizualizací. Nejen přímé napojení na technologii prostřednictvím programu WinCC, ale i díky využití dat z OPC nebo z databáze je možné použít téměř jakýkoliv softwarový produkt určený pro tvorbu vizualizací. Dále je možné zpracovávat data v programech jako např. C# (WPF) nebo podobných programovacích prostředích

Výuka průmyslových sítí, programování PLC
(Řídicí systémy, programovatelné automaty atd.)

Studenti opět nebudou moci provádět zásadní změny hlavních části modelu ovlivňující bezpečný chod celého systému. Bude jim ale umožněno nahlédnout do nastavení většiny senzorů, akčních členů, komunikace atd.

Pokročilý uživatel – diplomové práce, individuální projekty

V této skupině jsou zařazeni studenti mající pokročilé znalosti systému, které budou využívat při individuálních studijních projektech. Budou mít malá omezení v práci s modelem, ale také ponesou plnou odpovědnost za změny provedené na modelu, resp. za uvedení modelu do původního stavu po odchodu z laboratoře.

Běžný uživatel – pouze místní ovládání z dotykového panelu

Tento uživatel má možnost přistupovat k modelu přímo přes vizualizaci. Nemůže měnit žádná HW nastavení. Může provádět pouze nastavení žádané hodnoty (proces je řízen demo algoritmem řízení) nebo manuální ovládání modelu.

Bohužel právě realizace možnosti různorodého využití modelu v reálném čase je velice náročná. Každý typ výuky, ve kterém se má k modelu přistupovat, má rozdílné požadavky. Navíc celková hardwarová a softwarová konfigurace popisovaného systému je dosti složitá a každá změna může způsobit narušení správného chodu modelu a tím omezit možnosti jeho využití. Instalované řídicí prvky také nejsou primárně určeny k neustálému rekonfigurování a nahrávání nových projektů, kterému se v tomto případě nevyhneme. Jak řídicí program, tak vizualizace musí být po zásahu studentů opět uvedena automaticky do výchozího stavu, aby byla připravena pro následující skupiny studentů. Více o vyřešení zmíněných nestandardních požadavků naleznete v kapitole zaměřující se na popis Command interface.

Dále musíme brát v potaz využití vzdáleného přístupu k modelu. Ten je nutný, neboť díky němu bude model postupně přístupný většímu množství studentů. Bohužel při využívání tohoto přístupu nelze jednoduše udělat některé na první pohled triviální úpravy (přepojit kabel atd.), proto by měla být hardwarová část konfigurace systému neměnná. Podrobnosti možností vzdáleného přístupu budou rozebrány v následující kapitole, která se zabývá již funkčním rezervačním systémem LabLink.

3.2.2 Lablink – aplikace pro vzdálený přístup

Lablink je tzv. vzdálená laboratoř, která slouží k přístupu k jednotlivým modelům přes virtuální plochu téměř odkudkoliv. K práci v laboratoři potřebuje registrovaný uživatel pouze připojení k internetu. Tento systém je hojně využíván pro výuku řídicí techniky na stejnojmenné katedře (viz citovaná literatura [4]). Hlavním úkolem této aplikace je zajistit, aby v daný okamžik pracoval s vybraným modelem pouze jeden student. Na druhou stranu musí vytvářet a dozorovat systém, dle kterého by se jednotliví studenti na modelu střídali. Lablink se skládá z webové aplikace (sloužící k registraci zdrojů vzdálené laboratoře jejími uživateli), serveru virtuálních ploch a z reálných a virtuálních modelů.

Výhody tohoto systému jsou především:

- časově i prostorově neomezený přístup do laboratoře,
- efektivní využití instalovaných reálných i virtuálním modelů,
- využití standardních softwarových nástrojů používaných v průmyslu.

Nyní si stručně popíšeme práci s rezervačním systémem. Pro přístup do vzdálené laboratoře je nejdříve nutné se zaregistrovat. Poté si již uživatel může na webových stránkách (http://lablink.eusophos.cz/) rezervovat příslušný zdroj (reálný nebo virtuální model) na libovolný zvolený čas. Po dokončení rezervace si pak uživatel stáhne příslušný RDP soubor, který mu umožní vzdálený přístup k vybrané virtuální ploše v zarezervovaný čas. Před začátkem rezervovaného úseku je systémem spuštěna příslušná virtuální plocha, která je automaticky připojena ke zvolenému modelu. Následně se uživatel může po dobu rezervace k virtuální ploše přihlásit a pracovat s vybraným modelem. Po ukončení rezervace systém ukončí příslušnou virtuální plochu a využité modely uvede do výchozího stavu. Pro uvedení modelu do výchozího stavu jsem zvolil využití nástroje Command interfaces. Jeho popis a nastavení jsou představeny v následující kapitole.

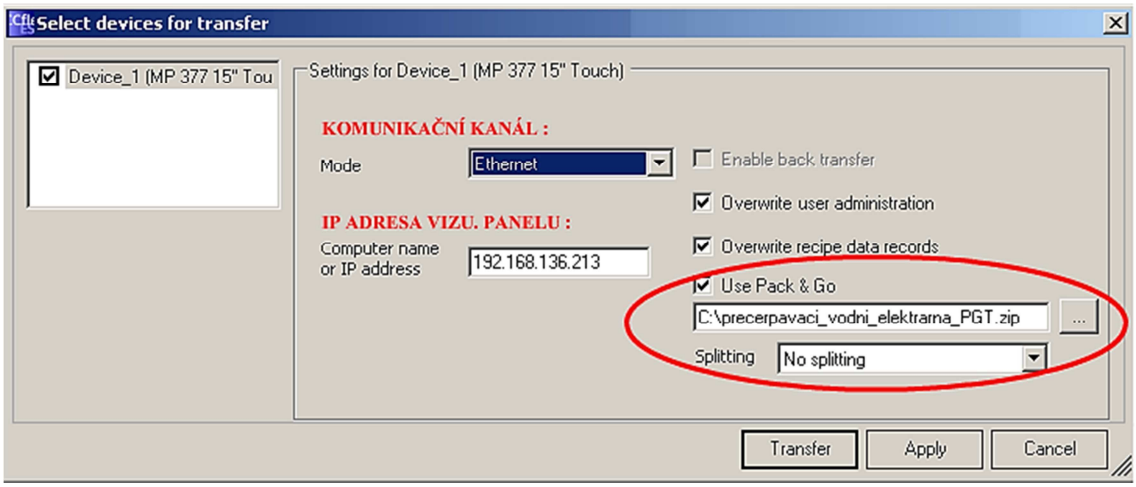
3.2.3 Uvedení modelu do výchozího nastavení

Nástroj nebo spíše rozhraní Command interfaces, poskytnuté firmou Siemens, nám dává možnost využít příkazy, na které jsme zvyklí z nástroje STEP 7. Pomocí vlastní aplikace tak dokážeme založit, změnit nebo vymazat projekt stejně jako bychom to udělali přímo v prostředí STEP 7. Navíc můžeme prostřednictvím této aplikace přistupovat přímo k samotnému programovatelnému automatu a vyčítat z něho jeho stav nebo měnit jeho režimy (RUN, STOP atd.). S pomocí Command interface je možné procházet hardwarové části PLC, vyhledávat pozice jednotlivých karet, nastavovat je atd. Dále lze provádět významné operace i se samotnou softwarovou strukturou projektu od vytváření/ upravování/ mazání nových připojení, bloků, objektů atd. až po přeložení a nahrání celého projektu do zvoleného automatu. Obrázek objektového modelu, ze kterého je možné vyčíst celá škála použitelnosti popisovaného nástroje, je zařazený v příloze B.

V našem projektu je jeho využití důležité pro automatické uvedení modelu do výchozího stavu bez zásahu operátora. O tento „reset“ a následné nastavení základních vlastností projektu (např. HW konfigurace, program řízení atd.) se postará aplikace spuštěná automaticky v Lablinku. Aplikace může být naprogramována v některém z vyšších programovacích jazyků jako je Visual Basic verze 5 a vyšší, Visual C++ nebo například v C#. Protože šlo z mé strany o úplně nový nástroj, využil jsem k programování kvůli lepší podpoře v dokumentaci jazyk Visual Basic 6. Je nutné si uvědomit, že aplikace naprogramovaná pomocí popisovaného nástroje je sice velice mocná, ale samozřejmě nemůže zastoupit funkčnost programu STEP. Z toho důvodu nemůžeme počítat s využitím všech konfiguračních příkazů. Nicméně podporované funkce pokrývají nejdůležitější konfigurační scénáře a pro naše účely nám toto rozhraní vystačí.

Naprogramovaná aplikace, jejíž nejdůležitější části jsou přiloženy v příloze B, je díky připojení knihovny SimaticLib přímo navázána na STEP 7. Využívá tak jeho součásti a čerpá z nich většinu nutných informací. Například se automaticky připojí k PLC, ke kterému jsme se v aktuálním projektu připojovali z programu STEP 7 naposledy. Není třeba tedy vždy definovat PG/PC interface nebo další vlastnosti připojení, pokud je již vše nadefinováno v námi otevřeném STEP 7 projektu. Po spuštění si tyto atributy dokáže naše aplikace „přivlastnit“ a není-li komunikace využívána jinou aplikací, tak se přes ni na používaný automat bez problémů připojí.

Při výuce bude studentům také poskytnuta možnost importovat vlastní vizualizaci do vizualizačního panelu. Abychom mohli zaručit možnost lokálního ovládání modelu, je nutné počítat s možností automatického nahrání základního projektu s vizualizací. Bohužel jsme se opět museli potýkat s nestandardností tohoto požadavku. Řešení se podařilo najít až po konzultaci s Ing. Plachým. Nástroj WinCC flexible 2008 SP1 umožňuje exportovat výsledný projekt do souboru (viz obr. 3.1). Ten je pak následně využit k nahrání vizualizace do zmíněného panelu. Komplikací je nutnost potvrzení zahájení nahrávání. Tento problém však lze ošetřit aplikací, která zajistí automatické kliknutí na předem určenou pozici.



Obrázek 3.1 - Export projektu do souboru - Use Pack & Go

Konkrétně je tedy po vytvoření vzdálené plochy nejprve vytvořeno přímé síťové spojení. To znemožní přístup k modelu ostatním počítačům připojeným na stejné síti, které by mohli ovlivňovat chod modelu. Dále je spuštěna popisovaná aplikace, která zjistí stav modelu a pokud je to nutné, tak ho následně uvede do základního stavu. Student, který chce model využívat, tedy vždy přistupuje k identicky nastavenému modelu.

Podrobněji je program uveden a okomentován ve zmíněné příloze B. Další informace o popisovaném rozhraní je možné vyčíst z dokumentace k tomuto produktu, která není dostupná online a bude umístěna pouze na přiloženém CD.

4 Dokumentace k modelu

Jak již bylo zmíněno v předcházející kapitole, dokumentace je velice důležitou částí v každém projektu. Nejinak tomu je i v tomto případě. Vzhledem k velkému rozsahu naší práce bylo nutné vytvoření kvalitní a přehledné dokumentace věnovat dostatečnou pozornost již od začátku projektu.

V počátku se na vytvoření modelu přečerpávací vodní elektrárny pracovalo jako na týmovém projektu, ve kterém jsem spolupracoval ještě se třemi kolegy. Jedním z mých úkolů bylo shromažďovat a následně zpracovávat veškeré informace o dokončených částech projektu. Ty pak sloužily jako podklady pro vytvoření základů dokumentace. V současné době již na dokončení modelu pracuji s kolegou Bc. Jozefem Fetterikem. Každý z nás má na starosti jiné části dokončení projektu, které se ale občas vzájemně prolínají. Některé části vytvořené dokumentace již byly využity v diplomové práci kolegy Ing. Jana Švece. Podobně budou do dokumentace začleněny i některé důležité části z mé diplomové práce, i z práce kolegy Jozefa Fetterika.

Kompletní dokumentace je k dispozici na přiloženém CD. Z důvodu jejího velkého rozsahu bude níže popsána pouze její dílčí struktura.

4.1 Popis struktury dokumentace

Hlavní linii popisované dokumentace tvoří následující kapitoly:

- **Hardwarová část projektu**
  Rozebírá výběr a parametry jednotlivých materiálů a komponent. Následně se zaměřuje na detailní popis všech použitých hardwarových prvků, jako jsou senzory, akční členy, řídicí jednotky atd.
- **Softwarová část projektu**
  Popisuje programové vybavení, které je nezbytné k základnímu nastavení jednotlivých prvků a sítí systému. Dále se zabývá nástroji sloužící k naprogramování řídicích algoritmů a vizualizace.
- **Konfigurace senzorů a ovládacích členů**
  V této části je uvedeno nastavení hardwarových a softwarových nástrojů pro konfiguraci senzorů a ovládacích členů. Zahrnuto je také jak byly senzory konfigurovány včetně jejich aktuálního nastavení potřebného pro správný chod řídicího systému.
- **Programová integrace + algoritmy řízení**
  V této kapitole je uveden způsob provedení integrace senzorů a akčních členů do programů obou PLC. U Simaticu S7 – 315 byly prvky integrovány v programovacím softwaru Step7. V případě PLC Simatic S7 - 400 byla

integrace realizována jak v programu Step7, tak v procesním řídicím systému PCS7. Dále jsou zde popsány základní algoritmy zajišťující správný chod modelu, způsoby využití běžících OPC serverů a také informace o ostatních využívaných algoritmech.

4.2 Rizika provozu modelu

Obsah této kapitoly nelze považovat za úplně kompletní výčet rizik, která mohou v tak rozsáhlém projektu vzniknout. Úmyslně se nyní zaměřuji pouze na několik základních prvků, které mohou rizika svým nestandardním chováním způsobit. Popíši, jak jsme se je pokusili minimalizovat a umožnili tak bezproblémový provoz modelu.

4.2.1 Mechanická konstrukce modelu

Je třeba si uvědomit, že dolní nádrž musí pojmout více než 200 litrů vody, což je přes 200 kg. Horní nádrže pak při naplnění mají váhu každá více než 100 kg. Proto bylo pro realizaci nádrží použito extrudované plexisklo o tloušťce dle konkrétního použití 5, 10 a 15 mm. Realizace provedla firma MK PLEXI s.r.o, která garantovala pevnost a těsnost dodaných nádrží. Dalšími namáhanými komponentami byly použité nerezové nosníky, které na zakázku vyrobila firma ZZ servis a provedla jejich odbornou montáž. Po zkušebním testování poté garantovala jejich technické parametry. Ostatní komponenty (kovové průchodky, instalatérský materiál atd.) splňují příslušné normy pro využitelnost v průmyslových podmínkách. Využitím garantovaných součástí je prvním krokem k vyloučení tohoto rizika. Dále je ale třeba provádět kontroly rizikových částí konstrukce. Je třeba sledovat především těsnost nádrží a pevnost ukotvení nosných konstrukcí.

4.2.2 Akční členy - čerpadlo

V modelu je použito čerpadlo o výkonu 0,55 kW. Při aktuálním zapojení a nastavení frekvenčního měniče dokáže načerpat levou nádrž za necelých 30 vteřin, což je poměrně značná dynamika.

Prvním z rizik, které jsme v této souvislosti museli minimalizovat, bylo možné přetečení levé nádrže. Proto je na ní instalovaný přepad, který má za úkol nadbytečnou kapalinu odvádět. Pokud by byl však dimenzovaný na plný výkon čerpadla, musel by být nadměrně velký a navíc by musel být horní díl nádrže vodotěsně uzavřený. Toto řešení však bylo zavrženo, protože by vedlo k mnohem složitější montáži průchodek a dalších prvků umístěných uvnitř nádrže. Řešením bylo umístění limitního senzoru výšky hladiny S2 (viz obrázek 2.1), který je napojen přímo na vstupy frekvenčního měniče[9]. Po dosažení maximálního naplnění následně tento snímač vypne frekvenční měnič a tím zastaví stoupání hladiny.

[9] Přímé napojení zajišťuje jistotu nevyřazení tohoto bezpečnostního prvku pomocí programů, se kterými budou studenti pracovat. Jediná možnost vyřazení senzoru je fyzické odpojení nebo rekonfigurace frekvenčního měniče.

