

# 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

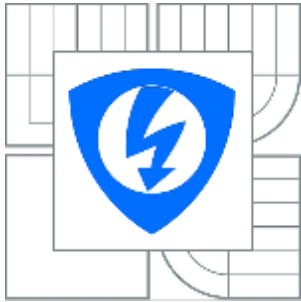
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN MALÉŘ

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

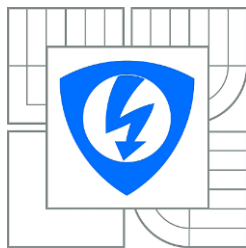
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MARTIN MALÉŘ**

**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:** Martin Maléř  
**Ročník:** 3

**ID:** 136554  
**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 MODBUS TCP.
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 semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následku 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 vytvořit bezdrátový komunikační kanál mezi programovatelným automatem laboratorního modelu destilační kolony a automatem, jež tento model bude ovládat. K tomu slouží průmyslové bezdrátové moduly a sběrnice ModBus TCP/IP v režimu klient-server. Dále byla vytvořena vizualizace, která umožňuje ovládání zmíněného laboratorního modelu. V závěru bylo vše otestováno.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Bezdrátová komunikace, PLC, ModBus TCP/IP, vizualizace, destilace, destilační kolona.

## **ABSTRACT**

The main aim of this bachelor's thesis was to establish wireless communication between programmable logic controller (PLC) used in laboratory model of a distillation column and PLC, which controls the technological process. Industry bus ModBus TCP/IP and wireless modules in client-server mod was chosen to reach this goal. To control the technological process was created visualization. At the finish of the work everything was tested.

## **KEY WORDS**

Wireless communication, PLC, ModBus TCP/IP, visualization, distillation, distillation column.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MALÉŘ, M. Bezdrátová komunikace PLC s laboratorním modelem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 52 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma “Bezdrátová komunikace PLC s laboratorním modelem“ 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 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.

V Brně dne:

.....

podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radku Štohlovi, Ph.D za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

V Brně dne:

.....  
podpis autora

**OBSAH**

Seznam obrázků.....	8
Seznam tabulek.....	9
1 Úvod.....	10
2 Použitá PLC .....	11
2.1 Obecné informace .....	11
2.2 ControlLogix.....	12
2.3 CompactLogix .....	12
2.4 Komunikační moduly pro PLC Allen-Bradley .....	13
3 Prostředky bezdrátové komunikace .....	14
3.1 Satel IP-LINK .....	14
3.2 Radiomodemy Sateline-3ASd .....	15
3.2.1 Omezení použití radiomodemů .....	16
4 Sběrnice ModBus TCP/IP .....	17
5 Laboratorní model destilační kolony .....	19
5.1 Postup destilace s vodní parou.....	19
5.2 Chemická část laboratorního modelu .....	19
5.3 Řízení modelu.....	21
5.4 Paměťově oblasti automatu AC1337.....	22
6 Princip komunikace.....	25
7 Nastavení zařízení .....	26
7.1 Nastavení PLC AC1337 – server.....	26
7.2 Nastavení PLC ControlLogix a CompactLogix – klient .....	26
7.3 Konfigurace přídatných komunikačních modulů.....	26
7.4 Konfigurace IP-LINKů a radiomodemů .....	27
8 Program na klientském PLC .....	29
8.1 Tagy .....	29
8.2 Dekódování příchozích dat .....	29
8.3 Kontrola funkčnosti spojení.....	30
9 Vizualizace.....	31
9.1 Struktura vizualizace.....	31
9.2 Popis obrazovek vizualizace .....	32
10 Závěr.....	36
Seznam použité literatury .....	37
Seznam zkratk.....	39
Seznam příloh.....	40
A. Nastavení PLC a modulů .....	41
B. Nastavení IP-LINKů a radiomodemů .....	47
C. Testování.....	50
D. Obsah příloženého CD .....	52



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 2.1 - Princip propojení PLC s technologickým procesem .....	11
Obrázek 2.2 - Vnitřní struktura PLC [4] .....	11
Obrázek 2.3 - PLC ControlLogix .....	12
Obrázek 2.4 - PLC CompactLogix .....	13
Obrázek 2.5 - MVI56E-MNETC [7] (vlevo), MVI69-MNET [8] (vpravo).....	13
Obrázek 3.1 - Satel IP-LINK [9] .....	14
Obrázek 3.2 - Komunikační řetězec se zařízeními Satel [11] .....	14
Obrázek 3.3 - Radiomodem Sateline-3ASd [13].....	15
Obrázek 5.1 - Schéma chemické aparatury laboratorního modelu [19].....	20
Obrázek 5.2 - Paměť automatu AC1337 [20] .....	22
Obrázek 6.1 - Komunikační řetězec .....	25
Obrázek 7.1 - Hlavní nabídka nastavení IP-LINKu .....	27
Obrázek 7.2 - Hlavní nabídka nastavení radiomodemu .....	28
Obrázek 8.1 - Programovací blok BTD .....	29
Obrázek 8.2 - Vývojový diagram kontroly funkčnosti komunikace .....	30
Obrázek 9.1 - Struktura vizualizace .....	31
Obrázek 9.2 - Úvodní obrazovka.....	32
Obrázek 9.3 - Hlavní obrazovka.....	33
Obrázek 9.4 - Obrazovka detailu generátoru páry.....	33
Obrázek 9.5 - Obrazovka s detailem destilační baňky - anglicky .....	34
Obrázek 9.6 – Obrazovky s grafy teplot v baňkách a v chladiči .....	35
Obrázek 9.7 – Obrazovka s grafem stavu lednice .....	35
Obrázek 9.8 - Obrazovka alarmů.....	35
Obrázek B.1 - Hlavní nabídka nastavení IP-LINKu .....	47
Obrázek B.2 - Nastavení ethernetového rozhraní IP-LINKu .....	47
Obrázek B.3 - Nastavení sériového rozhraní IP-LINKu .....	47
Obrázek B.4 - Nastavení ethernetového rozhraní pro radiomodem .....	48
Obrázek B.5 - Výchozí brána IP-LINKu.....	48
Obrázek B.6 - Nastavení routování .....	48
Obrázek B.7 - Přehled routování .....	48
Obrázek B.8 - Hlavní nabídka nastavení radiomodemu.....	49
Obrázek C.9 - Odezvy při použití bezdrátového komunikačního kanálu .....	50
Obrázek C.10 - Probíhající destilace pomerančové silice .....	51

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1 - Technická specifikace .....	15
Tabulka 4.1 - Struktura zprávy ModBus TCP/IP [16] .....	17
Tabulka 4.2 - Typy přenášených dat [17] .....	17
Tabulka 4.3 - Základní funkce [17] .....	18
Tabulka 5.1 - Seznam a použití snímačů .....	20
Tabulka 5.2 - Seznam a použití akčních členů .....	21
Tabulka 5.3 - Paměť IN - význam jednotlivých čtených registrů [19] .....	22
Tabulka 5.4 - Paměť OUT - význam jednotlivých zapisovaných registrů [19] .....	24
Tabulka A.1 - Připojení modulů PLC [7], [8] .....	41
Tabulka A.2 - Vložení Add-On instrukce [7], [8] .....	43
Tabulka A.3 - Konfigurace modulů [7], [8] .....	44

## 1 ÚVOD

Tato bakalářská práce je pomyslně rozdělena do dvou hlavních celků. První část se věnuje představení jednotlivých zařízení, jejich vlastnostem a možnostem použití. Jsou v ní představeny obě klientská PLC včetně potřebných přídatných modulů pro komunikaci po sběrnici ModBus TCP/IP. Další kapitola představuje technické prostředky potřebné k vytvoření bezdrátového komunikačního kanálu pro vzdálené řízení laboratorního modelu destilační kolony. Jsou jimi routery a radiomodemy. Následující kapitola popisuje komunikační protokol ModBus TCP/IP, jeho princip a strukturu. Poslední z teoretických kapitol je věnována seznámení se s laboratorním modelem destilační kolony. Je zde zmíněn základní princip a postup použité metody destilace s nosnou párou, pak ale především je tato kapitola věnována popisu samotného modelu. A to z hlediska jeho konstrukce, použitých snímačů a akčních členů, tak i z hlediska jeho řídicího systému a softwaru v řídicím PLC.

