VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍZENÍ A VIZUALIZACE MODELU DESTILAČNÍ KOLONY PROTOKOLEM MODBUS TCP

CONTROL AND VISUALIZATION OF A DISTILLATION COLUMN MODEL BY MODBUS TCP PROTOCOL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE MATÚŠ KOZOVSKÝ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2013

ORIGINÁLNÍ ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ / BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Abstrakt

Cieľom práce je oboznámenie sa zo základnými technológiami webových serverov a následný návrh a realizácia aplikácie určenej pre web-server, ktorá bude zabezpečovať prepojenie s modelom destilačnej kolónie a vytvorí užívateľovi jednoduché a intuitívne rozhranie pre sledovanie stavu modelu a prípadného riadenia modelu. Táto aplikácia bude zároveň využívať SQL server pre zálohovanie postupu výrobného procesu a správu prihlásení.

Klíčová slova

Vizualizace, Modbus, web-server.

Abstract

The aim of the work is the introduction of the basic technologies of web servers and the subsequent design and implementation of applications designed for web-server which will be used for communication with the distillation column model to create a simple and intuitive user interface for monitoring the state of the model and possible management model. .This application will also use SQL server to backup the production process and message logging.

Keywords

Visualisation, Modbus, web-server.

Bibliografická citace:

KOZOVSKÝ, M. *Řízení a vizualizace modelu destilační kolony protokolem Modbus TCP*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 43s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Řízení a vizualizace modelu destilační kolony protokolem Modbus TCP jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.
Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 22. mája 2013 ……

podpis autora

Poďakovanie

Rád by som sa poďakoval vedúcemu bakalárskej práce pánovi Ing. Radkovi Štohlovi, Ph.D. za odborné vedenie, konzultácie, trpezlivosť a podnetné návrhy k práci.

V Brne dňa: 22. mája 2013 ……

podpis autora

OBSAH

1Úvod....10
2Prehľad použitých technológií....11
2.1SQL....11
2.2Modbus....11
2.2.1Štruktúra Modbus paketu....11
2.2.2 Kódy funkcií....12
2.3Úvod do problematiky web aplikácií....13
2.3.1Klientské aplikácie....13
2.3.2Serverové aplikácie....14
2.3.3Prevádzka Web aplikácie....14
2.3.4Kód aplikácie na strane serveru....14
2.3.5Konektivita na databázu....15
3VÝSLEDKY ŠTUDENTSKEJ PRÁCE....16
3.1Stručný popis destilačnej kolóny....16
3.1.1Vyvíjač pár....16
3.1.2Destilačná banka....16
3.1.3Chladič a výstupná časť....16
3.2Popis navrhnutej štruktúry programu....19
3.3Potrebné úpravy v dynamickej knižnici....20
3.4Popis Premenných v PLC destilačnej kolóny....21
3.5Nastavenie PLC zariadenia pre komunikáciu....24
3.6 Testovanie komunikácie....25
3.7Spustenie Web aplikácie pod IIS....26
3.8Obsluha Webovej Aplikácie....30
3.9Štruktúra tabuliek SQL databázy....35
3.10Postup pri destilácií....37
4Záver....39

Zoznam obrázkov

funkčný model destilačnej kolóny [7]....17
Štruktúra navrhnutého programu....19
Ukážka komunikačného programu....25
Ukážka dát v PLC....26
Inštalácia IIS....27
Pridanie virtuálneho priečinku do IIS[5]....28
Nastavenia virtuálneho priečinku[5]....28
Povolenie ISAPI pre virtuálne priečinky....28
Nastavenie anonymného overovania poverení [5]....29
IIS povolenie 32 bitových knižníc [5]....29
hlavné menu....30
Obrazovka sledovania....31
Prihlasovací dialog....32
Zobrazenie archívu hodnôt....33
Nastavenie web aplikácie....34
Obrazovka riadenia....35

Zoznam tabuliek

Štruktúra Modbus správy [8]....12
Zoznam kódov funkcií [4]....13
Prehlad použiteľných možností 14
Legenda k obrázku 1 (funkčné prvky) [7]....18
Legenda k obrázku 1 (elektrické a elektronické prvky) [7]....18
Popis výstupov s PLC....21
Popis vstupov do PLC 23
Štruktúra tabuľky archivácie v SQL servery....36
Štruktúra tabuľky užívateľov v SQL servery....36

1 ÚVOD

Vizualizácia a s ňou spojený zber dát je v dnešnej dobe veľmi aktuálna téma. Pri každom výrobnom procese je dôležité archivovať postup, ktorým bol daný výrobok zhotovený, predovšetkým z hľadiska spätnej kontroly v prípadne chybného výrobku, vďaka ktorej je možné zistiť kde pri výrobnom procese nastala chyba, ktorá závadu spôsobila, čo nám následne umožní zvýšiť efektivitu a spoľahlivosť výroby. V dnešnej dobe sú na tieto účely vyvinuté pomerne silné aplikácie, napríklad OPC server, ktorých nasadenie je pomerne finančne náročné. Z tohto dôvodu je rozumné hľadať alternatívne riešenia, kde jedno z nich je aj spomenutá vizualizácia a riadenie za použitia jednoduchého webového serveru, ktorý bude schopný s využitím komunikačných knižníc schopný komunikovať s technologickým procesom a spracovávať získané informácie.

Práca sa venuje prehľadu použiteľných technológií pre tento účel, rôznymi variantami pri použití rôznych systémov. Tieto postupy sú priamo odskúšané na modely destilačnej kolóny, ktorej vstupné a výstupné premenné boli využité pre testovanie danej aplikácie. Počas niekoľkých procesov destilácie boli odskúšané všetky hlavné funkčné prvky aplikácie a doladené podľa požiadaviek na správnu funkčnosť. Aplikácia eviduje teploty kolóny počas výroby a ukladá ich do SQL databázy, ktorá sa zároveň stará o autentifikáciu užívateľov a evidovanie ich prístupu k riadeniu. Týmto spôsobom je riešená správa a taktiež centralizácia dát.

2 PREHĽAD POUŽITÝCH TECHNOLÓGIÍ

Nasledovná kapitola sa zaoberá jednotlivými technológiami, ktoré boli použité pre realizáciu webovej aplikácie a bez ktorých by nebolo možné dosiahnuť požadovanú funkčnosť. Ďalej popisuje spôsob akým sú spracovávané webové aplikácie a ich postupné spracovávanie na serverovej a následne na klientskej strane.

2.1 SQL

Podla zdrojov [1] môžeme SQL charakterizovať nasledovne: ide o skratku od Structured Query Language, čo je neprocedurálny jazyk. Prvá implementácia tohoto jazyka vznikla v spoločnosti MSI. Cieľom je poskytnúť vývojovým pracovníkom štandardnú metódu prístupu k dátam uloženým v databázových systémoch nezávisle na použitých vývojových prostriedkoch. Jedná sa o pomerne jednoduchý jazyk ale pomerne účinný. Skladá sa z dvoch častí. Časť DML (Data Manipulation Language) pomocou ktorej manipulujeme s dátami, čiže ide o vkladanie, upravovanie, atď. Druhá časť nazývaná DDL (Data Definition Language) slúži na definovanie vlastných databázových štruktúr, či už ide o fyzické uloženie alebo abstraktné, logické pohľady. V roku 1986 organizácia ANSI prijala ako štandard Variantu spoločnosti IBM.

S týmto jazykom sa môžeme stretnúť predovšetkým u relačných databázových serverov postavených na architektúre klient/server. V súčasnosti existuje celá rada SQL serverov, napríklad MSSQL, MySQL, Oracle a mnohé ďalšie. Taktiež sú pre rôzne platformy od Windowsu cez Mac až po Linux. Samotná komunikácia funguje prostredníctvom otázok, kedy sa klient spýta SQL serveru a ten následne odpovie .

2.2 Modbus

Jeden zo základných protokolov, ktorý spadá pod štandard fieldbus je práve Modbus [4]. Tento protokol vychádza z protokolu, ktorý bol vyvinutý firmou Medicon. Tá ho pôvodne používala vo všetkých svojich zariadeniach. Umožňoval komunikáciu naprieč rôznymi zbernicami (EIA/TIA - 232 - E, EIA - 422, EIA/TIA - 485 - A, ethernet, FM). Keďže ide o otvorený protokol, začali ho využívať aj ďalšie firmy a tým sa stal rozšíreným. Protokol definuje štruktúru správy tzv. rámec, ktorý odosielajú zariadenia ako požiadavky pre čítanie alebo zápis dát rovnako ako je definovaná štruktúra odpovede.

2.2.1 Štruktúra paketu komunikácie Modbus TCP

Komunikácia spočíva vo výmene dát. Paket obsahuje informáciu o zdroji, cieli, vlastné dáta a ďalšie informácie. Časť správy závislá na použitom rozhraní (v našom prípade

ethernet) sa nazýva hlavička (Header) a slúži k definovaniu správy v rámci komunikácie TCP/IP. Skladá sa z čísla správy, verzie protokolu, identifikačnej adresy cieľového zariadenia a dĺžky rámca.
Ďalšia časť správy je definovaná protokolom, skladá sa z funkčného kódu o dĺžke 1 byte a dátového bloku o nešpecifikovanej dĺžke. Funkčný kód môže nadobúdať hodnoty 1..255 pričom 128..255 sú definované ako chybové odpovede.
Dátový blok nesie rôzne informácie potrebné pre vykonanie príslušnej akcie, napríklad adresy, počet a dĺžku dátového bloku. Pokiaľ je akcia plne popísaná funkčným kódom, môže byť dátový blok nulovej dĺžky. Dĺžka správy je však z historických dôvodov obmedzená na 260 bytov.

Protokol definuje tri možné typy správ: žiadosti, odpovede a chybové správy. Odosielanie bytových postupností je typu „big-Endian“, čo znamená že byty s najvyššou váhou sú posielané ako prvé.

Tabuľka 1: Štruktúra Modbus TCP rámcu [8]

Názov bloku	Dĺžka	Popis
Identifikátor	2 byty	Ľubovoľné číslo definujúce konkrétnu transakciu
Verzia protokolu	2 byty	Vždy 0x00, 0x00
Dĺžka rámca	2 byty	Počet bytov za týmto blokom
Adresa zariadenia	1 byte	Adresa cieľového zariadenia
Kód funkcie	1 byte	Typ správy či výnimky
Dáta	N bytov	Dáta pre spracovanie správy

2.2.2 Kódy funkcií

Každá žiadosť obsahuje kód funkcie, ktorý je definovaný Modbus protokolom, avšak každý užívateľ si môže dodefinovať vlastné kódy funkcie. Všetky takto definované kódy nemusia byť hostiteľským zariadením podporované. Kódy funkcií môžeme zhrnúť nasledovne:

Verejné kódy funkcií:

- jednoznačne definované spoločnosťou Modbus-IDA
- verejne zdokumentované

Užívateľsky definované kódy funkcií:

- možnosť vloženia do dvoch rozsahov 65-72 alebo 100-110
- umožňujú implementovať funkcie ktoré nie sú definované špecifikáciou
- nie je garantovaná unikátnosť kódov

rezervované kódy funkcií:

- kódy funkcií, ktoré sú v súčastnosti používané niektorými firmami
- nie sú dostupné pre verejné použitie

Tabuľka 2: Zoznam kódov funkcií [4]

				Kód funkcií		
				Kód	Podfunkica	Hex
Prístup k dátam	Bitový prístup	Fyzické diskrétne vstupy	Čítaj diskrétny vstup	2		2
		Interné bity alebo fyzické cievky	Čítaj cievku	1		1
			Zapíš jednu cievku	5		5
			Zapíš viacero cievok	15		F
	16-bitový prístup	Fyzické vstupné registre	Čítaj vstupný register	4		4
		Interné registre alebo fyzické výstupné registre	Čítaj holding registre	3		3
			Zapíš jeden register	6		6
			Zapíš viacero registrov	16		10
			Čítaj/zapíš viacero registrov	23		17
			Zapíš register s maskovaním	22		16
			Čítaj FIFO frontu	24		18
	Prístup k záznamu v súboroch		Čítaj záznam zo súboru	20	6	14
			Zapíš záznam do súboru	21	6	15
Diagnostika			Čítaj stav	7		7
			Diagnostika	8	00-18,20	8
			Čítaj čítač kom. udalostí	11		B
			Čítaj záznam kom. udalostí	12		C
			Vráť identifikáciu	17		11
			Čítaj identifikáciu zariadenia	43	14	2B
Ostatné			Zapuzdrený prenos	43	13,14	2B
			CANOpen základný odkaz	43	13	2B

2.3 Úvod do problematiky web aplikácií

Webová aplikácia je aplikácia, ktorá je klientovi prístupná prostredníctvom siete, buď to internet alebo intranet. Ich hlavnou výhodou je, že sú univerzálne a prakticky každý počítač obsahuje webového klienta, čiže sú prístupné prakticky z ľubovolného miesta. Je možné ich deliť podľa toho, ako sú spracovávané, čím sú zároveň definované aj možnosti tento aplikácie.