Druhé riziko spojené s čerpadlem je spojeno s nedostatkem vody v dolní nádrži. To může být způsobeno pouze pokud dojde k téměř úplnému naplnění obou horních nádrží. Při nedostatku vody nastane proces zvaný kavitace. Ten se objevuje v prostorách uvnitř čerpadla, kde tlak klesá pod tlak páry v kapalině. Následkem toho je tvoření a borcení bublin naplněných parami, které je doprovázeno hlukem. Kavitace vzniká v případě, když hodnota sací výšky klesne pod kritickou mez. O ohlídání výšky hladiny v dolní nádrži se stará limitní senzor S7 (viz obrázek 2.1), který je rovněž napojen přímo na vstupy frekvenčního měniče.

Podrobnější informace o zapojení bezpečnostních senzorů S2 a S7 a také přesný popis nastavení frekvenčního měniče je uveden v dokumentaci k modelu [1].

4.2.3 Použitá kapalina

Ač to tak nevypadá, je i výběr kapaliny využité jako médium přenášející energii spojený s určitým rizikem. Nelze sice hovořit o kritickém riziku ohrožující chod celé technologie, nicméně uvažujeme-li rizika provozu, musíme ji zmínit. Použitá kapalina, jak již jsme dříve měli možnost otestovat, po určité době začne ztrácet původní parametry a dochází k jejímu znehodnocování. Abychom tuto dobu co nejvíce prodloužili, tak byla pro dlouhodobý nízký obsah organických látek zvolena destilovaná voda. Dále prvky, které jsou s ní ve styku, byly vyrobené výhradně z nerezové oceli. Výjimkou jsou pouze „převlečné“ matky, které se v námi žádaných rozměrech v nerezovém provedení nevyrábějí. U těchto komponent byly části, které jsou s vodou ve styku, speciálně ošetřeny. I přes tato opatření se však kapalina po roce provozu nepatrně zabarvila, proto je nutné její stav sledovat a případně ji po několika letech vyměnit.

4.3 Prezentace dokumentace prostřednictvím internetu

Vzhledem k povaze celého projektu je nutné vytvořenou dokumentaci prezentovat také pomocí internetu. Za tímto účelem byly vytvořeny jednoduché internetové stránky, které shrnují všechny informace o popisovaném modelu. Naleznete na nich kompletní dokumentaci k modelu i všechny zainteresované diplomové práce. Dále jsou na nich uvedeny významné odkazy pro práci s modelem.

Důležité zároveň je, že na tyto webové stránky je umožněn přístup přímo z vizualizačního panelu. Tím je zaručena možnost najít si požadované informace přímo při konkrétní práci na modelu.

Grafická podoba a rozložení popisovaných internetových stránek je patrná z obrázku 4.1, umístěného na následující stránce. Kompletní internetové stránky jsou také umístěny na přiloženém CD.

Obrázek 4.1 - Vzhled internetové stránky věnující se modelu

5 Program řízení modelu a vizualizace

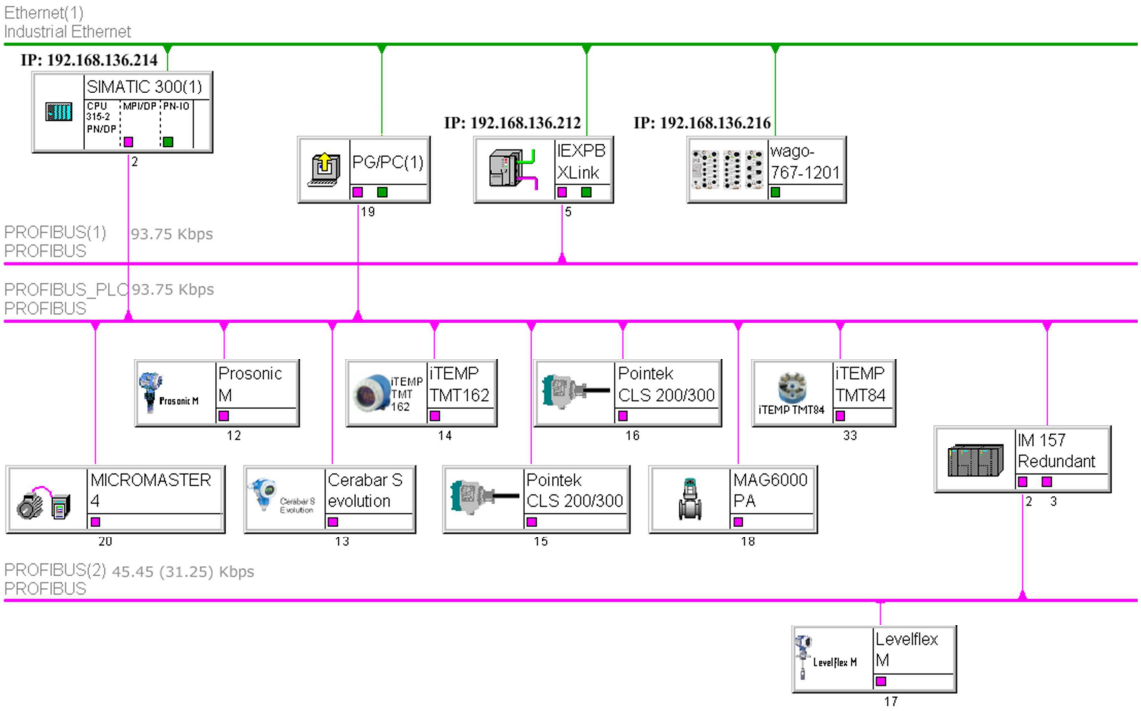
Sebelepší hardware nelze patřičně využít bez kvalitního řídícího programu. Nejprve se tedy zaměříme právě na popis vytvořeného programu řízení, který se stará o chod modelu. Následně bude popsána neméně důležitá vizualizace technologie, která je zobrazována vizualizačním panelem umístěném na dveřích rozvaděče.

5.1 Řídicí program pro PLC

Vzhledem k využití programovatelného automatu Siemens S7-315 byl program řízení vytvořen v softwarovém nástroji Simatic Manager – Step 7. Kostra řídícího programu vznikla již během týmového projektu. Jelikož ale byla napsána dosti nekoncepčně, bylo třeba provézt zásadní úpravy. Kromě několika změn v hardwarové konfiguraci bylo nejvýraznějšími úpravami roztřídění veškerých zpracovávaných dat do jednotlivých datových bloků. Dalším krokem bylo vytvoření nového komplexního algoritmu řízení. Celý program se tak výrazně zpřehlednil a jeho využívání nebo úpravy jsou nyní díky tomu mnohem jednodušší. Jednotlivé části programu jsou značně provázány, proto jsem na jeho vytvoření spolupracoval s kolegou Jozefem Fetterikem. Níže se zaměřuji na popis mnou vytvořených částí, které se týkají cílů této diplomové práce.

5.1.1 Hardwarová konfigurace

Kompletní popis hardwarové konfigurace je přiložen v dokumentaci k modelu [1]. V následujícím odstavci se zaměřím pouze na úpravy hardwarových prvků, které bylo nutné provézt v závěrečné fázi dokončení modelu.



Obrázek 5.1 - Hardwarová konfigurace modelu

Do modelu byl přidán senzor a převodník teploty TMT162 (obr. 2.10) a zobrazovač procesních hodnot na profibus PA síti RID 261. Tyto komponenty byly připojeny k segment protectoru. Zobrazovač tedy může vypisovat např. hodnotu senzoru teploty (S4 na obr. 2.1), který je zapojený ve stejném segmentu.

Dále byl do modelu přidán DP/PA Link od firmy Siemens, který slouží k napojení sítě profibus PA na síť profibus DP. K tomuto prvku je připojen senzor výšky hladiny dolní nádrže Levelflex M FMP40. Původně k němu měli být připojeny limitní senzory S2 a S7 - Siemens Pointek 200. Tyto prvky dokáží komunikovat maximální rychlostí 93,75 Kbps a znemožňují tak nastavení vyšší rychlosti sítě. Bohužel touto rychlostí musí komunikovat i indukční průtokoměr a DP/PA Link disponuje pouze dvěma PA vstupy. Navíc by v dané situaci takovéto přepojení zkomplikovalo již dokončené uspořádání kabelů a síťových prvků modelu.

5.1.2 Urovnání datových bloků

Výsledkem další zásadní změny původního programu bylo uspořádání vstupních a výstupních dat řídicího systému. Nyní jsou data ze senzorů, vizualizace atd. nejprve rozděleny do příslušných datových bloků podle toho čeho se týkají nebo k čemu budou využity. Až následně jsou aplikovány k dalším účelům monitorování nebo řízení.

Object name	Symbolic name	Created in language
System data	---	---
OB1	CYCL_EXC	LAD
OB35	CYCL_EXC_100MS	LAD
OB82	I/O_FLT1	LAD
OB86	RACK_FLT	LAD
OB100	COMPLETE RESTART	LAD
FB1	FB_sensor_data_RD	FBD
FB2	FB_valves_RD	LAD
FB10	FB_states	LAD
FB20	FB_datablocks_switching	LAD
FB41	CONT_C	SCL
FB101	CW1	LAD
FB103	SW1	LAD
FB105	SETPOINT_CONV_W	LAD
FB106	ACTUAL_V_CONV_W	LAD
FC1	FC_RD_ALL	LAD
FC2	FC_WR_ALL	LAD
FC3	FC_valves_WR	LAD
FC6	FC_MM440_RD	FBD
FC7	FC_MM440_WR	LAD
FC21	FC_panel_mode	LAD
FC22	FC_SAM/SRI_mode	LAD
FC23	FC_HIL_mode	LAD
FC31	FC_DeleteDB16	LAD
FC32	FC_DeleteDB28	LAD

Object name	Symbolic name	Created in language
DB1	DB_sensor_data	DB
DB2	DB_valves_RD	DB
DB5	DB_states_CTRL	DB
DB7	DB_states_fromMatlab	DB
DB10	DB_states	DB
DB15	DB_REF_CTRL	DB
DB16	DB_Data_from_TouchPanel	DB
DB17	DB_REF_from_Matlab	DB
DB20	DB_datablocks_switching	DB
DB25	DB_Man_Value_CTRL	DB
DB27	DB_man_value_for_Matlab	DB
DB28	DB_man_value_from_Matlab	DB
DB29	DB_man_value_real	DB
DB41	DB_PID_level_system	DB
DB42	DB_PID_flow_system	DB
DB101	ControlWord_TO_FreqConv	DB
DB103	StatusWord_FROM_FreqConv	DB
DB105	DB_ConverterSetp	DB
DB106	DB_ActualSpeed	DB
DB110	DB_FreqConv_DATA_EXCH	DB
PID_level_p...	PID_level_param	
SFC14	DPRD_DAT	STL
SFC15	DPWR_DAT	STL

Obrázek 5.2 - Výčet využívaných bloků v řídicím programu

Mým úkolem bylo také následně sestavit datové bloky, které budou sdružovat informace spojené s vizualizací. Jednalo se hlavně o blok DB 10, který je instancí FB10. V tomto funkčním bloku jsou kopírována důležitá data z bloku DB1, který sdružuje veškerá data získávaná od senzorů, a DB2, který obsahuje data získávaná od ventilů. Z DB10 může být ve výsledku vyčítán aktuální stav reálného modelu. Dalším důležitým

datovým blokem je DB16, který je rozhraním mezi řídícím programem a vizualizací. Do DB 16 jsou ukládána veškerá nastavovaná data z vizualizace. S vytvořením zmíněných funkčních a datových bloků souviselo i vytvoření nebo upravení několika ostatních částí programu. Upravena byla například funkce FC1 starající se o kompletní vyčítání dat ze senzorů nebo také FC2 zapisující data do akčních členů. Popis dalších důležitých částí programu naleznete v dokumentaci k modelu [1].

Vzhledem k tomu, že náš program bude jistě dále využíván a rozšiřován, snažili jsme se o jeho maximální přehlednost. Pro jeho kompletní porozumění doporučuji prostudování přímo jednotlivých částí popisovaného programu v prostředí Step 7.

5.1.3 Implementace algoritmů regulace do řídícího programu PLC

S vizualizací je také spojeno využití základního programu regulace výšky hladiny pravé nádrže a průtoku. Návrh této části řídícího algoritmu není cílem této diplomové práce, proto byly implementovány algoritmy řízení, kterým se zabývá diplomová práce kolegy Jozefa Fetterika. Mým úkolem bylo přispět k integraci tohoto algoritmu do programu řízení automatu. Možnosti a výsledky algoritmu regulace jsou totiž také zobrazovány vizualizací. Standardní knihovna Step 7 již obsahuje funkční blok (FB41) pro implementaci spojitého PID řízení. Bylo tedy třeba integrovat do tohoto bloku konstanty řízení a následně se postarat o jeho opakované volání. Cyklicky volaný je v programu blok OB35. Nastavení času přerušení lze pak zadat ve vlastnostech CPU. Ve výsledném programu tedy cyklicky voláme blok OB35, ve kterém je umístěn funkční blok FB41, starající se o řízení.

5.1.4 Priorita řízení a napojení na vizualizaci

V kapitole zaměřené na systémovou integraci modelu byl popsán rozsah možností využití modelu. Aby ale mohl být tento potenciál plně zhodnocen, je třeba zamezit konfliktům, které mohou při přístupu k modelu nastat. O to se stará již zmíněný program LabLink, který vytváří plochy pro vzdálený přístup. Nyní bylo třeba podobný algoritmus správy modelu integrovat také do řídícího programu. Tím se vyloučí možnost zásahu do probíhajícího děje například z vizualizačního panelu nebo z jiného, v této chvíli neautorizovaného, ovládacího prostředí. Základ algoritmu vytvořil Jozef Fetterik, a proto zde nebude rozebírán. Mým úkolem bylo napojení algoritmu na vizualizaci. Ta v případě ovládání ze vzdáleného místa nedovolí změny hodnot prostřednictvím lokální vizualizace. Toto uzamčení vizualizačního panelu bylo provedeno přiřazením řídicích skriptů reagujících na změny hodnot prioritních bitů. Jednotlivé signatury signalizují přechody mezi režimy řízení. Podrobnosti jsou uvedeny v následující kapitole popisující vizualizaci.

V praxi je také obvyklé, že čím blíže je umístěno ovládání technologické procesu, tím vyšší by měla být priorita řízení. Důvodem tohoto pravidla je včasnost zásahu v případě poruchy. Z tohoto důvodu je v lokání vizualizaci umožněno oprávněnou osobou převzít maximální kontrolu nad celým modelem. Přihlášení do vizualizace a tím „násilné“ převzetí řízení je samozřejmě zaznamenáváno, nedá se

tedy beztrestně zneužít. Pro zamezení poškození vybavení laboratoře nebo samotného modelu je také na boční straně hlavního rozvaděče umístěno bezpečnostní „STOP“ tlačítko. Tím může být celý model v případě poruchy kýmkoliv vypnut.

5.2 Vizualizace technologie

Nainstalované hardwarové prvky splňující přísné požadavky na správnou instalaci, nastavení a komunikaci s řídicím systémem již dokážeme plně ovládat. Samotné řízení technologie však v dnešní době neobstojí, pokud na ně nenavazují vyšší úrovně v hierarchii řízení. Touto úrovní je například dohlížecí úroveň SCADA, řízení a plánování výroby atd. V této kapitole se zaměříme na základní část první ze jmenovaných nadřazených úrovní řízení. Na tento popis pak podrobněji navážeme v následující kapitole, která bude zaměřena na možnosti vzdálené vizualizace.

SCADA, tedy řízení kontroly a získávání dat, není plnohodnotný řídicí systém. Zaměřuje se spíše na úroveň supervizora (např. dispečera), který zajišťuje monitorování a kontrolu průmyslových zařízení nebo procesů. Již při počátku projektování popisovaného modelu přečerpávací vodní elektrárny bylo zvoleno řešení firmy Siemens, která dodává jednotlivé komponenty, které lze jednoduše propojovat. V takovém systému pak spolu komponenty bezproblémově spolupracují a je v něm možné pomocí společného programového nástroje celý systém konfigurovat (koncepce TIA - plně integrovaná automatizace více viz [5]).