Druhý celek práce je věnován praktické realizaci. Jsou zde popsány postupy při nastavování jednotlivých zařízení, které jsou mnohem podrobněji popsány v přílohách. V další kapitole je popsána myšlenková struktura a jednotlivé části programu běžícího na klientském automatu. Vizualizaci je věnována poslední kapitola. Je v ní popis struktury vizualizace, jednotlivých obrazovek, indikačních a ovládacích prvků.

V závěru jsou shrnuty poznatky z postupu práce, výsledků z testování jednotlivých částí a následně celku.

V přílohách se nacházejí detailní postupy nastavení jednotlivých zařízení, výsledky testů zařízení a dále CD-ROM s elektronickou verzí této práce, zmíněným programem, vizualizací a konfiguračními soubory.

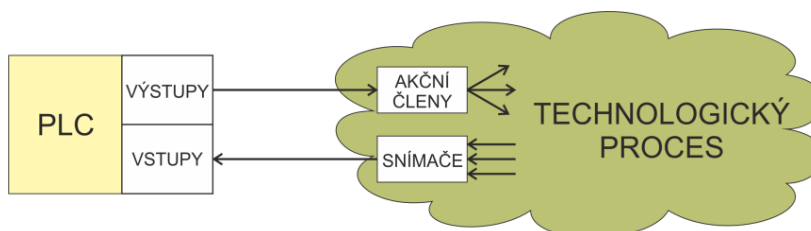
## 2 POUŽITÁ PLC

### 2.1 Obecné informace

Programovatelný logický automat je zařízení pro zpracovávání a vyhodnocování signálů, které jsou přivedeny na jeho vstupy. Tyto signály pocházejí z technologických procesů. Používá programovatelnou paměť pro uložení uživatelsky orientovaných instrukcí. Podle naprogramovaných sekvenčních logických a časových funkcí, generuje výstupní signály. Těmito signály na svých výstupech ovládá jednotlivé elektrické prvky, např. stykače motorů, topná tělesa, ventily atd.

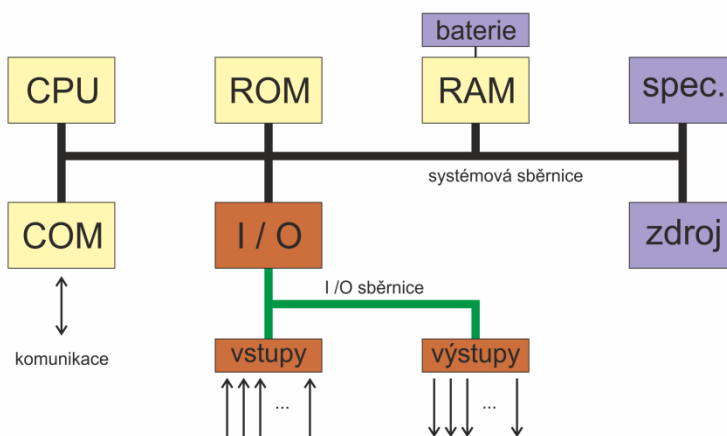
Výhodou programovatelných automatů proti do té doby používaným reléovým systémům je jejich snadná modifikovatelnost, rozšiřitelnost a především pak mnohem vyšší spolehlivost. Vylučují nestandardní provozní stavy, umožňují bezprostřední diagnostiku poruch, ať už vstupních nebo výstupních signálů, a tím i jejich rychlou opravu. [2], [3]

Připojení PLC s technologickým procesem je naznačen na Obrázek 2.1.



Obrázek 2.1 - Princip propojení PLC s technologickým procesem

Bloková struktura programovatelného automatu je znázorněna na Obrázek 2.2. Základem PLC jsou v principu tři funkční bloky: zpracování informace, vstupy/výstupy a paměť. Ostatní bloky jsou podpůrné a doplňkové.



Obrázek 2.2 - Vnitřní struktura PLC [4]

Činnost PLC je založena na cyklickém provádění řídicího programu, tzv. skenování. Posloupnost činnosti je následující: paralelní načtení vstupů (uložení do obrazu vstupů do paměti RAM), sériové zpracování programu (čtení obrazu vstupů a dle programu zápis hodnot do obrazu výstupů v paměti RAM), paralelní nastavení výstupních signálů (přepis obrazu výstupů) a servisní služby. [4]

## 2.2 ControlLogix

Systém ControlLogix (Obrázek 2.3) je nejvýkonnější řídicí systém řady Logix. Je určen pro řízení rozsáhlých technologických procesů, lze jej použít pro řízení samostatných aplikací, pohonů, pohybu, procesů a zabezpečení. Systém je modulární, což jej umožňuje efektivně navrhovat, vytvářet a upravovat. Jednoduchý systém ControlLogix sestává ze samostatné řídicí jednotky a vstup/výstupních modulů v jediném rámu.

Architektura ControlLogix používá vnitřní sběrnici ControlBus. Uskutečňuje požadavky na komunikaci koordinací periodického přístupu jednotlivých zařízení k lince. Jde o paralelní sběrnici, na níž jsou připojeny jednotlivé moduly systému, zasunuté do šasi. Znamená to, že se moduly nerozlišují podle toho, zda jsou master nebo slave, ale podle toho, zda data produkují nebo naopak spotřebovávají. Moduly mají ke sběrnici naprosto rovnocenný přístup bez ohledu na to, zda jde o procesor, komunikační jednotku nebo vstup/výstupní modul.

Hlavními výhodami této architektury je rychlá výměna dat mezi moduly, neomezený počet modulů, procesorů v šasi, možnost moduly vkládat i vyjímat ze šasi z provozu (pod napětím), realizace diagnostiky vnějších vstup/výstupních obvodů, plná softwarová konfigurovatelnost všech modulů s hardwarovou a softwarovou diagnostikou.

V systému Logix probíhají aktualizace vstupů/výstupů asynchronně k provádění logiky. Toto dovoluje aplikaci přijímat obnovená data, jakmile je to možné. Pokud aplikace potřebuje synchronní obnovování vstupů/výstupů, použije se synchronní instrukce kopírování (CPS) k načtení vstup/výstupních dat na začátku každého skenu. [5]



Obrázek 2.3 - PLC ControlLogix

## 2.3 CompactLogix

Systém CompactLogix (Obrázek 2.4) je navržen pro středně velké aplikace. Jsou jimi obvykle řízení jednotlivých strojů, s požadavky na vstupy a výstupy, síťovou konektivitu a řízení pohybu.

Jednoduchý systém se může skládat ze samostatné řídicí jednotky s jednou řadou vstup/výstupních modulů a jedním komunikačním rozhraním. U složitějšího systému lze přidat další síť a řízení pohybu. Více řídicích jednotek může vzájemně komunikovat v sítích a sdílet data.

Platforma CompactLogix spojuje všechny výhody platformy Logix — společné programovací prostředí, společné síť, společný řídicí systém. CompactLogix je ideální pro systémy, které vyžadují samostatné nebo systémové řízení přes síť EtherNet/IP, ControlNet nebo DeviceNet. [6]



Obrázek 2.4 - PLC CompactLogix

## 2.4 Komunikační moduly pro PLC Allen-Bradley

Jedná se o rozšiřující moduly pro komunikaci pomocí protokolu ModBus TCP/IP od firmy ProSoft. Oba komunikační moduly podporují funkce ModBus 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (pouze MVI56E-MNETC), 15, 16. Moduly jsou pomocí „Add-On“ instrukce plně integrovány do programu RSLogix 5000.