2.3.1 Klientské aplikácie

Pre vytvorenie klientskej aplikácie [3] používame HTML (HyperText Markup Language) kód, prípadne dynamickú verziu DHTML (Dynamic HTML). Tieto jazyky poskytujú široké možnosti pre vytváranie daných aplikácií, hlavne s využitím vhodných skriptovacích jazykov. Avšak tieto aplikácie sú na web-servery iba uložené. Odtiaľ sú používateľom stiahnuté a interpretované lokálnym webovým prehliadačom, čo celkovú funkčnosť značne obmedzuje.

2.3.2 Serverové aplikácie

Serverové aplikácie [3] sú na rozdiel od klientských aplikácií spracovávané na serverovej strane, ktorá následne podľa súboru pravidiel generuje klientskú aplikáciu podľa meniacich sa vstupov serveru. Takýmto štýlom je možné vytvoriť zložité stránky, ako napríklad internetové obchody, ktoré automaticky spracovávajú objednávky od zákazníkov a odošlú požiadavky pre export na ďalšie spracovanie. Tento druh aplikácií je náročnejší na požiadavky kladené na serverovú technológiu a tiež na vývojové prostredie.

2.3.3 Prevádzka Web aplikácie

V dnešnej dobe je vytvorenie webového serveru pomerne jednoduchá záležitosť, ktorú rieši rad rozličných programov. Pri výbere si treba uvedomiť, aký typ aplikácie sa snažíme na servery spustiť. Pokiaľ spúšťame jednoduché klientské aplikácie, nie sú kladené takmer žiadne požiadavky na výkon serverovej stanice a aj nárok na software je tiež nízky. Avšak ak chceme spustiť serverovú aplikáciu musíme si uvedomiť, že server musí podľa funkčného kódu vytvárať individuálne klientské aplikácie, čo kladie nároky ako na software, tak aj hardware serverovej stanice. Je nutné použiť software, ktorý podporuje daný jazyk v ktorom je webová aplikácia napísaná. V našom prípade ide o ASP.NET stránku, ktorú je možné pod operačným systémom Windows spúšťať napríklad prostredníctvom IIS (Internet Information Services)

2.3.4 Kód aplikácie na strane serveru

Pre aplikáciu na strane serveru je potrebné použiť programovací jazyk, alebo skriptový systém[2]. Najčastejšie sa používali ASP stránky a PHP (Hypertext Preprocessor) skripty. S nástupom nových technológií sa do popredia dostáva programovací jazyk JAVA , Visual Basic (VB) alebo Visual C# a iné. Pri výbere zohráva rolu tiež softvérová platforma. Na webových serveroch IIS sa najčastejšie spúšťajú ASP (Active Server Pages), prípadne novšie ASP.NET stránky. Pod operačnými systémami UNIX a LINUX sa najčastejšie spúšťajú PHP skripty, prípadne Java [6]. Princíp činnosti

skriptovacích stránok v ASP, PHP,... spočíva v postupnej analýze kódu stránky, kde ak riadok obsahuje skriptový kód, tak tento je spracovaný a následne nahradený za výstup. Po vykonaní takto vzniká HTML stránka, ktorá je dynamicky generovaná pre klienta. Avšak aj HTML stránky generované serverom a zobrazované u klienta obsahujú okrem HTML kódu aj kódy v skriptovacích jazykoch, ktoré sú spracovávané na strane klienta. Tu sa najčastejšie používajú skriptovacie jazyky Java, JScript a VB Script .

2.3.5 Konektivita na databázu

Pri riešení jednoduchých typov aplikácií, ktorými sú napríklad počítadlo prístupov na stránku, môžeme bez problémov využiť zápis do súboru a následné načítavanie. Táto technológia niekedy postačuje, ale pre evidenciu veľkého množstva dát ako napríklad telefóny zoznam, alebo v našom prípade evidencia teplôt, by bolo prezeranie súboru a vyhľadávanie požadovaných položiek veľmi zdĺhavé a zároveň systém ukladania dát je veľmi neefektívny. Rovnako sú dôležitými faktormi spoľahlivosť a bezpečnosť uložených údajov. Vhodným riešením je použitie už skôr spomínaného databázového serveru. Spôsob pripojenia závisí od daného typu programovacieho, alebo skriptovacieho jazyka. Skripty na ASP stránkach [3] používajú na prístup k databázam ODBC (Open Database Conectivity) prostredníctvom komponentov ActiveX Data Object (ADO), ktoré sú umiestnené medzi aplikáciou a databázovým serverom. PHP skripty umožňujú okrem použitia ODBC použiť aj natívny prístup k údajom. JSP stránky (Java Services Pages) využíva prístup pomocou objektov typu JavaBean, napríklad objekt DBBean.

3 VÝSLEDKY ŠTUDENTSKEJ PRÁCE

V nasledovnej kapitole sú zhrnuté dosiahnuté výsledky od návrhu webovej aplikácie, jej realizácia a spojazdnenie pod IIS, až po následné testovanie, ako aj zistené informácie ako napríklad spôsob komunikácie s kolónou a popis jednotlivých premenených

3.1 Stručný popis destilačnej kolóny

Nami riadená destilačná kolóna [7] je navrhnutá na destiláciu s nosnou parou. Takúto destilačnú kolónu je možné rozdeliť z hľadiska funkčnosti na niekoľko samostatných systémov: vyvíjač pary, destilačná časť alebo banka, chladič a výstupná časť. Celé zariadenie môžeme vidieť na obrázku 1 kde žlto označené prvky sú potrebné pre správny chod celého systému a zeleno označené sú prvky dôležité z pohľadu regulácie.

3.1.1 Vyvíjač pár

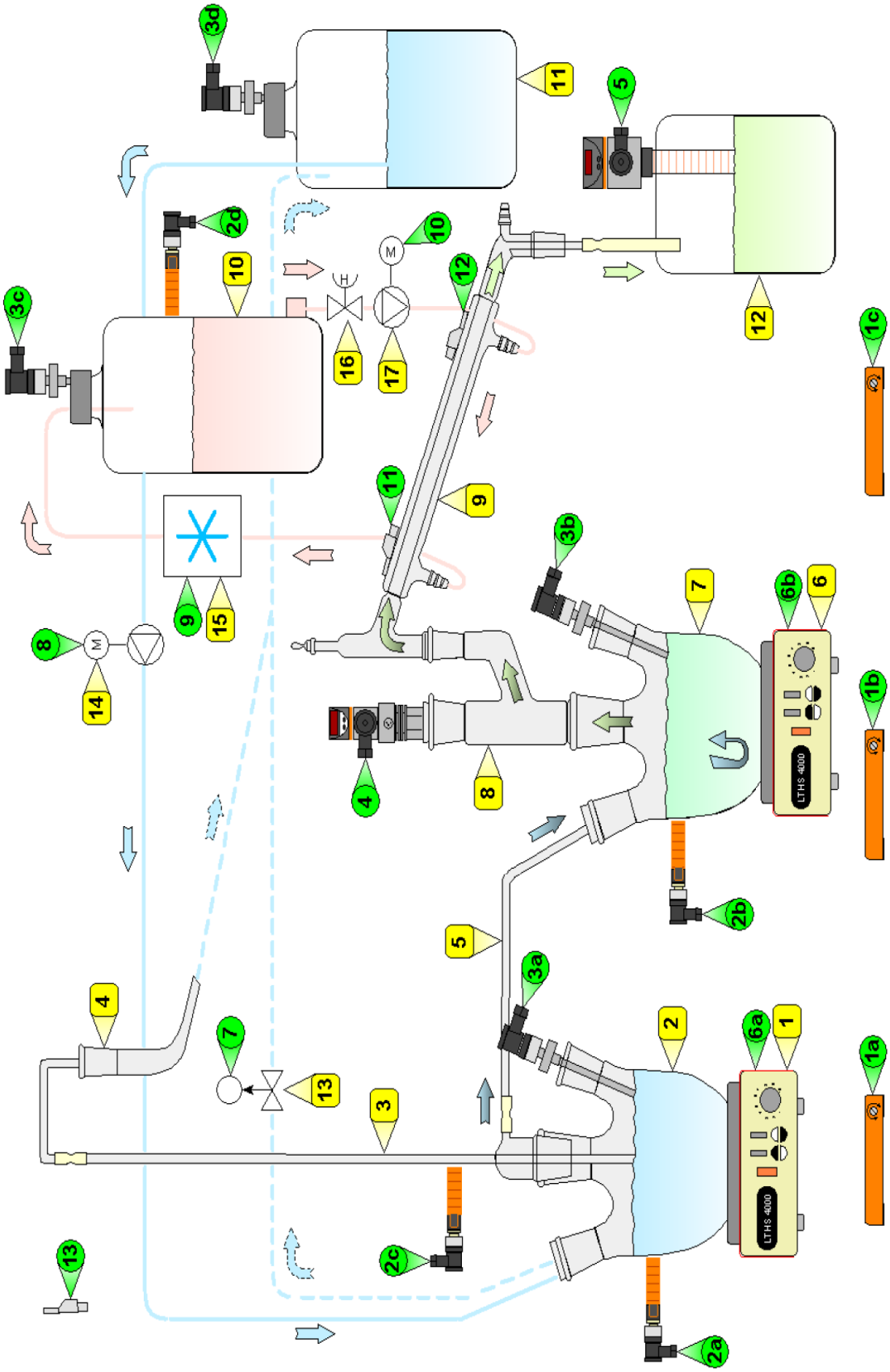
Vyvíjač pár je prvý z pohľadu výrobného procesu. Ako už z názvu plynie je určený pre výrobu pary. Ide o banku s vodou umiestnenú na ohrievači, ktorá obsahuje trubice na odvod pary a prípadného pretlaku. Je možné riadiť ohrievač na požadovanú teplotu, čím sa mení množstvo pary. Obsahuje snímače pretlaku a minimálnej hladiny.

3.1.2 Destilačná banka

Destilačná banka je umiestnená v prostrednej časti. Tu prebieha najdôležitejšia časť procesu destilácie. Prevedenie je veľmi podobné s vyvíjačom pár. Privádza sa sem para z vyvíjača, ktorá vykonáva extrakciu z danej zmesi. Para by mala prechádzať čo najväčším množstvom zmesi a následne je odvádzaná do výstupnej časti.