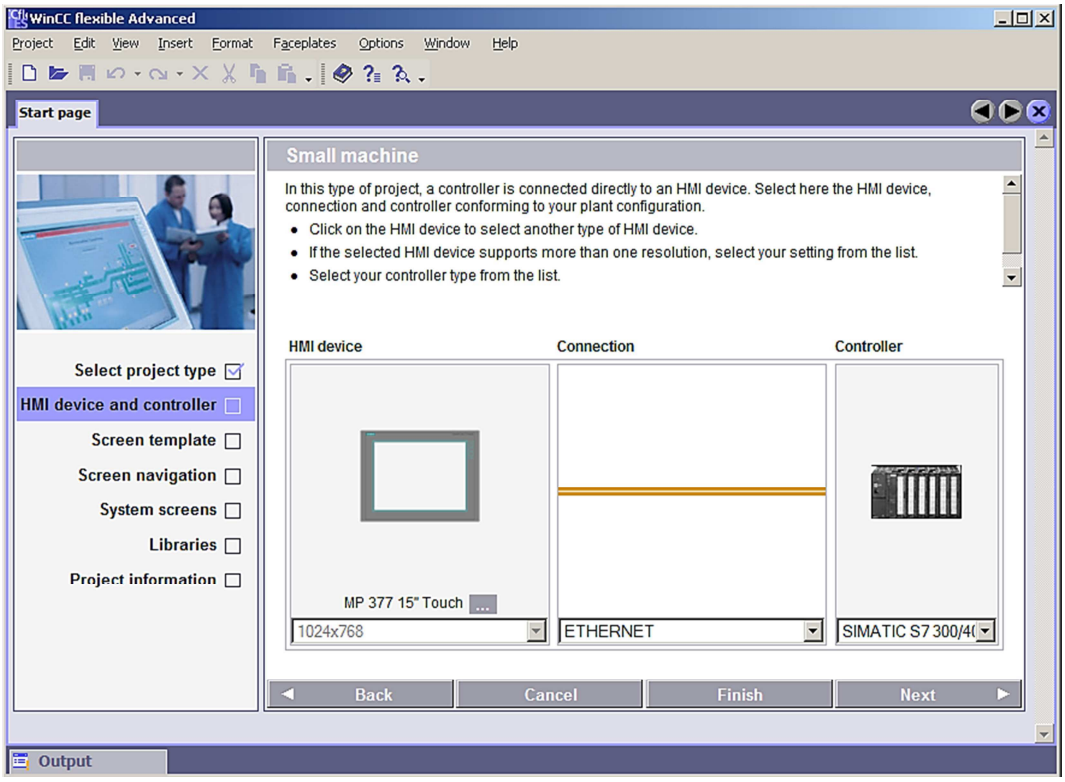
V našem případě je základní vizualizace zhotovena na míru pro průmyslový dotykový panel MP 377 15“ Touch (technické parametry panelu byly popsány již v kapitole 2.1.1 Řídicí a zobrazovací jednotky). Nástrojem, který se specializuje na tvorbu vizualizací pro průmyslové panely, a který jsme pro vytvoření vizualizace využili, je WinCC flexible 2008 SP1 (stručný popis byl uveden v kapitole 2.2.2 - Programovatelné vybavení pro vizualizaci).

5.2.1 Popis vytvoření a nastavení projektu

Níže budou popsány základní možnosti a následně i s postupy vytvoření vizualizace ve zmíněném programu. Nebude zde uveden podrobný návod ani kompletní popis všech jednotlivých částí WinCC flexible. Pro vyhledání podrobnějších informací doporučuji nastudovat dokumenty umístěné na stránkách společnosti Siemens jako je například [6].

5.2.1.1 Založení projektu

Nejprve bych chtěl vyzdvihnout povedené intuitivně poskládané programovací prostředí, které nám velice usnadní první kroky při práci s popisovaným programem. Názornou ukázkou může být například průvodce založení nového projektu, jehož druhou obrazovku si můžeme prohlédnout na obrázku 5.3. S jeho pomocí projektant nastaví nejprve typ projektu, vybere použitý vizualizační panel, jeho spojení s okolím a nadřazený řídicí systém. Následně nastaví i další parametry, díky nimž velice efektivně položí základní kámen úspěšné vizualizace. Veškeré parametry, které jsme během průvodce nastavili, lze v případě nutnosti ještě pozměnit v menu „Device settings“.

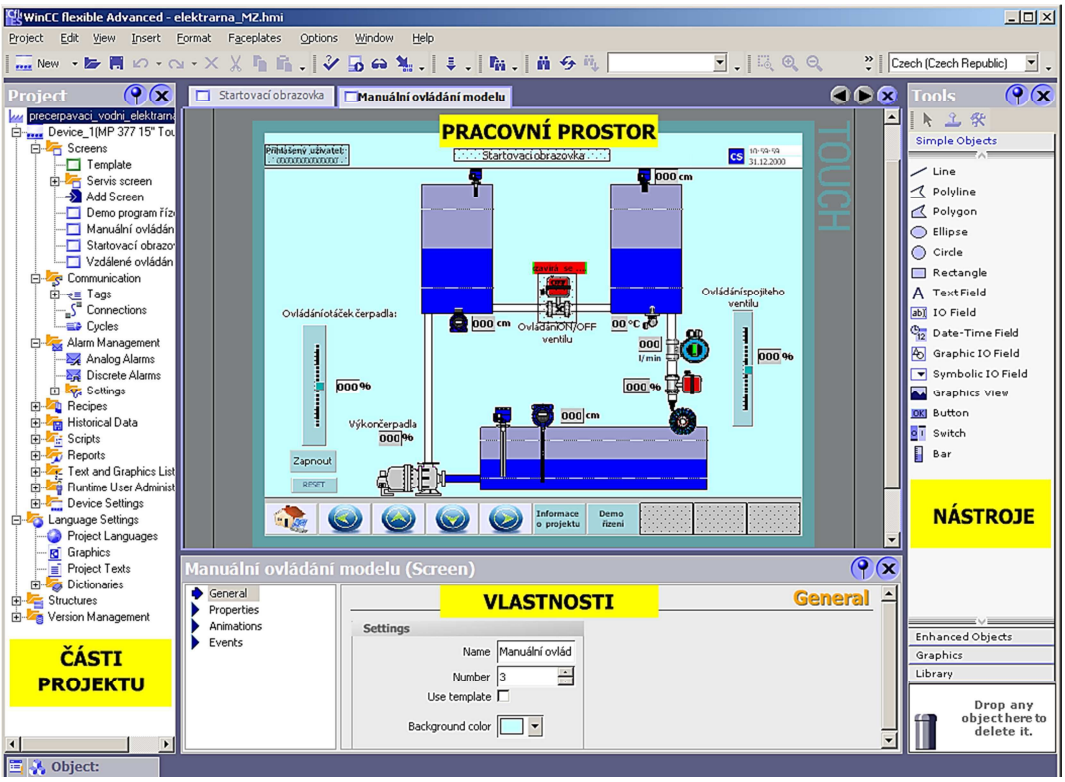


Obrázek 5.3 – WinCC flexible: průvodce založení projektu

V našem případě byl zvolen typ projektu „Small machine“, kdy je vizualizační panel přímo spojený s PLC. Dále byl nastaven typ panelu MP 377 15“ Touch, spojení s PLC přes ethernet a typ kontroleru SIMATIC S7 300/400. V dalších listech průvodce pak bylo nastaveno především rozložení prvků na displeji a propojení mezi jednotlivými screeny vizualizace. Po ukončení průvodce již můžeme plně využít naši tvůrčí představivost a vytvořit vizualizaci přesně podle přání zákazníka.

5.2.1.2 Popis programovacího prostředí

Před tím, než se zaměříme na konkrétní popis nejdůležitějších funkcí a částí, bychom si měli přiblížit uživatelské prostředí. Hlavní okno programu si můžeme prohlédnout na obrázku 5.4. Jsou zde zobrazeny důležité panely (Project, Tools, Properties atd.), které si můžeme měnit nebo přesouvat podle našich požadavků a dále také hlavní pracovní prostor umístěný uprostřed obrazovky. Na rozdíl od programu WinCC 7.0, který bude popsán v kapitole 7, má WinCC flexible téměř všechny aplikační okna integrovaná do okna hlavního. Proto na programátora působí mnohem kompaktnějším dojmem. Zvolená část projektu, kterou si přejeme měnit, se vždy otevře v pracovním prostoru obrazovky a po ukončení se opět minimalizuje do levého menu a v něm jsou přehledně rozřazeny jednotlivé části projektu. Výhodou je možnost otevření více různorodých částí projektu v hlavním okně. Mezi nimi si můžeme přepínat a efektivně tak využívat potřebné informace.



Obrázek 5.4 – WinCC flexible: hlavní okno programu

5.2.1.3 Další důležité části projektu

Po založení projektu a následném seznámením s programovým prostředím se zaměříme na základní součásti nutné pro vytvoření vizualizace. Tyto jednotlivé části projektu nalezneme na levé straně okna. Po jejich otevření v pracovním prostoru je pak můžeme pohodlně upravovat.

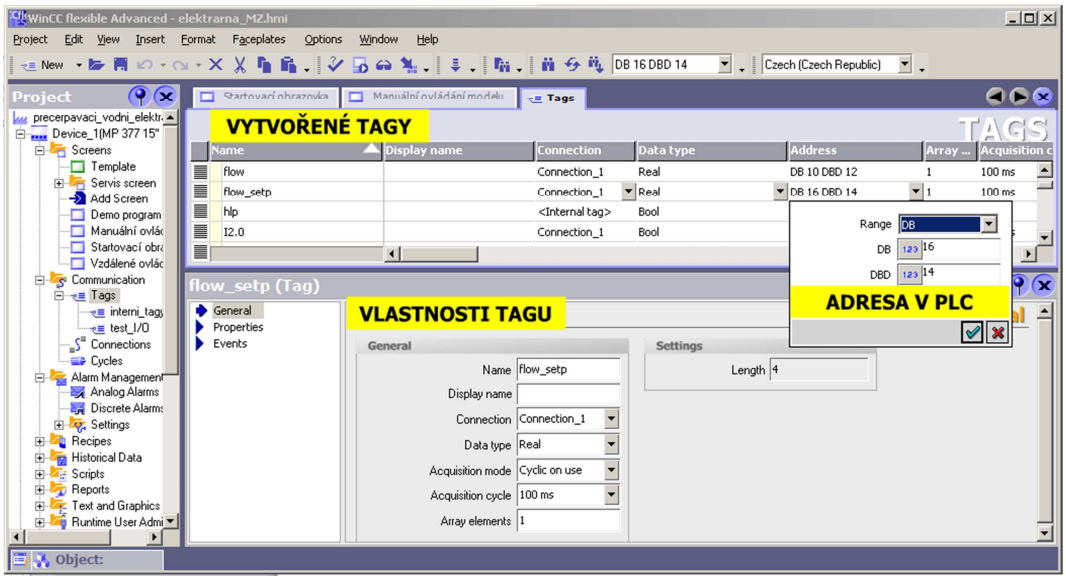
Komunikace s PLC

Při založení projektu jsme zvolili spojení s PLC přes Ethernet. Chceme-li ho ale využívat, musíme nastavit jeho parametry (např. IP adresu atd.). Toto nastavení se provádí ve složce Communication → Connections. Prostřednictvím nastaveného kanálu nyní můžeme přistupovat přímo do PLC, na jeho vstupy a výstupy a do jeho datových bloků.

Tagy – vizualizační proměnné

Vytvoření tagů, jak jsou v tomto dokumentu označovány vizualizační proměnné, je již díky nastavenému propojení s PLC velice snadné. Po otevření složky Communication → Tags můžeme vytvořit dva druhy tagů. Prvním typem jsou interní proměnné definované pro vnitřní potřeby projektu a druhým jsou externí proměnné, které vytvoříme za pomoci komunikačních kanálů. Tyto externí proměnné jsou tedy přímo nebo za pomoci OPC serveru napojeny na proměnné v PLC. WinCC flexible také umožňuje po integraci do procesního prostředí Simatic Manager přenést tagy přímo z vytvořeného projektu.

U každého tagu máme možnost nastavit jeho datový typ, způsoby a časové cykly pro jeho aktualizaci, horní a dolní limity (které po dosažení mohou generovat alarmy), změnu měřítka a mnoho dalších vlastností. Mimo jiné také můžeme k tagu přiřadit akci (vykonání skriptu), která se provede například při změně jeho hodnoty.



Obrázek 5.5 – WinCC flexible: okno pro tvorbu a úpravy tagů

Vytvoření grafického návrhu vizualizace

Tzv. screeny neboli grafické obrazovky slouží jako prostředník mezi dispečerem a technologií, která se má pomocí vytvořené vizualizace ovládat. Na jejich správném navržení nezávisí pouze celkový dojem z vizualizace, ale například i správný chod celé technologie v krizových situacích. Rozbor a účinné využití pravidel pro tvorbu profesionálních vizualizací již není cílem této práce. Za zmínku ale jistě stojí, že je kladen důraz na jednoduchost a hlavně přehlednost grafického návrhu.

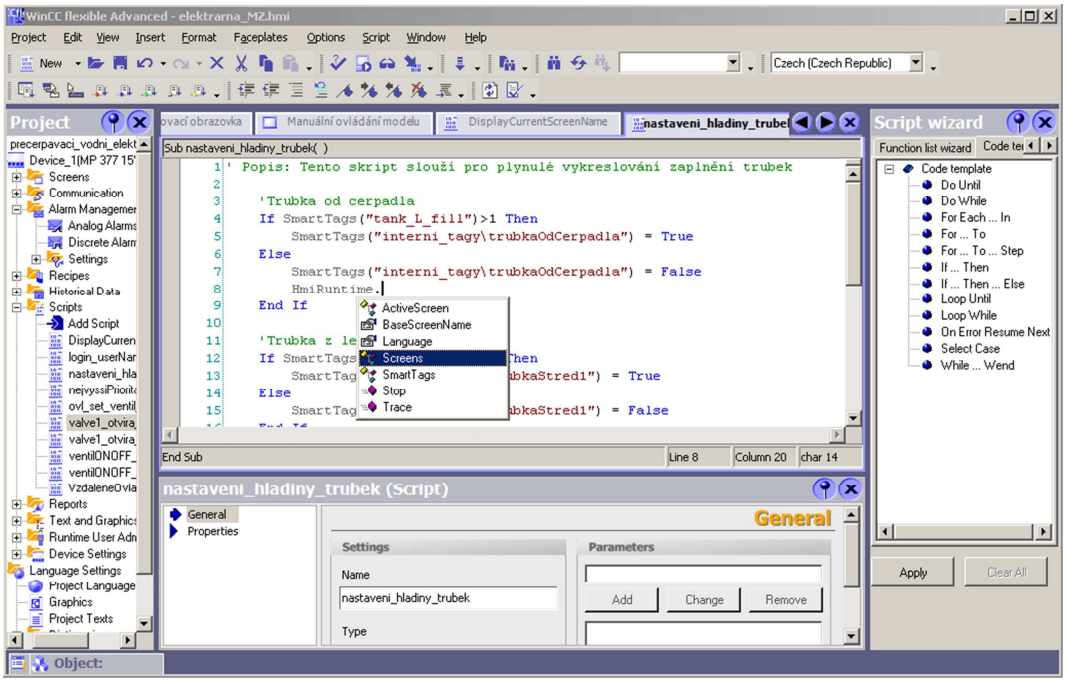
Společné vlastnosti vytvořených screenů definujeme pomocí šablony (Screens → Template). Změny, které na této obrazovce provedeme, se následně zobrazí i na všech vytvořených obrazovkách. Pokud bychom si na některých obrazovkách využití šablony nepřáli, postačí deaktivovat zaškrtávací políčko „Use template“ v základních vlastnostech obrazovky a šablona nebude použita. V souvislosti s vytvářením vizualizačních obrazovek jistě stojí za zmínku tzv. Faceplate. Jedná se o speciální objekty, jejichž vzhled si vytváří sám projektant. Takto si může vytvořit navenek celistvý objekt, který se ale skládá z více dílčích prvků (tlačítka, textová pole atd). Hlavní výhodou těchto objektů je možnost jejich centrální změny i v případě, kdy jsou rozmístěny na více obrazovkách.

