

# 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

BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE PLC S LABORATORNÍM MODELEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAL BÍLEK

BRNO 2013



**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

## **BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE PLC S LABORATORNÍM MODELEM**

WIRELESS COMMUNICATION BETWEEN REMOTE PLC AND LAB MODEL

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**MICHAL BÍLEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.**

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Automatizační a měřicí technika**

**Student:** Michal Bílek

**ID:** 125369

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2012/2013

## NÁZEV TÉMATU:

**Bezdrátová komunikace PLC s laboratorním modelem**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s laboratorním modelem, řídicím PLC a průmyslovým standardem Ethernet/IP.
2. Navrhněte a realizujte parametry pro přenos dat pomocí radiomodemu.
3. Vytvořte aplikaci pro vzdálené řízení modelu destilační kolony.
4. Vytvořte příslušnou vizualizaci.
5. Ověřte funkčnost systému.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Logix5000 Controllers General Instructions (Reference Manual). Milwaukee: Rockwell Automation, Inc. 2008.

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 27.5.2013

**Vedoucí práce:** Ing. Radek Štohl, Ph.D.

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být 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.

## **ABSTRAKT**

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo seznámit se s programovatelnými automaty firmy ROCKWELL AUTOMATION a radiomodemy od firmy SATEL. Cílem práce bylo ovládat model destilační kolony, který byl umístěn ve vzdálené laboratoři. Automat určený na ovládání v laboratoři vyhodnocuje data, která přijímá od automatu na modelu destilační kolony a odesílá data, kterými destilační kolonu ovládá. Pro bezdrátovou komunikaci mezi automaty byl zvolen radiomodem Satel 3ASD. V práci byla popsána vytvořená vizualizace a komunikace pro ovládání modelu destilační kolony. V poslední fázi této práce byla otestována funkčnost navržené komunikace a její vizualice.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Destilační kolona, radiomodem, IP Link, EtehrNet/IP, vizualizace

## **ABSTRACT**

The main goal of this bachelor thesis was to get familiarised with programmable devices from the Rockwell Automation company and with radio modems from the Satel company. The aim of the thesis was to control a model of a fractionating column situated in a distant laboratory. The device, designed to be controlled inside the lab, assessed the data which it received from the fractionating column model and sent the data by which it controlled the column. For wireless communication between the devices a radio modem Satel 3ASD was chosen. The thesis describes the visualisation and communication of the controlling of the fractionating column model. In the final phase the functionality of the designed visualization and communication was tested.

## **KEYWORDS**

Distillation column, radio modems, IP Link, EtehrNet/IP, visualization

BÍLEK, Michal *Bezdrátová komunikace PLC s laboratorním modelem*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřící techniky, 2013. 47 s. Vedoucí práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Bezdrátová komunikace PLC s laboratorním modelem“ 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Brno .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radkovi Štohlovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno .....

.....

(podpis autora)

# OBSAH

Úvod	10
<b>1 Programovatelný automat</b>	<b>11</b>
1.1 Specifikace použitých PLC . . . . .	11
<b>2 Radiomodemy SATELLINE-3ASd a IP-LINK</b>	<b>13</b>
2.1 Omezení použití SATELLINE-3ASd 869 MHz . . . . .	14
2.2 Nastavení IP-LINK . . . . .	15
2.3 Nastavení IP-LINK 1 . . . . .	17
2.4 Nastavení IP-LINK 2 . . . . .	19
<b>3 EtherNet/IP</b>	<b>21</b>
3.1 Nastavení PLC AC1337 . . . . .	21
3.2 Propojení IFM Electronic s Allen Bradley přes EtherNet/IP . . . . .	23
<b>4 Základní popis destilační kolony</b>	<b>26</b>
4.1 Snímače . . . . .	26
4.2 Akční členy . . . . .	28
4.3 Základní pravidla destilace . . . . .	29
4.4 Popis programu . . . . .	30
<b>5 Vizualizace</b>	<b>33</b>
<b>6 Výsledky studentské práce</b>	<b>38</b>
6.1 Výsledky . . . . .	38
<b>7 Ověření funkčnosti</b>	<b>42</b>
<b>8 Závěr</b>	<b>43</b>
Literatura	44
Seznam symbolů, veličin a zkratk	46
Seznam příloh	47

# SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Programovatelný automat . . . . .	11
2.1	Blokové schéma sítě . . . . .	15
2.2	Hlavní menu . . . . .	16
2.3	Nastavení rozhraní Ethernet . . . . .	17
2.4	Sériové nastavení radiomodemu . . . . .	17
2.5	Nastavení rozhraní radio . . . . .	17
2.6	Implicitní brána . . . . .	18
2.7	Zobrazení všech aktuálních rozhraní . . . . .	18
2.8	Nastavení rozhraní Ethernet . . . . .	19
2.9	Sériové nastavení radiomodemu . . . . .	19
2.10	Nastavení rozhraní radio . . . . .	19
2.11	Implicitní brána . . . . .	20
2.12	Zobrazení všech aktuálních rozhraní . . . . .	20
3.1	Total Commander protokol FTP-nové připojení . . . . .	22
3.2	Konfigurace souboru ifm a souboru onoffln.cfg . . . . .	22
3.3	RSLogix 5000 Nový projekt . . . . .	23
3.4	RSLogix 5000 Nová řídicí jednotka . . . . .	23
3.5	RSLogix 5000 Nový modul . . . . .	24
3.6	RSLogix 5000 Vlastnosti modulu . . . . .	25
4.1	Schéma destilační kolony . . . . .	26
5.1	Struktura vizualizace . . . . .	33
5.2	Uvodní stránka - Informace . . . . .	34
5.3	Hlavní obrazovka vizualizace . . . . .	34
5.4	Vyvíječ páry detailní pohled . . . . .	35
5.5	Destilační baňka detailní pohled . . . . .	36
5.6	Chladicí okruh detailní pohled . . . . .	36
5.7	Výstupní destilát detailní pohled . . . . .	37
6.1	Teploty v destilační baňce a ve vyvíječi par . . . . .	39
6.2	Teplota v chladícím okruhu . . . . .	39
6.3	Teplota v chladícím okruhu po zapnutí lednice . . . . .	40
6.4	Hladina ve výstupní části . . . . .	40
6.5	Ověření komunikace pomocí příkazu ping . . . . .	41

## SEZNAM TABULEK

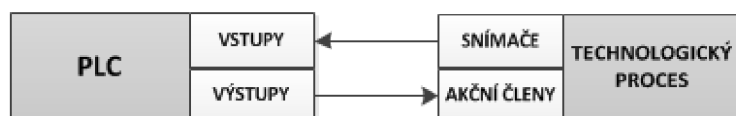
1.1	Parametry CompactLogix řady 1769-L32E [22] . . . . .	11
1.2	Parametry sběrnicevého systému AS-Interface AC1337 [23] . . . . .	12
2.1	Technické parametry Sateline-3ASD [1] . . . . .	13
4.1	Popis vstupů PLC . . . . .	30
4.2	Popis výstupů PLC . . . . .	31
4.3	Popis výstupů PLC . . . . .	32

# ÚVOD

Tato bakalářská práce popisuje bezdrátovou komunikaci PLC s laboratorním modelem. Laboratorním modelem je destilační kolona. V první části této práce se seznámíme s řídicím PLC a s průmyslovým standardem EtherNet/IP. Kde se nachází popis návrhu a realizace komunikace mezi modelem a vzdáleným PLC. Komunikace je navržena v programu RSLogix 5000 od firmy RockwellAutomation. Další kapitola přináší seznámení s bezdrátovou komunikací pomocí radiomodemu. Kapitola popisuje základní vlastnosti radiomodemu, IP linku a jejich nastavení pro správnou komunikaci. V této práci je použitý radiomodem Sateline-3ASD od firmy Satel. V druhé části je základní popis destilační kolony a destilace vodní párou. Pomocí vizualice ovládáme snímače s akčními členy. Vizualizace je vytvořena pomocí programu FactoryTalk. V poslední kapitole popisujeme testování komunikace i aplikace pro řízení destilační kolony.

# 1 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT

Programovatelný automat PLC "Programmable Logic Controller" je číslicový řídicí elektronický systém, vytvořený na řízení strojů a pracovních procesů v průmyslovém prostředí. Sbírá data a vytváří logické a časové funkce, podle kterých se automaticky ovládají jednotlivé elektrické prvky jako ventily, motory a podobně. Hlavním přínosem PLC je, že svoji podstatou zabraňuje provozním haváriím, vylučuje nestandardní provozní stavy, okamžitě identifikuje poruchu a tím umožňuje její rychlou opravu. Algoritmy řízení jsou uloženy v paměti uživatelského programu, který je cyklicky vykonáván. Obrázek 1.1 naznačuje propojení PLC s technologickým procesem.



Obr. 1.1: Programovatelný automat

Programovatelný automat zpracovává a vyhodnocuje vstupní signály a za pomoci naprogramovaných sekvenčních logických a časových funkcí posílá na své výstupy ovládací povely, pomocí kterých ovládá stykače a relé. PLC je tvořeno třemi základními prvky: centrálním procesorem CPU, vstupními a výstupními moduly. [21]

## 1.1 Specifikace použitých PLC

Pro ovládání destilační kolony byly použity dva programovatelné automaty. Na destilační koloně byl umístěn sběrnicový systém AS-Interface AC1337 1.2 od firmy IFM Electronic a vzdálené PLC CompactLogix 1769-L32E 1.1 od firmy Rockwell Automation.

Tab. 1.1: Parametry CompactLogix řady 1769-L32E [22]

Kat. číslo	1769-L32E
Uživatelská paměť	750kB
Komunikační kanál 0	RS232
Komunikační kanál 1	EtherNet/IP 10/100Mbps
Max. počet lokálních I/O	16

Tab. 1.2: Parametry sběrnicevého systému AS-Interface AC1337 [23]

<b>Kat. číslo</b>	<b>AC1337</b>
Provozní napětí [V]	24 DC
Uživatelská paměť	128kB
Programovací rozhraní	RS-232 C; RJ11; 9600...115200 Baud.
IT funkce	Web-Server (1,4MB); E-mail client; FTP; Telnet; Modbus/TCP
Datové rozhraní	EtherNet/IP; IP 10/100 MBaud (Protokol CIP Ethernet / IP skupina 2 a skupina 3 Server)



## 2 RADIOMODEMY SATELLINE-3ASD A IP-LINK

K realizaci bakalářské práce byly použity dva radiomodemy SATELLINE-3ASd. Tento model je vhodný na rozlehlé sítě a pro systémy vyžadující rychlý a spolehlivý přenos. Pro co největší spolehlivost je vybaven softwarovou funkcí Selectable error correction, která zlepšuje funkčnost radiomodemu i v místech, kde by mohlo docházet k interferenci (rušení). Radiodem SATELLINE má přenosovou rychlost do 19,2 kbps a volitelné sériové rozhraní 300 - 38400 bps. SATELLINE má vestavěný LCD displej, který nabízí uživateli zvýšenou flexibilitu. K přístupu tedy není nutné mít počítač, lze provádět kontroly nebo změny konfigurace jednotky. Displej je také užitečným nástrojem pro testování spojení mezi rádiovými modemy. Rádiový modem SATELLINE-3AS může pracovat v jednom ze čtyř základních režimů: Data Transfer Mode [režim přenosu dat], Programming Mode [režim programování], Test Mode [zkušební režim] nebo Standby Mode [pohotovostní režim]. Technické parametry radiomodemu jsou uvedeny v tabulce 2.1 .