3.1.3 Chladič a výstupná časť

Chladič je koncovým stupňom procesu destilácie. Prebieha tu kondenzácia pár, v ktorých je obsiahnutý extrakt. Na chladenie sa používa chladiaca kvapalina, ktorá prechádza chladiacim zariadením.



Obrázok 1: funkčný model destilačnej kolóny [7]

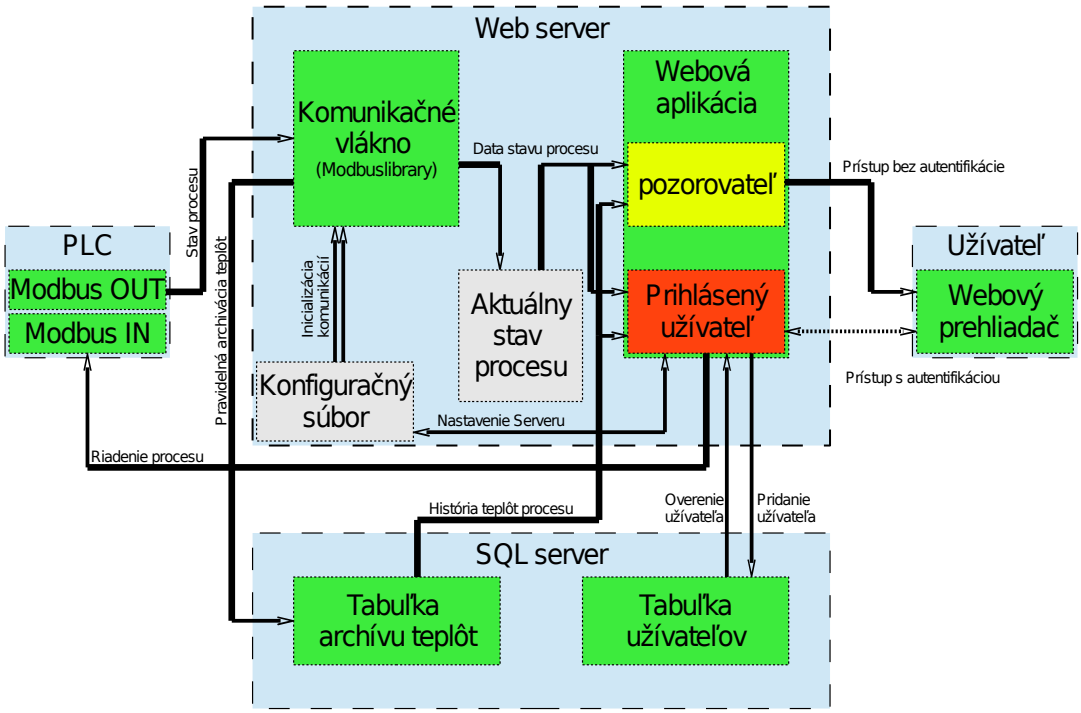
Tabuľka 3: Legenda k obrázku 1 (funkčné prvky) [7]

Označenie	Popis
1	Ohrievač pre vyvíjač páč
2	Banka vyvíjača pár
3	Odvod pár z vyvíjača, pretlakový vývod
4	Alonž – prerušenie obvodu pretlakovej vody
5	Trubica – odvod pary do destilačnej banky
6	Ohrievač – destilačná banka
7	Destilačná banka
8	Destilačný nadstavec so zvislou odbočkou
9	Destilačný most (chladič)
10	Zásobník chladiacej kvapaliny
11	Zásobník vody pre vyvíjač pár
12	Nádoba podla Woulfa- výstupný produkt a nezlučiteľný zbytok
13	El. ventil – bezpečnostný odvod pary
14	Čerpadlo – doplňovanie vody do vyvíjača
15	Laboratórna chladnička
16	Ručný ventil – chladiaci okruh

Tabuľka 4: Legenda k obrázku 1 (elektrické a elektronické prvky) [7]

Označenie	Popis
1a, 1b, 1c	Kapacitné snímače – detekcia úniku kvapaliny
2a, 2b	Kapacitné snímače – optimálna, medzná hladina
2c	Kapacitný snímač – detekcia pretlaku vo vyvíjači
2d	Kapacitný snímač – optimálna hladina chladiacej kvapaliny
3a, 3b	Pt 100 – teplota vyvíjača / destilačnej banky
3c, 3d	Pt100 – teplota chladiacej kvapaliny / vody v zásobníku
4	Tlakový snímač – tlak v destilačnej banke
5	Snímač hladiny – hladina v predlohe
6a, 6b	Ohrievač – vyvíjač / destilačná banka
7	Solenoid / ventil – bezpečnostný odvod pary
8	Čerpadlo – doplňovanie vody do vyvíjača pár
9	Laboratórna chladnička – chladenie kvapaliny v chladiacom okruhu
10	Čerpadlo – cirkulácia vody v chladiacom okruhu
11,12	Pt 100 – teplota chladiča
13	Pt 100 – teplota okolia

3.2 Popis navrhnutej štruktúry programu



Obrázok 2: Štruktúra navrhnutého programu

Program je zložený z dvoch hlavných častí, ktorými sú komunikačné vlákno a samotná webová aplikácia. Komunikačné vlákno v pravidelných intervaloch načítava všetky výstupné dáta, ktoré PLC odosiela. Tieto dáta sú ďalej spracovávané. Tie, ktoré sú dôležité z hľadiska vizualizácie, sú posielané do globálnych premenných, ktoré reprezentujú aktuálny stav procesu. Vybrané dáta dôležité z hľadiska výroby, ako teploty dosiahnuté počas destilačného cyklu, sú ukladané na SQL server, do príslušnej tabuľky. K týmto dátam je možné v budúcnosti pristupovať a zistiť, či boli dodržané správne teploty počas výroby v danom časovom úseku. Toto vlákno programu potrebuje pre správnu funkčnosť konfiguračný súbor, v ktorom sú uložené informácie o adrese PLC zariadenia a SQL serveru. Tieto informácie sú načítavané v prípade že sú aplikáciou vyžadované, takže v prípade pádu komunikácie a v snahe otvoriť nový komunikačný kanál.

Druhú časť tvorí samotná webová aplikácia. Táto sa dotazuje a zobrazuje aktuálny stav, v ktorom sa destilačná kolónia nachádza. Pokiaľ nie je užívateľ prihlásený, nie je mu dovolené zasahovať do procesu, takže sa užívateľ nachádza v režime pozorovateľa.

Prihlásenie a riadenie destilačnej kolónie je dovolené iba jednému užívateľovi. Pokiaľ je užívateľ už prihlásený, prihlásiť sa môže iba užívateľ s vyššími právami, čím zároveň spôsobí odhlásenie užívateľa pôvodne prihláseného. Pre autentifikáciu užívateľa je využitý SQL server, presnejšie tabuľka používateľov, v ktorej sú okrem všetkých užívateľov uložené aj ich bezpečnostné oprávnenia. Pre naviazanie spojenia s SQL serverom aplikácia tiež využíva informácie uložené v konfiguračnom súbore. Prihlásený užívateľ má právo zasahovať do technologického procesu. Požiadavky sú prevedené a následne aplikáciou odoslané do PLC. V prípade nebezpečného stavu je prístup užívateľa zablokovaný samotným systémov PLC, čím je ošetrené, aby užívateľ neodborným riadením nespôsobil poškodenie zariadenia. Prihlásenému užívateľovi je dovolené pridávať nových užívateľov s nižším oprávnením ako má práve prihlásený užívateľ. Meniť konfiguračný súbor je dovolené iba užívateľovi s najvyšším oprávnením, čiže administrátorovi. Tieto zmeny sa budú vykonávať prostredníctvom osobitnej záložky na webovej stránke, ktorá bude zobrazená iba užívateľovi s danými oprávneniami. Taktiež si aplikácia bude zaznamenávať prístup užívateľov, ktorí boli k destilačnej kolóne prihlásení. Súbor by mal obsahovať dobu prihlásenia a odhlásenia daného používateľa, ako ja jeho identifikáciu, prípadne IP adresu, z ktorej bol k webovému serveru prihlásený.

3.3 Potrebné úpravy v dynamickej knižnici

Počas testovania komunikačnej knižnice a na základe odchytených správ pomocou programu Wireshark sa mi podarilo zistiť, že dáta, ktoré sú odoslané PLC systémom sa nezhodujú s informáciami, ktoré boli vrátené funkciou. Po hlbšej analýze zdrojových kódov knižnice som zistil, že funkciou poskytované parametre sa nedostanú z knižnice, keďže pre výstupné pole bol použitý nesprávny formát. Po zmene formátu a úprave prípojných bodov funkcia začala odovzdávať správne informácie. Ďalšia nejednoznačnosť nastala pri dlhšom testovaní, kedy sa v spätnej správe testuje, či spätná správa zodpovedá odoslanej správe, inými slovami, či ide o odpoveď na práve poslanú požiadavku. Táto kontrola fungovala iba dovtedy, kým číslo správy neprekročilo 255, vtedy nastávali problémy a knižnica odosielala chybový kód aj napriek tomu, že dáta došli správne. Išlo o chybu porovnávania poradového čísla správy. Toto porovnanie pracovalo správne iba vtedy, ak sa porovnáva prvý bajt, takže ak číslo nepresiahlo 255. Táto chyba bola pre mnou používané funkcie úspešne odstránená tým že som zmenil spôsob spájania čísel. Avšak chyba sa môže prejaviť pri využití iných funkcií knižnice, ktoré som ja pri realizácií projektu nepoužil. Zdrojové kódy upravenej knižnice sú súčasťou prílohy.

3.4 Popis Premenných v PLC destilačnej kolóny

Komunikácia s destilačnou kolónou prebieha prostredníctvom 16 bitových registrov, čo vyplýva z použitého protokolu Modbus TCP. Použité dátové tipy sú LONG, WORD, BYTE a BOOL. Hodnoty LONG sú vždy uvedené v 32 bitovom registri, takže pre získanie hodnoty je nutné spojiť dva 16 bitové registre a až následne prečítať hodnotu. Dátový typ WORD je uložený v 16 bytových registroch čo zväčša zodpovedá načítavaným informáciám. Pri zápise teplôt je však nutné toto slovo rozdeliť a zapísať ho postupne do dvoch registrov Modbus komunikácie. Premenné BYTE a BOOL sú uložené vždy v jednom bajte, takže pri načítaní informácie je nutné rozdeliť si informácie na bajty a následne načítavať informácie buď to z horného alebo spodného bajtu.