Skripty a jejich využití

Prostředí WinCC flexible nabízí programátorům využití skriptů napsaných v jazyku Visual Basic. Podporovány jsou všechny běžné instrukce jako jsou například příkazy pro řízení běhu programu (podmínky, cykly atd.), práce s interními i externími tagy, využití a změny vlastností použitých grafických objektů a mnohé další. Vytvořené

skripty mohou být následně spuštěny jako reakce na vyvolání předem definované události. Takovou událostí může být stisk tlačítka nebo například již dříve zmíněná změna hodnoty proměnné.

Skripty lze také velice účinně využít v plánovacím nástroji Scheduler (Device Settings → Scheduler). V něm programátor může vytvořit akci (tím se rozumí přiřazení jednoho nebo i více skriptů do skupiny), která se bude vykonávat buď s určitou pravidelností (ročně, měsíčně, týdně, denně atd.) nebo jako reakce na speciální událost (ukončení aplikace s vizualizací, přetečení zásobníku s alarmy, změna aktivní obrazovky atd.).



Obrázek 5.6 - WinCC flexible: prostředí pro tvorbu skriptů

Přístupová práva, skupiny uživatelů, uživatelé

Podpora správy uživatelů seskupovaných do definovaných skupin je samozřejmostí. Každá skupina pak má jasně definovaná přístupová práva. Navíc je rozšířena o nástroje jako zablokování uživatele po vícenásobném zadání špatného hesla, nastavení stárnutí hesla atd. Tímto způsobem lze velice efektivně předejít nežádoucím zásahům, které by ohrozily chod řízené technologie.

Textové zprávy – alarmy

Tyto zprávy mají za úkol informovat operátora o předem určených událostech v řízené technologii. Vytvářejí se pod záložkou „Alarm Management“ a dále se dělí na analogové (aktivovány změnou hlídané hodnoty mimo povolené meze) a diskrétní (aktivace způsobena změnou binární proměnné). Alarmy se u základních panelů ukládají do kruhové paměti, ale dají se i dále archivovat. Pro usnadnění orientace operátora lze alarmy rozdělit do několika tříd podle důležitosti.

Archivace historických dat

Jak již nadpis napovídá WinCC flexible dovoluje archivovat také průběhy jednotlivých veličin. Ukládání dat probíhá na externí paměťové médium (flash disk, paměťová karta).

Další používané vlastnosti projektu

Mezi neopomenutelné funkce programového prostředí patří i podpora přípravy projektu pro více světových jazyků – **„Language Settings“**. Ty je pak možné během chodu vizualizace libovolně přepínat.

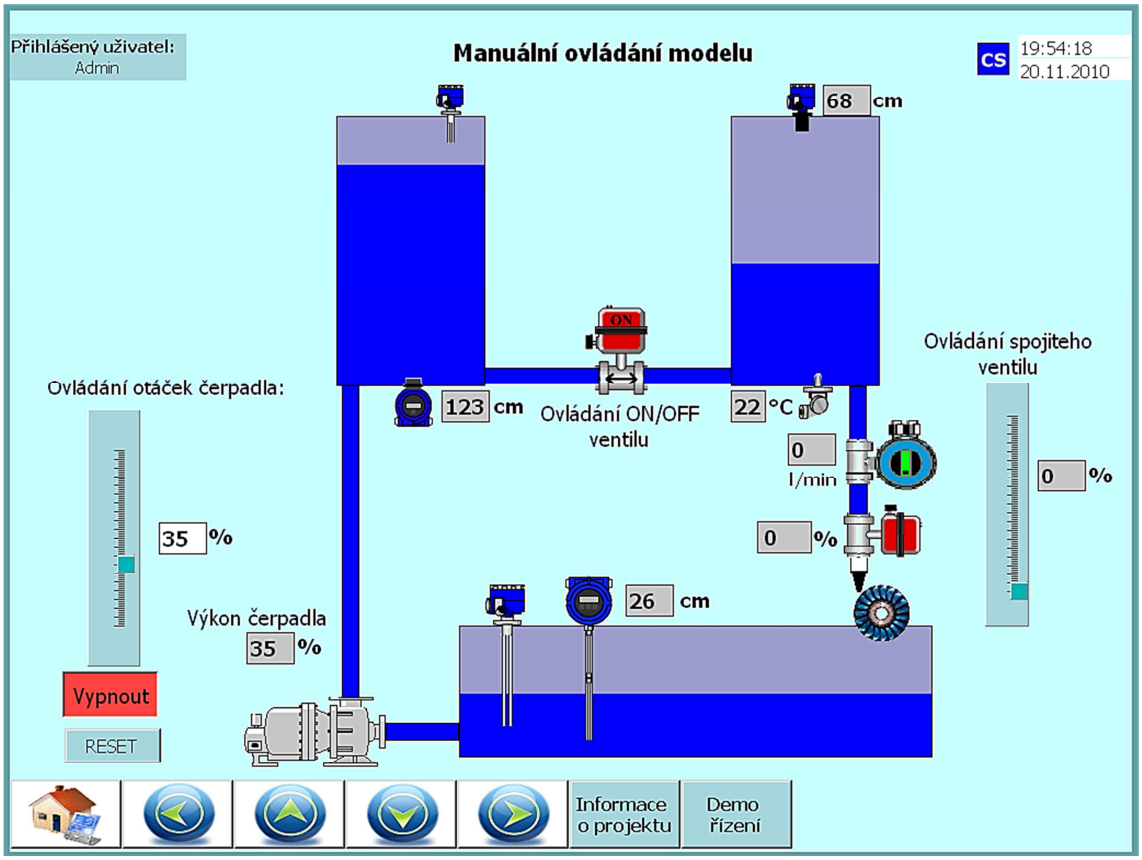
V určitých případech také oceníme výkonný nástroj pro tvorbu vlastních receptur – „**Recipes**“. Každou recepturu tvoří přednastavená skupina hodnot, které se po aktivaci zapíší do příslušných proměnných. Tímto postupem docílíme snadného přechodu technologie mezi jednotlivými výrobními režimy (např. při požadavku na různé poměry přísad v produktech vyráběných na jedné lince).

5.2.2 Konkrétní vlastnosti vytvořené vizualizace

Z minulé kapitoly již máme založený projekt, správné nastavení typu zobrazovacího panelu, komunikačních kanálů atd. Dále byla vytvořena skupina externích tagů, které přistupují do programovatelného automatu přímo po ethernetu. Při realizaci jsme zvažovali možnost využití proměnných z OPC serveru. Protože je ale panel umístěný přímo v technologii, zvolili jsme přímé spojení. V projektu budeme také využívat několik interních proměnných, které pro větší přehlednost umístíme do samostatné složky.

Při tvorbě grafické stránky vizualizace byl kladen důraz na maximální přehlednost a intuitivní ovládání. Kvůli identickému zobrazení byly importovány obrázky použitých senzorů a akčních členů. Grafická stránka vizualizace se skládá z úvodní stránky, která slouží jako rozcestník. Dále je vytvořena trojice ovládacích obrazovek, z nichž první slouží k manuálnímu ovládání modelu. Na této obrazovce je operátor informován o celé technologii a díky na ní umístěným prvkům může ovládat všechny akční členy. Druhá obrazovka spojená s ovládáním modelu byla vytvořená jako rozhraní pro aplikování programu regulace výšky hladiny v pravé nádrži a průtoku. Po nastavení žádaných hodnot se spustí regulace integrovaná do řídicího programu. Poslední z obrazovek zobrazujících dění na modelu je aktivována pokud dochází k řízení ze vzdáleného přístupu (např. přes Matlab - OPC toolbox) a slouží tedy pouze jako informativní a neumožňuje žádný zásah do řízení modelu. Aktivace tohoto informačního okna proběhne pomocí naprogramovaného skriptu, který se spustí po změně řídicí proměnné v PLC. Zmíněný skript po spuštění překontroluje hodnoty řídicích proměnných a podle získaných výsledků vykoná posloupnost příkazů vedoucí ke změně režimu vizualizace.

Dále vizualizace obsahuje několik obrazovek, které se zabývají testováním, servisním nastavením nebo jsou pouze informativního charakteru.



Obrázek 5.7 - WinCC flexible: výsledná vizualizace „Manuální ovládání modelu“

Základní algoritmus obsluhující běh vizualizace je založený na „odchytávání“ jednotlivých událostí, na které pak reaguje dle předepsaných skriptů a akcí. Jejich konkrétní úkoly nejsou příliš složité, proto je zde nebudu jednotlivě rozebírat.

Za zmínku ale jistě stojí, že byl využit i výše zmíněný Scheduler. Zároveň nelze opomenout dvojjazyčné provedení projektu. Mezi nimi se dá kdykoliv při běhu vizualizace přepínat.

Testování a nahrání projektu do vizualizačního panelu

Při finálním testování byl hojně využíván integrovaný simulátor stavů technologie, který nám poskytuje možnost simulovat hodnoty použitých tagů přímo v PC. Tímto dokážeme vyvolat většinu technologických stavů a program nám tak umožní otestování funkčnosti aplikace ještě před procesem uvádění ovládacího algoritmu do ostrého provozu. Dále jsem v této fázi také velice ocenil nástroj, který usnadňuje hledání propojení a skrytých chyb, nazvaný „Cross-References“ (Options → Cross-References). Díky němu si můžeme najít souvislosti každého jednotlivého tagu, skriptu nebo i jakéhokoliv prvku v rámci celého vizualizačního projektu.

Nahrání finální podoby vizualizace do vizualizačního panelu je v porovnání s již provedenými úkony velice snadné. V hlavním menu zvolíme položku Project → Transfer a po nastavení módu přenosu a jeho vlastností nám již v nahrání projektu do vizualizačního panelu nic nebrání.

6 Vzdálená vizualizace

Vizualizace popsaná na konci minulé kapitoly jistě splňuje nároky, které jsou od ní požadovány, jelikož umožňuje lokální ovládání modelu a efektivně zobrazuje dění na vizualizačním panelu. Současné distribuované systémy však kladou na vizualizace rozsáhlejší požadavky. Již nestačí pouze lokálně zobrazovat aktuální stav technologického procesu, ale je nutné mít možnost vizualizovat stavy různých částí systému na různých operátorských stanovištích. Přitom je nutné pamatovat na zajištění práv pro ovládání nebo pozorování dané technologie. Vzdálenou vizualizací tak může být zajištěna kontrola celého systému z různých míst. Pojem vzdálená vizualizace také nutně zahrnuje archivaci procesních dat. Archivace je velice důležitá pro vyšší struktury hierarchie řízení. Je třeba si uvědomit, že bez kvalitních (přesných, stručných, výstižných) informací nelze daný systém komplexně a efektivně řídit.

Dílčím cílem diplomové práce je vytvoření vizualizace v programu WinCC, založení archivu procesních proměnných a následně testování využití takto ukládaných dat. Archivovaná data jsou využita přímo ve vizualizaci a mohou být exportována do souboru nebo online zprostředkována OPC serverem.

6.1 Možnosti realizace vzdálené vizualizace

Abychom mohli správně pochopit možnosti vzdálené vizualizace, je nejprve třeba porozumět softwarovým nástrojům, které nám tuto možnost dávají.

6.1.1 WinCC 7.0

Stručný popis tohoto softwarového nástroje byl již zařazen v kapitole 2.2.2 - Programovatelné vybavení pro vizualizaci. Níže jsou zařazeny jeho důležité vlastnosti a krátký popis několika užitečných nadstaveb. Kompletní popis naleznete na citovaných stránkách společnosti Siemens [7].

WinCC flexible se nám sice mohl zdát jako velice mocný, jedná se však pouze o specifickou verzi hlavního softwarového produktu určeného k tvorbě vizualizačních projektů, kterým je WinCC 7.0. Na tomto nástroji vyvinutém společností Siemens si předvedeme praktické využití vzdálené vizualizace. WinCC 7.0 nabízí nepřeberný rozsah možností a v této práci se zaměříme pouze na ty nejvyužívanější.

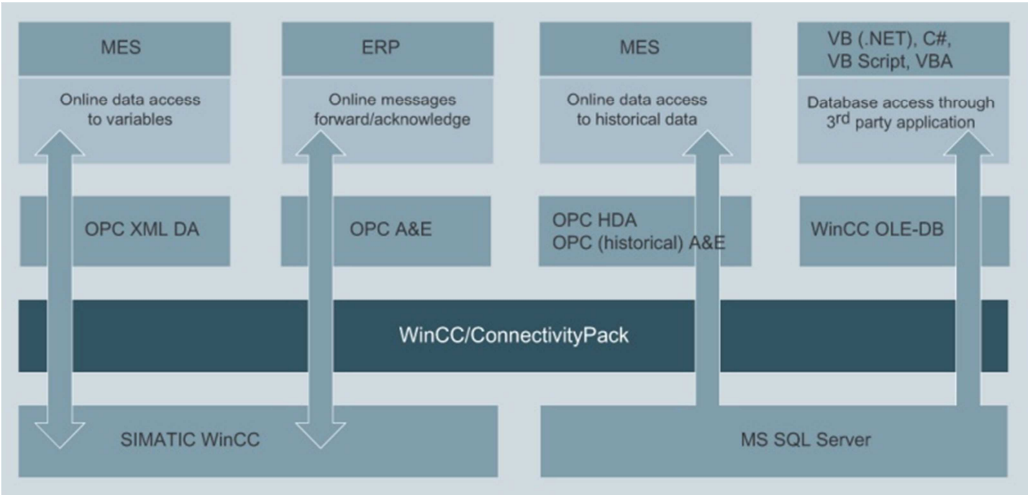
WinCC 7.0 v sobě integruje databázi MS SQL Server. Díky ní lze vytvořit vizualizaci, která umožňuje nejen sledovat a ovládat řízenou technologii, ale také archivovat velké množství dat. Archivovaná data lze následně zobrazit, vyhodnotit nebo přenést do nadřazeného systému. Dále má WinCC 7.0 standardně integrovaný OPC DA 3.0 server (Data Access), který umožňuje přístup ke všem on-line hodnotám v pozorovaném systému. Na druhé straně, může jako klient získávat a dále zprostředkovávat data získaná ze vzdálenějších míst (např. z webu). Potřebný výběr

z těchto dat poté může být využíván ve vyšších úrovních řízení (MES[10], ERP[11], MS Excel, MS Access atd.). WinCC 7.0 umožňuje vytvářet konfiguraci server - klient (k jednomu serveru lze připojit až 32 klientů). Užitečná je také možnost využití multiklienta, což je klasický klient, který se ovšem může připojit najednou k většímu počtu serverů. Dále tento program vyhovuje standardům, které vyžadují důslednou archivaci veškerých operátorských zásahů v běžící aplikaci. Pokud to okolnosti vyžadují je možno archivovat i projekční změny vlastní WinCC aplikace.

6.1.2 Nadstavby programu vhodné pro vzdálenou vizualizaci

Connectivity Pack

Pro tento projekt asi nejdůležitější nadstavba zpřístupňující on-line a historická data z libovolného počítače prostřednictvím standardních rozhraní OLE-DB, OPC XML DA (Data Access), OPC HDA (Historical Data Access), OPC A&E (Alarm & Events). Tyto rozhraní pak umožňují přímý přístup k archivu dat WinCC uložených v databázi Microsoft SQL Server (alarmy, procesní hodnoty, uživatelská data). Nadstavba Connectivity Pack zpřístupňuje i historická data, které jsou již zálohována v komprimované podobě.



Obrázek 6.1 - WinCC/Connectivity Pack - Přístup k WinCC přes OPC & WinCC OLE-DB (zdroj: http://www.automation.siemens.com)

Connectivity Station

Tato nadstavba je určena pro jednoduchý přístup na archivní data WinCC z externího počítače. Na tomto PC není nutná instalace systému WinCC.

---

[10] Manufacturing Execution Systems – Systém řízení a monitorování práce, zaměřen na přímou výrobu [9]

[11] Enterprise Resource Planning - Je informační systém, který integruje a automatizuje velké množství procesů souvisejících s produkčními činnostmi podniku. Typicky se jedná o výrobu, logistiku, distribuci, správu majetku, prodej, fakturaci, a účetnictví [10].

Web Navigator

WinCC Web Navigator umožňuje vzdálený přístup k WinCC aplikaci přes intranet nebo internet.

Central Archive Server (CAS)

Umožňuje dlouhodobou archivaci dat, ukládá je na archivačním serveru a zároveň je nechává přístupná uživateli.