Tab. 2.1: Technické parametry Sateline-3ASD [1]

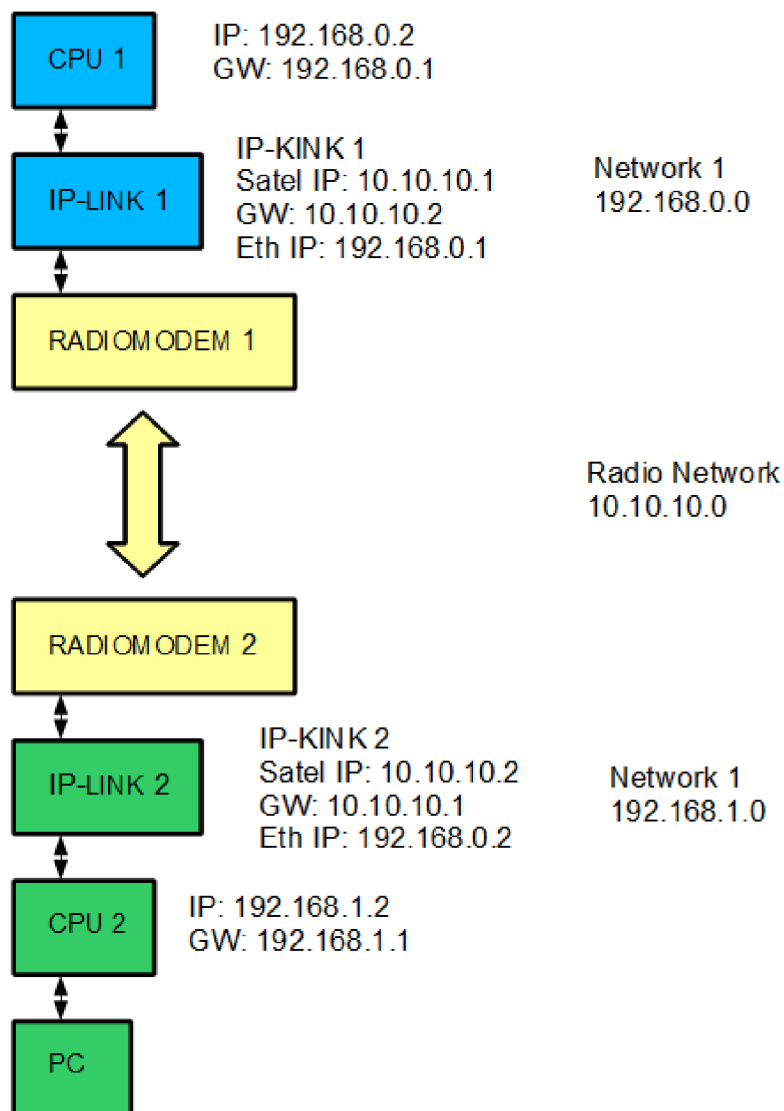
<b>Rádiový vysílač a přijímač</b>	
Kmitočtový rozsah	869,400 ... 869,650 MHz
Kanálová rozteč	25 kHz
Počet kanálů	10
<b>Modem</b>	
Rozhraní	RS-232 nebo RS-485,RS-422
Konektor rozhraní	D15, zásuvka
Datová rychlost sériového rozhraní	300-38400 bps
Datová rychlost rádiového rozhraní	19200 bps (kanál 25 kHz)
Formát dat	Asynchronní RS-232, RS-485 nebo RS-422
<b>Všeobecně</b>	
Provozní napětí	+9 ... +30V <sub>DC</sub>
Příkon (průměrný)	1,7VA(přijímač),4VA(vysílač), 0,05 VA(v pohotovostním režimu)
Rozsah pracovních teplot	-25° C ... +55° C
Konektor antény	TNC, 50Ω, zásuvka

## 2.1 Omezení použití SATELLINE-3ASd 869 MHz

Informace jsou převzaty z [1] . SATELLINE-3ASd je určen pro provoz v České republice v kmitočtovém rozsahu nevyžadujícím licenci 869,400 - 869,650 MHz (nezahrnuje pásmo 869,300 - 869,400 MHz) podle doporučení CEPT/ERC/REC 70-03. Toto doporučení bylo vypracováno Evropskou radiokomunikační komisí (ERC) podle CEPT. Činitel využití jednotlivého zařízení pro vysílání a příjem je omezen na 10 procent tohoto pásma, jednotlivá doba přenosu nesmí překročit 36 sekund. Maximální dovolený vyzářený výkon je 500 mW.

## 2.2 Nastavení IP-LINK

Informace o nastavení jsou převzaty z [7]. IP-LINK je použitý s radiomodemy SATELLINE k vytvoření bezdrátové TCP / IP sítě. IP-LINK je připojen k Ethernetu a do rádiového modemu. Nastaví se IP adresa pro Ethernet a druhá IP adresa pro rozhraní mezi radiomodemem. Obě zařízení mají navzájem oddělené prostory síťových adres, jak je vidět na blokovém schématu 2.1 .



Obr. 2.1: Blokové schéma sítě

Po připojení pomocí počítače do terminálu použijeme nastavení: přenosová rychlost 9600, 8 datových bitů, 1 stop bit, žádná parita a (žádný hardware handshaking tzn. automatizovaný proces jednání). Nastavení je provedeno pomocí aplikace Tel-

net. Aplikace je součástí Microsoft Windows. Zadáním "telnet 192.168.0.1" se zpřístupní přihlášení k IP-LINKU. Dalším krokem je zadání výchozího hesla "root". Po stisknutí ENTERU se objeví hlavní nabídka 2.2 .

```
IP-LINK login: root
-----
Satel IP-LINK Configuration
-----
1> Ethernet Interface Settings
2> Radio Modem Serial Settings
3> Radio Interface Settings
4> Show All Current Interfaces
5> Routes
6> ARP Cache
7> Firewall
8> Other Settings
N> Domain Names
T> Tests
A> System information

D> Load Default Configuration
L> Stored Configurations
R> Apply Changes without Saving
E> Save Changes
X> Logout
B> Boot
```

Obr. 2.2: Hlavní menu

Pro výběr v menu slouží stisknutí čísla dané volby a potvrzení "ENTER", pro opuštění zvolené možnosti "ESC".

## 2.3 Nastavení IP-LINK 1

Tato kapitola popisuje podrobné nastavení prvního IP-LINKU. Pro lepší přehlednost jsou zde uvedené obrázky z postupného nastavování.

Pro změnu nebo zobrazení nastavení rozhraní Ethernet zadáme v hlavním menu „1“ 2.3 .

```
-----  
Ethernet Interface Settings  
1> Ethernet IP Address          192.168.0.1  
2> Ethernet Network Mask      255.255.255.0  
3> Ethernet Broadcast Address  192.168.0.255  
4> Maximum Packet Size <MTU>  1500  
5> MAC Address                 00:06:70:01:07:BC  
6> Ethernet Proxy ARP         ON  
7> Show Statistics  
ESC> Back
```

Obr. 2.3: Nastavení rozhraní Ethernet

Pro změnu nebo zobrazení sériového nastavení radiomodemu zadáme v hlavním menu „2“ 2.4 .

```
-----  
Radio Modem Serial Settings  
1> Speed          19200 bps  
2> Parity        None  
3> Flow Control   HW <CTS/RTS>  
ESC> Back
```

Obr. 2.4: Sériové nastavení radiomodemu

Pro změnu nebo zobrazení nastavení rozhraní rádia zadáme v hlavním menu „3“ 2.5 .

```
-----  
Radio Interface Settings  
1> Radio IP Address          10.10.10.1  
2> Radio Network Mask      255.255.255.0  
3> Radio Broadcast Address  10.10.10.255  
4> Maximum Packet Size <MTU>  1500  
5> Radio Proxy ARP         ON  
6> Min Time Between Packets  10  
7> Max Random Factor for Time  4  
8> Packet Retry Limit      500  
A> Use CD Signal for TX Control  ON  
B> Radio Network Compression  ON/500/1.1  
C> Radio Network Encryption  ON  
D> Show Statistics  
ESC> Back
```

Obr. 2.5: Nastavení rozhraní radio

Pro změnu nebo zobrazení implicitní brány zadáme v hlavním menu „5“ a následně znovu „5“ 2.6 .

```
-----  
Routes  
1) Show All Routes  
2) Show User Defined Routes  
3) Edit or Delete User Defined Routes  
4) Define a Route  
5) Default Gateway  
  
ESC) Back  
IP-LINK>5  
-----  
Default Gateway  
1) Default Gateway 10.10.10.2  
2) Interface Radio  
  
ESC) Back
```

Obr. 2.6: Implicitní brána

Pro zobrazení celkového nastavení zadáme v hlavním menu „4“ 2.7 .

```
Interface Statistics:  
eth0 Link encap:Ethernet HWaddr 00:06:70:01:07:BC  
inet addr:192.168.0.1 Bcast:192.168.0.255 Mask:255.255.255.0  
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1  
RX packets:111 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0  
TX packets:63 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0  
collisions:0 txqueuelen:100  
Base address:0x040  
  
lo Link encap:Local Loopback  
inet addr:127.0.0.1 Mask:255.0.0.0  
UP LOOPBACK RUNNING MTU:16436 Metric:1  
RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0  
TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0  
collisions:0 txqueuelen:0  
  
satel0 Link encap:Ethernet HWaddr 00:06:70:01:07:BC  
inet addr:10.10.10.1 Bcast:10.10.10.255 Mask:255.255.255.0  
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1  
RX packets:0 errors:11 dropped:0 overruns:0 frame:11  
TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0  
collisions:0 txqueuelen:3  
  
ESC)..... Back
```

Obr. 2.7: Zobrazení všech aktuálních rozhraní

## 2.4 Nastavení IP-LINK 2

Tato kapitola popisuje podrobné nastavení druhého IP-LINKU.

Pro změnu nebo zobrazení nastavení rozhraní Ethernet zadáme v hlavním menu „1“ 2.8 .

```
Ethernet Interface Settings
1)      Ethernet IP Address           192.168.1.1
2)      Ethernet Network Mask        255.255.255.0
3)      Ethernet Broadcast Address    192.168.1.255
4)      Maximum Packet Size <MTU>    1500
5)      MAC Address                   00:06:70:01:07:C3
6)      Ethernet Proxy ARP            ON
7)      Show Statistics
ESC)    Back
```

Obr. 2.8: Nastavení rozhraní Ethernet

Pro změnu nebo zobrazení sériového nastavení radiomodemu zadáme v hlavním menu „2“ 2.9 .

```
-----
Radio Modem Serial Settings
1)      Speed                         19200 bps
2)      Parity                         None
3)      Flow Control                   HW <CTS/RTS>
ESC)    Back
```

Obr. 2.9: Sériové nastavení radiomodemu

Pro změnu nebo zobrazení nastavení rozhraní rádio zadáme v hlavním menu „3“ 2.10 .

```
Radio Interface Settings
1)      Radio IP Address               10.10.10.2
2)      Radio Network Mask             255.255.255.0
3)      Radio Broadcast Address        10.10.10.255
4)      Maximum Packet Size <MTU>     1500
5)      Radio Proxy ARP                ON
6)      Min Time Between Packets       10
7)      Max Random Factor for Time     4
8)      Packet Retry Limit             500
A)      Use CD Signal for TX Control   ON
B)      Radio Network Compression     ON/500/1.1
C)      Radio Network Encryption       ON
D)      Show Statistics
ESC)    Back
```

Obr. 2.10: Nastavení rozhraní radio

Pro změnu nebo zobrazení implicitní brány zadáme v hlavním menu „5“ a následně znovu „5“ 2.11 .

```
Routes
1> Show All Routes
2> Show User Defined Routes
3> Edit or Delete User Defined Routes
4> Define a Route
5> Default Gateway
ESC> Back
IP-LINK>5^[
-----
Default Gateway
1> Default Gateway 10.10.10.1
2> Interface Radio
ESC> Back
```