Pro PLC ControlLogix je použita karta MVI56E-MNETC. Tento modul podporuje až 30 připojení jako klient. Nelze jej však použít jako server.

MVI69-MNET je karta určená pro PLC CompactLogix. Kromě toho, že modul podporuje funkci klienta, je jeho součástí také funkce serveru.



Obrázek 2.5 - MVI56E-MNETC [7] (vlevo), MVI69-MNET [8] (vpravo)

### 3 PROSTŘEDKY BEZDRÁTOVÉ KOMUNIKACE

#### 3.1 Satel IP-LINK

Zařízení Satel IP-LINK (Obrázek 3.1) je router pro bezdrátové sítě TCP/IP. S radiomodemem Sateline umožňuje bezdrátová spojení systémů ovládání a správy založených na síti Ethernet. Pozice routeru v komunikačním řetězci je znázorněno na Obrázek 3.2.

IP-LINK převádí datové pakety vysílané po Ethernetu do tvaru pro rádiový modem a naopak. Zařízení má dvě IP adresy, jednu pro rozhraní Ethernet, druhou pro rozhraní rádiových modemů. Data mezi radiomodemy lze pro zvýšení zabezpečení kódovat a pro dosažení vyšších přenosových rychlostí také komprimovat. [9], [10]



Obrázek 3.1 - Satel IP-LINK [9]

Router Satel IP-LINK je vybaven následujícími konektory:

CANNON 15 pro rádiový modem SATELLINE

CANNON 9 pro RS232

RJ-45 pro Ethernet



Obrázek 3.2 - Komunikační řetězec se zařízeními Satel [11]

### 3.2 Radiomodemy Sateline-3ASd

Radiomodemy Sateline-3ASd jsou určeny pro rozlehlé sítě a systémy, které vyžadují rychlý a spolehlivý přenos dat. Mohou nabídnout rychlosti do 19.2 kbps a má volitelné sériové rozhraní v rozsahu 300 ... 38 400 bps. Radiomodemy obsahují softwarovou funkci pro korekci chyb FEC (Forward Error Correction). Tuto metodu lze použít pro minimalizaci chyb způsobených zarušenými kanály v místech s interferencí.

Jak je vidět na Obrázek 3.3, model je vybaven LCD displejem, který nabízí uživateli možnost provést kontrolu nebo přímo konfiguraci zařízení bez potřeby přístupu k PC nebo terminálu. Dále displej umožňuje testování rádiového spojení mezi modemy. K ovládání slouží čtyři tlačítka pod displejem. Ve spodní části radiomodemu se nachází řada LED indikujících stav jeho funkcí.

Rádiové modemy Sateline-3ASd pracují vždy v jednom ze 4 provozních režimů: režim přenosu dat (Data Transfer Mode), režim programování (Programming Mode), zkušební režim (Test Mode) nebo pohotovostní režim (Standby Mode). [12]



Obrázek 3.3 - Radiomodem Sateline-3ASd [13]

Technickou specifikaci jsem převzal z manuálu zařízení [14].

SATELLINE-3AS(d) (869 MHz) splňují následující mezinárodní normy: EN 300 220-1 (rádiové požadavky) a ETS 300 683 (požadavky EMC).

Tabulka 3.1 - Technická specifikace

<b>Rádiový přijímač a vysílač</b>	
Kmitočtový rozsah	869.400 ... 869.650 MHz
Kanálová rozteč	25 kHz
Počet kanálů	10
Přenosový režim	poloduplexní
<b>Modem</b>	
Rozhraní	RS-232 nebo RS-485, RS-422
Konektor rozhraní	cannon 15, zásuvka
Datová rychlost sériového rozhraní	300 – 38400 bps
Datová rychlost rádiového rozhraní	19200 bps (kanál 25 kHz)
Formát dat	Asynchronní RS-232 nebo RS-422 nebo RS-485



Všeobecné	
Provozní napětí Příkon (průměrný)	+ 9 ...+ 30 VDC 1.7 VA (přijímač), 4.0 VA (vysílač), 0.05 VA (v pohotovostním režimu)
Rozsah provozních teplot	-25 °C...+55 °C
Konektor antény	TNC, 50 Ω, zásuvka

### 3.2.1 Omezení použití radiomodemů

Provoz radiokomunikačních zařízení krátkého dosahu v České republice ve frekvenčním rozsahu, jež nevyžaduje licenci 869,400 – 869,560 MHz, nezahrnující přitom pásmo 869,300 – 869,400 MHz, je určen podle doporučení CEPT/ERC/REC 70-03. Toto doporučení bylo vypracováno Evropskou komunikační komisí (ERC) podle Konference evropských správ pošt a telekomunikací (CEPT). Omezení využití pásma pro vysílání a příjem jednotlivého zařízení je 10% šířky pásma, přičemž jednotlivá doba přenosu nesmí překročit 36 s. Maximální možný efektivní vyzářený výkon je 500 mW<sub>ERP</sub>. [15]

## 4 SBĚRNICE MODBUS TCP/IP

Sběrnice ModBus definuje strukturu zpráv pro navázání spojení typu klient–server mezi inteligentními zařízeními. Protokol definuje pouze sedmou (aplikační) vrstvu ISO/OSI modelu. Používá se tedy na sériových linkách RS232/422/485 a také na standardu Ethernet TCP/IP vložením ModBus zprávy do TCP paketu.

Rámec protokolu Modbus se skládá z adresy řízené stanice (server), kódu operace podle specifikace Modbus, bloku přenášených dat a kontrolního součtu. V systému Modbus TCP/IP není kontrolní součet přenášen, neboť chyby přenosu jsou kontrolovány protokolem TCP.

ModBus je zaměřen pouze na přenos dat, nedefinuje tedy jejich tvar a význam, žádné profily zařízení. Kód funkce říká řízené stanici, co má s daty udělat. Nejjednodušší řízené stanice (např. vstupní/výstupní modul PLC) mohou být v systému Modbus/TCP řízeny velmi jednoduchou množinou funkcí protokolu Modbus.

Vedle popsaného způsobu komunikace typu klient–server již v Ethernetu/TCP rozšíření podle IEC/PAS, které definuje protokol s vlastnostmi reálného času umožňující komunikovat způsobem producent – spotřebitel. Zde se využívá protokolu UDP/IP, např. pro synchronizaci distribuovaných automatizačních komponent.

Tabulka 4.1 - Struktura zprávy ModBus TCP/IP [16]

MBAP hlavička				ModBus zpráva				
ID transakce	ID protokolu	Délka rámce	Adresa zařízení	Kód funkce	Počáteční adresa	Počet dat	Délka dat	Data
2 bytů	2 bytů	2 bytů	1 byte	1 byte	2 bytů	2 bytů	1 byte	N bytů

Identifikátor transakce je libovolné číslo jednoznačně definující konkrétní přenos. Toto číslo si nastavuje při každé transakci zařízení samo. Identifikátor protokolu je vždy 00 00 hex. Délka rámce říká, kolik bytů následuje za tímto blokem. Adresa zařízení jednoznačně identifikuje zařízení, server, se kterým komunikujeme. Kód funkce určuje typ zprávy, požadavku. Počáteční adresa udává počáteční pracovní adresu na serveru. Počet dat udává pracovní délku dat. Délka dat říká, kolik dat následuje. Data jsou N bytů dlouhá, jsou to samotná data pro zpracování.