ProcessMonitor

Slouží ke sběru, archivaci a vyhodnocení procesních dat, které je možno zobrazit přímo ve WinCC nebo poskytnout pro další zpracování.

DataMonitor

Umožňuje vzdálené sledování technologie, získává a zpracovává aktuální i archivní data. Navíc rozšíření může běžet na počítači, kde **není nutná** instalace WinCC. Data Monitor se skládá z pěti částí:

- **Process Screens** - vzdálené sledování technologie, neumožňuje ovládání.
- **Excel Workbook** - provázání a sdílení dat s programem MS Excel.
- **Trends and Alarms** - zobrazení archivních dat, export do CSV souboru.
- **Webcenter** - tvorba vlastní webové stránky s vybranými údaji o technologii.
- **Reports** - generování protokolů (pdf, xls), aktuální i archivní data, alarmy.

6.1.3 Využití OPC serveru

Již v kapitole 2.2.4 byla nastíněna hlavní úloha a možnosti využití OPC serveru. Díky programu WinCC 7.0 dostává programátor možnost využití dalších informačních zdrojů, kterými jsou již dříve zmíněné OPC WinCC, OPC XML DA, OPC HDA, OPC A&E. Tyto zdroje již ale nezprostředkovávají pouze aktuální data, ale uživatel může díky nim využít i informace týkající se historie sledovaných proměnných, alarmů nebo událostí. Vytvořená vizualizace tedy dokáže obsluhovat daný model a navíc může poskytovat již předzpracovaná data vzdáleným stanicím.

6.2 Vlastní realizace vzdálené vizualizace

Pro realizaci vzdálené vizualizace jsem nejprve vytvořil část projektu, který zobrazuje stav technologie a umožňuje model ovládat. Aby bylo možné zobrazovat a dále poskytovat dříve zmíněná archivní data, bylo nutné vytvořit archiv a přiřadit do něho vybrané tagy. Následně byly do projektu přidány obrazovky zobrazující archivovaná data v podobě grafu nebo výpisu do tabulky.

Vytvořený projekt tedy po spuštění poskytuje aktuální hodnoty všech využitých tagů (OPCServer.WinCC), které lze zpracovávat běžným OPC klientem. OPCServer.HDA.WinCC pak poskytuje historická data z vytvořeného archivu, avšak mohou být zpracována pouze klientem k tomu určeným.

V našem případě jsem k otestování využil klienty:

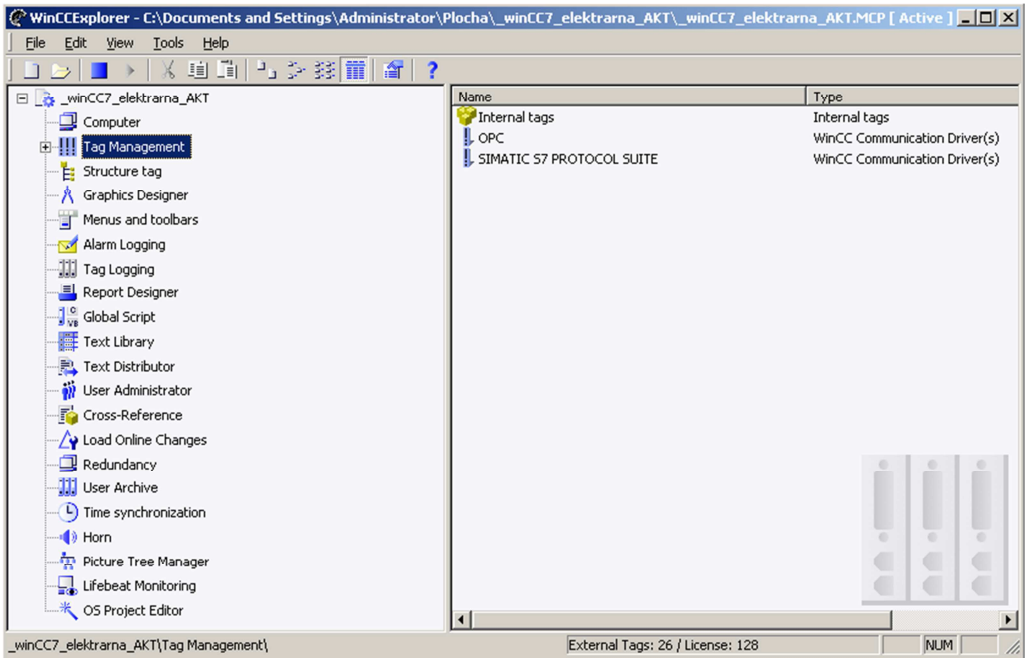
- **HDAClient** – vytvořený společností OPC Foundation [11]
- **MatrikonOPC HDA Explorer v1.1** – klient od společnosti Matrikon [13].

Dále lze historická data exportovat do souboru typu csv[12], který se dá následně zpracovávat například nástrojem MS Excel. Vizualizace ukládá archivovaná data do databázových souborů. K těm však může v jednom okamžiku přistupovat pouze jedna aplikace. Data lze následně zpracovávat například nástrojem SQL Server Management Studio.

6.2.1 Popis základního projektu ve WinCC 7.0

Některé součásti WinCC 7.0 jsou založeny na podobných principech, jaké již byly popisovány u programu WinCC flexible, proto se při jeho základním popisu zaměříme pouze na rozdílné nebo nadstandardní vlastnosti. Pro podrobnější informace doporučuji nastudovat kompletní návody [8].

WinCC Explorer je výchozí aplikací celého programu, která sdružuje veškeré součásti WinCC 7.0. Základní okno programu, které se nám zobrazí po spuštění projektu, si můžeme prohlédnout na obrázku 7.1 Na rozdíl od WinCC flexible se většina jednotlivých částí nespouští přímo v pracovním prostoru hlavní aplikace, nýbrž jako samostatné aplikace.



Obrázek 6.2 - WinCC 7.0: Eplorer

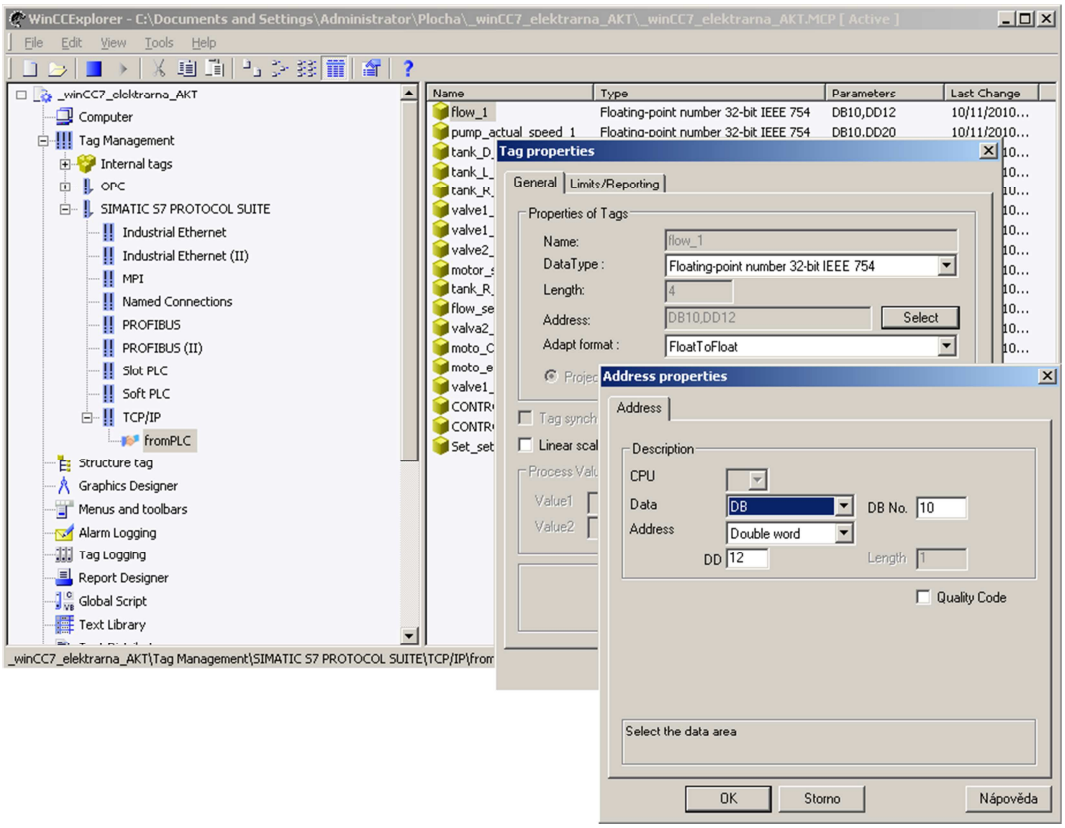
Při založení nového projektu je pouze nutné vyplnit dialog o umístění složky projektu. Veškeré informace, týkající se nastavení projektu, můžeme upravit ve vlastnostech složky „Computer“.

[12] **CSV (Comma-separated values)** - formát souboru ukládající hodnoty oddělené čárkami

Pokud je program WinCC 7.0 správně nainstalován pracuje bez problémů, nicméně níže přikládám několik postřehů, na které jsem narazil a neměly by být zapomenuty.

Při přenášení projektu mezi více počítači je nutné vždy po prvním spuštění nastavit jméno aktuálně používaného počítače. Dále je třeba, aby se ve jménu počítače vyskytovala pouze velká písmena, jinak nelze projekt aktivovat. Uživatel také musí mít na daném počítači administrátorská práva a musí být členem příslušných skupin (např. SIMATIC HMI GROUP). Pokud by i přesto docházelo k chybám při spuštění nebo aktivování projektu, je třeba se obrátit na profesionální podporu firmy Siemens, neboť tato nastavení nejsou triviální.

Tag managment slouží ke správě vizualizačních proměnných – interních a externích tagů. Externí tagy, odkazující přímo na hodnoty procesních proměnných, se dále člení dle typu připojení ke zdroji dat. Možností připojení je nepřeberně, ale v této práci se zaměříme na přímé připojení k systému Simatic S7 a následně na vytvoření tagů poskytovaných OPC serverem.



Obrázek 6.3 – WinCC 7.0: Tag manager, vlastnosti tagu

Graphics Designer slouží primárně k vytvoření grafických obrazovek. U každého použitého objektu lze nastavit jeho parametry buď přímo, nebo navázáním na akci spuštěnou po dosažení určené události. Velkou výhodou je, že většina z požadovaných akcí, animací, změn nebo úkolů lze provézt hned několika způsoby.

Tento nástroj ovšem ruku v ruce s nepřeberným množstvím možností klade na projektanta velké nároky na sofistikovaný přístup.

Global Skript využijeme, chceme-li spustit definovaný skript v pozadí běžící aplikace. Vizualizační prostředí nabízí využití skriptovacího jazyku C a VisualBasic. Dále můžeme tvořit akce pomocí nástrojů „Dynamic Wizard“ nebo Direct Connection“.

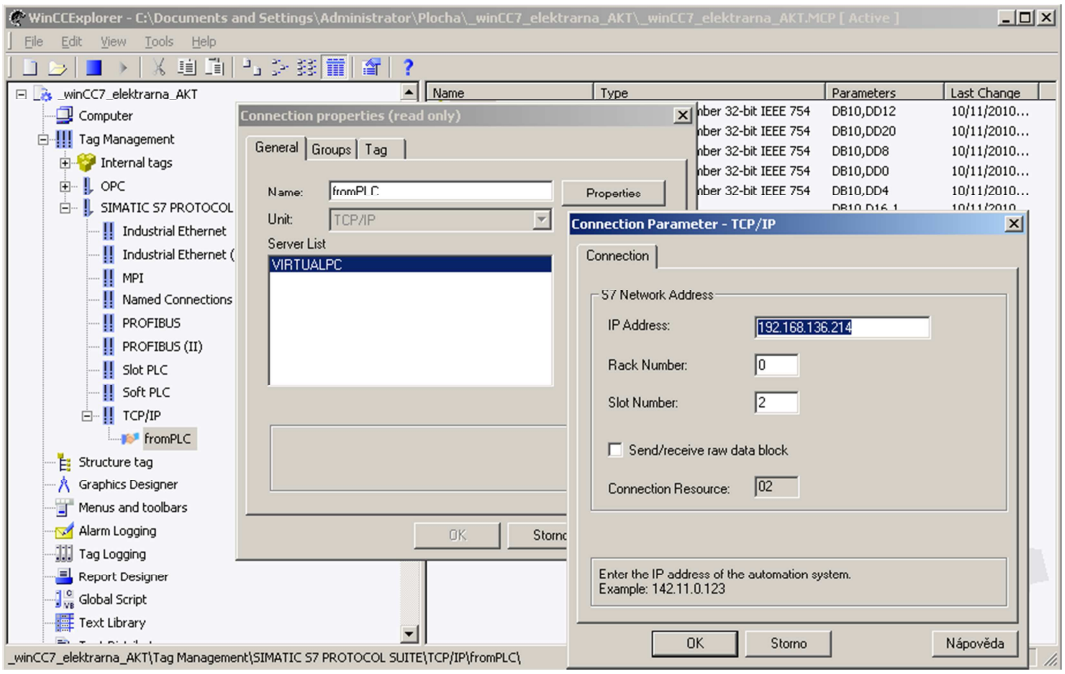
Tag Logging slouží k vytváření archivu vybraných tagů. Ty jsou ukládány v určených cyklech. Výsledný archiv lze využít k zobrazení dat pomocí tabulek a grafů nebo ho lze pomocí speciálních nástrojů následně zprostředkovat dalším aplikacím.

Ostatní části, které nám program WinCC 7.0 nabízí, jsou neméně důležité, ale budeme se jimi případně zabývat až při jejich konkrétním použití.

6.2.2 Vytvoření vizualizace v programu WinCC 7.0

6.2.2.1 Vizualizační proměnné

Po založení projektu nejprve vytvoříme skupiny tagů, díky kterým budeme mít aktuální informace o vizualizované technologii. Využívat budeme vizualizační proměnné napojené přímo na Simatic a také proměnné zprostředkované OPC serverem. Nejprve však musíme načíst příslušný ovladač „SIMATIC S7 Protocol Suite.chn“, který nám definuje skupiny protokolů. Po jeho načtení vybereme druh spojení s automatem TCP/IP a po nastavení parametrů spojení (viz obr. 6.4) můžeme vytvářet požadované tagy. V nastavení každého z nich pak vybereme příslušný paměťový prostor v programovatelném automatu, který budou reprezentovat (viz obr. 6.3).

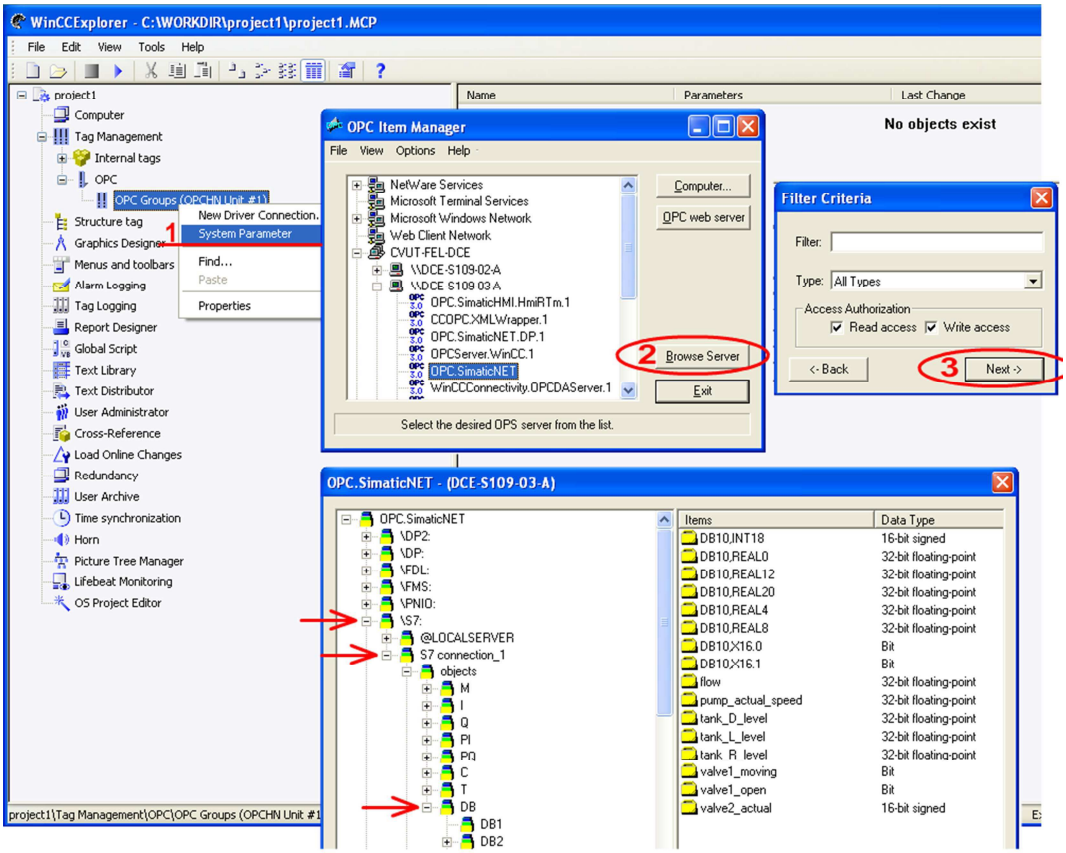


Obrázek 6.4 – WinCC 7.0: Nastavení parametrů přímého spojení s SIMATICEM

Využití tagů zprostředkovaných prostřednictvím OPC serveru je výhodné, pokud není operátorské pracoviště umístěno přímo u technologie nebo pokud neexistuje

přímá komunikační linka. I v tomto případě musíme nejprve načíst ovladač „OPC.chn“, který spojení zprostředkuje. Ještě předtím však musíme nastavit OPC server [1].