Obr. 2.11: Implicitní brána

Pro zobrazení celkového nastavení zadáme v hlavním menu „4“ 2.12 .

```
Interface Statistics:
eth0 Link encap:Ethernet HWaddr 00:06:70:01:07:C3
inet addr:192.168.1.1 Bcast:192.168.1.255 Mask:255.255.255.0
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
RX packets:175 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:99 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:100
Base address:0x840

lo Link encap:Local Loopback
inet addr:127.0.0.1 Mask:255.0.0.0
UP LOOPBACK RUNNING MTU:16436 Metric:1
RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:0

satel0 Link encap:Ethernet HWaddr 00:06:70:01:07:C3
inet addr:10.10.10.2 Bcast:10.10.10.255 Mask:255.255.255.0
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:22 errors:22 dropped:0 overruns:0 carrier:11
collisions:0 txqueuelen:3

ESC> Back
```

Obr. 2.12: Zobrazení všech aktuálních rozhraní



## 3 ETHERNET/IP

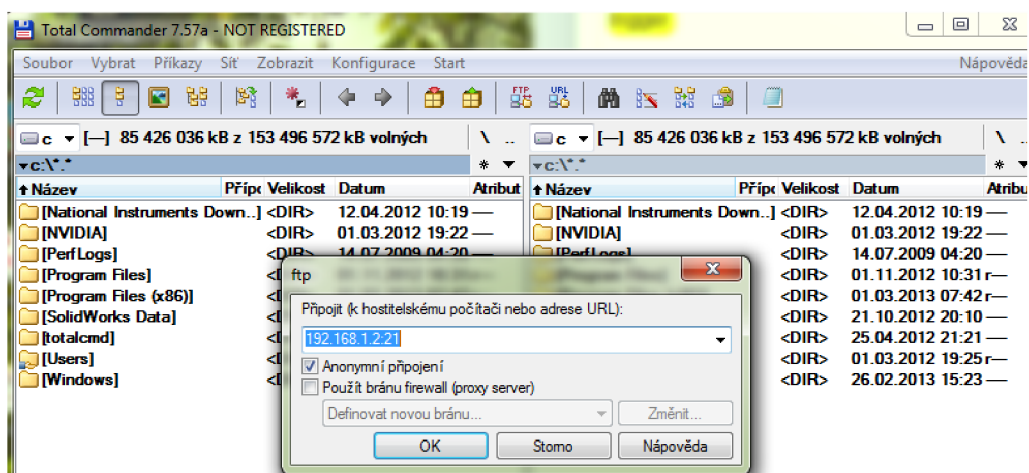
Informace jsem čerpal z [2] a [3] . Jedná se o zkratku EtherNet/Industrial Protocol. Tento standard byl vyvinut pro průmyslovou automatizaci společnostmi Control Net Int. a ODVA. Jedná se o technologii Ethernet/TCP/IP, která využívá aplikační vrstvu stejnou jako protokoly DeviceNet a ControlNet. V síti EtherNet/IP jsou jednotlivým ethernetovým uzlům přiřazovány předem definované profily. Profily s vlastnostmi a aplikační vrstvou EtherNet/IP jsou tvořeny protokolem CIP (Common Industrial Protocol). Protokol CIP funguje na bázi komunikace producent-konzument. EtherNet/IP umožňuje dva způsoby komunikace explicitní a implicitní. Explicitní přenos obsahuje informace, konfigurace slouží k přenosu typu žádost-odpověď a využívá protokol TCP/IP. Přenos implicitní využívá protokol UDP/IP a zajišťuje přenos dat real-time. Na úrovni síťové vrstvy dochází k zapouzdření zpráv CIP do paketů TCP nebo UDP. CIP protokolem lze komunikovat v případě spojované i nespojované komunikace. Spojovaná komunikace slouží pro přenos rezervovaných zpráv například I/O nebo zpráv explicitních. Nespojovaná komunikace je určena k navazování spojení nebo pro přenos nepravidelných zpráv s nízkou prioritou. Parametry spojení: identifikátor (pro oba směry), způsob přenosu (implicitní nebo explicitní), spouštěcí mechanismus přenosu dat (cyklická data, změna stavu), formát a množství přenášených informací (pro oba směry). Aby bylo u EtherNet/IP dosaženo vlastností řízení v reálném čase, využívá rozdělení kolizních domén, použití přepínačů a oddělování segmentů.

Výhodou je, že DeviceNet, ControlNet a EtherNet/IP používají stejné aplikační knihovny. To znamená, že lze snadno a rychle začlenit zařízení a vyvíjet nové prvky. Pro komunikaci můžeme používat běžné síťové komponenty pro rychlosti 10Mb/s, 100Mb/s a 1Gb/s.

### 3.1 Nastavení PLC AC1337

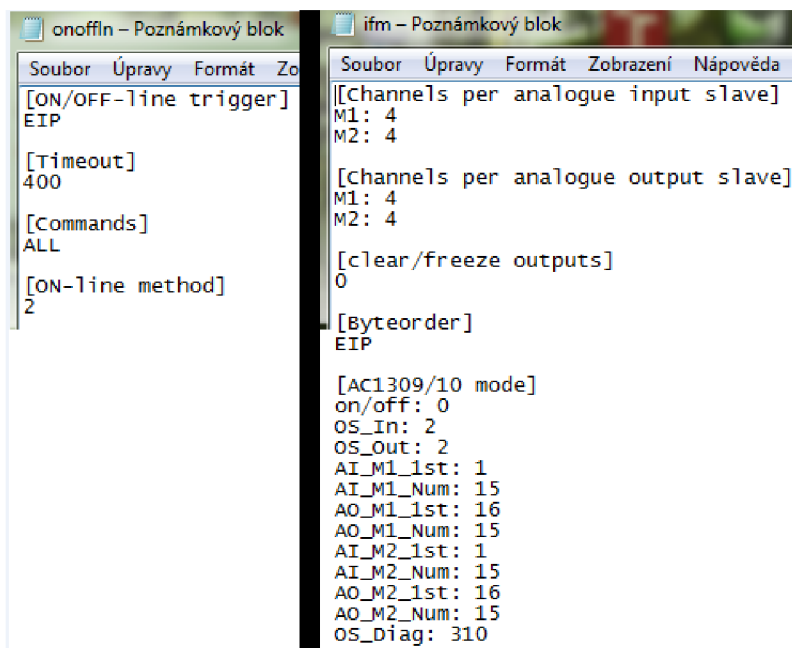
Informace jsem čerpal z uživatelského manuálu [4] . Pro vytvoření komunikace mezi automatem ifm electronic a automatem AllenBradley musí být nastaveny obecné konfigurační soubory. Na souborový systém lze přistupovat pomocí rozhraní Ethernet přes FTP, Telnetu nebo HTTP. Systém souborů obsahuje adresáře s konfiguračními soubory, které slouží k energeticky nezávislé paměti konfiguračních údajů automatu. Adresář obsahuje šest konfiguračních souborů (ethcfg.cfg, ethcfg\_old.cfg, ifm.cfg, onoffln.cfg, ip\_accs.cfg, telwel.cfg).

Změna nastavení na Ethernet/IP: V programu TotalCommander se v menu vybere možnost „Sít“ a dále „Protokol FTP-nové připojení“ . Je zadána IP adresa automatu ifm electronic 3.1. Po stisknutí tlačítka „OK“ se zobrazí konfigurační soubory.



Obr. 3.1: Total Commander protokol FTP-nové připojení

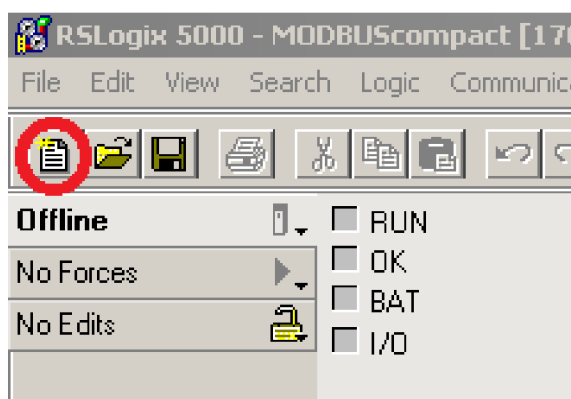
Konfigurační soubor ifm.cfg slouží pro základní nastavení. Pod položkou [Byte-order] (nastavení určující pořadí bajtů dat), je zadáno EIP (EtherNet/IP) a změny jsou uloženy. Dále v souboru onoffln.cfg pod položkou [ON/OFF-line trigger] se zadá EIP pro připojení EtherNetu/IP 3.2, znovu je nutné provedené změny uložit.



Obr. 3.2: Konfigurace souboru ifm a souboru onoffln.cfg

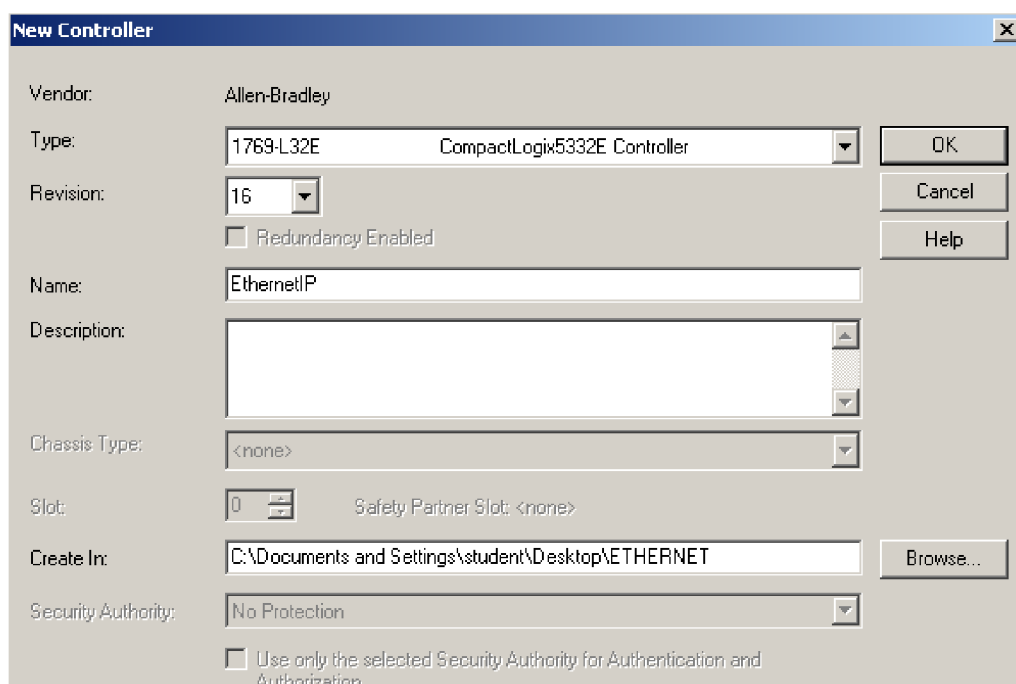
## 3.2 Propojení IFM Electronic s Allen Bradley přes EtherNet/IP

Konfigurace propojení je nastavena v programu RSLogix 5000. V prvním kroku je vytvořen nový projekt kliknutím na symbol „File new“ a zvolením možnosti „New“ 3.3 .



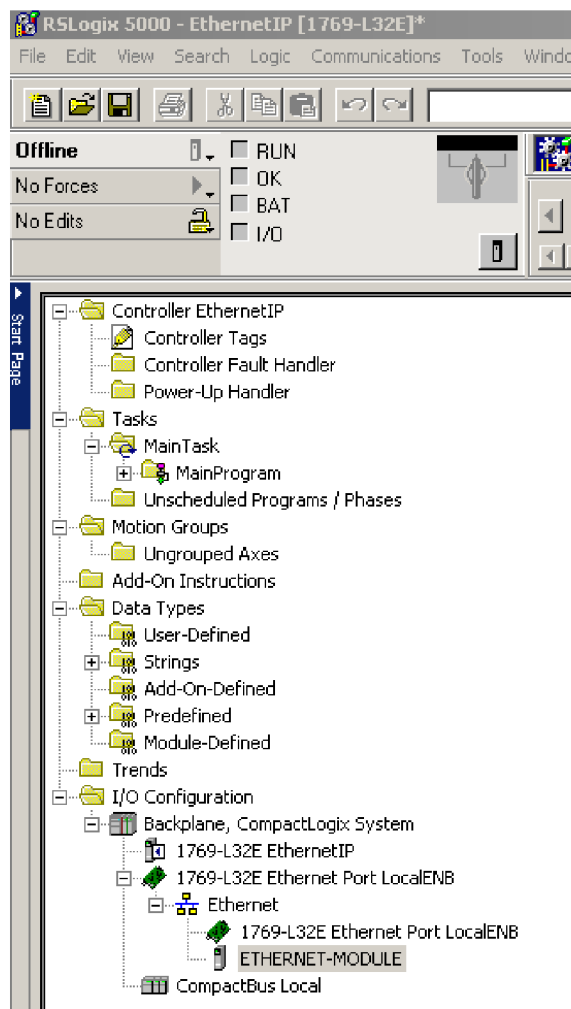
Obr. 3.3: RSLogix 5000 Nový projekt

Otevře se okno „New Controller“, kde je nastaven typ a verze CPU. Dále jméno, popis a místo uložení projektu 3.4 .