Tabuľka 5: Popis výstupov s PLC

Názov premennej	Typ premennej	Popis premennej	Modbus adresa
A_Temp0r	WORD	teplota vo vyvíjači pár.	0
A_Temp1r	WORD	teplota v zásobníku vody	1
A_Temp2r	WORD	teplota v destilačnej banke	2
A_Temp3r	WORD	teplota v zásobníku fridexu	3
A_Temp4r	WORD	teplota chladiča – vstup fridexu	4
A_Temp5r	WORD	teplota chladiča – výstup fridexu	5
A_Temp6r	WORD	teplota okolia	6
A_Temp7r	WORD	rezervné miesto	7
A_Level	WORD	hladina vo výstupnej časti.	8
A_Press	WORD	tlak v destilačnej banke	9
A_LevelOverflow	BOOL	signalizácia prekročenia žiadanej hodnoty **A_Level**	20.L
A_PressOverflow	BOOL	signalizácia prekročenia žiadanej hodnoty **A_Press**	20.H
A_LimitLevel1	BOOL	detekcia pretlaku vo vyvíjači pár	21.L
A_LimitLevel2	BOOL	minimálna hladiny vo vyvíjači pár	21.H
A_LimitLevel3	BOOL	minimálna hladiny v zásobníku vody	22.L
A_LimitLevel4	BOOL	maximálna hladiny v destilačnej banke	22.H
A_Liquid1	BOOL	detekcia úniku kvapaliny pod vyvíjačom	23.L
A_Liquid2	BOOL	detekcia úniku kvapaliny pod destilačnú banku	23.H
A_Liquid3	BOOL	detekcia úniku kvapaliny pod chladičom	24.L
A_Temp1_Z	WORD	spätná hláška o nastavenej teplote vo vyvíjači pár	25
A_Temp2_Z	WORD	spätná hláška o nastavenej teplote v destilačnej banke	26

Názov premennej	Typ premennej	Popis premennej	Modbus adresa
A_Vykon_1	BYTE	spätná hláška o nastavenom výkone ohrievača 1	27.L
A_Vykon_2	BYTE	spätná hláška o nastavenom výkone ohrievača 2	27.H
A_Solen	BOOL	informácia o stave solenoidu	31.L
A_PumpC	BOOL	informácia o behu čerpadla fridexu	31.H
A_PumpW	BOOL	informácia o behu čerpadla vody	32.L
A_Heater1	BOOL	informácia o stave ohrievača 1 pre vyvíjač pár	32.H
A_Heater2	BOOL	informácia o stave ohrievača 2 pre destilačnú banku	33.L
A_Fridge	BOOL	informácia o behu chladiaceho zariadenia	33.H
A_FridgeBlocking	BOOL	stav blokovania chladiaceho zariadenia	34.L
A_LedU	BOOL	Informácia o zapnutých led (zelená)	34.H
A_LedD	BOOL	informácia o zapnutých led (červená)	35.L
A_Model	BOOL	Info. o zvolenom modeli – 0=Software, 1=Real	36.L
A_SafetyState	BYTE	informácia o bezpečnostnom stave 0-3	36.H
A_FridgeTimeAct	LONG	aktuálna doba blokovania vypnutej chladničky	40,41
A_FridgeTime	LONG	celková doba blokovania chladničky	42,43

Tabuľka 6: Popis vstupov do PLC

Názov premennej	Typ premennej	Popis premennej	Modbus adresa
A_OSM_ResetModel	BOOL	reset soft modelu. Modbus adresa	1027.L
A_OSM_SModelPace	BYTE	nastavenie rýchlosti Soft-modelu,0-5 0=stop stav	1027.H
A_Man_Solenoid	BOOL	požiadavka na zatvorenie solenoidu	1029.L
A_Man_PumpCool	BOOL	požiadavka zapnutia čerpadla chladiaceho okruhu	1029.H
A_OSM_WaterFull	BOOL	doplnenie vody (iba v soft modeli)	1030.H
A_Man_Heater1	BOOL	požiadavka na zapnutie ohrievača pre vyvíjač pár	1034.L
A_Man_H1c	BOOL	nastavenie ohrievača, 0=nastavenie výkonu, 1=nastavenie teploty	1034.H
A_Man_Heater1power	BYTE	hodnota požadovaného výkonu	1035.L
A_Flask1TempZ	WORD	hodnota požadovanej teploty	1035.H 1036.L
A_Man_Heater2	BOOL	požiadavka na zapnutie ohrievača pre destilačnú banku	1039.L
A_Man_H2c	BYTE	nastavenie ohrievača, 0=nastavenie výkonu, 1=nastavenie teploty	1039.H
A_Man_Heater2power	BYTE	hodnota požadovaného výkonu	1040.L
A_Flask2TempZ	WORD	hodnota požadovanej teploty	1040.H 1041.L
A_Man_FridgeOn	BOOL	požiadavka na zapnutie chladničky	1044.L
A_PushButtonU	BOOL	stlačenie horného tlačidla (iba pre soft model).	1044.H
A_PushButtonD	BOOL	stlačenie spodného tlačidla (iba pre soft model)	1045.L

3.5 Nastavenie PLC zariadenia pre komunikáciu

Pre správnu komunikáciu je nutné nastaviť v PLC správne parametre. Destilačná kolóna je obsluhovaná PLC systémom od firmy ifm typ AC1327 [7]. Toto zariadenie v základe obsahuje grafický displej a jeden AS-i Master modul. Programovacie rozhranie je RS-232. Taktiež obsahuje ethernetový konektor s funkciami ako Web-Server, E-mail client, FTP, Telnet, Modbus/TCP. V našom prípade budeme konfigurovať funkčnosť Modbus modulu. Po nahratí programu, v ktorom je dané rozhranie obslúžené, v našom prípade program pre riadenie destilačnej kolóny, je dôležité skontrolovať konfiguračné súbory na FTP severy zariadenia.

V súbore „ip_accs.cfg“ je nastavený adresný rozsah, ktorému je umožnené s daným PLC komunikovať. V našom prípade je vhodné, ak môžu komunikovať všetky zariadenia na sieti. Tieto úpravy vykonáme nastavením nasledovného textu do konfiguračného súboru.

```
[ALL]
[192.168.1.3 ... 192.168.1.255]
```

Ďalej je nutné nastaviť súbor „ifm.cfg“, aby pod parametrom „Byteorder“ bol nastavený „Modbus“. V súbore by mali byť vidieť nasledovné riadky.

```
...
[Byteorder]
Modbus
…
```

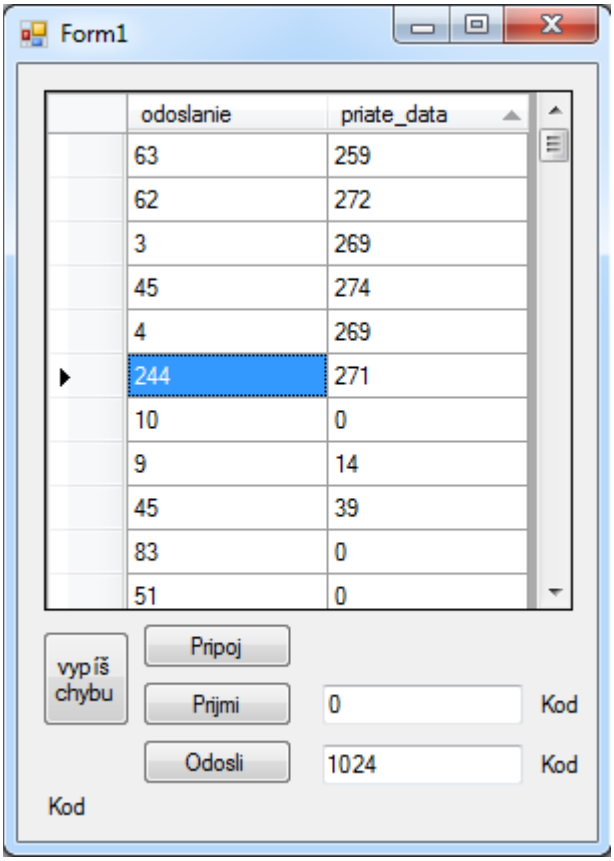
Ďalším konfiguračným súborom, ktorý obsahuje parametre Modbus komunikácia, je súbor „onoffln.cfg“, kde je možné nastaviť rozšírené vlastnosti Modbus protokolu, ako timeout, alebo povolené príkazy výstup súboru môžu vyzerať napríklad takto:

```
[ON/OFF-line trigger]
Modbus
[Timeout]
400
[Commands]
ALL
[ON-line method]
2
```

Ak sa uistíme, že dané konfiguračné súbory sú správne, potrebujeme ešte nastaviť komunikačné rozsahy priamo na PLC zariadení cez užívateľské rozhranie. Klikneme na tlačidlo menu, následne vyberieme položku „Quick Setup“, ďalej postúpime do záložky „Fieldbus Setup“. Tu skontrolujeme nastavenie IP adresy a masky. Postupne sa presunieme do záložky označenej „Fieldbus data PLC input“ a „Fieldbus data PLC output“, oba parametre nastavíme na hodnotu 128, čo je maximálna hodnota a umožní nám pracovať so všetkými dostupnými dátami.

3.6 Testovanie komunikácie

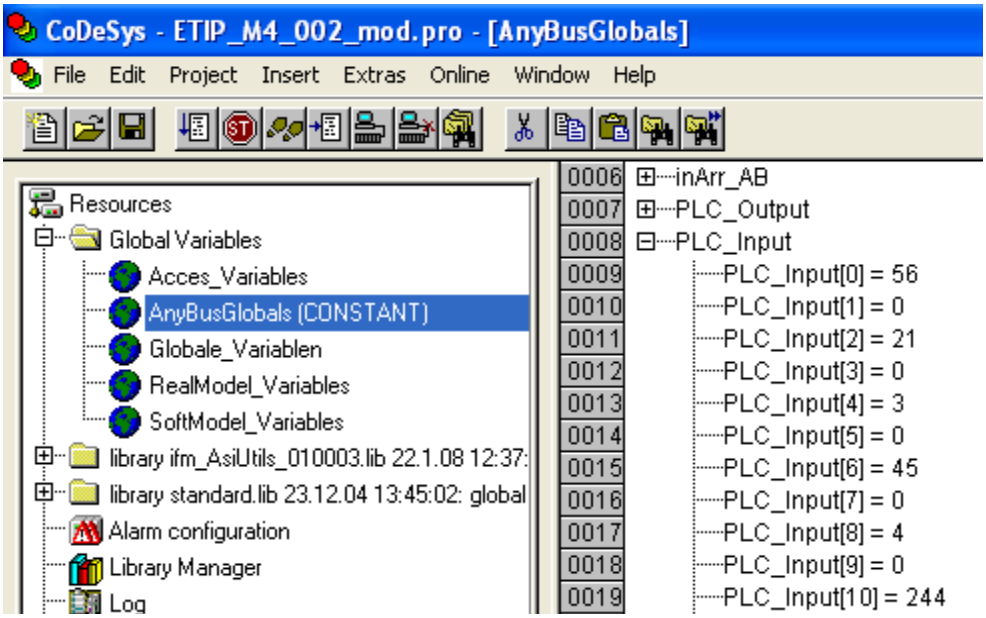
Pre testovanie komunikácie bol vytvorený jednoduchý program, ktorý v sebe využíva volania dynamickej knižnice ModbusLibrary. Vďaka týmto funkciám môže aplikácia komunikovať s PLC zariadením. Program obsahuje dva stĺpce, pri úspešnom pripojení je možné používať tlačidlá na načítavanie a zapisovanie dát, úspešné načítanie dát môžeme vidieť v stĺpci prijaté dáta, ktorý obsahuje zo začiatku teploty v desatinách stupňa .



Obrázok 3: Ukážka komunikačného programu

Program umožňuje zapisovať na rôzne adresy podľa nastavenia pri tlačidle, rovnako aj načítavanie. IP adresu, s ktorou komunikuje, nie je možné nastaviť. Používa sa priamo IP adresa nášho zariadenia, pre testy nebolo potrebné takúto možnosť pridať.