Tabulka 4.2 - Typy přenášených dat [17]

Typ	Význam
Discrete Input	1-bit, pouze pro čtení (např. binární vstup)
Coil	1-bit, pro čtení i zápis
Input Register	16-bitový registr, pouze pro čtení (např. analogový vstup)
Holding Register	16-bitový registr, pro čtení i pro zápis

Tabulka 4.3 - Základní funkce [17]

Kód	Název	Význam
01	Read Coils	Čtení jednoho nebo více bitů
02	Read Discrete Inputs	Čtení jednoho nebo více bitů
03	Read Holding Registers	Čtení jednoho nebo více 16-bitových registrů
04	Read Input Registers	Čtení jednoho nebo více 16-bitových registrů
05	Write Single Coil	Zápis jednoho bitu
06	Write Single Register	Zápis jednoho 16-bitového registru
15	Write Multiple Coils	Zápis více bitů
16	Write Multiple Registers	Zápis více 16-bitových registrů

Funkční kód může nabývat hodnot 1 až 255. Ovšem hodnoty 128 až 255 jsou vyhrazeny pro negativní odpovědi od serveru.

Kódování dat, které tato sběrnice používá, je typu „Big-endian“. Při posílání dat větších než jeden byte se posílá jako první byte ten nejvyšší a nakonec ten nejnižší. Tedy při posílání 16-bitového registru např. o hodnotě 1234 hex je nejprve poslán byte 12 a až poté byte 34. [17]

## 5 LABORATORNÍ MODEL DESTILAČNÍ KOLONY

Destilace patří mezi způsoby oddělování dvou a více kapalných látek nebo kapalných látek od netěkavých založené na různých teplotách varu (těkavosti). Při zahřátí směsi se oddělují dvě nebo i více látek, které se těkavostí liší. Vždy se uvolňuje směs bohatší na těkavější složku. Zkapalněním plynné fáze (páry) ve výměníku tepla se získá destilát s větším podílem těkavější složky, než byla původní směs kapalin.

V laboratorním modelu je použita metoda destilace s vodní parou. Destilovanou směsí je proháněna vodní pára, která je vyvíjena v oddělené nádobě. Tím dochází v této směsi k poklesu bodu varu pod teplotu varu vody. Proto je tímto způsobem možné destilovat málo těkavé látky, které se s vodou nemísí, nebo jsou v ní nepatrně rozpustné, aniž by bylo nutné je zahřívat na jejich bod varu. Právě jejich nemísitelnost s vodou je výhodná pro jejich oddělení od vody po kondenzaci par.

Tato destilační metoda je tedy vhodná pro získávání rostlinných silic. Silice jsou voňavé těkavé látky, které se vyskytují v tělech rostlin. Například v kořeni (kmín, hřebíček, skořice, fenykl, anýz), kůře citrusů (pomeranče, citrony, mandarinky, grepy), jehličí (smrk, borovice). Některé silice mají praktické využití jako esenciální oleje pro výrobu parfémů (ružový olej). [18]

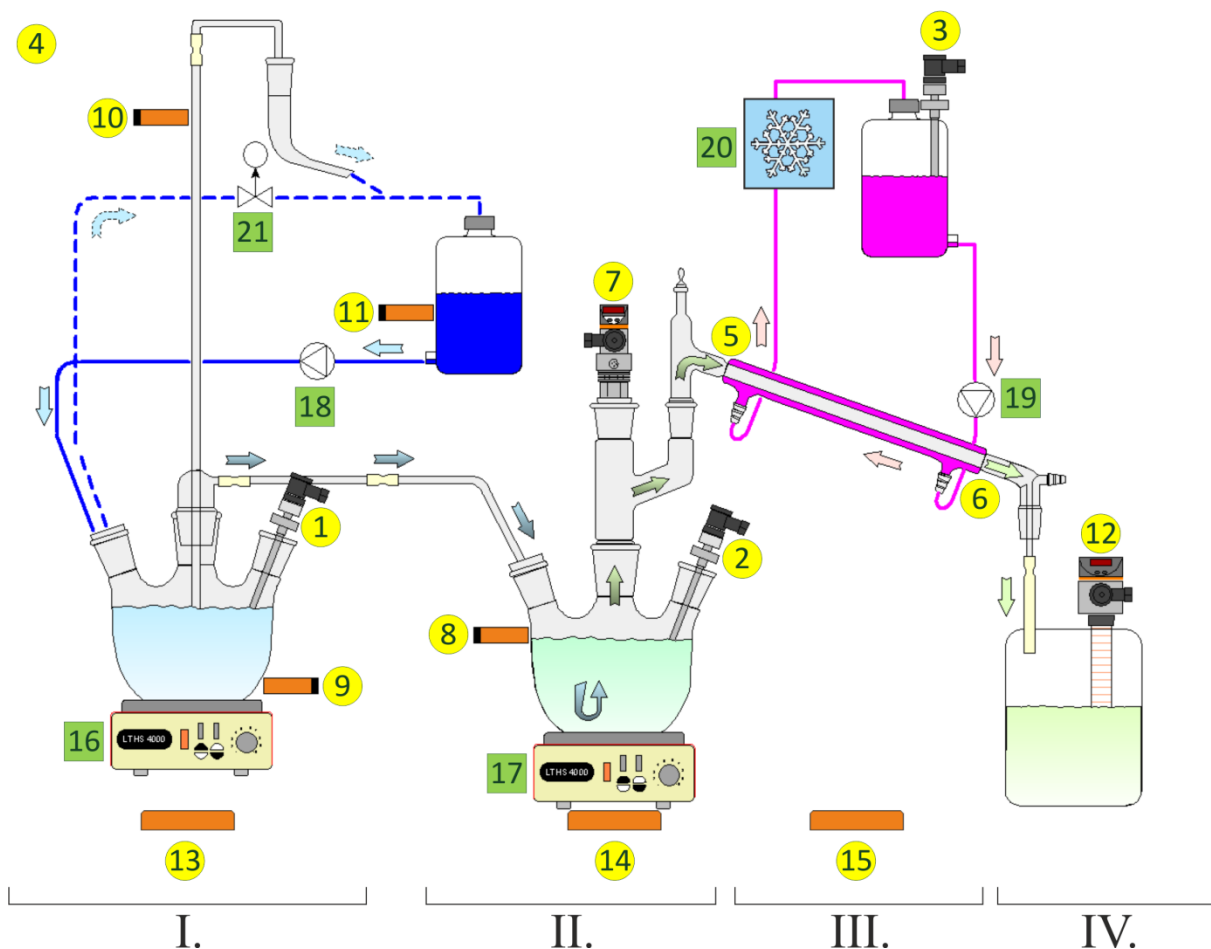
### 5.1 Postup destilace s vodní parou

Před započítím destilace je potřeba naplnit vyvíječ páry destilovanou vodou a destilační baňku naplnit směsí destilované vody a destilované látky. Destilovanou vodu používáme proto, aby se v baňkách neusazovaly nečistoty obsažené v obyčejné vodě a vodní kámen. Do baňky pro výrobu páry vložíme varné kameny, abychom zabránili skrytému varu. Uzavřeme solenoid (viz níže) a poté již můžeme začít tuto baňku zahřívat. Destilační baňku předehejeme téměř na teplotu varu vody, aby vodní pára byla použita pouze pro dodání výparného tepla a nekondenzovala v ní, a tedy nezvětšovala objem destilované kapaliny. Jakmile se ve vyvíječi páry začne voda vařit a vytvářet pára, otevřeme přívod páry do destilační baňky. V chladicím okruhu udržujeme nízkou teplotu tak, aby plynná fáze stihla kondenzovat. Filtrační baňka se začne plnit směsí vody a silice. Může trvat nějaký čas, než se od sebe separují a vytvoří dvě vrstvy kapalin. Ty už lehce pomocí této filtrační baňky oddělíme. Destilaci ukončíme až v době, kdy se přestane zakalovat vznikající destilát, což značí, že všechna silice již byla vydestilována. Nejdříve přerušíme přívod páry z vyvíječe do destilační baňky a až poté vypneme ohřívání vody. Tímto postupem zabráníme nasátí kapaliny z destilační baňky do vyvíječe. [18]

### 5.2 Chemická část laboratorního modelu

Laboratorní model obsahuje kompletní funkční chemickou aparaturu pro destilaci s vodní parou. Obsahuje skleněné části, jako jsou baňka generátoru páry a baňka destilační, trubice propojující jednotlivé části aparatury, chladič a filtrační baňka. Dále jsou zde použity silikonové hadičky pro připojení skleněných trubic a pro oběh chladicí kapaliny.