Potřebná nastavení, která provedeme pro přidání tagů, budou popsána s pomocí obrázku 6.5. Po kliknutí pravým tlačítkem myši na „OPC Groups“ a vybrání „Systém Parameter“ (1) se otevře OPC Item Manager. Ten zobrazuje veškeré OPC servery, které jsou v danou chvíli spuštěné (neznamená to, že jsou nakonfigurované a dokážeme se k nim připojit). Zvolíme OPC server OPC.SimaticNET a pokračujeme prolistováním poskytovaných dat (2). Dále můžeme nastavit filtrování hodnot (3). Následně je třeba projít strukturou dat poskytovaných OPC serverem a přidat vybrané proměnné do projektu.

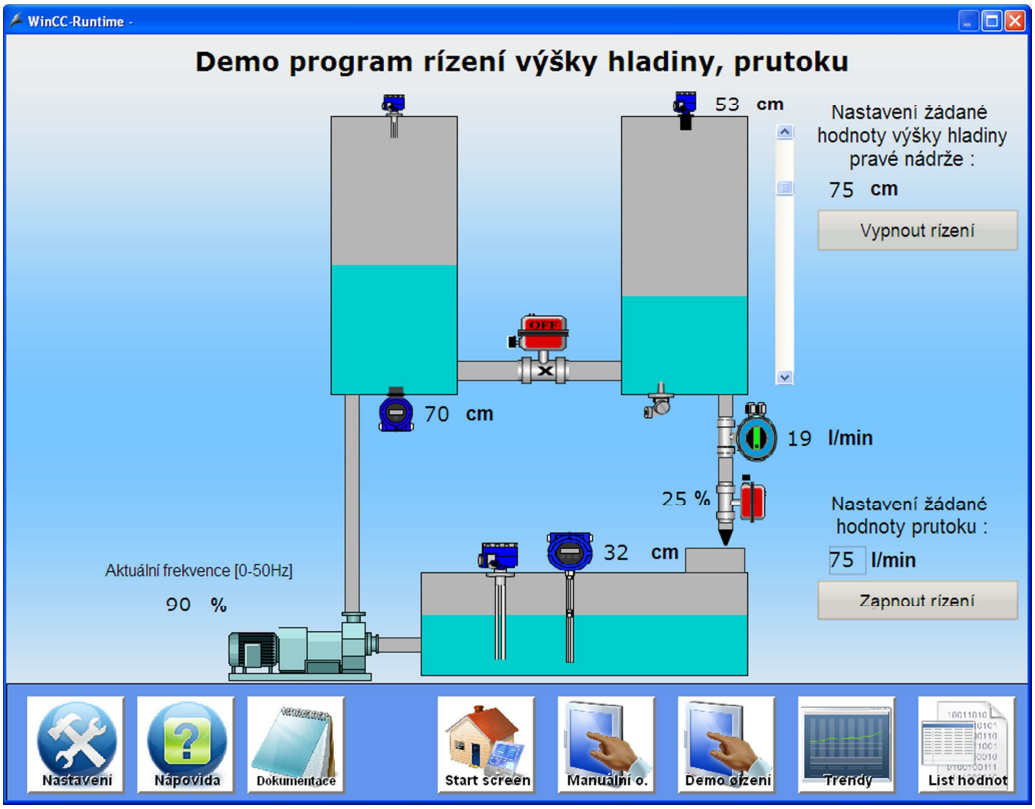


Obrázek 6.5 - WinCC 7.0: Nastavení spojení s OPC

6.2.2.2 Vytvoření grafického prostředí, vlastnosti objektů a využití skriptů

Využití WinCC 7.0 bylo zaměřeno především na možnosti vzdálené vizualizace a zpracování archivních dat. Z toho důvodu nebylo při tvorbě vizualizace využito všech rozšířených možností, který nám grafický editor nabízí.

Dolní lišta výsledné vizualizace slouží jako rozcestník umožňující přechody mezi obrazovkami. Úvodní obrazovka zobrazuje informace o vizualizovaném modelu. Na další dvojici je pak zobrazen aktuální stav technologie, kterou můžeme manuálně ovládat, resp. nastavením žádané hodnoty spustit regulaci. Čtvrtá a pátá obrazovka pak již využívá archivní data, která jsou zobrazena buď pomocí vloženého grafu nebo jako tabulka archivovaných hodnot. Ve vizualizaci bylo použito několik objektů měnících své vlastnosti pomocí prostých akcí, které jsou spouštěny jako reakce na danou událost.

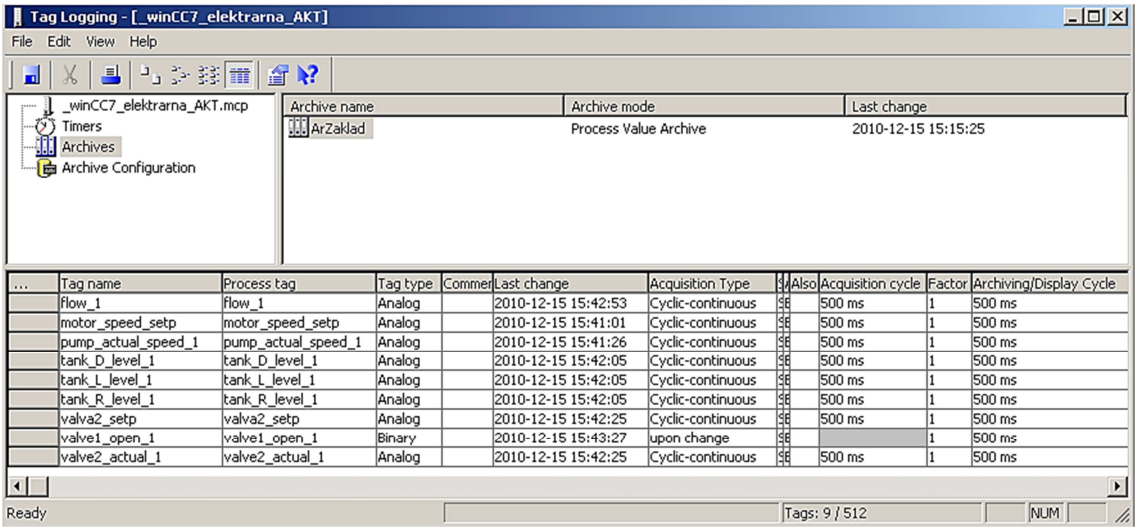


Obrázek 6.6 – WinCC 7.0: Obrazovka aplikace programů řízení

6.2.2.3 Vytvoření a konfigurace archivu

Abychom mohli plnohodnotně využívat archivní data, provádět nad nimi analýzy nebo je jinak zpracovávat, musíme je sdružit do archivu a opatřit je značkami času a kvality. K vytvoření zmíněného archivu slouží nástroj **Tag Logging**. Před začátkem práce s ním musíme v nastavení počítače v záložce „Startup“ povolit ukládání hodnot tagů zaškrtnutím možnosti „Tag Logging Runtime“.

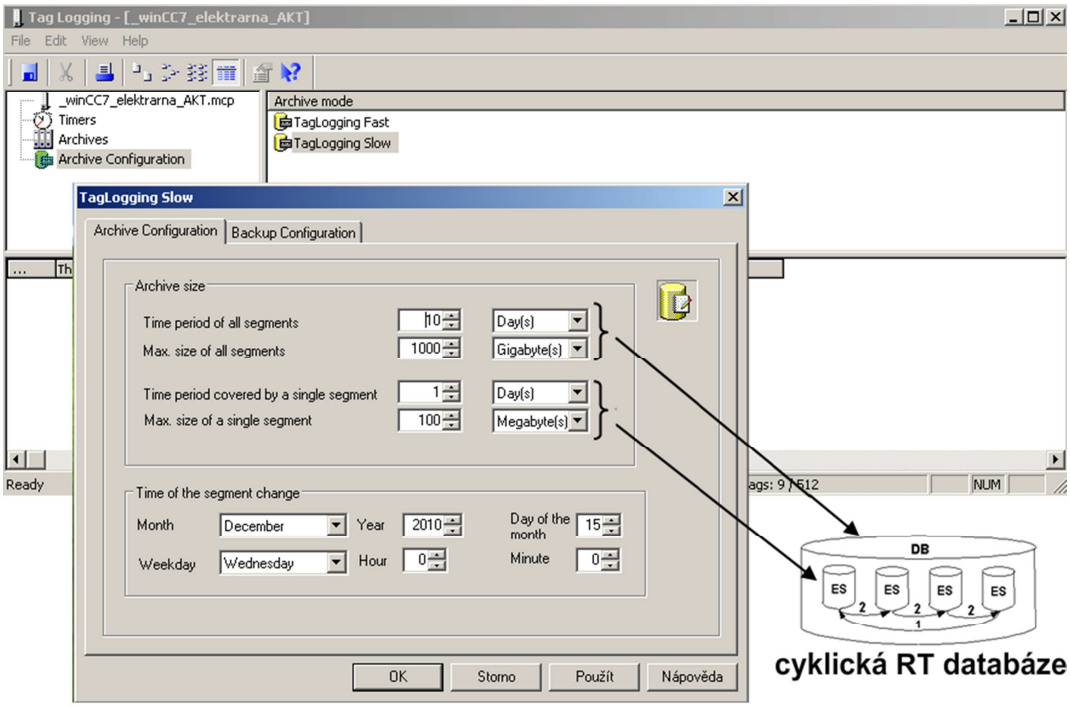
Při vytvoření archivu volíme mezi ukládáním dat jako archivních hodnot nebo přímo komprimovaných hodnot. V našem případě volíme první možnost, neboť nechceme archivovat velké množství dat a především chceme, aby se daly archivované soubory zpracovávat dalšími programy (např. SQL Server Management Studio).



Obrázek 6.7 - WinCC 7.0: Tag Logging – archiv ArZaklad

Využití komprimace dat je vhodné při archivaci velkého množství dat. Tato data jsou pak také přístupná přes OPC servery s pomocí využití nadstavby Connectivity Pack nebo Connectivity Station. Následně do vytvořeného archivu přidáváme tagy, které chceme archivovat a u nich pak můžeme nastavit požadované vlastnosti ukládání jako např. cyklickou archivaci (ukládání dat v časovém cyklu) nebo acyklickou (ukládání při změně nebo jako reakce na událost). Pokud by nám nestačily přednastavené hodnoty časovačů (určující čas cyklu ukládání dat), lze je definovat ve vlastní položce „Timers“.

Dále přistoupíme ke konfiguraci archivů (viz obr. 6.8), kde můžeme využít režimu rychlý archiv - „TagLogging Fast“ nebo archiv pomalý – „TagLogging Slow“. Volíme režim pomalého archivu, neboť takto uložená data lze využít i jinými databázovými programy. V záložce nastavení zvoleného režimu nastavíme, jakou dobu se mají data archivovat než dojde v závislosti na archivačním cyklu k jejich přepsání (nebo přesunutí do záložního adresáře). Dále definujeme čas začátku segmentua a tím vytvoříme přehlednější denní segmenty s archivovanými daty. V druhé záložce nastavení je pak možné určit adresář pro ukládání dat. Nastavení režimu TagLogging Fast obsahuje ještě třetí záložku, ve které se definuje frekvence ukládání hodnot tagů. Pomaleji ukládané tagy se pak ukládají do souborů režimu TagLogging Slow. Upravená konfigurace je pak platná pro všechny vytvořené archivy.



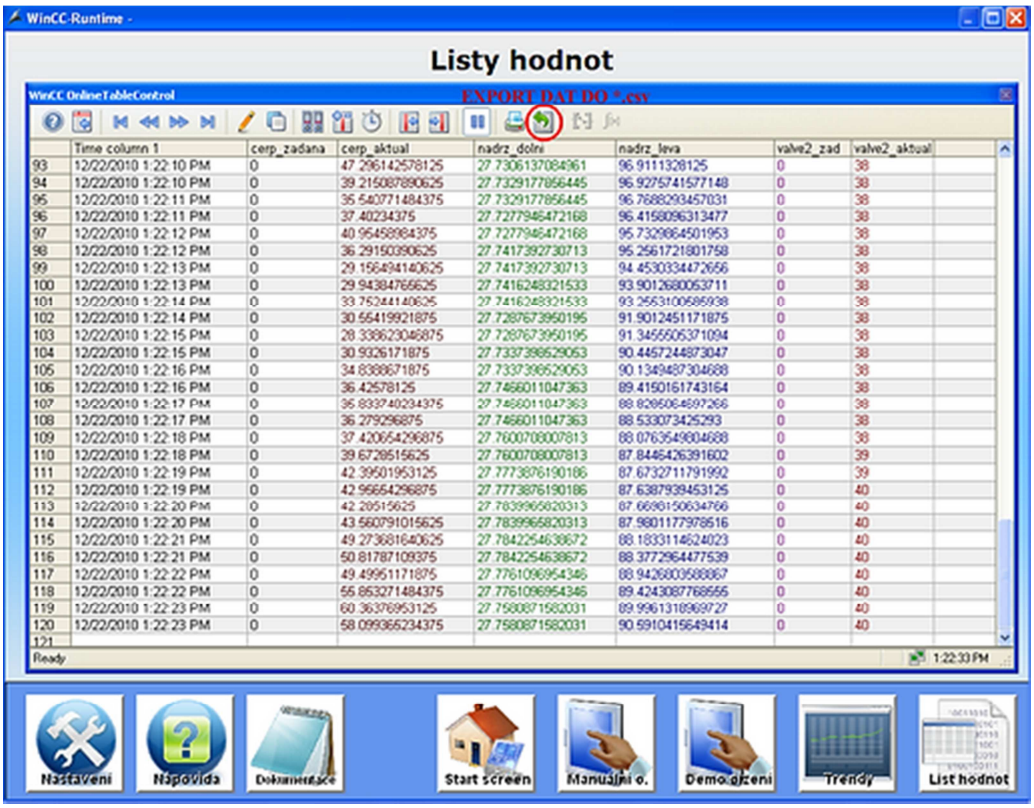
Obrázek 6.8 - Tag Logging - nastavení Fast/ Slow archivu

6.2.2.4 Využití archivních dat

Po spuštění aplikace se nám tedy začnou archivovat data podle nastavených parametrů. Dále již tedy můžeme přistoupit k jejich využití. První z nich bude přímo ve vizualizaci. Archivovaná data jsou graficky zobrazována na obrazovce Trendy (viz obr. 6.9). Výsledný graf se navíc stále aktualizuje o nová data a také se v něm

můžeme pohybovat po časové ose a nahlížet tak i na předchozí stavy technologie. Podobně lze archivovaná data zobrazovat jako tabulku hodnot (viz obr. 6.10).