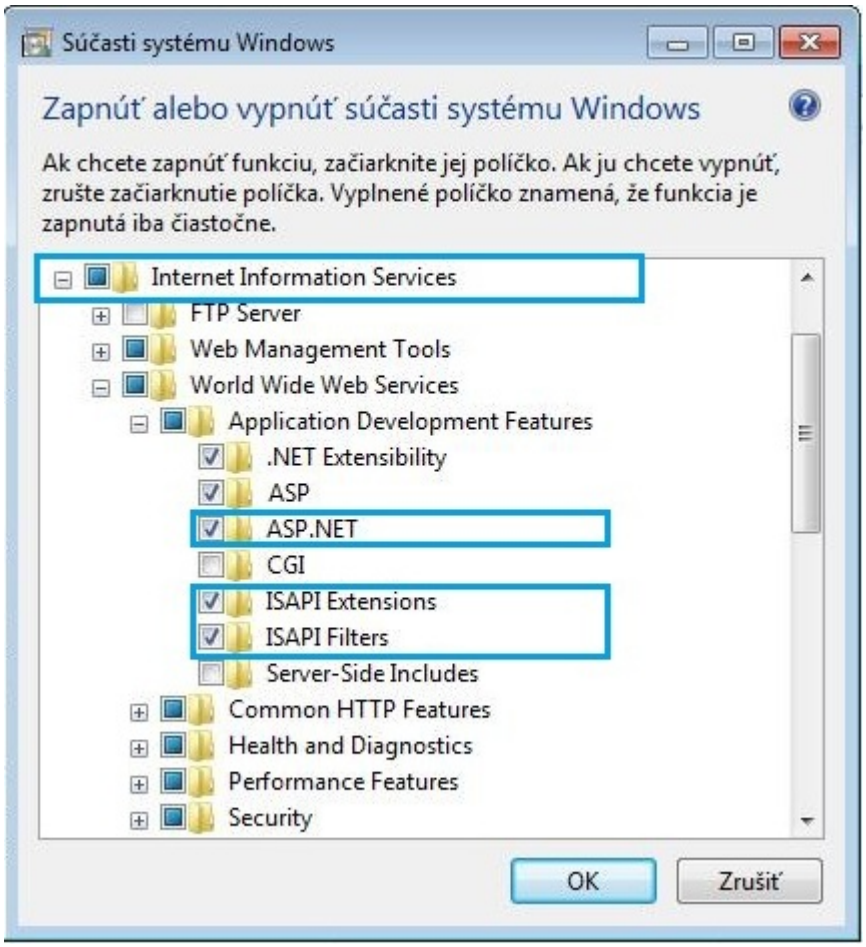
Dáta, ktoré boli odoslané týmto programom, je možné skontrolovať jedine priamo načítaním premenných z PLC, túto operáciu je možné vykonať použitím vývojového prostredia pre PLC (CoDeSys). Ako môžeme vidieť na nasledovnom obrázku, dáta boli prenesené úspešne.



Obrázok 4: Ukážka dát v PLC

Ako môžeme vidieť, dáta nie sú zapisované podľa adries do každej adresy. To je spôsobené pohľadom na registre, kde Modbus definuje 16 bitové registre, ale s pohľadu PLC vidíme 8 bitové registre a kde spojením dvoch po sebe idúcich registrov vzniká jeden 16 bitový. V prípade zápisu čísla 256 by sme videli v spodnom registri zapísanú nulu, zatiaľ čo v hornom registri by bolo zapísané číslo 1. Týmto spôsobom je možné zapisovať do ľubovoľného bajtu v PLC.

3.7 Spustenie Web aplikácie pod IIS

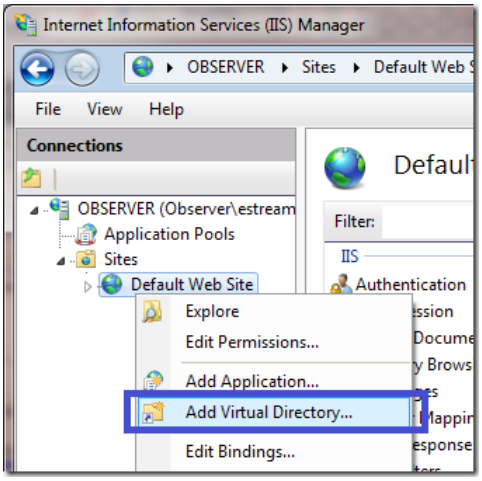


Obrázok 5: Inštalácia IIS

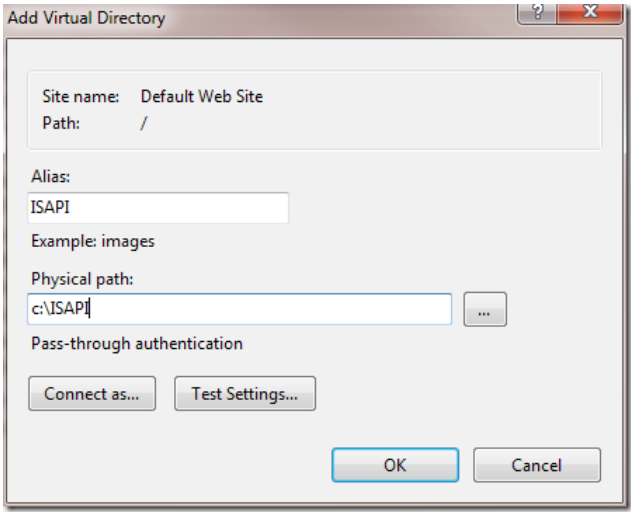
Nasledujúci blok sa venuje nastaveniu IIS, aby bolo možné spustiť daný program. Návod je podrobnejšie prebraný na stránke [5]. Postup je určený pre operačný systém Windows 7, presnejšie 64bitová verzia tohto systému. V prvom kroku nainštalujeme do operačného systému IIS nadstavbu. Inštaláciu vykonáme cez ovládacie panely „Control Panel“, záložka Programy a súčasti „Programs and Features“. Následne vľavo hore záložka Zapnúť alebo vypnúť súčasti systému Windows „Turn on Windows features on or off“. V otvorenom okne zaškrtneme položku „Internet Information Services“ a uistíme sa, že sú zaškrtnuté záložky „ISAPI Extensions“, „ISAPI Filters“ a taktiež že máme podporu pre ASP.NET. Následne kliknutím na OK nainštalujeme súčasti. Po inštalácií overíme funkčnosť serveru zadaním nasledovného URL:http://localhost/ do webového prehliadača. V prípade, že sa nezobrazí základná uvítacia stránka, je nutné skontrolovať nastavenie firewalu.

Po úspešnej inštalácií nakonfigurujeme virtuálny priečinok. Otvoríme „Internet Information Service Manager“ (v privilegovanom režime), pravým tlačidlom klikneme na záložku „Default Web Site“ a následne klikneme na pridanie virtuálneho priečinku

„Add Virtual Directory“. V zobrazenom menu nastavíme Alias. Tento názov reprezentuje ako sa bude stránka spúšťať z pohľadu okolitých počítačov, kedy bude nutné použiť nasledovný odkaz: http://localhost/Alias. Fyzickou cestou sa myslí koreňový adresár danej stránky na fyzickom disku.

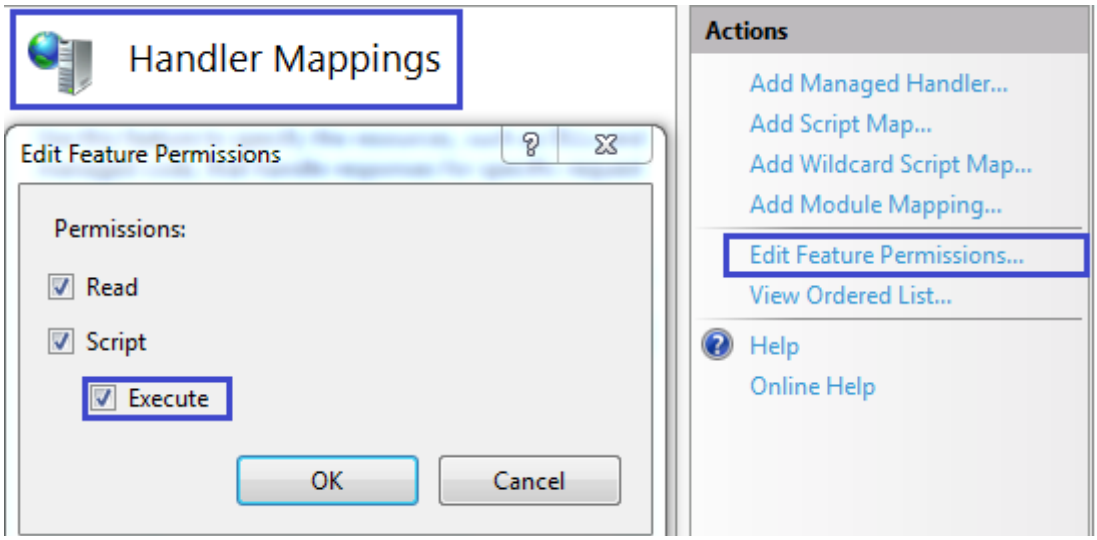


Obrázok 6: Pridanie virtuálneho priečinku do IIS[5]



Obrázok 7: Nastavenia virtuálneho priečinku[5]

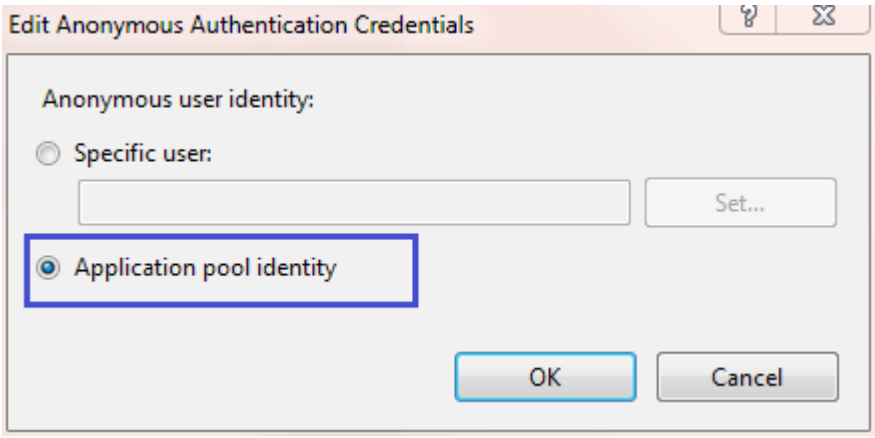
V ďalšom kroku je nutné nastaviť povolenie ISAPI pre virtuálne priečinky. Vyberieme virtuálny priečinok, pre ktorý chceme ISAPI povoliť, vykonáme dvojklik na ikonu „Handler Mappings“, následne v pravom menu klikneme na „Edit Feature Permissions…“ a v dialógovom okne zaškrtneme možnosť Execute a následne potvrdíme.