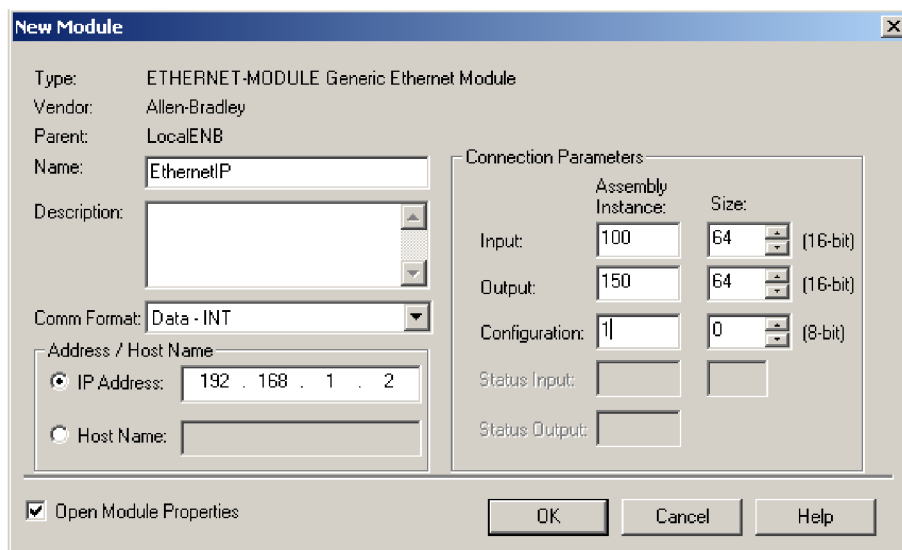
Obr. 3.4: RSLogix 5000 Nová řídicí jednotka

V třetím kroku je přidán nový modul v adresáři „I/O configuration“. Je vytvořen kliknutím pravého tlačítka myši na adresář a zvolením možnosti „New Module“. Zobrazí se okno „Select Module Type“, kde se zvolí typ modulu, v tomto případě „ETHERNET-MODULE“ 3.5 .



Obr. 3.5: RSLogix 5000 Nový modul

Otevře se okno „Module Properties“ s vlastnostmi modulu. Nastavení je vidět na obázku 3.6 . Tyto parametry jsou převzaty z uživatelského manuálu [4] .



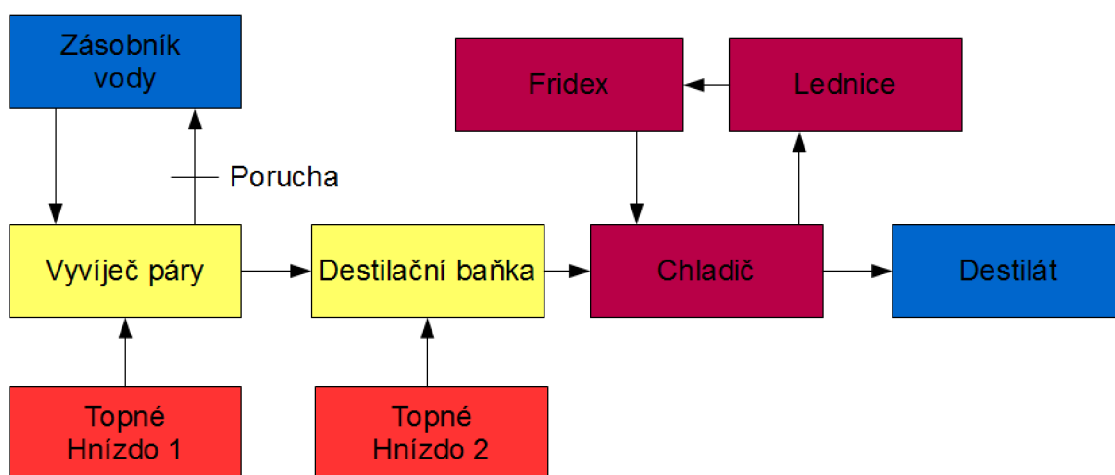
Obr. 3.6: RSLogix 5000 Vlastnosti modulu

Posledním krokem je připojení konfigurace PC na CompactLogix a přejítí do režimu „online“.

## 4 ZÁKLADNÍ POPIS DESTILAČNÍ KOLONY

Kolona je navržena na destilaci vodní párou. Tento způsob spočívá v destilaci prováděné za současného proudění vodní páry destilovanou směsí. Pára se tvoří v oddělené nádobě. Směs látky s vodní párou má nižší bod varu a proto se tato metoda používá u čištění látek labilnějších s vysokou teplotou varu. Jako zdroj páry se využívá voda pro své vhodné vlastnosti.

Model destilační kolony se skládá z několika funkčních bloků znázorněných na blokovém schématu 4.1. V první části destilační kolony se ve vyvíječi páry tvoří nosná pára. Pára se tvoří v baňce umístěné na topném hnízdě a uniká hadičkou do druhé části kolony destilační baňky. Destilační baňka je naplněná směsí, která se má destilovat. Druhým topným hnízdem se daná směs ohřívá, začne se uvolňovat extrakt, který se váže na páru a uniká do chladiče. Chladič je poslední částí modelu. Zde se pára s extraktem zchladí a přes alonž odtéká do baňky, kde se extrakt jímá.



Obr. 4.1: Schéma destilační kolony

### 4.1 Snímače

V této kapitole se krátce seznámíme se snímači. Destilace je složitým procesem, který představuje mnohá bezpečnostní rizika, například teplotu kapaliny, tlak v destilační koloně nebo hladiny kapalin v baňkách. Abychom mohli bezpečně a efektivně řídit proces destilace, je pro nás nezbytně nutné sledovat její aktuální stav.

### **Snímač tlaku**

Tento snímač je důležitý z bezpečnostního hlediska, aby nedošlo k explozi skleněných částí kolony. Byl zde použit snímač PI2956 [8] od firmy IFM Electronics. Tento snímač snímá relativní tlak a je vhodný pro hygienické prostředí. Má dva vstupy, které můžeme nastavovat na kombinace:

2× spínač/rozpínač

1× spínač/rozpínač +1 × analog 4...20 mA/0...10 V

Můžeme měřit rozsah  $-13$  až  $250$  kPa a teplota media může být  $-25$  až  $125$  °C. Navíc má displej, kde se zobrazuje měřený tlak a tlačítka na nastavování spínání vstupů.

### **Snímač teploty**

Destilace může probíhat pouze za určitých podmínek, jednou z nich je teplota. Pomocí teploty regulujeme proces destilace, tedy její účinnost, rychlost a hlavně kvalitu výstupního destilátu. Pro měření teploty byl použit senzor TT2181 [9] od firmy IFM Electronics. Jedná se o tyčový senzor s měřícím prvkem Pt100. Měří v rozsahu  $-40$  až  $150$ °C. Rozměry senzoru jsou délka  $260$  mm a průměr  $8$ mm.

Druhým snímačem teploty, který je použitý, je snímač TS2229 [10] . Jde o ploché příložené čidlo s rozsahem  $-25$  až  $90$ °C. Snímač je umístěn na vstupu a výstupu chladiče a na zadní straně destilační kolony pro měření okolní teploty.

### **Snímač hladiny**

V baňkách pro tvorbu par a destilace je použit limitní snímač hladiny. Jedná se o bezkontaktní snímač KG5065 [11] od firmy IFM Electronics, který měří hladinu přes sklo baňky. Snímač má spínací vzdálenost až  $12$  mm  $\pm$ . Měří do  $110$  °C a může pracovat jako spínač nebo rozpínač. Dále byl použit snímač pro spojitě kontaktní měření LK3122 [12] od firmy IFM Electronics. Pomocí něhož se měřila hladina v koncovém zásobníku, výsledném destilátu a zkondenzované vodě. Rozměry snímače jsou délka tyče  $264$  mm s  $195$  mm aktivní oblasti a průměrem  $16$  mm. Ze snímače získáváme analogový signál  $4...20$  mA nebo  $0...10$  V. Snímač má binární výstup a tlačítka s displejem, pomocí nichž můžeme nastavovat spínací bod přeplnění. U snímače LK3122 je pouze rozsah  $0...35$ °C, proto byla použita přídatná klimatická trubice E43100 [13], pomocí níž se rozsah zvýšil na  $0$  až  $65$ °C.

### **Snímač zaplavení**

Jde o kapacitní snímač KD5023 [14] , který slouží ke zvýšení bezpečnosti. Jeho úkolem je detekovat kapalinu na stole pod modelem destilační kolony.

## 4.2 Akční členy

### Čerpadla

Při destilaci pracujeme s kapalnými látkami, proto potřebujeme čerpadla k jejich přesouvání. Pro cirkulaci chladicí kapaliny v chladícím okruhu je použito čerpadlo IWAKI RD-O5HCV24-05 [18]. Tento typ čerpadla má stejnosměrný bezkartáčový motor napájený 24 V s příkonem 17 W. Teplota kapaliny může dosahovat 60°C a dokáže čerpat kapalinu do 9 m. Čerpadlo Cole-Parme je použito pro čerpání vody do vyvíječe páry. Čerpadlo dokáže přečerpávat 0,001 až 2300 mililitrů za minutu, je složeno z motoru (model č.7533-70)[19] a hlavy čerpadla Easy-Load 3 (č.77800-50)[20]. Nevýhodou tohoto přesného čerpadla je, že dochází k opotřebování hadiček a je nutné je obměňovat.

### Topná hnízda

Pro ohřev vody ve vyvíječi páry a destilační baňce je použité topné hnízdo typu LTHS 4000 [15] od firmy Brněnská Drtěva. Topná hnízda jsou použita pro elektrický ohřev skleněných baněk až do teploty 220°C s příkonem 700 W.

### Lednice

V chladícím okruhu je použita laboratorní lednice PolyScience typu KR-30A [16]. Teplota kapaliny se může pohybovat v rozmezí -20 až +40°C.

### Solenoid

Na modelu byl použit solenoid jako bezpečnostní prvek pro uzavírání hadičky na přetlak ve vyvíječi páry. Solenoid PK-0802-NO [17] od firmy Takasago Electric Inc. je v klidovém stavu otevřen. V zavřeném stavu, kterého se docílí přivedením napětí, dokáže udržet až 20 kPa[6].



### 4.3 Základní pravidla destilace

Pro správné provedení destilace platí základní pravidla a doporučení [6] :

1. Baňka, ze které destilujeme, by měla být naplněna přibližně do dvou třetin. Pokud je naplněna méně, dochází v horní části ke chlazení, pokud více, může kapalina ve varu proniknout do chladiče.
2. Do destilované kapaliny je vhodné vložit varné kameny (kousky porcelánu nebo kameniny), aby nedošlo při přehřátí k utajenému varu. Tyto kameny lze použít pouze jednou, po ochlazení ztrácejí svoji funkčnost.
3. Pro ochlazení par se používá vodní chlazení. Pokud je teplota varu kapaliny vyšší než  $180^{\circ}\text{C}$ , je nutné použít chlazení vzduchem. Chladič musí být i vhodně nadimenzován, aby nedocházelo k jeho zachlazení.
4. Ohřev destilační kapaliny by měl být rovnoměrný a pomalý.
5. Destilace se neprovádí do úplného odpaření kapaliny, zbylá část je destilačním zbytkem.
6. Všechny spoje částí aparatury musí být pevné a těsné.