Schéma celé aparatury je znázorněno na Obrázek 5.1. V části I. se nachází vyvíječ páry a zásobník vody, v části II. je destilační baňka. Chladicí okruh s chladičem, lednice a zásobník na chladicí kapalinu je umístěn v části III. a v části IV. je filtrační baňka a zásobník na destilát.



Obrázek 5.1 - Schéma chemické aparatury laboratorního modelu [19]

Tabulka 5.1 - Seznam a použití snímačů

Snímač	Použití	Číslo v Obrázek 5.1
<b>Snímače teploty</b>		
TT2181 (ifm electronics)	teplota v baňce pro výrobu páry	1
	teplota v destilační baňce	2
	teplota v zásobníku chladicí kapaliny	3
TS2229 (ifm electronics)	teplota okolního prostředí	4
	teplota na vstupu chladiče	5
	teplota na výstupu chladiče	6
<b>Snímače tlaku</b>		
PI2956 (ifm electronics)	tlak v destilační baňce	7
<b>Snímače hladiny</b>		
KG5065 (ifm electronics)	max hladina v destilační baňce	8
	min hladina v baňce pro výrobu páry	9
	indikace přetlaku v baňce pro výrobu páry	10

	min hladina v zásobníku na vodu	11
LK3122 (ifm electronics)	hladina v koncovém zásobníku na destilát	12
<b>Snímače úniku kapalin</b>		
KD5023 (ifm electronics)	pod baňkou na výrobu páry	13
	pod destilační baňkou	14
	pod destilačním mostem	15

Tabulka 5.2 - Seznam a použití akčních členů

Akční člen	Použití	Číslo v Obrázek 5.1
<b>Topná hnízda</b>		
LTHS 4000 (Brněnská Drutěva)	baňka pro výrobu páry	16
	destilační baňka	17
<b>Čerpadla</b>		
Cole-Parmer	čerpání vody do vyvíječe páry	18
IWAKI RD-05HCV24-05	oběh chladicí kapaliny	19
<b>Laboratorní lednice</b>		
KR-30A (PolyScience)	ochlazování chladicí kapaliny	20
<b>Solenoid</b>		
PK-0802-NO (Takasago Electric Inc.)	uzavírání hadice pro odvod přetlaku ve vyvíječi páry	21

### 5.3 Řízení modelu

K řízení modelu je použita AS-interface sběrnice. Hlavním prvkem je zde PLC AC1337 od firmy ifm electronics, k němuž jsou připojeny jednotlivé moduly. PLC zde slouží především k ovládání akčních členů, ke sběru dat z procesu a jejich poskytování nadřazenému systému, od něhož přijímá příkazy. Komunikace s ním v našem případě probíhá pomocí protokolu Modbus TCP/IP. [19]

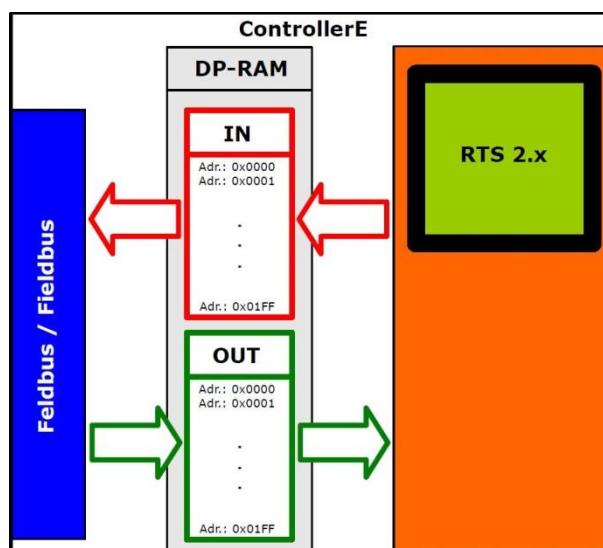
Dalším úkolem PLC je zajišťovat bezpečný provoz při případné závadě na aparatuře nebo výpadku komunikace s nadřazeným systémem.

Již dříve vytvořený program [21], který toto měl zajišťovat, bylo nutno upravit. Důvodů bylo hned několik. Regulátor výkonu obou topných hnízd podle požadované teploty v baňkách nebyl plně funkční. Při nastavení teploty ohříváč neustále fungoval na 100% výkonu a to i po překročení požadované teploty. Dále neexistovala zpětná informace o tom, zda požadovaná teplota nebo výkon byl opravdu nastaven.

Nyní regulátor reguluje výkon přiváděný na topné hnízdo pomocí PWM tak, jak bylo původně zamýšleno. Také byly přidány registry s nastavenými hodnotami teplot a výkonů do dat, která jsou posílána klientskému PLC. Dále je přidána adresa, na kterou když klient pošle data, pošle mu je server nezměněné zpátky. Toto lze využít například k ověřování funkčnosti komunikace.

#### 5.4 Paměťové oblasti automatu AC1337

V použitém automatu je dvoukanálová paměť RAM (Dual-Ported RAM). To znamená, že je paměť rozdělena na dvě části – IN a OUT, jak je znázorněno na Obrázek 5.2. Každá z těchto částí je o velikosti 512 bytů. Holding registry mají velikost 1 byte, tj. 8 bitů. Rozsah adres každé části je tedy 0 – 511 dec (0 – 1FF hex). Počáteční adresa oblasti IN je 0, oblast OUT má offset 1024 dec. Pro komunikaci slouží moduly 12 (pro oblast IN) a 13 (pro oblast OUT). Tyto moduly podporují paměťové oblasti o velikosti pouhých 128 bytů. Rozsah použitelných adres se tedy zmenší na 0 – 127 dec. Podporované ModBus funkce jsou 3 a 16. [20]



Obrázek 5.2 - Paměť automatu AC1337 [20]

Protože se přes ModBus posílají 16-bitové hodnoty, jsou adresy v následujících tabulkách rozděleny na low byte (spodní byte adresy) a high byte (horní byte adresy).

V paměťové oblasti IN se nacházejí registry pro čtení, tedy pro komunikaci směrem na sběrnici. Jsou v ní uloženy hodnoty ze snímačů připojených k PLC. Tato data jsou poskytována klientskému PLC.