Obrázok 8: Povolenie ISAPI pre virtuálne priečinky

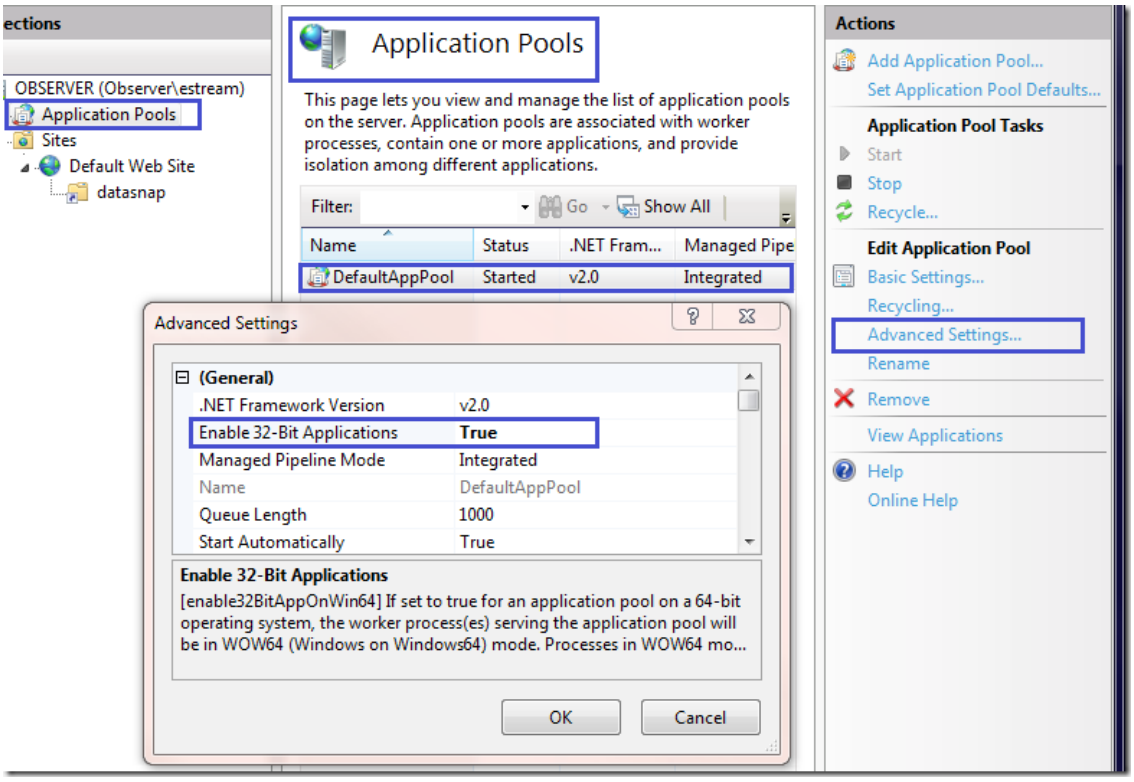
Následne povolíme prezeranie virtuálnych priečinkov. Postup je podobný ako v predchádzajúcom prípade, vyberieme však ikonu „Directory Browsing“ a následne v

pravom menu klikneme na „Enable“. Ďalej je nutné upraviť anonymné overovania poverení. Túto úpravu robíme nasledovne: dvojklikom na ikonu “Authentication” vybrať “Anonymous Authentication” a následne “Edit…”, v dialógovom okne zaškrtneme “Application pool identity” a potvrdíme tlačidlom OK.



Obrázok 9: Nastavenie anonymného overovania poverení [5]

Ďalším veľmi dôležitým krokom je nastavenie práv pre virtuálny priečinok. Vyberieme virtuálny priečinok, klikneme naň pravým tlačidlom a v záložke vyberieme „Edit Permission“, prepneme záložku na bezpečnosť „Security “ a do skupiny užívateľov pridáme užívateľa “IIS_IUSRS” a nastavíme mu práva pre používanie priečinku, zápis a čítanie. Bez tejto operácie by nebolo možné používať napríklad grafy a podobné moduly, ktoré pre správnu funkciu potrebujú zapisovať informácie do disku. Následným krokom je povolenie 32 bitových ISAPI DLL. Je dôležité, aby server mohol pracovať ako s 32 tak zo 64 bitovými DLL súbormi. Túto úpravu vykonáme kliknutím na „Application Pools” vyberieme „DefaultAppPool” a prepneme sa do pokročilých nastavení „Advanced Settings …”. Následne zmeníme záložku „Enable 32-bits Applications” na true, čím povolíme používanie oboch typov knižníc. Potvrdíme stlačením OK.



Obrázok 10: IIS povolenie 32 bitových knižníc [5]

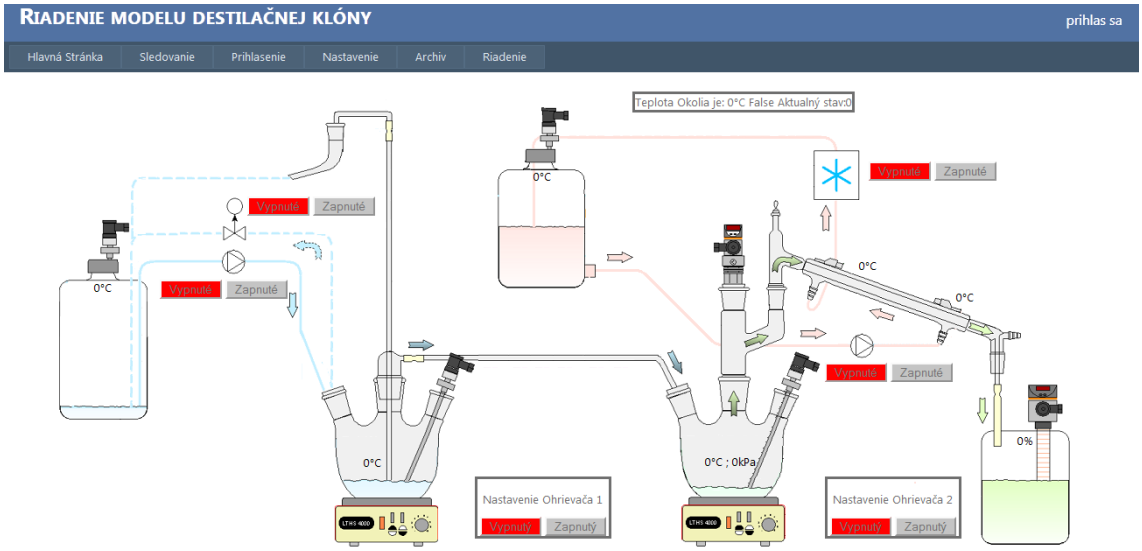
Týmito úpravami je server takmer nastavený. Ďalej je nutné iba doinštalovať ďalšiu súčasť, ktorou je CGI a následne tento modul v nastaveniach povoliť. Týmito krokmi by sme mali docieliť funkčný server, ktorý môže pracovať s nami použitou knižnicou pre Modbus. Na niektorých verziách sa môže stať, že knižnicu je nutné zaregistrovať do operačného systému. Túto operáciu jednoducho vykonáme použitím príkazu „regsvr32“ a príslušným parametrom.

3.8 Obsluha Webovej Aplikácie

Na hlavnej stránke má užívateľ možnosť vybrať si, čo chce robiť. Medzi jednotlivými stránkami je tiež možné prechádzať prostredníctvom menu umiestneným v ľavej hornej časti. Neprihlásený užívateľ má len malé možnosti, takže mu je dovolené sledovať aktuálny stav, v ktorom sa destilačná kolóna nachádza a prihlásiť sa. Ostatné možnosti sú zablokované a nie je možné sa na danú stránku dostať, povolené položky sú farebne odlíšené od ostatných položiek. Kontrola prebieha pri kliknutí na odkaz, kedy sú presmerovaní iba prihlásení užívatelia. V prípade, ak by používateľ napísal správny odkaz a chcel sa dostať takýmto spôsobom na nepovolenú stránku, server počas generovania v prvom bode skontroluje, či je daný používateľ prihlásený. V prípade, ak testom neprejde, bude automaticky presmerovaný na hlavnú stránku. V pravej hornej časti je vypísaný aktuálne prihlásený používateľ. V prípade, že nikto nie je prihlásený, nachádza sa na danom mieste výzva pre prihlásenie. Ukážku hlavného menu webovej aplikácie môžete vidieť na nasledovnom obrázku.

Obrázok 11: hlavné menu

Pokiaľ chce užívateľ sledovať dianie, na túto stránku sa dostane prostredníctvom záložky "sledovanie". Tu je znázornený model destilačnej kolóny a užívateľ má prehľad o teplotách v jednotlivých miestach, ako aj o tlaku v destilačnej banke, prípadne hladine vo výstupnej časti a hladinách v jednotlivých bankách. Hodnoty sú obnovované s pravidelnosťou 500ms, z čoho vyplýva, že prípadné zmeny sa nezobrazia okamžite. Tiež treba rátať s časom nutným pre komunikovanie medzi WEB-serverom a PLC systémom destilačnej kolóny. Prostredie vidno na nasledujúcom obrázku:



Obrázok 12: Obrazovka sledovania

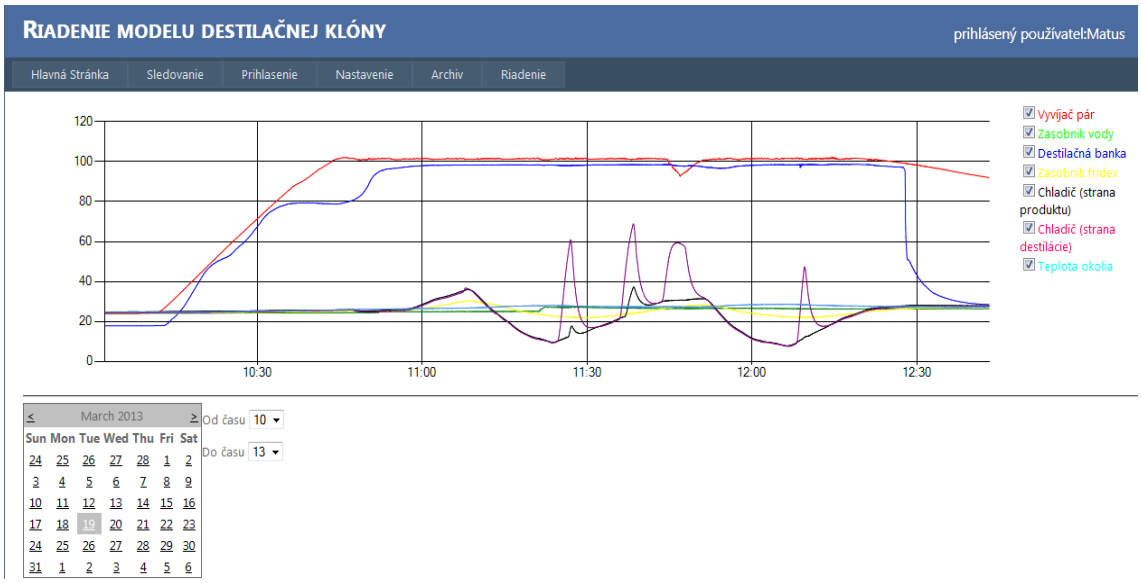
V pravom hornom rohu je vypísaná teplota okolia, ako aj aktuálny stav destilačnej kolóny. Stavy destilačnej kolóny sú 0-3, kde 0 reprezentuje inicializáciu, počas tohto stavu nie sú vykonávané žiadne kontroly z pohľadu PLC a je možné ľubovoľne manipulovať s kolónou. Z daného stavu je možné prejsť no stavu 1, čo je normálny stav (výpis stavu sa pri normálnom stave zafarbí na zeleno). Prechod sa uskutoční stlačením zeleného tlačidla na destilačnej kolóne, ktoré v inicializačnom stave bliká. Po stlačení prebehne kontrola. V prípade, že je všetko v poriadku, prejde do stavu 1 (normálny stav). Ďalší stav je 2 (výstraha, podfarbenie sa zmení ma žltú farbu). V prípade že PLC zaznamená pretečenie kvapaliny, prípadne iné narušenie procesu, prepne sa do stavu 3 (nebezpečný stav). V tomto prípade sa text podfarbí na červeno.