## 4.4 Popis programu

Program byl vytvořen v programu Rslogix 5000 od firmy Rockwell Automation za účelem dekodování a zpracování dat. Po nastavení konfigurace popsané v kapitole Konfigurace komunikace byly vytvořeny kontrolní tagy, které slouží k ukládání příchozích dat a zápisu hodnot odesílaných. Vytvořené tagy jsou dále předávány vizualizaci, ve které jsou zobrazeny. Pomocí vizualizace tak lze sledovat destilační děj a ovládat jednotlivá zařízení. Názvy proměnných byly pro lepší přehlednost pojmenovány podobně jako v základním programu destilační kolony. Přehled vstupních proměnných je v tabulce 4.1 a přehled výstupních proměnných v tabulkách 4.2 4.3 .

Tab. 4.1: Popis vstupů PLC

Název proměnné	Adresa	Popis	Typ
A_Man_Solenoid	1029.L	Požadavek zavření solenoidu	BOOL
A_Man_PumpCool	1029.H	Požadavek zapnutí čerpadla chl. okruhu	BOOL
A_Man_Heater1	1034.L	Požadavek zapnutí topného hnízda 1	BOOL
A_Man_H1c	1034.H	Nastavení topného hnízda - 0->nastavuje se výkon, 1->nastavuje se žádaná teplota 1=nastavení teploty	BOOL
A_Man_Heater1power	1035.L	Požadovaný výkon	BOOL
A_Flask1TempZ	1035.H 1036.L	Požadovaná teplota	BOOL
A_Man_Heater2	1039.L	Požadavek zapnutí topného hnízda 2	BOOL
A_Man_H2c	1039.H	Nastavení topného hnízda - 0->nastavuje se výkon, 1->nastavuje se žádaná teplota 1=nastavení teploty	BOOL
A_Man_Heater2power	1040.L	Požadovaný výkon	BOOL
A_Flask2TempZ	1040.H 1041.L	Požadovaná teplota	DINT
A_Man_FridgeOn	1044.L	Požadavek zapnutí lednice	BOOL

Tab. 4.2: Popis výstupů PLC

Název proměnné	Adresa	Popis	Typ
A_TEMP0	0	Teplota ve vyvíječi par	INT
A_TEMP1	1	Teplota v zásobníku vody	INT
A_TEMP2	2	Teplota v destilační baňce	INT
A_TEMP3	3	Teplota v zásobníku fridexu	INT
A_TEMP4	4	Teplota chladiče - vstup fridexu	INT
A_TEMP5	5	Teplota chladiče - výstup fridexu	INT
A_TEMP6	6	Teplota okolí	INT
A_TEMP7	7	Rezerva	INT
A_LEVEL	8	Hladina ve výstupní části	INT
A_LEVELOverflow	20.L	Signalizace překročení nastavené hladiny A_LEVEL	BOOL
A_PRESS	9	Tlak v destilační baňce	INT
A_PRESSOverflow	20.H	Signalizace překročení nastaveného tlaku A_PRESS	BOOL
A_LimitLevel1	21.L	Detekce přetlaku ve vyvíječi	BOOL
A_LimitLevel2	21.H	Minimální hladina ve vyvíječi	BOOL
A_LimitLevel3	22.L	Minimální hladina v zásobníku vody	BOOL
A_LimitLevel4	22.H	Maximální hladina v destilační baňce	BOOL
A_Liquid1	23.L	Detekce úniku kapaliny pod vyvíječem	BOOL
A_Liquid2	23.H	Detekce úniku kapaliny pod destilační baňkou	BOOL
A_Liquid3	24.L	Detekce úniku kapaliny pod chladičem	BOOL
A_Solen	31.L	Info o stavu solenoidu - On/Off	BOOL
A_PumpC	31.H	Info o běhu čerpadla fridexu - On/Off	BOOL
A_PumpW	32.L	Info o běhu vody - On/Off	BOOL

Tab. 4.3: Popis výstupů PLC

Název proměnné	Adresa	Popis	Typ
A_Heater1	32.H	Info o stavu topného hnízda 1 - On/Off	BOOL
A_Heater2	33.L	Info o stavu topného hnízda 2 - On/Off	BOOL
A_Fridge	33.H	Info o běhu lednice - On/Off	BOOL
A_FridgeBlocking	34.L	Info o blokování vypnutí lednice	BOOL
A_SafetyState	36.H	Info o bezpečnostním stavu 0-3	DINT
A_FridgeTimeAct	40,41	Info o aktuální době blokování vypnutí lednice	DINT
A_FridgeTime	42,43	Celková doba blokování lednice	DINT

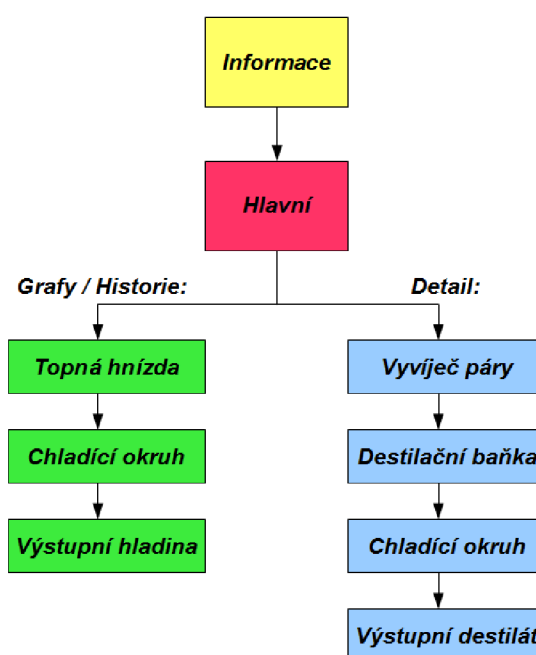
Hlavní program byl vytvořen v záložce Mainroutine. Data byla dekodována pomocí funkčního bloku BTB (Bit Field Distribute), který slouží k posunu bitu mezi jednotlivé proměnné. V tomto případě tedy zapisuje bity podle datového typu do cílové proměnné. Blok BTB obsahuje informace: „Source“- zdrojový registr, „Source Bit“- počáteční bit, od kterého se budou bity přesouvat. Dále „Dest“- cílový registr a „Dest Bit“- bit, od kterého se budou přesouvané bity vkládat do cílového registru. A v poslední řadě „Length“- počet přesouvaných bitů.

Při ztrátě komunikace se v registrech uchovávají poslední data, proto výpadek komunikace není ve vizualizaci viditelný na první pohled podle dat. Z tohoto důvodu je v programu přidán blok, který pomocí časovače a čítače ověřuje spojení s destilační kolonou. Čítač inkrementoval každou sekundu +1 a danou hodnotu čítače odesílá do PLC na destilační kolonu. Následně je porovnáváno číslo čítače z destilační kolony s číslem aktuálním. Pokud se liší, dochází ve vizualizaci k zobrazení erroru.

## 5 VIZUALIZACE

Vizualizace slouží pro monitorování, získávání dat a ovládání výrobního procesu. Funguje jako článek mezi člověkem a výrobním procesem (strojem). Vizualizace je navržena v programu FactoryTalk View od firmy Rockwell Automation a bude sloužit ke vzdálenému řízení a monitorování destilační kolony.

Struktura vizualizace je vidět na obrázku 5.1. Skládá se z devíti obrazovek, na kterých jsou informace o autorovi, celkový pohled na destilační kolonu, detailní pohled na jednotlivé části destilačního procesu a na grafy se záznamy procesu destilace.



Obr. 5.1: Struktura vizualizace

První obrazovka 5.2 je úvodní a seznamuje uživatele s autorem, který vizualizaci vytvářel v rámci bakalářské práce. Druhá obrazovka 5.3 je hlavní a je na ní zobrazen celkový pohled na destilační kolonu. Na hlavní obrazovce je mimo vizualizace procesu destilace, umístěna také historie s grafy. Dále zde nalezneme rovněž detailní pohledy na vyvíječ páry, destilační baňku, chladicí okruh a na výstupní destilát. V pravém horním rohu je tlačítko pro návrat na úvodní stránku, teplota okolí a bezpečnostní stav kolony. Na obrazovce se znázorňují aktuální teploty, tlaky a hladiny kapalin. Dále je u lednice zobrazena minimální doba běhu.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE PLC S LABORATORNÍM MODELEM

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL BÍLEK

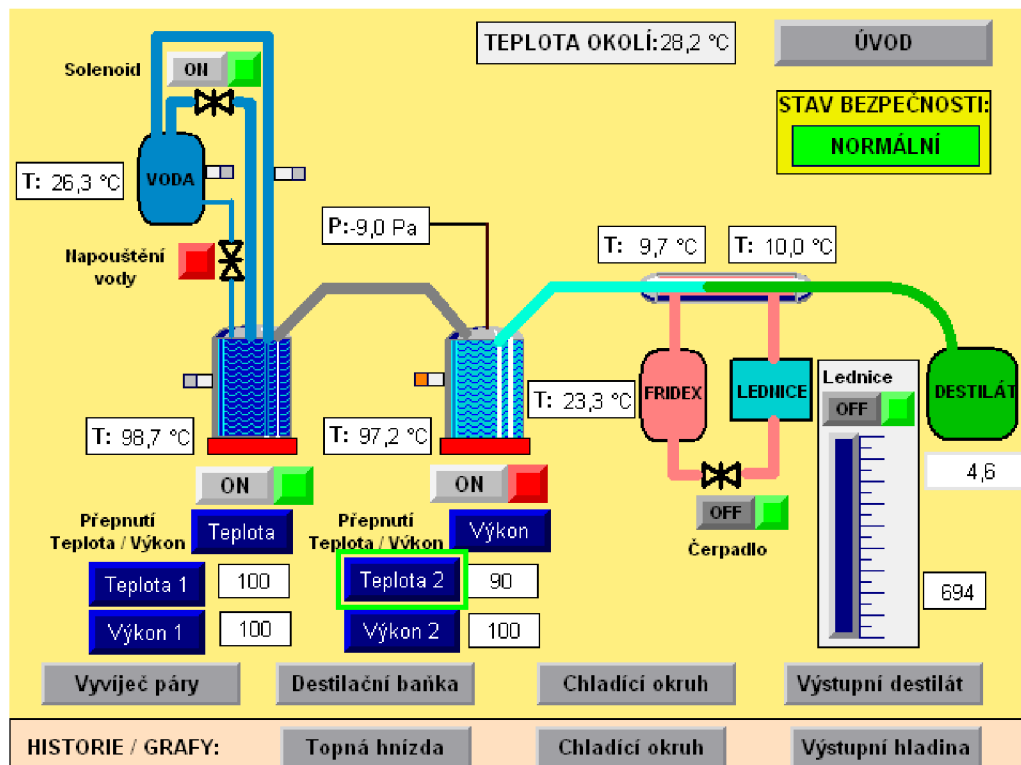
### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.