Tabulka 5.3 - Paměť IN - význam jednotlivých čtených registrů [19]

ModBus adresa (16-b)	Proměnná	Typ	Význam
0	A_Temp0	int	teplota ve vyvíječi páry
1	A_Temp1	int	teplota v zásobníku vody
2	A_Temp2	int	teplota v destilační baňce
3	A_Temp3	int	teplota v zásobníku fridexu
4	A_Temp4	int	teplota na výstupu chladiče

5	A_Temp5	int	teplota na vstupu chladiče
6	A_Temp6	int	teplota okolí
7	A_Temp7	int	rezerva, nevyužito
Teploty jsou udávány v desetínách stupně Celsia. Tzn. pro získání teploty ve stupních Celsia je nutno tyto hodnoty vydělit desíti. (převzato z [21], ověřeno experimentálně)			
8	A_Press	int	tlak v destilační baňce
Abychom získali hodnotu tlaku v kPa, musíme odečíst od hodnoty číslo 14 (stejnosemerná složka) a následně vydělit číslem 39. (převzato z [21], ověřeno experimentálně)			
9	A_Level	int	hladina ve výstupní části
Pro získání hodnoty hladiny v centimetrech je třeba od hodnoty nejprve odečíst číslo 39 (stejnosemerná složka) a poté jej vydělit číslem 498. (převzato z [21], ověřeno experimentálně)			
10	-	int	vrazení hodnoty ze output registru 0
20 low	A_LevelOverflow	bool	signalizace překročení max. hladiny v nádobě na produkt
20 high	A_PressOverflow	bool	signalizace přetlaku v destilační baňce
21 low	A_LimitLevel1	bool	signalizace přetlaku ve vyvíječi páry
21 high	A_LimitLevel2	bool	minimální hladina ve vyvíječi páry
22 low	A_LimitLevel3	bool	minimální hladina v zásobníku vody
22 high	A_LimitLevel4	bool	maximální hladina v destilační baňce
23 low	A_Liquid1	bool	signalizace úniku kapaliny - vyvíječem páry
23 high	A_Liquid2	bool	signalizace úniku kapaliny - destilační baňka
24 low	A_Liquid3	bool	signalizace úniku kapaliny - chladič
25	A_Flask1TempZ	int	nastavená teplota v baňce s párou
26	A_Flask2TempZ	int	nastavená teplota v destilační baňce
27 low	A_Man_Heater1Power	byte	nastavený výkon ohřivače 1
27 high	A_Man_Heater2Power	byte	nastavený výkon ohřivače 2
31 low	A_Solen	bool	stav solenoidu (On / Off)
31 high	A_PumpC	bool	stav čerpadla fridexu (On / Off)
32 low	A_PumpW	bool	stav čerpadla vody (On / Off)
32 high	A_Heater1	bool	stav ohřivače vyvíječe páry (On / Off)
33 low	A_Heater2	bool	stav ohřivače destil. baňky (On / Off)
33 high	A_Fridge	bool	stav chladicího zařízení (On / Off)
34 low	A_FridgeBlocking	bool	stav blokování chladicího zařízení
34 high	A_LedU	bool	informace o zapnuté horní LED



35 low	A_LedD	bool	informace o zapnuté dolní LED
36 low	A_Model	bool	zvolený model (0 – SW, 1 – REAL )
36 high	A_SafetyState	byte	bezpečnostní stav (0 – 3)
40 (low 16) 41 (high 16)	A_FridgeTimeAct	dword	aktuální doba blokování vypnutí chladicího zařízení
42 (low 16) 43 (high 16)	A_FridgeTime	dword	celková doba blokování vypnutí chladicího zařízení

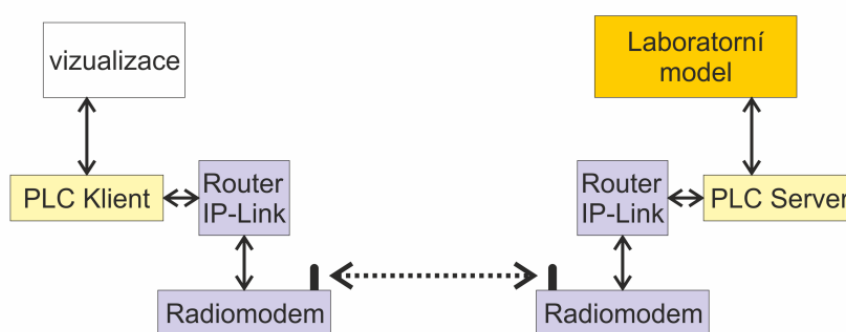
Paměťová oblast OUT slouží pro komunikaci ve směru ze sběrnice. Jsou v ní registry pro zápis. Data jsou posílána z klientského PLC a obsahují data pro řízení laboratorního modelu.

Tabulka 5.4 - Paměť OUT - význam jednotlivých zapisovaných registrů [19]

ModBus adresa (16-b)	Proměnná	Typ	Význam
0	-	int	hodnota se přenesse do input registru 10
3 low	A_OSM_ResetModel	bool	reset SW modelu
3 high	A_OSM_SModelPace	byte	rychlost SW modelu (0 - 5, 0 = stop)
5 low	A_Man_Solenoid	bool	požadavek na uzavření solenoidu
5 high	A_Man_PumpCool	bool	zapnutí/vypnutí čerpadla chlad. zařízení
6 high	A_OSM_WaterFull	bool	doplnění vody v SW modelu
10 low	A_Man_Heater1	bool	zapnutí/vypnutí ohřívání vyvíječe páry
10 high	A_Man_H1c	bool	nastavení topného hnízda 1 (0 – nastavuje výkon, 1 – nastavuje teplotu)
11 low	A_Man_Heatr1Power	byte	hodnota požadovaného výkonu
11 high (low 16) 12 low (high 16)	A_Flask1TempZ	int	hodnota požadované teploty
15 low	A_Man_Heater2	bool	zapnutí/vypnutí ohřívání destil. baňky
15 high	A_Man_H2c	bool	nastavení topného hnízda 2 (0 – nastavuje výkon, 1 – nastavuje teplotu)
16 low	A_Man_Heatr2Power	byte	hodnota požadovaného výkonu
16 high (low 16) 17 low (high 16)	A_Flask2TempZ	int	hodnota požadované teploty
20 low	A_Man_FridgeOn	bool	požadavek na zapnutí lednice
20 high	A_PushButtonU	bool	stlačení horního tlačítka v SW modelu
21 low	A_PushButtonD	bool	stlačení dolního tlačítka v SW modelu

## 6 PRINCIP KOMUNIKACE

Komunikace je typu klient–server s komunikačním protokolem ModBus TCP/IP. Samotné snímače a akční členy jsou připojeny na PLC ifm umístěné v rozváděči laboratorního modelu, viz kapitola 5.3. Tento automat nám slouží jako server, tedy poskytuje data klientovi. Klienty jsou komunikační karty PLC řady Logix pro komunikační protokol ModBus TCP/IP. Nadřazený systém pomocí vysílaných požadavků čte a zapisuje data na server. Program v tomto PLC zpracovává čtená data a pomocí programu RS Linx Enterprise komunikuje s vizualizací vytvořenou v programu Factory Talk View Studio Machine Edition. Ve vizualizaci jsou tato data zobrazována a umožňuje laboratorní model přes ni ovládat. Program běžící na klientovi a vizualizace budou popsány v následujících kapitolách.



Obrázek 6.1 - Komunikační řetězec

## 7 NASTAVENÍ ZAŘÍZENÍ

### 7.1 Nastavení PLC AC1337 – server

Síťové nastavení PLC AC1337 se provádí úpravou souborů ethcfg.cfg, ifm.cfg, ip\_accs.cfg, onoffln.cfg. Soubory jsou přístupné pomocí ftp serveru na IP adrese PLC. Zařízení má IP adresu 192.168.0.2 s maskou 255.255.0.0.

V souboru ethcfg.cfg jsou základní síťové nastavení např. IP adresa zařízení, síťová maska, výchozí brána atd.

Pomocí souboru ip\_accs.cfg povolujeme určitým IP adresám přes daný komunikační protokol (jednotlivě nebo všem protokolům najednou) přístup k PLC. V našem případě je povolen přístup přes všechny protokoly [ALL] adresám v rozsahu [192.168.1.3 ... 192.168.1.255]. V souboru ifm.cfg se nachází nastavení obecného chování PLC. Pro nás je důležitý řádek [Byteorder], ve kterém nastavujeme typ komunikačního protokolu. Pro ModBus TCP/IP je zde vyplněno „Modbus“.