Za predpokladu, že sa chce používateľ prihlásiť je nutné, aby prešiel na stránku „Prihlásenie“, kde vypíše používateľské meno a heslo a pokúsi sa prihlásiť. Pokiaľ je na stránke už prihlásený používateľ, je dôležité, aké vysoké práva má pridelené. Práva sú uložené spolu s užívateľmi v SQL databáze a sú jednoznačne pridelené danému užívateľovi. Najvyššie oprávnenie je 0 a postupne ako číslo rastie, oprávnenie užívateľa klesá. Takže, ak je na stránke prihlásený používateľ s právami napríklad 4, užívateľ s právami 3-0 sa môže prihlásiť, čo samozrejme spôsobí odhlásenie pôvodného užívateľa. Túto skutočnosť by mali mať užívatelia na pamäti. Úspešné prihlásenie je indikované rozsvietením tlačidla „Prihlás“ na zeleno a následným presmerovaním na hlavnú stránku s výberom. Zároveň v pravom hornom rohu sa zobrazí jeho meno. V prípade, že už prihlásený používateľ sa prepne na stránku s prihlásením, tlačidlo „Prihlás“ svieti na zeleno čo znamená, že nie je nutné sa prihlásiť. V prípade, že užívateľ stratí spojenie so serverom, server jeho neprítomnosť vyhodnotí a približne po minúte nečinnosti bude tento používateľ automaticky od serveru odhlásený, čo umožní

prihlásenie užívateľov s nižšími oprávneniami. Prihlasovací dialóg môžeme vidieť na nasledovnom obrázku.

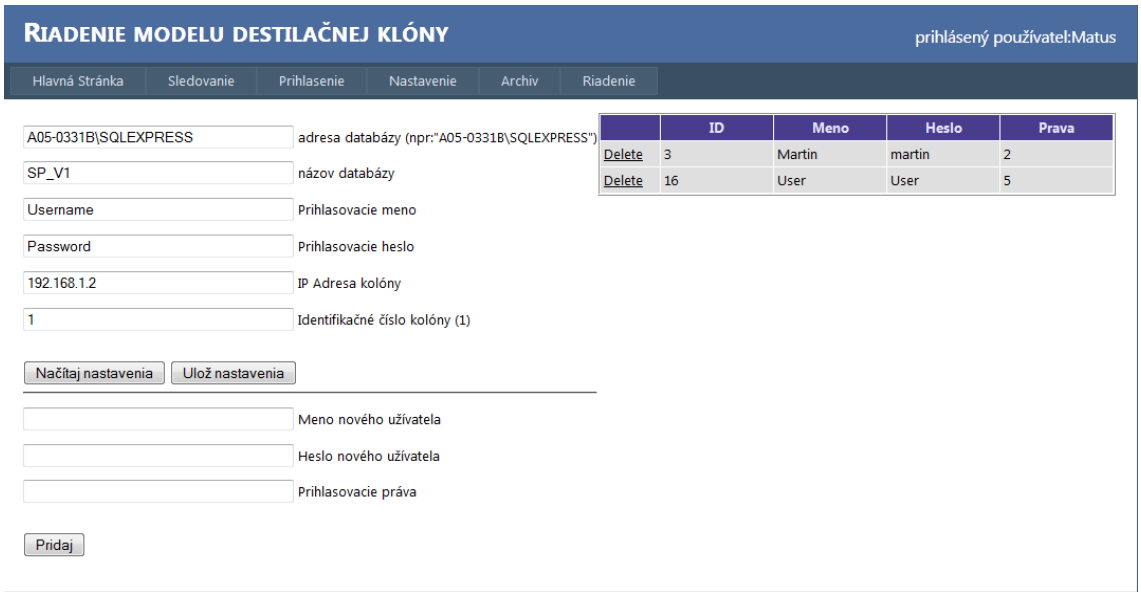
Obrázok 13: Prihlasovací dialog

Po prihlásení má užívateľ dovolené pristupovať do ďalších kategórií, ktorými sú archív, nastavenie a riadenie. V záložke „Archív“ je možné prezrieť si teploty, ktoré boli namerané počas spustenej webovej aplikácie. Dôležité je správne nastavenie požadovaných hodnôt pre vykreslenie. Na kalendári je nutné zvoliť deň, ktorý chceme zobraziť a následne vyberieme hodinu začiatku a konca vykresľovania. Potom v pravej časti stačí vybrať, ktoré teploty sa majú vykresľovať. Pre prehľadnosť je možné zobraziť len niektoré. Hodnoty sú načítané z SQL databázy a zobrazené do grafu. Hustota zápisu hodnôt môže byť rôzna, keďže hodnoty sa zapisujú iba v prípade, že dôjde k prekročeniu ľubovolnej teploty o 1°C oproti naposledy zapísanej hodnote tejto teploty. Táto úprava bola pridaná pre odľahčenie nárokov na SQL server, ako aj nárokov na webový server, ktorý musí dáta spracovať a prichystať ich do grafu. Maximálna rýchlosť zápisu je však obmedzená na jeden zápis za sekundu. Teda daná kontrola zmien prebieha každú sekundu. V prípade, že nastane chyba pri komunikácií s destilačnou kolónou alebo SQL serverom sa vlákno aplikácie, ktoré sa stará o archiváciu, pokúša znovu-pripojiť a obnoviť spojenie v pravidelných 30s intervaloch.



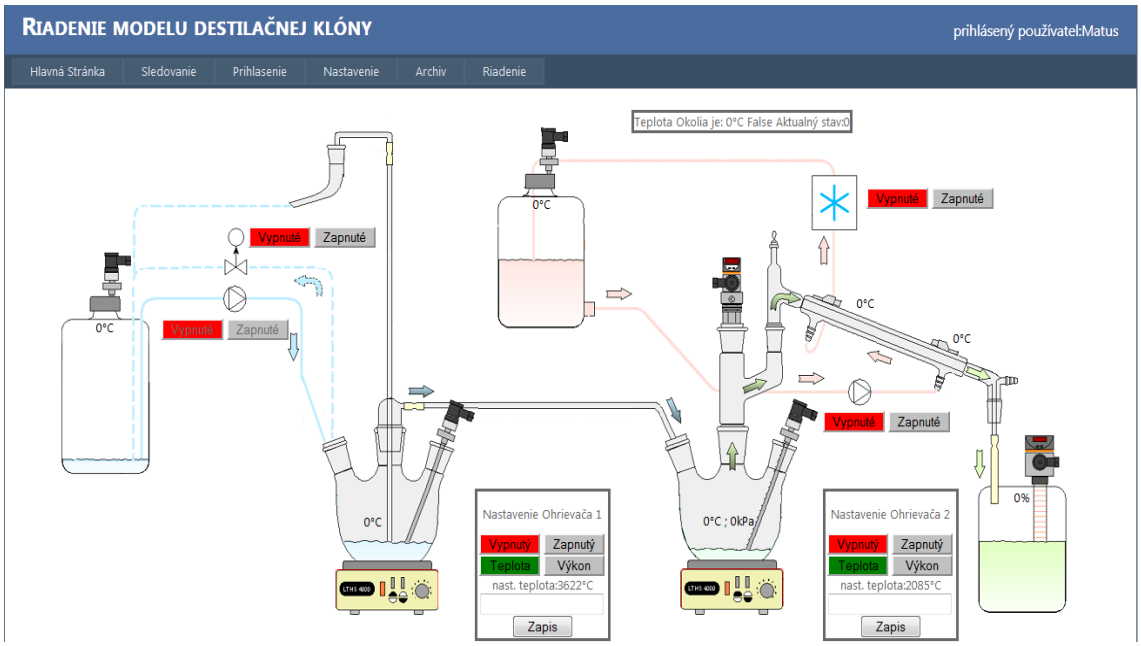
Obrázok 14: Zobrazenie archívu hodnôt

Záložka „Nastavenie“ umožňuje konfiguráciu SQL serveru a nastavenie PLC destilačnej kolóny. Aplikácia sa na SQL databázu pripája prostredníctvom prihlasovacieho reťazca. Ten sa skladá z názvu databázy, ktorý môže byť buď zadaný ako IP adresa a port, alebo ako názov. Ďalej sa skladá z názvu samotnej databázy, do ktorej sa bude pripájať. Je dôležité, aby databáza obsahovala pred-pripravené tabuľky presne podla požiadaviek (viď. kapitolu Štruktúra tabuliek SQL databázy). Prihlasovací reťazec obsahuje aj meno používateľa a jeho heslo pre prístup k tabuľkám. Aktuálne nastavenie je možné pozrieť si stlačením tlačidla „Načítaj nastavenia“, kedy sa do textových polí vypíše aktuálny reťazec. Ten je možné modifikovať a následne zapísať. Zmena sa prejaví po uplynutí istého časového úseku, najdlhšie 1 minúta, z dôvodu, aby aplikácia v prípade nedostupnosti zariadenia negenerovala zbytočný trafik na sieti. Ďalšie nastavenia sa týkajú komunikácie s modelom destilačnej kolóny. Tu je nutné nastaviť IP adresu riadiaceho systému destilačnej kolóny a slave adresu pre Modbus komunikáciu. Táto slave adresa by mala byť v našom prípade 1 a jej zmena znefunkční komunikáciu. V tejto záložke s nastaveniami je tiež možné pridávať nových užívateľov s nižším oprávnením ako má aktuálne prihlásený užívateľ, taktiež sa tu zobrazuje zoznam všetkých užívateľov, ktorých môže práve prihlásený užívateľ odstrániť. Tí užívatelia, ktorí majú nižšie práva, rovnocenných a taktiež užívateľov s vyššími právami nevidia a zároveň nemôžu odstrániť.



Obrázok 15: Nastavenie web aplikácie

Poslednou a najdôležitejšou súčasťou aplikácie je záložka „Riadenie“. Zobrazenie sa výrazne podobá na záložku Sledovanie, avšak je možné tu riadiť celú kolónu. Je povolené jednotlivo zapínať a vypínať súčasti, ako napríklad ohrievače, ventil, čerpadlo a chladiace zariadenie. Užívateľ by mal byť oboznámený s procesom destilácie. Ovládanie však nie je neobmedzené. Niektoré súčasti, ktoré by mohli poškodiť model, sú zakázané samotným PLC. Z toho dôvodu je nutné sledovať bezpečnostný stav, ktorý je popísaný pri popise monitorovacej obrazovky. V prípade, že sa kolóna nachádza v stave inicializácie, nie je možné riadiť kolónu, vôbec nereaguje na požadované príkazy a čaká, kedy bude stlačením tlačidla spustená. Ak sa kolóna nachádza v normálnom stave, alebo v stave výstrahy, je možné model riadiť a reaguje na príkazy. Chladiace zariadenie však nie je možné vypínať v ľubovolnom okamihu, lebo zariadenie musí bežať minimálne 15 minút od spustenia, aby nedošlo k jeho poškodeniu. V prípade, ak model prejde do nebezpečného stavu, všetko riadenie je blokované a riadenie modelu prevezme PLC destilačnej kolóny. Do daného stavu sa kolóna dostane napríklad pri úniku kvapaliny. V takomto stave je nutné závadu ručne odstrániť a až keď sa kolóna opäť dostane do bezpečného stavu môžeme pokračovať v riadení z webovej aplikácie.



Obrázok 16: Obrazovka riadenia

3.9 Štruktúra tabuliek SQL databázy

SQL databáza, ktorá je vybratá pre ukladanie dát a kontrolu aktuálne prihláseného používateľa, musí v sebe obsahovať nasledovnú dátovú štruktúru. Pre ukladanie teplôt je tabuľka pomenovaná „ArchivTeploty“. V danej tabuľke sa nachádzajú informácie o teplotách a tlaku v destilačnej banke ako aj hladine vo výstupnej časti. Presný formát je v nasledovnej tabuľke

Tabuľka 7: Štruktúra tabuľky archivácie v SQL servery

Názov stĺpca	Dátový typ	Povoliť prázne	Význam
ID	int	nie	
Time	datetime	nie	Čas merania
Temp0r	real	nie	Teplota vyvíjač pár
Temp1r	real	nie	Teplota destilačná banka
Temp2r	real	nie	Teplota zásobník fridexu
Temp3r	real	nie	Teplota chladič vstup fridexu
Temp4r	real	nie	Teplota chladič výstup fridexu
Temp5r	real	nie	Teplota okolia
Temp6r	real	nie	Rezervné
Pressr	real	nie	Tlak destilačnej
Levelr	real	nie	Hladina výstupnej časti

Stĺpec ID musí byť nastavený ako „Primárny kľúč“. Taktiež musí byť nastavený pre identifikáciu a ďalej musí mať priradenú automatickú inkrementáciu, najlepšie o jedna. Význam jednotlivých premenných je tiež popísaný v tabuľke.