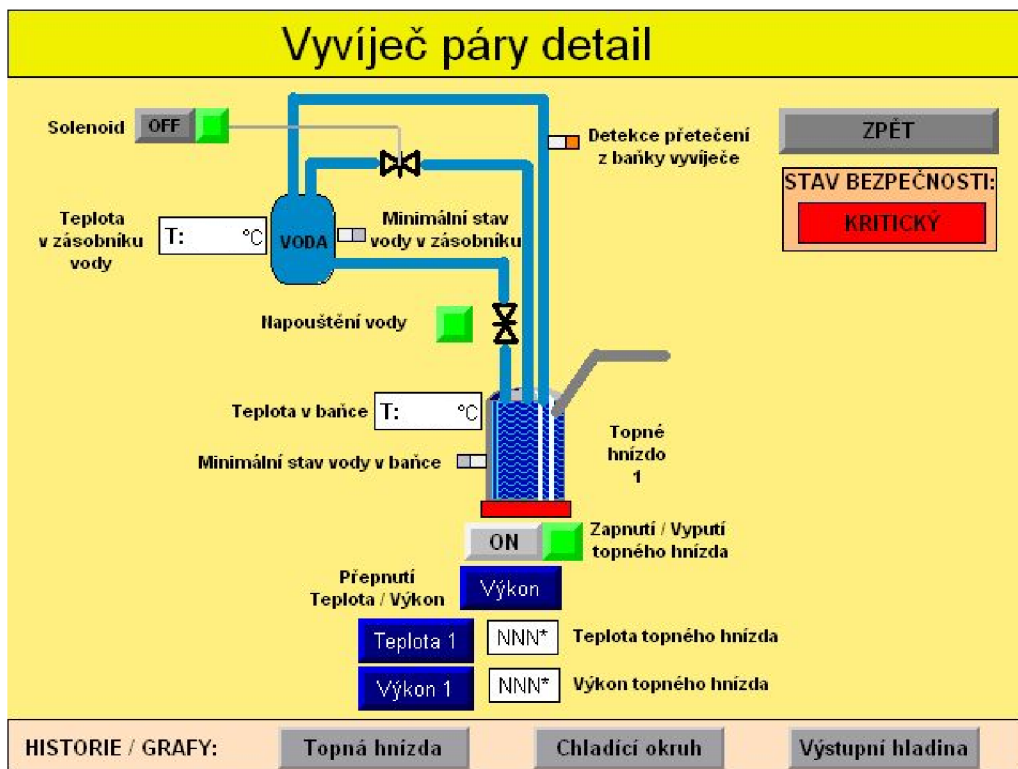
OK

Obr. 5.2: Uvodní stránka - Informace

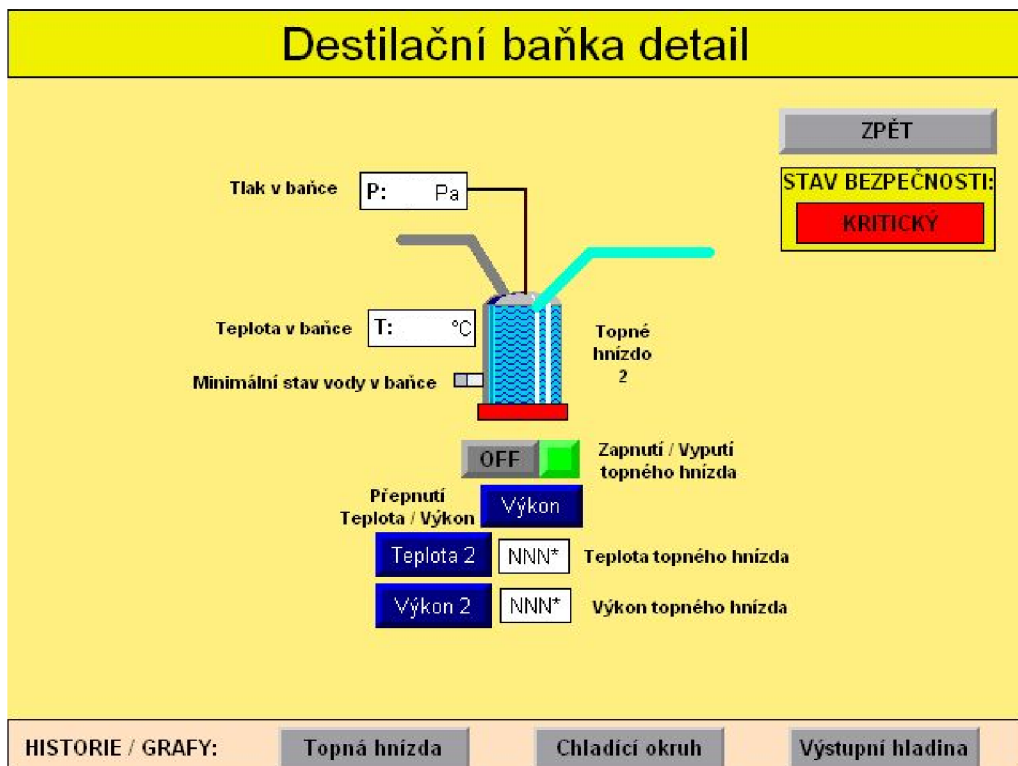


Obr. 5.3: Hlavní obrazovka vizualizace

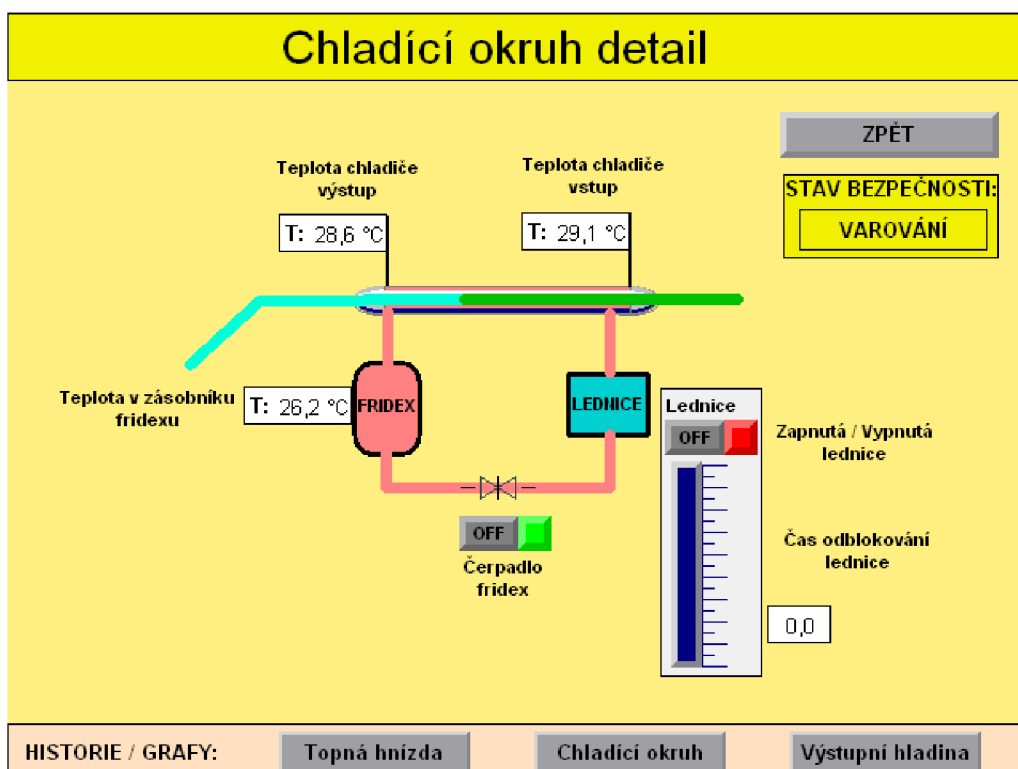
Obrazovka na obrázku 5.4 je detail vyvíječe páry. Zde je obrázek zvětšen a detailněji popsán. Na stejném principu jsou vytvořeny i obrazovky destilační baňky 5.5, chladicího okruhu 5.6 a výstupního destilátu 5.7.



Obr. 5.4: Vyvíječ páry detailní pohled

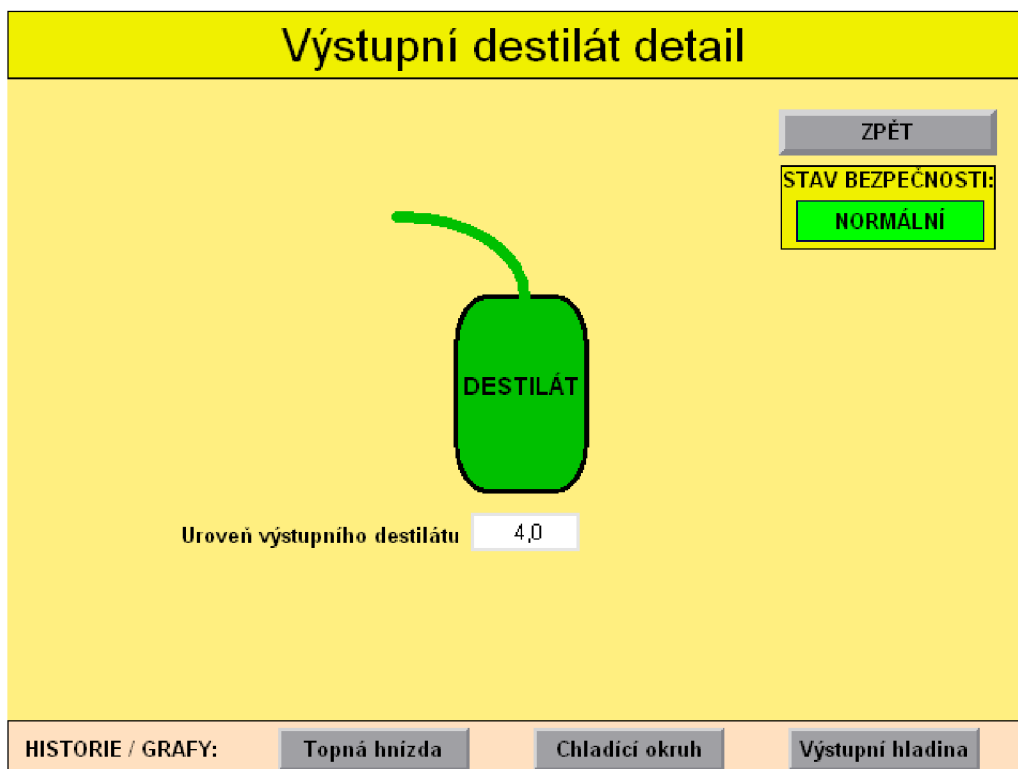


Obr. 5.5: Destilační baňka detailní pohled



Obr. 5.6: Chladicí okruh detailní pohled





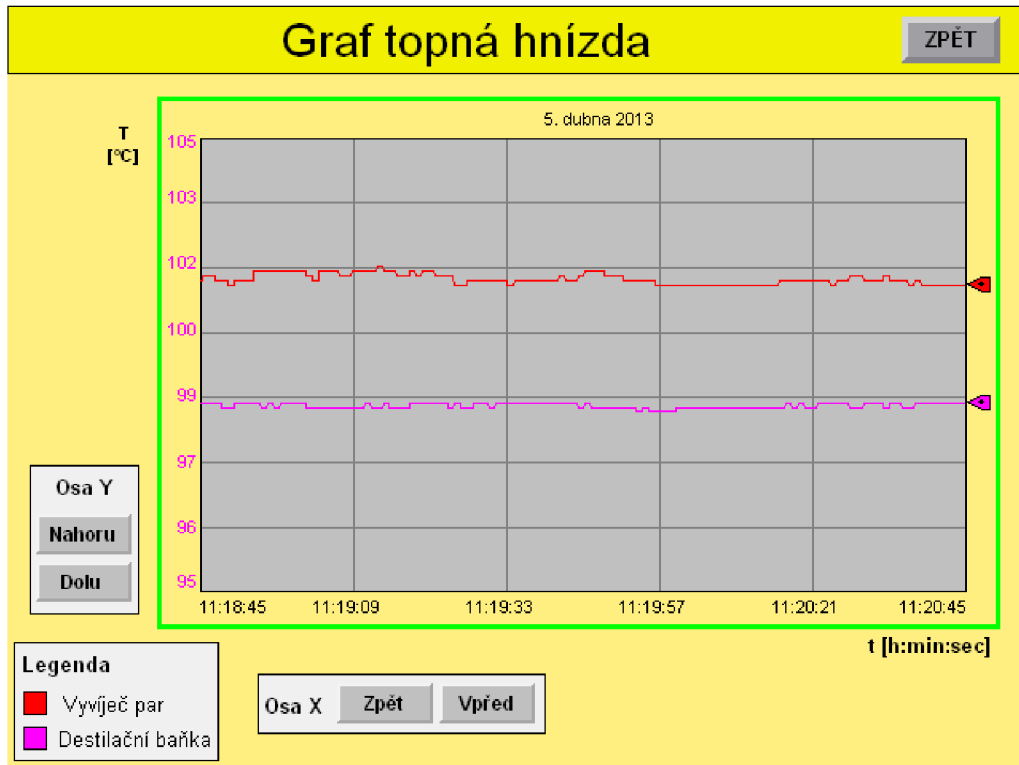
Obr. 5.7: Výstupní destilát detailní pohled