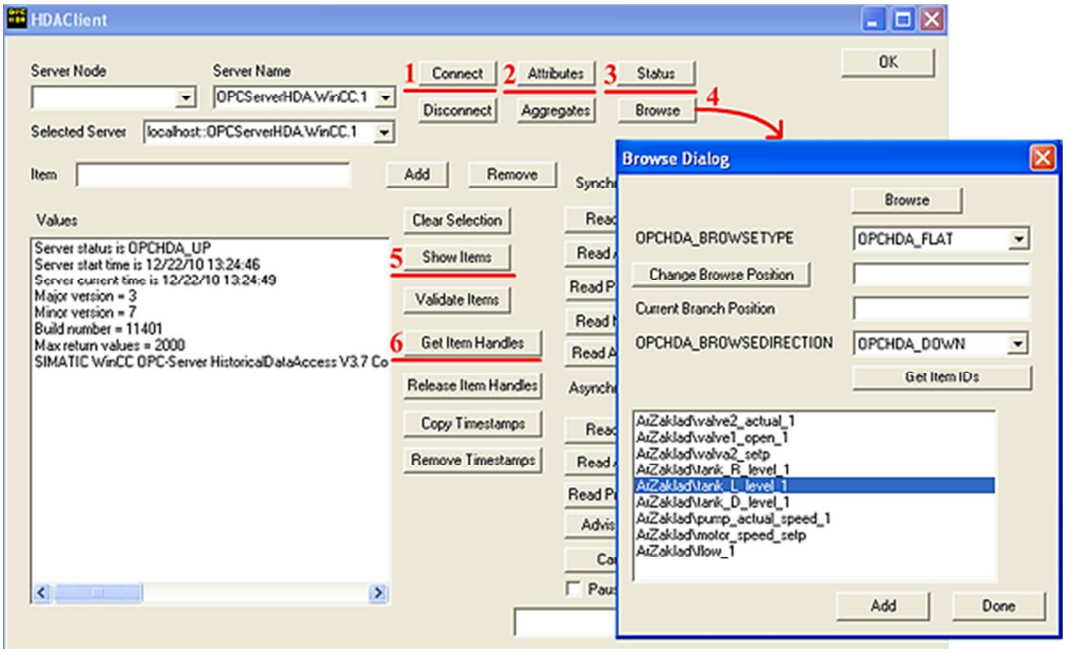
Obrázek 6.9 – WinCC 7.0: Grafické zobrazení archivovaných hodnot



Obrázek 6.10 – WinCC 7.0: Tabulkové zobrazení historických hodnot

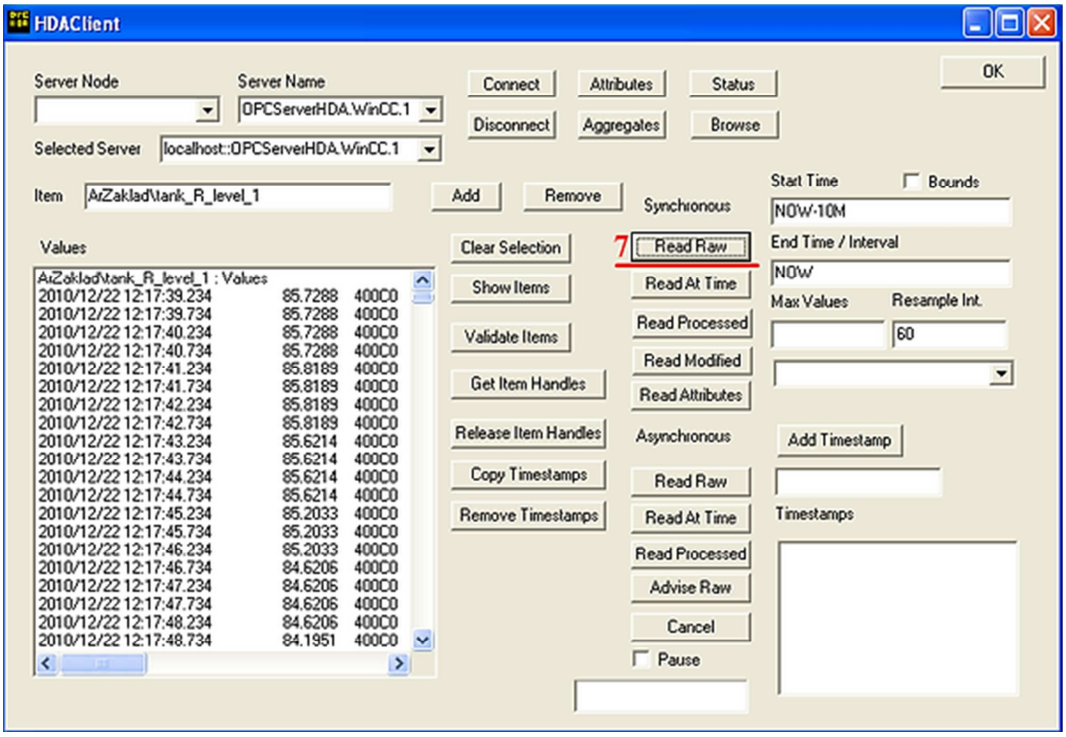
Kromě možnosti odečtu přesných aktuálních i archivovaných hodnot můžeme zobrazená data exportovat do souboru cvs. Takto uložený soubor lze dále jednoduše využít např. v programu MS Excel. Export dat se provede kliknutím na označené tlačítko. Aby bylo zmíněné tlačítko aktivní, je třeba v nastavení vlastností tabulky zaškrtnou v záložce „Toolbar“ v okně „Keyboard Functions“ položku „Export data“.

Na počátku této kapitoly byla vyzdvihnuta důležitost archivních dat pro nadřazené složky v hierarchii řízení (MES, ERP atd.). Nyní se dostáváme k výsledkům testování získání historických dat OPC klientem. Nejprve bylo provedeno připojení testovacího klienta SampleClientHDA (viz obrázek 6.11), vytvořeného společností OPC Foundation [11]. Po jeho spuštění následuje vybrání serveru OPCServerHDA.WinCC. Dále se k němu připojíme stiskem tlačítka „Connect“(1). Nyní můžeme vyčíst informace o serveru (2) nebo jeho atributy (3). Kliknutím na tlačítko „Browse“ (4) zobrazíme Browse Dialog, ve kterém poté vybereme a následně přidáme tagy, které chceme klientem využívat. Ty si následně můžeme zobrazit (5 - tlačítko „Show Items“). Pokud chceme vyčíst konkrétní hodnoty, je třeba nejprve zvolený tag označit a přiřadit ho ke zpracování (6 - tlačítko „Get Item Handles“).



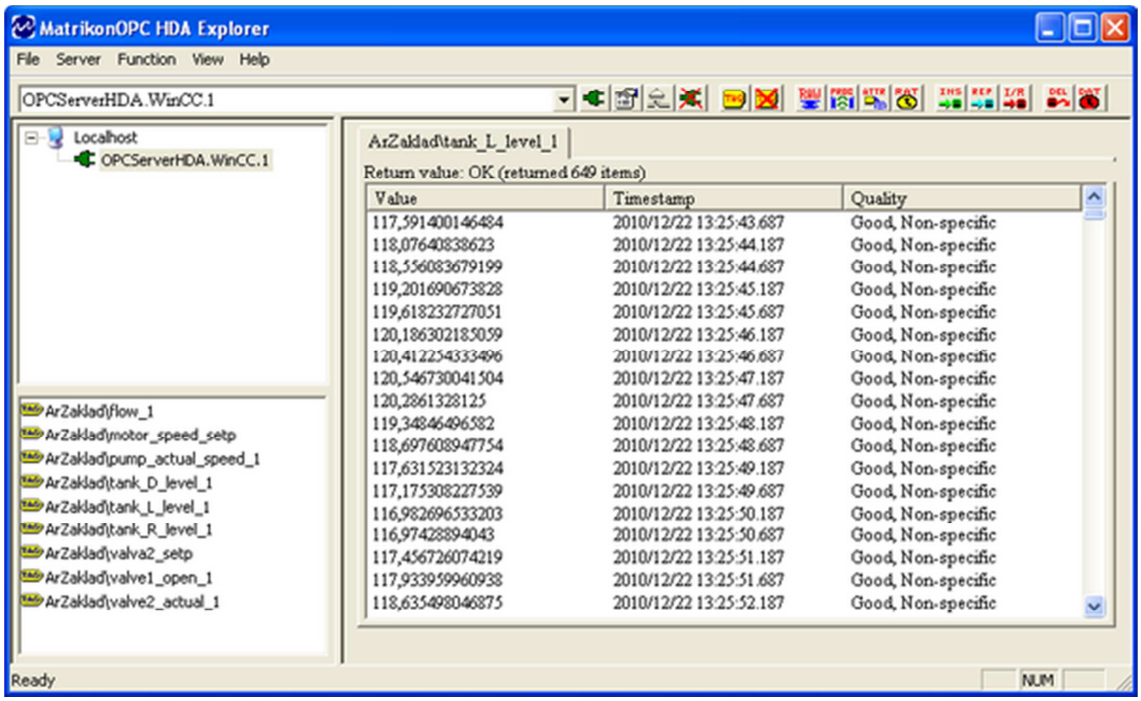
Obrázek 6.11 – Testování klienta SampleClientHDA

Nyní můžeme otestovat načtení archivních dat vybraného tagu (viz obr 6.12). Vyplněním položky „Start“ resp. „End Time“ volíme, který úsek dat chceme zobrazit. Stiskem tlačítka 7 – „Read Raw“ pak vypíšeme vybraná data. Interval, který chceme vypisovat, lze zapsat dvěma způsoby. Buď zvolíme zapsání přesných časových údajů (Start Time = 2010-12-22 12:17:39, End Time = 2010-12-22 12:27:39), nebo můžeme využít pomocné definice. Například po zadání Start Time = „NOW – 1H“ a End Time = „NOW“ vypíšeme data za poslední hodinu záznamu. Více informací nalezneme v dokumentaci k nadstavbě WinCC 7.0 Connectivity Pack.



Obrázek 6.12 - SampleClientHDA - Import zvolených tagů

Druhým klientem, kterým jsme testovali možnost přístupu k archivovaným datům, je MatrikonOPC HDA Explorer v1.1 [13]. Aplikace pracuje v podobném duchu jako SampleClientHDA, proto zde nebudu opakovat konkrétní postup použití.



Obrázek 6.13 - MatrikonOPC HDA Explorer v1.1

Důležité je, že testováním OPC klientů je potvrzena možnost využití archivovaných dat prostřednictvím společného rozhraní OPC. V našem případě jsme archivní data pouze zobrazovali a případně z nich počítali jednoduché statistické údaje (průměr, suma atd.). Pokud bychom pomýšleli na konkrétní využití zprostředkovaných dat, je třeba naprogramování speciální aplikace. Další informace o programech, které využívají HDA klientů k získání dat, nalezneme na internetových stránkách organizace OPC Foundation [11].

7 Závěr

Diplomová práce popisuje úspěšné splnění všech vytyčených cílů. Nejprve jsem se zaměřil na analýzu, návrh a následnou aplikaci systémové integrace reálného modelu přečerpávací vodní elektrárny. Se splněním tohoto cíle úzce souvisela diskuze a řešení problémů spojených se začleněním do výuky na katedře řídicí techniky FEL ČVUT a do systému pro vzdálený přístup Lablink. Dále byla analyzována případná rizika provozu modelu a diskutováno jejich řešení. Souběžně s tím byla dokončena fyzická realizace modelu, která zahrnovala sestavení sofistikovaného řídícího programu, vytvoření lokální i vzdálené vizualizace a v neposlední řadě i sepsání kompletní technické dokumentace. Dalším splněným cílem je vytvoření metodiky pro možnosti sběru a využití archivovaných.

Výsledky prezentované v diplomové práci vycházejí z dvou-semestrového projektu, který byl v rámci této práce dokončen. Zároveň tato diplomová práce otevřela velký prostor pro budoucí využívání modelu a pro vytvoření dalších navazujících prací, které by následně mohli rozšířit spektrum využití vytvořeného modelu.

Seznam citované literatury

1. **Zvolánek, Fetterik, Švec, Švarc.** *Dokumentace k modelu přečerpávací vodní elektrárny.* Praha : Katedra řídicí techniky FEL CVUT, 2010.

2. **Siemens.** *STEP 7 Profesional.* [Online] Siemens, 1. Listopad 2010. http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=bfadced791&ctxp=home.

3. **VanDoren V., Ph.D.** Článek v časopise **Control Engineering – Česko** Plánování snižuje rizika automatizačních projektů, (březen 2010) [na přiloženém cd]: Plánování snižuje rizika automatizačních projektů.pdf [Online]: http://www.controlengcesko.com/menu-gorne/artykuly/artykul/article/rizeni-rizik-pri-dodavkach-automatizace.html?tx_ttnews[backPid]=929&cHash=128567bfc6

4. **CVUT FEL.** *LabLink v2 - Remote lab at the Department of Control Engineering at CTU in Prague* [Online], 12. Listopad 2010. http://lablink.eusophos.cz/

5. **Siemens.** TIA - Totally Integrated Automation [Online] Siemens. Listopad 2010. http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/ad/microsite/Main/12564.jet.

6. **Siemens.** Siemens Industry IA/DT/BT Service&Support [Online] Siemens. Listopad 2010. WinCCflexible2005_GettingStarted_PowerUser_e.pdf. http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objID=16502685

7. **Siemens.** *Procesní vizualizační systém SIMATIC WinCC* [Online] Siemens, 1. Listopad 2010. Systém SCADA Simatic WinCC.pdf http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=525faea5c2&ctxp=home

8. **Siemens.** Siemens Industry IA/DT/BT Service&Support [Online] Siemens. Listopad 2010. GettingStarted_en-US.pdf. http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=10805584&treeLang=en

9. **Wikipedie -** *Manufacturing execution system,* [Online] Wikipedie, Listopad 2010. http://en.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_execution_system

10. **Wikipedie -** *Enterprise resource planning,* [Online] Wikipedie, Listopad 2010. http://cs.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning

11. **The OPC Foundation** - *Dedicated to Interoperability in Automation & Beyond,* [Online] The OPC Foundation, Listopad 2010. http://www.opcfoundation.org/

12. **Jaroslav Gajzler** - *OPC server pro úlohy automatické regulace (diplomová práce),* Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006

13. **OPC Training Institute -** *5 Steps for DCOM configuration.pdf,* [Offline] OPC Training Institute. http://www.opcti.com/opc-dcom-tutorial-intro.aspx Dokument je přiložen na doprovodném CD.