Databáza ďalej musí pre správnu funkčnosť obsahovať tabuľku užívateľov s názvom „Users“. Táto tabuľka v sebe obsahuje zoznam všetkých používateľov, ktorí sa môžu prihlásiť a spravovať destilačnú kolónu. Táto tabuľka má nasledovný formát:

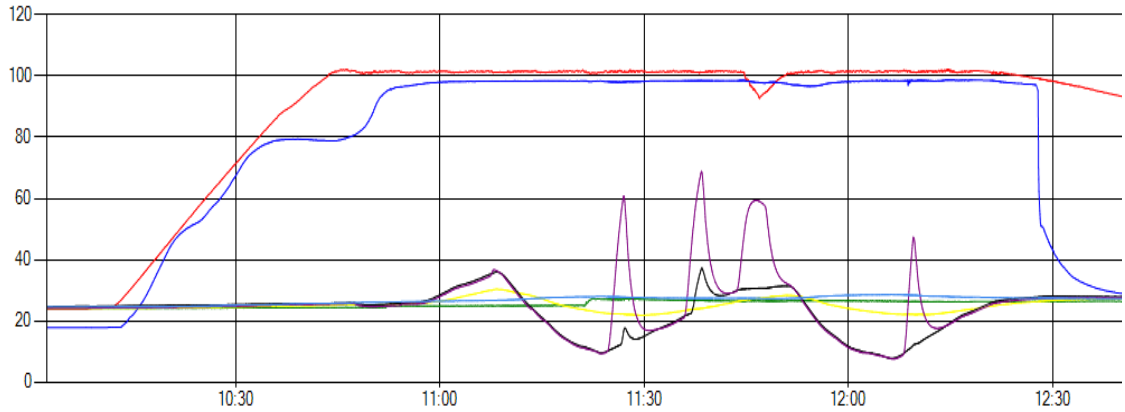
Tabuľka 8: Štruktúra tabuľky užívateľov v SQL servery

Názov stĺpca	Dátový typ	Povoliť prázdne
ID	int	nie
Meno	varchar(50)	nie
Heslo	varchar(50)	nie
Práva	int	nie

Stĺpec ID musí byť pre správnu funkčnosť nastavený rovnako ako daný stĺpec v predchádzajúcej tabuľke. Ako vidíme prihlasovacie meno ako aj prihlasovacie heslo sú obmedzené na 50 znakov, čo by však malo byť z hľadiska funkčnosti dostačujúce.

4 POSTUP PRI DESTILÁCII

Pre zahájenie procesu destilácie je dôležité poznať základné obmedzenia, ktoré sú súčasťou programu v PLC destilačnej kolóny. Pred destiláciou si nachystáme do zásobníka vody dostatočné množstvo destilovanej vody, aby bolo možné počas procesu priebežne napúšťať vodu do vyvíjača pár. Do vyvíjača pár nalejeme také množstvo vody, aby bola dosiahnutá hladina. Do destilačnej banky si nachystáme produkt pre extrakciu a zalejeme vhodným množstvom vody (podla typu). Ručný ventil na výstupnej časti zavrieme a stlačíme zelené tlačidlo na kolóne, čo spôsobí jej prechod do stavu inicializácie. V prvom kroku spustíme solenoid. Ten bude počas celého procesu spustený, vypína sa iba v prípade, že vo vyvíjači pár nastane pretlak. Jeho vypnutie môže byť ručné alebo automatické v prípade dlhodobého pretlaku vo vyvíjači pár. Následne zapneme ohrievanie vyvíjača pár. Požadovaný výkon alebo teplotu pri dosiahnutí bodu varu nastavíme podľa požiadaviek na množstvo pary. Proces automatického napúšťania nie je možné ovplyvniť. Napúšťanie nastane v prípade, ak vyvíjač pár nedosahuje požadovanú hladinu a zároveň je požiadavka na ohrievanie vyvíjača pár. Proces napúšťania sa spustí, ak daný stav trvá minimálne 30s. Počas ohrievania vyvíjača pár môžeme spustiť aj ohrev destilačnej banky. Spustenie jej ohrievača je však systémovo obmedzené. Maximálna teplota, ktorá môže byť ohrievaním dosiahnutá, je odvodená od teploty vyvíjača pár tak, aby teplota v destilačnej banke bola o 4 stupne nižšia ako vo vyvíjači pár. Spúšťanie čerpadla chladiacej kvapaliny je ľubovolné, avšak mali by sme dbať, aby teplota v chladiči nebola príliš vysoká. Pokiaľ nemáme dostatočné množstvo chladného fridexu je vhodné zapnúť chladničku. Jej spustenie však nastane aj automaticky v prípade, ak sa teplota fridexu v zásobníku priblíži k maximálnej teplote, ktorá môže vstupovať do chladničky. V prípade ručnej požiadavky na zapnutie musí teplota v zásobníku prekročiť minimálne 30°C. Počas chodu chladničky narážame na obmedzenie s vypnutím, keďže by chladnička mala byť v chode minimálne 15 minút. Počas chodu chladničky tiež nie je možné zastaviť čerpadlo chladiacej kvapaliny. Pokiaľ všetko prebieha správne, vo výstupnej časti sa objaví produkt. Pokiaľ je voda vo výstupnej časti dostatočne oddelená od produktu, môžeme ručným ventilom časť vody vypustiť, pričom dbáme, aby sme nestratili výsledný produkt. Po ukončení destilácie je dôležité naďalej chladiť, aby prípadná para z vyvíjača alebo z destilačnej banky nespôsobila vyparenie a následný únik produktu.



Obrázok 17: Ukážka priebehu teplôt počas destilácie

Legenda k obrázku:

červená:	teplota vo vyvíjači pár
modrá:	teplota v destilačnej banke
zelená:	teplota v zásobníku vody
fialová	teplota na chladiči (strana destilačnej banky)
čierna:	teplota na chladiči (strana produktu)
žltá:	teplota zásobníku fridexu
tyrkysová:	teplota okolia

Z priebehu teplôt môžeme vidieť napríklad kedy bola dopustená voda do vyvíjača pár (teplotný pokles v čase približne 11:45) alebo časy, kedy nebolo spustené čerpadlo cirkulácie fridexu (prudký teplotný nárast teplôt na chladiči).

5 ZÁVER

Moja práca nadväzovala na jednotlivé časti, ktoré realizovali iný autori ako napríklad komunikačná knižnica alebo software v PLC destilačnej kolóny. Zároveň bolo potrebné využiť produkty tretích strán, ktoré bolo potrebné zapracovať do projektu. Bolo potrebné zvoliť použitie jednotlivých programov a zariadení s ohľadom na funkčnosť ako aj dlhodobú spoľahlivosť celého zariadenia.
Po zoznámení sa s dostupnými technológiami pre prevádzkovanie webového serveru a návrhu základnej štruktúry programu pre daný server, boli vytvorené pomerne jednoduché demonštračné programy, na ktorých bola overená funkčnosť komunikácie z pohľadu načítavania dát pre zobrazovanie, ako aj z pohľadu zápisu, čiže ovládania samotnej destilačnej kolóny.

Následne bola vyvinutá webová aplikácia postavená na ASP.NET Web Forms a .Net Frameworku, ktorá beží na IIS servery, ktorý je možné spustiť pod prakticky každou novou distribúciou operačného systému Windows, alebo pod operačným systémom Linux s využitím správnej serverovej aplikácie. Vyvinutá webová aplikácia dovoľuje sledovať stav technologického procesu a po prihlásení dovoľuje užívateľovi zasahovať do stavu destilačnej kolóny a tým ju ovládať podľa individuálnych požiadaviek. Aplikácia zálohuje teploty, ktoré boli namerané a taktiež dovoľuje nastavenia v prípade využitia iného servu.

Pre nasadenie takéhoto zariadenia v priemysle by pravdepodobne bolo potrebné zabezpečiť záložný systém pre archiváciu, aby v prípade výpadku počítača nedošlo k výpadku výroby, keďže počítač má o rád nižšiu spoľahlivosť ako riadiaci systém PLC. Nehovoriac o problémoch s operačným systémom kde je u niektorých predpísaný povinný reštart po určitej dobe.

Funkčnosť celého systému ako kompletu bola otestovaná niekoľkými reálnymi pokusmi s destiláciou citrusových plodov. Počas záverečných testov sa už nevyskytli problémy s komunikáciou, ani s ostatnými programovými blokmi. Výsledný produkt destilácie nedosahoval mnou očakávanú kvalitu, čo je možné pripísať nedostatku znalosti technologického postupu ako aj nesprávnymi použitými surovinami.

Literatúra

[1] KOCAN, Marek. Víte, co je SQL? Ne? Nevadí - dnes začínáme!. In: *Víte, co je SQL? Ne? Nevadí - dnes začínáme!* [online]. 1998 [cit. 2012-11-21]. Dostupné z: http://www.zive.cz/clanky/vite-co-je-sql-ne-nevadi---dnes-zaciname/sc-3-a-4320/default.aspx

[2] LACKO, Luboslav. *ASP.NET a ADO.NET 2.0: hotová řešení*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2006, 385 s. ISBN 80-251-1028-1.

[3] LACKO, Ľuboslav. MICROSOFT. *ASP.NET pro začátečníky* [online]. 2004 [cit. 2012-11-21]. Dostupné z: http://download.microsoft.com/download/8/6/c/86c09926-affc-4e14-bec0-3c45cd989436/ASPNET_zacatek.pdf

[4] ARM, Jakub. *Řízení modelu jeřábu komunikujícího protokolem Modbus TCP*. Brno, 2010. 55 l. Semestrálna práca. VUT. Vedoucí práce Ing. VÁCLAV KACZMARCZYK.

[5] Configure Windows 7 IIS7 for ISAPI DLL. *Chau Chee Yang Technical Blog* [online]. 2009 [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: http://chee-yang.blogspot.cz/2009/10/configure-windows-7-iis7-for-isapi-dll.html

[6] LEE, Wei-Meng. *C# 2008: programmer's reference*. Indianapolis, IN: Wiley Pub., c2009, xxx, 807 p. Wrox programmer's references. ISBN 04-702-8581-8.

[7] CHLAD, Petr Řídicí systém pro laboratorní model destilační kolony: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2012. 98 s. Vedoucí práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.

[8] Modbus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-17]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus

6 ZOZNAM SKRATIEK

PLC	Programovateľný logický automat
SQL	Structured Query Language
DML	Data Manipulation Language
DDL	Data Definition Language
HTML	HyperText Markup Language
DHTML	Dynamic HyperText Markup Language
PHP	Hypertext Preprocessor
IIS	Internet Information Services
ASP	Active Server Pages
VB	Visual Basic

Zoznam príloh na CD

Zdrojový kód webovej aplikácie
Upravená knižnica modbuslibrary.dll a jej upravené zdrojové kódy
Testovacia aplikácia pre overenie načítavania a zapisovania dát cez modbus