## 6 VÝSLEDKY STUDENTSKÉ PRÁCE

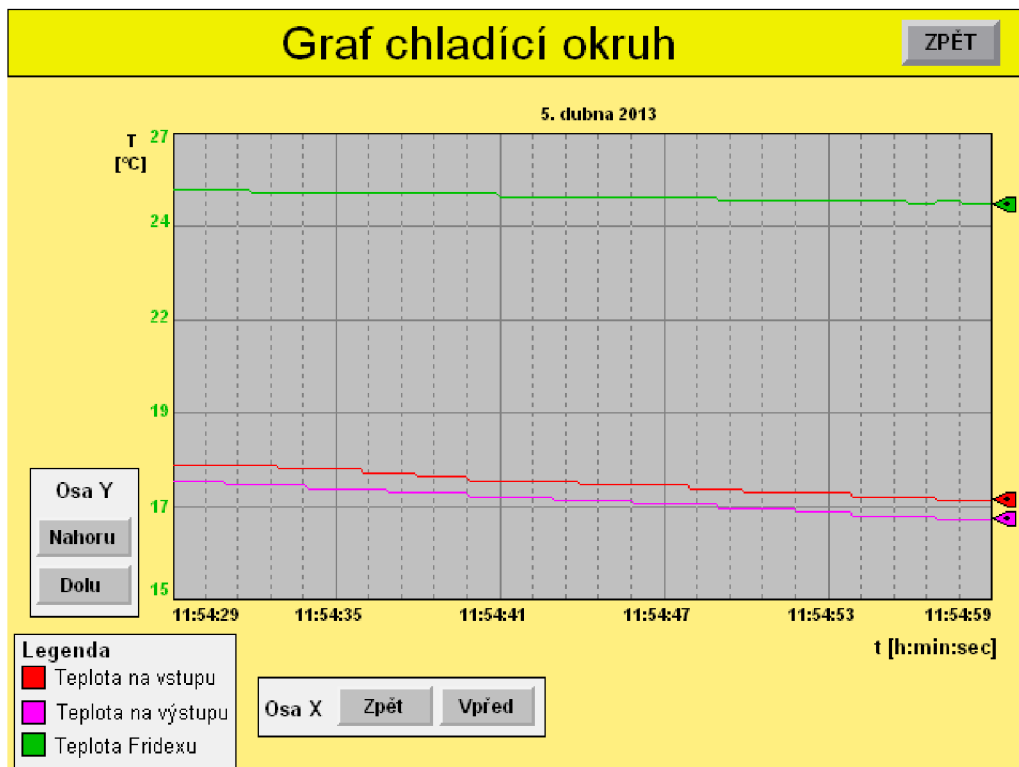
### 6.1 Výsledky

První testování bylo zaměřeno na komunikaci, která nebyla prozatím tvořena bezdrátovou sítí. Z důvodu nefunkčních IP-linků bylo PLC kolony propojeno s PLC a počítačem pomocí Ethernetového kabelu. Komunikace probíhala správně až na občasnou ztrátu spojení. Z tohoto důvodu byl do programu přidán blok, který za pomoci časovače a čítače ověřoval spojení s destilační kolonou. Čítač inkrementoval každou sekundu +1 a danou hodnotu čítače odeslal do PLC na destilační kolonu. Následně bylo porovnáváno číslo čítače z destilační kolony s číslem aktuálním. Pokud se lišila, došlo ve vizualizaci k zobrazení erroru.

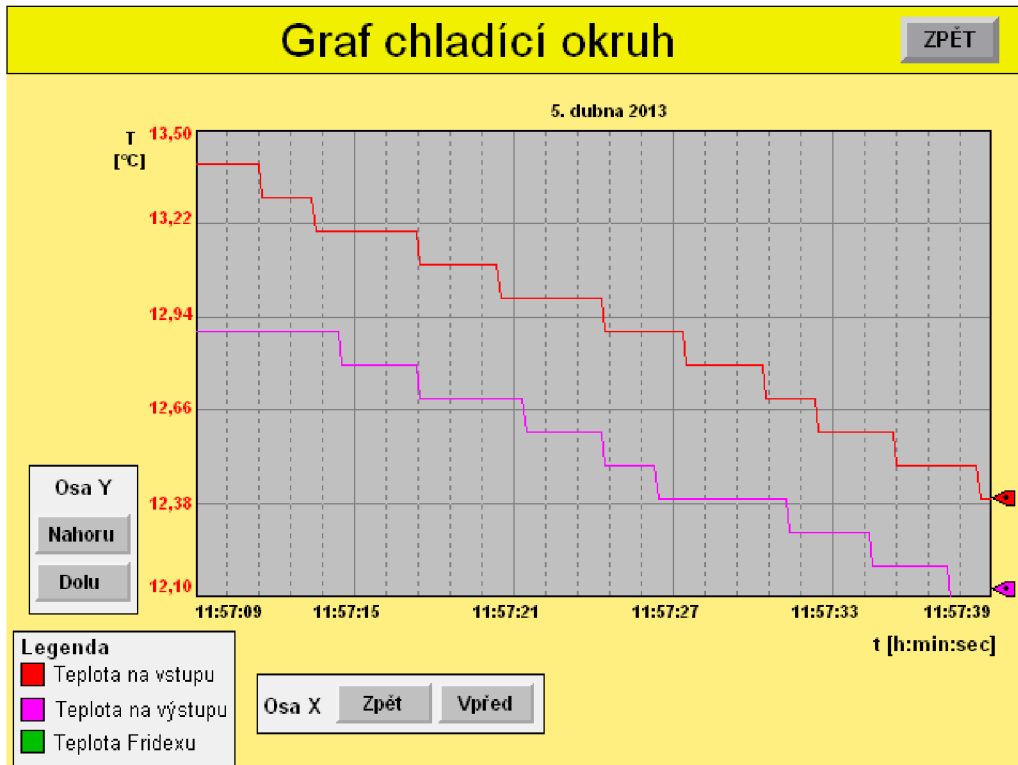
V rámci testování byly destilovány kousky pomerančové kůry, z kterých docházelo k vydestilování pomerančové silice. V prvním kroku se nastavil stoprocentní výkon na vyvíječi páry, aby došlo k vytvoření par. V destilační baňce se teplota udržovala nižší, aby docházelo jen k mírnému probublávání směsi pomerančů. Při tomto postupu se dostávalo stabilní množství nosné páry a tedy i stabilní zisk obohacené páry pomerančovou silicí. Při tomto testování nebylo primárním úkolem zjišťování postupu při jakých teplotách a při jakém postupu destilace dosáhneme největšího množství extrahované látky, ale ověření funkčnosti všech prvků včetně vizualizace. Ve vizualizaci došlo v průběhu testování k několika opravám, především u grafů, u kterých nebylo možné ověřit si funkčnost jinak než při testování. Ve vizualizaci jsou tři grafy. První je graf topných hnízd, který obsahuje dvě křivky teplot ve vyvíječi par a v destilační baňce 6.1 . Na druhém grafu vidíme teploty v chladícím okruhu, kde jsou zaznamenány teploty na vstupu a výstupu chladícího okruhu a teplota fri-dexu 6.2 . Detailnější pohled na chladící okruh po zapnutí ledničky je na obrázku 6.3 . Posledním grafem je graf výstupní hladiny 6.4 .



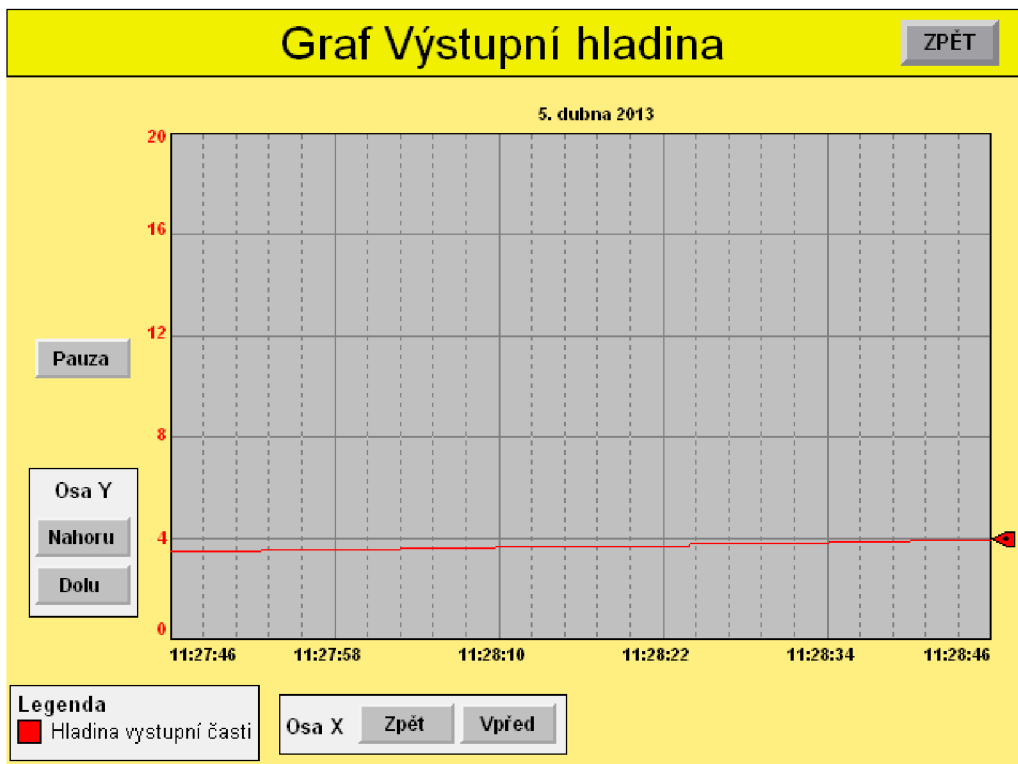
Obr. 6.1: Teploty v destilační baňce a ve vývěječi par



Obr. 6.2: Teplota v chladícím okruhu



Obr. 6.3: Teplota v chladícím okruhu po zapnutí lednice



Obr. 6.4: Hladina ve výstupní části

V závěru celého testování byly zjištěny nové poznatky. Pro testování byla vybrána pomerančová kůra z důvodu vysokého obsahu silice a levné pořizovací ceny. Komunikace byla plně funkční a byl přidán chybový stav pro případ ztráty komunikace. Náběh procesu destilace trval přibližně 25 minut. Množství vydestilované silice je závislé na množství pomerančové kůry. V dalším testování bude zaměřeno na zjištění nejvhodnějšího postupu a nastavování teplot pro získání co největšího množství destilátu. Dále by bylo možné vydestilovat jiné suroviny, například meduňku nebo hřebíček. Tyto suroviny mají však vyšší pořizovací cenu. Jako alternativa se jeví destilování jehličí, které také obsahuje velké množství silice. U jehličí se nejlépe destilují nové přírůstky, které zatím z důvodu ročního období nejsou k sehnání.