Soubor onoffln.cfg definuje, jak je existující Ethernetové připojení monitorováno. V řádce [ON/OFF-line trigger] je pro protokol ModBus TCP/IP vyplněno „Modbus“.

### 7.2 Nastavení PLC ControlLogix a CompactLogix – klient

Hardwarovou konfiguraci a program pro automaty od firmy Allen-Bradley vytvoříme ve vývojovém prostředí RSLogix 5000. V tomto programu založíme nový projekt pro daný automat a revizi. V záložce „I/O Configuration“ jsou zobrazeny nakonfigurované moduly PLC. Do ní následně přidáme další moduly, které budeme používat. V případě automatu ControlLogix to bude modul MVI56E-MNETC, pro PLC CompactLogix to bude modul MVI69-MNET. Po jejich přidání a nastavení je nutné v hlavním programu („Main Routine“) importovat příslušnou „Add-On“ instrukci. Tím se vytvoří uživatelsky definované typy a globální proměnné (Control Tagy), ve kterých lze nalézt jak oblast vstupů a výstupů, tak stavové proměnné a proměnné s nastavením modulu.

### 7.3 Konfigurace přídavných komunikačních modulů

Nastavení modulů a komunikace se provádí pomocí programu Configuration Builder do firmy ProSoft. Program je přiložen na CD-ROM v balení modulů nebo jej lze stáhnout na stránkách výrobce. Nejprve zvolíme z nabídky námi použitý modul. Následně se nám zobrazí stromová struktura nastavení modulu. V záložce „Ethernet Configuration“ nastavíme síťovou konfiguraci, tj. IP adresu modulu, masku a výchozí bránu. Dalším krokem je vytvoření komunikačních funkcí. Zde použijeme pouze dvě funkce, a to funkci 3 a 16, tedy funkce čtení a zápisu více holding registrů. V nich se především nastaví IP adresa zařízení, se kterým chceme komunikovat, port, přes který budeme komunikovat a počet přenášených registrů. Dále se nastaví počáteční adresy oblastí input a output jak ve vnitřní paměti modulu, tak v zařízení, se kterým komunikujeme. Dále zde lze nastavit časový interval mezi požadavky na čtení nebo zápis. Po provedení všech těchto nastavení, nahrajeme konfiguraci do modulu.

Podrobný návod pro oba automaty Allen-Bradley a moduly ProSoft včetně ilustračních obrázků je přiložen v příloze A.

## 7.4 Konfigurace IP-LINKů a radiomodemů

Propojení mezi IP-LINKem a PLC, případně jiného zařízení, musí být vedeno kříženým ethernetovým kabelem.

Konfigurovat tato zařízení lze pomocí terminálu přes sériovou linku nebo pomocí služby telnet po Ethernetu. V obou případech je prostředí, ve kterém se provádí nastavení a testování, stejné.

Defaultní heslo pro přístup do nastavení je „root“. Výběr nabídky se provádí pomocí čísel a písmen před jejím názvem a následným potvrzením klávesou „Enter“. Pro návrat do předchozí nabídky slouží klávesa „Esc“ opět potvrzená klávesou „Enter“.

```
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

IP-LINK>_
```

Obrázek 7.1 - Hlavní nabídka nastavení IP-LINKu

Jak je zmíněno dříve, zařízení IP-LINK má dvě IP adresy. Jednu pro rozhraní s radiomodemem a druhou pro rozhraní s okolní sítí Ethernet. IP adresa pro ethernetové rozhraní slouží jako brána pro připojené zařízení, např. PC. Její nastavení se nachází v první nabídce. Je výhodné mít zařízení v jiných sítích (např. 192.168.0.1 a 192.168.1.1). IP adresa pro radiomodem slouží jako brána pro druhý IP-LINK. Nastavuje se v nabídce číslo 3. Oba radiomodemy musí být ve stejné síti (např. 10.10.10.1 a 10.10.10.2).

V nabídce 2 lze nastavit parametry sériového rozhraní používaného pro komunikaci IP-LINKu s radiomodemem. Musí se shodovat s nastavením komunikačního kanálu mezi radiomodemy.

Následně v nabídce číslo 5 je třeba nastavit směrování. Zde se nastavuje výchozí brána pro IP-LINK a adresa IP-LINKu na druhé straně komunikačního kanálu. Nastavení si lze zpětně ověřit v podnabídce „Show All Routes“.

Veškeré změny je nutno před použitím uložit a aplikovat. K tomu slouží nabídka E.

Nabídka s označením T nabízí možnost testování komunikace. Provádí příkaz ping na zadanou IP adresu.

Po přepnutí přepínače na IP-LINKu do polohy „PROG“ se v terminálu zobrazí menu pro nastavení radiomodemů.

```
-----  
***** SATELLINE-3AS 3069 *****  
SW version 3.22 / HW: uCE2/TC4o  
-----  
Current settings  
-----  
1) Radio frequency 448.07000 MHz ( CF 448.07000 MHz, spacing 20 kHz )  
2) Radio settings TX power 20 mW / Signal threshold -90 dBm / FCS OFF /  
TX start delay 100ms / Diversity RX OFF / EPIC PWRsave OFF  
3) Addressing RX address OFF / TX address OFF /  
RX address to RS port OFF / TX address autoswitch OFF  
4) Serial port 1 ON / 19200 bit/s / 8 bit data / None parity /  
1 stop bit  
5) Serial port 2 OFF / 9600 bit/s / 8 bit data / None parity /  
1 stop bit ( RS-232 )  
6) Handshaking CTS Clear to send / CD RSSI-threshold /  
RTS Ignored  
7) Additional setup Error correction OFF / Error check OFF / Repeater OFF /  
SL-commands OFF / Priority TX  
8) Routing OFF  
9) Tests OFF  
A) Restore factory settings  
E) EXIT and save settings  
Q) QUIT without saving  
  
Enter selection >
```

**Obrázek 7.2 - Hlavní nabídka nastavení radiomodemu**

V jednotlivých nabídkách lze nastavovat parametry komunikačního kanálu. Pokud je radiomodem v továrním nastavení, není potřeba zde dělat změny. Je ale vhodné, v některých případech nutné, nastavit výkon vysílací antény a citlivost přijímače. Pokud se zařízení provozují na krátkou vzdálenost, např. v jedné místnosti, docházelo by při vysokém výkonu vysílače ke značnému rušení a tak k neprůchodnosti komunikačního kanálu.

Podrobný návod včetně screenshotů se nachází v příloze B.

## 8 PROGRAM NA KLIENTSKÉM PLC

Program vytvořený ve vývojovém prostředí RSLogix 5000, který je vykonáván na klientském automatu má za úkol dekodovat a zpracovat data, která mu poskytuje server. Tyto data následně poskytuje vizualizaci, která je zobrazí v potřebném formátu. Operátor ovládá ve vizualizaci prvky např. pro zapínání a vypínání jednotlivých zařízení atd. Tím vlastně pouze nastavuje patřičné proměnné (tagy) v klientském PLC do požadovaných stavů. Dalším úkolem programu v tomto automatu je odeslání těchto proměnných na správné adresy v serverovém automatu. Program dále kontroluje funkčnost spojení se serverem. Jednotlivé části programu budou popsány níže.