14. **Ing. Jan Švec -** Vizualizace a řízení modelu vodní elektrárny (diplomová práce), České vysoké učení technické v Praze – FEL, 2010

13. © **Matrikon OPC** - OPC HDA Explorer – Free test tool for OPC HDA. [Online] http://www.matrikonopc.com/products/opc-desktop-tools/opc-hda-explorer.aspx

Seznam obrázků:

OBRÁZEK 2.1 - ROZMÍSTĚNÍ PRVKŮ NA MODELU 4
OBRÁZEK 2.2 - PLC SIMATIC S7-300 5
OBRÁZEK 2.3 - PANEL MP 377 15“ 6
OBRÁZEK 2.4 - CERABAR S PMC71 6
OBRÁZEK 2.5 - SIEMENS POINTEK 7
OBRÁZEK 2.6 – PROSONIC M FMU 40 7
OBRÁZEK 2.7 - OMNIGRAD M TR10 7
OBRÁZEK 2.8 - PRŮTOKOMĚR SITRANS 8
OBRÁZEK 2.9 - HLADINOMĚR PROSTIC M 8
OBRÁZEK 2.10 - TEPLOMĚR TMT162 8
OBRÁZEK 2.11 – ELEKTROMECHA. VENTIL 9
OBRÁZEK 2.12 - MODULY WAGO 767 SPEEDWAY 9
OBRÁZEK 2.13 - ČERPADLO EBARA 10
OBRÁZEK 2.14 - FR. MĚNIČ MM440 10
OBRÁZEK 2.15 - PROFIBUS POWER HUB 11
OBRÁZEK 2.16 - SEGMENT PROTECTOR 11
OBRÁZEK 2.17 - JUNCTION BOX 11
OBRÁZEK 2.18 – STARTER - PROGRAM PRO KONFIGURACI FREKVENČNÍHO MĚNIČE 13
OBRÁZEK 2.19 - SPECIFIKACE OPC A JEJICH VAZBY (ZDROJ: © THE OPC FOUNDATION [11]) 15
OBRÁZEK 3.1 - EXPORT PROJEKTU DO SOUBORU - USE PACK & GO 21
OBRÁZEK 4.1 - VZHLED INTERNETOVÉ STRÁNKY VĚNUJÍCÍ SE MODELU 26
OBRÁZEK 5.1 - HARDWAROVÁ KONFIGURACE MODELU 27
OBRÁZEK 5.2 - VÝČET VYUŽÍVANÝCH BLOKŮ V ŘÍDICÍM PROGRAMU 28
OBRÁZEK 5.3 – WINCC FLEXIBLE: PRŮVODCE ZALOŽENÍ PROJEKTU 31
OBRÁZEK 5.4 – WINCC FLEXIBLE: HLAVNÍ OKNO PROGRAMU 32
OBRÁZEK 5.5 – WINCC FLEXIBLE: OKNO PRO TVORBU A ÚPRAVY TAGŮ 33
OBRÁZEK 5.6 - WINCC FLEXIBLE: PROSTŘEDÍ PRO TVORBU SKRIPTŮ 34
OBRÁZEK 5.7 - WINCC FLEXIBLE: VÝSLEDNÁ VIZUALIZACE „MANUÁLNÍ OVLÁDÁNÍ MODELU“ 36
OBRÁZEK 6.1 - WINCC/CONNECTIVITY PACK - PŘÍSTUP K WINCC PŘES OPC & WINCC OLE-DB 38
OBRÁZEK 6.2 - WINCC 7.0: EPLORER 40
OBRÁZEK 6.3 – WINCC 7.0: TAG MANAGER, VLASTNOSTI TAGU 41
OBRÁZEK 6.4 – WINCC 7.0: NASTAVENÍ PARAMETRŮ PŘÍMÉHO SPOJENÍ S SIMATICEM 42
OBRÁZEK 6.5 - WINCC 7.0: NASTAVENÍ SPOJENÍ S OPC 43
OBRÁZEK 6.6 – WINCC 7.0: OBRAZOVKA APLIKACE PROGRAMŮ ŘÍZENÍ 44
OBRÁZEK 6.7 - WINCC 7.0: TAG LOGGING – ARCHIV ARZAKLAD 44
OBRÁZEK 6.8 - TAG LOGGING - NASTAVENÍ FAST/ SLOW ARCHIVU 45
OBRÁZEK 6.9 – WINCC 7.0: GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ ARCHIVOVANÝCH HODNOT 46
OBRÁZEK 6.10 – WINCC 7.0: TABULKOVÉ ZOBRAZENÍ HISTORICKÝCH HODNOT 46
OBRÁZEK 6.11 – TESTOVÁNÍ KLIENTA SAMPLECLIENTHDA 47
OBRÁZEK 6.12 - SAMPLECLIENTHDA - IMPORT ZVOLENÝCH TAGŮ 48
OBRÁZEK 6.13 - MATRIKONOPC HDA EXPLORER V1.1 48

Seznam příloh:

Příloha A – Obsah přiloženého CD ……... 55
Příloha B – Command interface - ukázka programu, objektový model …… 56

Příloha A - Obsah přiloženého CD

K této práci je přiloženo CD, na kterém je uložena tato diplomová práce, dokumentace k modelu, soubory s popisovanými projekty a další doplňující materiály.

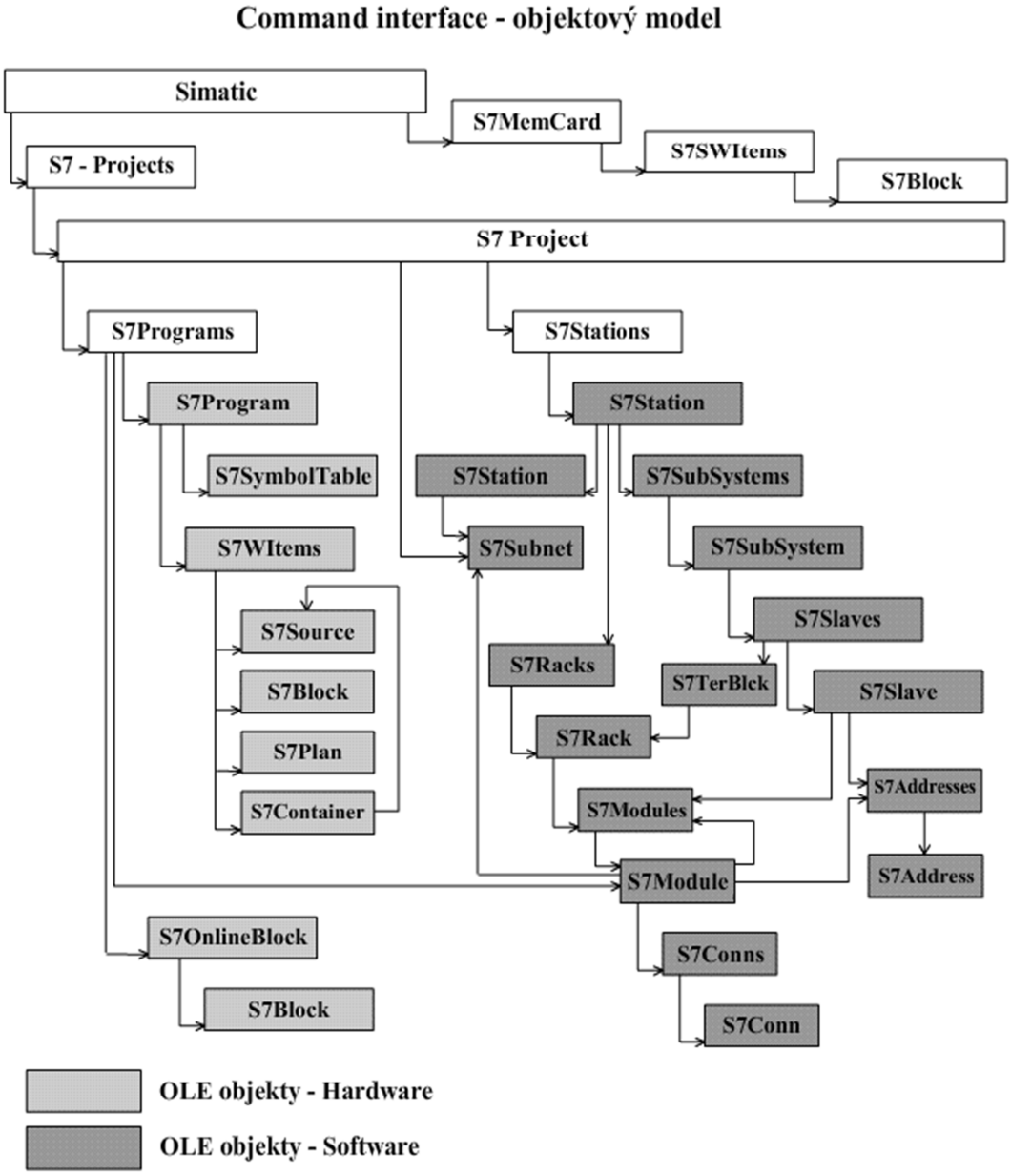
A.1 Struktura adresářů na přiloženém CD

CDRoot

| **-- Internetové stránky modelu**
| | -- :
|
| -- **Popis použitých prvků**
| | -- :
|
| -- **Projekty_S7_WinCC_atd**
| | -- Projekt SIMATIC
| | -- Projekt WinCC flexible
| | -- Projekt WinCC_7_0
| | -- :
|
| -- **Přílohy diplomové práce**
| | -- Výkresy_AutoCAD
| | -- Vzdálený přístup - Command Interface
| | -- [03] - Plánování snižuje rizika automatizačních projektů.pdf
| | -- [06] - WinCCflexible2005_GettingStarted_PowerUser_e.pdf
| | -- [07] - Systém SCADA Simatic WinCC.pdf
| | -- [08] - GettingStarted_en-US.pdf
| | -- [13] - 5 Steps for DCOM configuration.pdf
|
| -- **SW + aktualizace DTM a GSD**
| | -- Pomocný SW
| | -- Soubory DTM pro FieldCare
| | -- Soubory GSD pro SimaticManager + PDM
| | -- :
|
| -- DP_Michal_ZVOLANEK.pdf
| -- Dokumentace_kompletni.pdf
| -- Dokumentace_kompletni.docx
| -- Dokumentace_pro_studenty.pdf

Příloha B – Command interface

Nejprve je zařazen obrázek zobrazující objektový model popisovaného rozhraní. Z tohoto modelu může být vyčten výčet možností využití Command interface.



Obr. B.1 – Objektový model rozhraní

Dále je uveden okomentovaný výtah nejdůležitějších částí ze zmiňovaného programu. Ten by měl posloužit jako základní ukázka stylu programování s pomocí Command interface. Nejprve je prezentováno použití metod pro přístup ke zvolenému projektu, nahrání vybraného bloku do připojeného PLC nebo ukázka vyčítání stavu PLC a jeho ovládání. Kód programu je doplněn komentářem.

Kompletní okomentovaný program a dokumentaci k rozhraní Command interface je umístěn na přiloženém CD. Program byl testován ve vzorové aplikaci (viz obr B.1).

Po nutné deklaraci použitých objektů následuje hlavní část programu

```
Public Class Form1
    Dim S As Object
    Dim m_projekt As Object
     :

Public Sub New()
     InitializeComponent()
    S = New SimaticLib.Simatic        ' vytvoření reference na ovládaný automat
```

Načtení částí programu, se kterým chceme pracovat, lze provézt staticky

```
    Try
        m_projekt = S.Projects("precerpavaci_ele_final2")
        m_stanice = m_projekt.Stations("SIMATIC 300(1)")
        m_program =m_projekt.Programs("S7 Program(2)")
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
```

nebo lze vybírat, ze všech dostupných projektů uložených na daném PC. Po kliknutí na určené tlačítko se provede posloupnost příkazů, díky kterým se načte a zobrazí požadovaný obsah. Následující část kódu slouží k vypsání dostupných projektů:

```
Public Sub NactiProjekty_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs)
        Dim i As Integer
        i = 0
        For Each proj As Object In S.Projects
            ListBox1.Items.Add(proj.Name)
            i = i + 1
        Next
    End Sub
```

Následně je uživatelem označen vybraný projekt, který se tím aktivuje a mohou z něho být načteny další informace (dostupné stanice, programy, bloky).

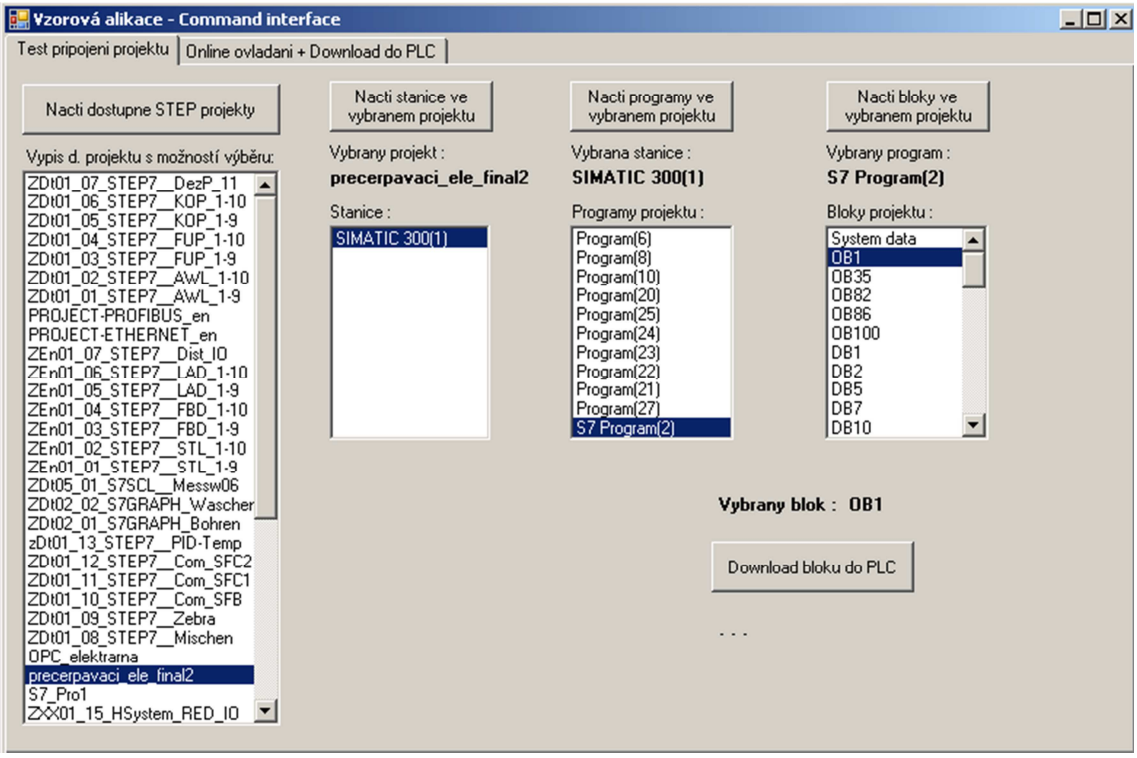
```
Private Sub ListProjekty_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles List_projekty.Click
        lb_projekt.Text() = List_projekty.SelectedItem.ToString()
End Sub
```

Zdrojový kód načtení a následně výběru stanice, programu, bloku se nese v podobném duchu.

Nejdůležitější částí vzorové aplikace je část týkající se nahrání vybraného projektu do připojeného PLC. To je provedeno pomocí následujícího algoritmu:

```
Private Sub AllDownload_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs)
  lbl_DownloadOK.Text() = "Prave probíhá nahrávání všech bloků do PLC"
  If m_program.ModuleState() <> 512 Then   'není-li PLC ve STOPu,
     m_program.Stop()                      'uveď ho do stavu STOP
  End If
  Try
     For Each blok As Object In m_program.Next("Blocks").Next
        m_program.Next("Blocks").Next(blok.Name.ToString()).
                                 Download(S7OverwriteFlags.S7OverwriteAll)
     Next
     lbl_DownloadOK.Text() = "Bloky byly uspesne nahrany do PLC"

  Catch ex As Exception
     MsgBox(ex.Message)
  End Try
  m_program.NewStart()
End Sub
```



Obr. B.1. – Uživatelské rozhraní testovací aplikace

Následujících několik řádků slouží jako ukázka ovládání stavu PLC

```
m_program     =     S.Projects("precerpavaci_ele_final2").Programs("S7
Program(2)")
m_program.NewStart()              ' Uvede PLC do stavu RUN
m_program.Stop()                  ' Uvede PLC do stavu STOP
```

Níže je uvedena část, která popisuje, jak získat typ stanice se kterou komunikujeme

```
Public Function GetStationTypeStr(ByVal T As S7HCOM_XLib.STATIONTYPE)
As String

        Dim str As String
        Select Case T
            Case S7HCOM_XLib.STATIONTYPE.S7300 : str = "S7300Station"
            Case S7HCOM_XLib.STATIONTYPE.S7400 : str = "S7400Station"
            Case S7HCOM_XLib.STATIONTYPE.S7400H : str = "S7400H"
            Case Else : str = "I don't know"
        End Select
        GetStationTypeStr = str
    End Function
```

Podobně lze získat například ostatní údaje o stanici a o jejím příslušenství.

```
Public Sub AllStationData(ByVal Sta As S7HCOM_XLib.S7Station)
    On Error Resume Next
    Dim str As String
    str = "Name: " & Sta.Name & Chr(13) & _
          "LogPath: " & Sta.LogPath & Chr(13) & _
          "Type: " & GetStationTypeStr(Sta.Type) & Chr(13) & _
          "Number of substations: " & Sta.SubSystems.Count & Chr(13) &
          "Number of racks: " & Sta.Racks.Count & Chr(13)
    RichTextBox5.AppendText(Chr(13)&"Data of the station :"& str)
End Sub
```

Kompletní okomentovaný program je dostupný spolu s dokumentací k nástroji Command interface na přiloženém CD.