**Testování bezdrátové komunikace** probíhalo mezi dvěma počítači. Radiomodemy i moduly IP-LINK byly nastavené podle uživatelských manuálů. Pomocí příkazu ping bylo spojení ověřováno. Jde o základní diagnostický prvek, kterým lze otestovat funkčnost v TCP/IP sítích. Ping je obsažen v operačním systému a funguje tak, že vyšle dotaz na specifikovanou IP adresu a čeká, zda mu dané zařízení odpoví. Při prvních pokusech radiomodemy nekomunikovaly, a to z důvodu vzájemného rušení, poněvadž byly umístěné v jedné místnosti. Tento problém byl vyřešen snížením výkonu radiomodemu. Dále byl jeden radiodem umístěn na model destilační kolony a druhý k ovládacímu PLC. Jak je vidět na obrázku 6.5 komunikace byla znovu ověřena pomocí příkazu ping.

```
C:\>tracert 192.168.0.2
Tracing route to 192.168.0.2 over a maximum of 30 hops
  1      1 ms      1 ms      1 ms    192.168.1.1
  2    293 ms    289 ms    309 ms   10.10.10.1
  3    279 ms    259 ms    259 ms   192.168.0.2
Trace complete.
C:\>tracert 192.168.0.2
Tracing route to 192.168.0.2 over a maximum of 30 hops
  1      1 ms      1 ms      1 ms    192.168.1.1
  2    298 ms    319 ms    259 ms   10.10.10.1
  3    263 ms    279 ms    279 ms   192.168.0.2
Trace complete.
```

Obr. 6.5: Ověření komunikace pomocí příkazu ping

Při ovládání kolony však docházelo ke ztrátě komunikace. Důvodem bylo rušení radiomodemu. Tento problém se bohužel nepodařilo vyřešit. Po ztrátě komunikace se model destilační kolony přepnul do programu autonomního řízení, aby nedošlo k havarijním stavům.

## 7 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI

V průběhu práce byla ověřena funkčnost zařízení i komunikace. Destilace byla vyzkoušena na pěti experimentech. Při prvním byla destilační kolona připojena k řídicímu PLC pomocí ethernetového kabelu a v programu RS Logix 5000 byla nastavena konfigurace. Dále byly vytvořeny globální proměnné (kontrolní tagy), které sloužily k ukládání příchozích dat a zápisu hodnot odesílaných. Při druhém experimentu byla vytvořena vizualizace, která slouží pro ovládání destilační kolony. Ve vizualizaci byly nastavovány parametry jednotlivých grafů, které zaznamenávají informace z procesu destilace. Třetí testování bylo již s destilační směsí, která byla tvořena kousky pomerančové kůry, z kterých byla získána pomerančová silice. Nastavil se stoprocentní výkon na vyvíječi páry, aby došlo k vytvoření par. V destilační baňce se teplota udržovala nižší kolem 97 °C, aby docházelo jen k mírnému probublávání směsi pomerančů. Uvolňoval se extrakt, který se váže na páru a uniká do chladiče. Zde se pára s extraktem zchladí a výsledný destilát se jímá do baňky. Experiment trval 4 hodiny, kdy z 1,5 kg pomerančové kůry bylo vydestilováno 5 ml směsi pomerančové silice. V průběhu destilace byla vizualizace upravována pro lepší přehlednost a funkčnost. Další experiment probíhal stejně jako předchozí a pouze potvrdilo funkčnost, destilovanou směsí bylo jehličí. Ze 2 kg jehličí bylo po 3 hodinách vydestilováno 2 ml silice. V poslední etapě byla experiment bezdrátové komunikace. Radiomodemy i IP-linky byly nastavené podle uživatelských manuálů. Při ovládání destilační kolony docházelo ke ztrátám komunikace z důvodu rušení. Program se při ztrátě komunikace přepnul do autonomního řízení, ve kterém fungoval dokud se komunikace znovu neobnovila. Po 4 hodinách bylo pomocí bezdrátové komunikace vydestilováno 5ml směsi silice z 2 kg pomerančové kůry.

## 8 ZÁVĚR

Bakalářská práce navazuje na předchozí semestrální projekt a pokračuje v jeho vývoji a dokončení. Popisuje činnost autora a vývoj práce.

Bezdrátovou komunikaci zajišťují dva radiomodemy Sateline-3ASd od firmy Satel a dva moduly IP-LINK, pomocí kterých je vytvořena bezdrátová TCP / IP síť. Pro správnou komunikaci musely být radiomodemy i dva moduly IP-LINK nastaveny. IP-LINK je připojen k Ethernetu a do rádiového modemu. Nejprve se nastavila IP adresa pro Ethernet, poté IP adresa pro rozhraní mezi radiomodemem. Obě zařízení mají navzájem oddělené prostory síťových adres.

Vizualizace byla navržena v programu FactoryTalk View od firmy Rockwell Automation a slouží ke vzdálenému ovládní a monitorování destilační kolony. Skládá se z hlavní obrazovky, která má koncept celkového zobrazení destilační kolony. Mimo jiné jsou zde zobrazeny také aktuální teploty a hladiny v baňkách. Z hlavní obrazovky je možné se přepínat na jednotlivé dílčí obrazovky obsahující detailní pohledy na jednotlivé části kolony nebo na grafy. Grafy zobrazují teploty na topných hnízdech, teploty v chladícím okruhu nebo výstupní hladinu.

V poslední části je popsáno testování. V první etapě testování byla bezdrátová komunikace nahrazena komunikací pomocí ethernetového kabelu a byl testován program na ovládní kolony a vizualizace. Destilovanou surovinou byla pomerančová kůra. Výsledkem první etapy testování bylo odstranění závad ve vizualizaci a ověření možnosti stoprocentního ovládní destilačního procesu. Druhá etapa byla zaměřena na bezdrátovou komunikaci radiomodemu. Komunikace byla vytvořena mezi dvěma počítači a pomocí příkazu ping bylo spojení ověřováno. Poslední etapou testování bylo ověření funkčnosti bezdrátové komunikace mezi modelem kolony a ovládacím počítačem. Při bezdrátové komunikaci docházelo k náhodným ztrátám signálu radiomodemu. Důvodem je okolní rušení i rušení se radiomodemu navzájem. V případě těchto výpadků komunikace se přepne program destilační kolony do autonomního módu, který slouží jako bezpečnostní prvek. Závěrem lze dodat, že radiomodemy nejsou určeny pro ovládní procesu na takto krátkou vzdálenost, jaká byla v daném případě.

## LITERATURA

- [1] RADIO MODEM SATELLINE-3AS(d), 869 a Epic. *Uživatelská příručka* [el.-text], verze 2.6. 2006-05-12, [cit. 2011-12-12]. Dostupné na internetu: <[http://industry.net.controltech.cz/data/industry.net/satellite\\_3as.pdf](http://industry.net.controltech.cz/data/industry.net/satellite_3as.pdf)>.
- [2] ZEZULKA, František a Ondřej HYNČICA. *Průmyslový Ethernet IX: Ethernet/IP, EtherCAT*. In: AUTOMA [online]. 10. vyd., 2008 [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37910.pdf>>.
- [3] ZEZULKA, František. *Prostředky průmyslové automatizace*. 1. vyd. Brno: VUTUM, 2004, 176 s. ISBN 80-214-2610-1.
- [4] IFM ELECTRONIC. *Přístrojová příručka, doplnění Interface Ethernet/IP* [online]. 2010 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <<http://www.ifm.com/mounting/7390706UK.pdf>>.
- [5] ControlLogix. *ControlTech Industrial Automation* [online]. 2012 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <<http://controltech.cz/cz/component/k2/item/203-controllogix>>.
- [6] CHLAD, Petr. *Řídicí systém pro laboratorní model destilační kolony*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Radek Štohl.
- [7] SATEL. *IP-LINK User guide* [online]. 2005 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <[http://www.satel.com/userData/satel/downloads/user-guides/satellink/IP-LINK\\_UserGuide\\_V\\_1.2.pdf](http://www.satel.com/userData/satel/downloads/user-guides/satellink/IP-LINK_UserGuide_V_1.2.pdf)>.
- [8] IFM Electronic *Datový list PI2956* [online]. 11-2005 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://ifm.com/ifmcz/web/dsfs!PI2956.html>>.
- [9] IFM Electronic *Datový list TT2181* [online]. 12-2008 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://ifm.com/ifmcz/web/dsfs!TT2181.html>>.
- [10] IFM Electronic *Datový list TS2229* [online]. 01-2010 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://www.ifm.com/products/cz/ds/TS2229.htm>>.
- [11] IFM Electronic *Datový list KG5065* [online]. 11-2010 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://ifm.com/ifmcz/web/dsfs!KG5065.html>>.
- [12] IFM Electronic *Datový list LK3122* [online]. 10-2011 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://ifm.com/ifmcz/web/dsfs!LK3122.html>>.



- [13] IFM Electronic *Datový list E43100* [online]. 09-2003 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://ifm.com/ifmcz/web/dsfs!E43100.html>>.
- [14] AC1337 *Datový list KD5023* [online]. 12-2008 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://ifm.com/ifmcz/web/dsfs!KD5023.html>>.
- [15] Brněnská Drutěva výrobní družstvo *Laboratorní topná hnízda LTHS* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://www.druteva.cz/vyroba-sluzby/laboratorni-topna-hnizda-topnepasy/laboratorni-topna-hnizda-lths>>.
- [16] PolyScience *Katalog* [online]. 05-2006 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <[http://www.laboplus.pl/images/stories/katalogi/Circulator\\_Catalog.pdf](http://www.laboplus.pl/images/stories/katalogi/Circulator_Catalog.pdf)>.
- [17] Takasago Electric Inc. *Datový list PK-0802-NO* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://www.takasago-elec.com/pdf/pk-0802-no-e.pdf>>.
- [18] Iwaki America Inc. *RD series direct drive pump - Instruction manual* [online]. 11-2009 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <[http://www.iwakiamerica.com/Literature/RD/180286\\_RDmanual.pdf](http://www.iwakiamerica.com/Literature/RD/180286_RDmanual.pdf)>.
- [19] Cole-Parmer *Datový list L/S DC-Powered drives* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://www.coleparmer.com/Virtual-Catalog/I/1246>>.
- [20] Cole-Parmer *MasterFlex L/S Easy-Load 3 pump heads - Operating manual* [online]. A-1299-5093 Edition 05 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <[http://www.coleparmer.com/Assets/manual\\_pdfs/77800-50,-52,-60,-62.pdf](http://www.coleparmer.com/Assets/manual_pdfs/77800-50,-52,-60,-62.pdf)>.
- [21] PÁSEK, Jan. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů*. Brno, 2007.
- [22] ALLEN-BRADLEY. *Systém CompactLogix: 1769-SG001N-CS-P* [online]. 2012 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1769-sg001\\_-cs-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1769-sg001_-cs-p.pdf)>.
- [23] IFM Electronic *Datový list AC1337* [online]. 02-2008 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://www.ifm.com/products/cz/ds/AC1337.htm>>.

## **SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK**

FTP – Protokol určen pro předávání souborů ze serveru a na server (File Transfer Protocol)

HTTP – Internetový protokol určený pro výměnu hypertextových dokumentů ve formátu HTML (HyperText Transfer Protocol)

PLC – Programovatelný logický automat (Programmable Logical Automat)

LCD – Displej z tekutých krystalů (Liquid Crystal Display)

IP – Protokol síťové vrstvy (Internet Protocol)

PC – Osobní počítač (Personal Computer)

TCP – Primární transportní protokol (Transmission Control Protocol)

UDP – Standard sady protokolů TCP/IP (User Datagram Protocol)

CIP – Protokol pro aplikace průmyslové automatizace (Common Industrial Protocol)

# SEZNAM PŘÍLOH

Seznam příloh na CD-ROM:

**1) BP\_Bilek\_Michal.pdf**

**2) BP\_priloha.zip**

a) EthernetIP.ACD - Program pro RS Logix 5000

b) Destil.apa - Vizualizace pro FactoryTalk View Studio ME 6.0

c) Report program pro RS Logix 5000

d) Report vizualizace pro FactoryTalk View Studio ME 6.0