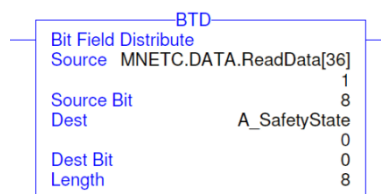
### 8.1 Tagy

Data, která klientský automat čte nebo zapisuje na server, se nacházejí v datové oblasti rozšiřujícího modulu v 16bitových registrech. Přístupovat k datům pouze podle čísel adres není přehledné. Data na serveru jsou navíc uložena pouze v 8bitových registrech, to znamená, že v jednom přenášeném 16bitovém registru jsou ve skutečnosti dvě proměnné. Vytvořené globální proměnné, tzv. „Control Tags“ slouží k uložení dekodovaných příchozích dat, tak i k ukládání hodnot, které se budou posílat serveru. Názvy všech tagů odpovídají pro přehlednost, názvům proměnných na serverovém automatu. Dále jsou zde proměnné programu, např. časovače, čítače, a také pomocné proměnné.

### 8.2 Dekódování příchozích dat

Jak je zmíněno výše, příchozí data ve většině případů neodpovídají svou délkou přenášeným 16bitovým registrům. Některé je třeba rozdělit, jiné sloučit tak, aby vznikly proměnné o správné velikosti registrů. Stejný případ nastává při zapisování dat na server, kdy je třeba sloučit nebo rozdělit proměnné po bytech tak, aby odpovídaly modbusovým adresám, na které jsou vázány proměnné na serverovém automatu.

Pro tyto operace je použita instrukce BTD (Bit Field Distribute). Umožňuje z jakékoliv proměnné přesouvat konkrétní bity do jiné proměnné na požadované místo (určitý bit). „Source“ je zdrojový registr, „Source Bit“ je počáteční bit ve zdrojovém registru, od kterého se budou bity přesouvat. „Dest“ je cílový registr a „Dest Bit“ je bit, od kterého se budou přesouvané bity vkládat do sílového registru. „Length“ je počet bitů k přesunu. Na příkladu, Obrázek 8.1, se přesouvá horní byte z 16bitového registru čtených dat číslo 36 do spodního bytu proměnné A\_SafetyState.

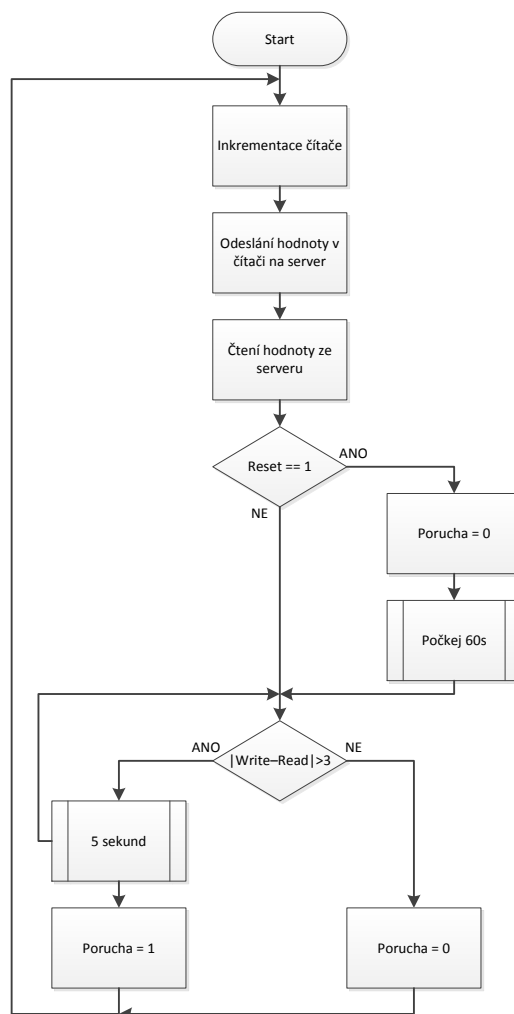


Obrázek 8.1 - Programovací blok BT D

### 8.3 Kontrola funkčnosti spojení

Při výpadku spojení klienta se serverem se v registrech uchovávají poslední data. Proto nelze jednoduše poznat, že zařízení nekomunikují. Je třeba při ztrátě spojení upozornit obsluhu na vzniklý problém, aby mohla reagovat.

Princip kontroly spojení spočívá v tom, že serveru se pošle hodnota registru čítače, kterou musí server vrátit zpátky. Pokud je rozdíl mezi těmito hodnotami menší než limit, znamená to, že je spojení aktivní. Interval pro odlišnost těchto hodnot byl zvolen z důvodu časové prodlevy mezi zápisem dat a čtením ze serveru. Experimentálně byla zvolena limitní hodnota 3. Pokud se ovšem hodnoty liší více, zařízení spolu nekomunikují, po určitém časovém intervalu je nastavena proměnná indikující poruchu komunikace a ve vizualizaci je obsluha upozorněna na tento problém. Klientské PLC se nadále snaží komunikovat a provádí kontrolu hodnoty v příchozím registru. Pokud se komunikace sama obnoví, indikace poruchy je vymazána. Záznam o poruše zůstává pouze ve vizualizaci. Pokud se komunikace sama neobnoví, obsluha má možnost provést pomocí tlačítka ve vizualizaci resetování rozšiřujícího komunikačního modulu. Tím je porucha akceptována a zrušena. Resetování trvá necelou minutu, proto po tuto dobu není porucha indikována, ale obsluha je upozorněna, že probíhá resetování modulu. Pokud obsluhující pracovník okno s hlášením o poruše komunikace zavře, aniž by provedl reset komunikační karty, je automaticky okno s alarmem za 5 sekund vyvoláno znovu.



Obrázek 8.2 - Vývojový diagram kontroly funkčnosti komunikace

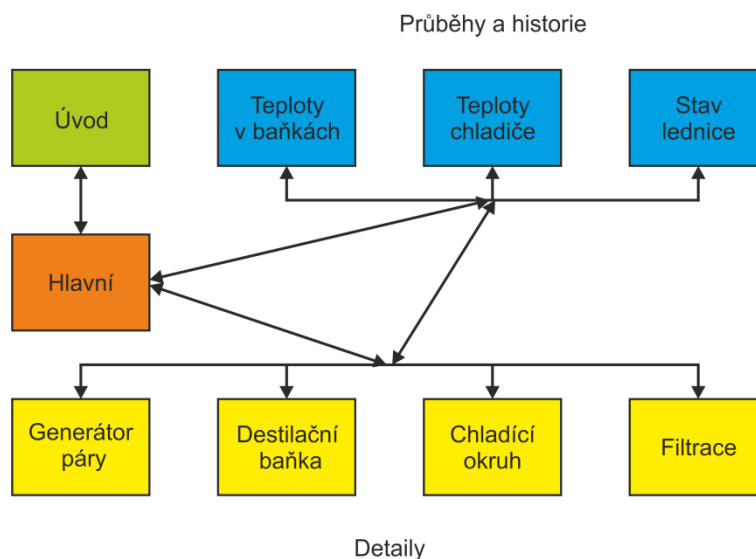
## 9 VIZUALIZACE

Vizualizace slouží k co nejlepšímu a nejsrozumitelnějšímu zprostředkování celého technologického procesu a daného zařízení uživateli. Důležité je, aby vizualizace byla jednoduchá, názorná a ovládání bylo intuitivní. Proto je proces i zařízení znázorněno pouze schematicky, principiálně tak, aby bylo snadno rozpoznat, který indikační nebo ovládací prvek patří ke které části zařízení.

Protože klientskými automaty jsou PLC od firmy Allen-Bradley, byl pro vytvoření vizualizace zvolen program FactoryTalk View Studio Machine Edition.

### 9.1 Struktura vizualizace

Vizualizace je členěna na několik obrazovek. Po jejím spuštění se nejprve zobrazí úvodní informační obrazovka. Následuje hlavní obrazovka, na které je znázorněn celkový pohled na proces a zařízení. Z této obrazovky se lze prokliknout na obrazovky s detailním pohledem na jednotlivé části zařízení a pak také na obrazovky s průběhy a omezenou historií vybraných hodnot.

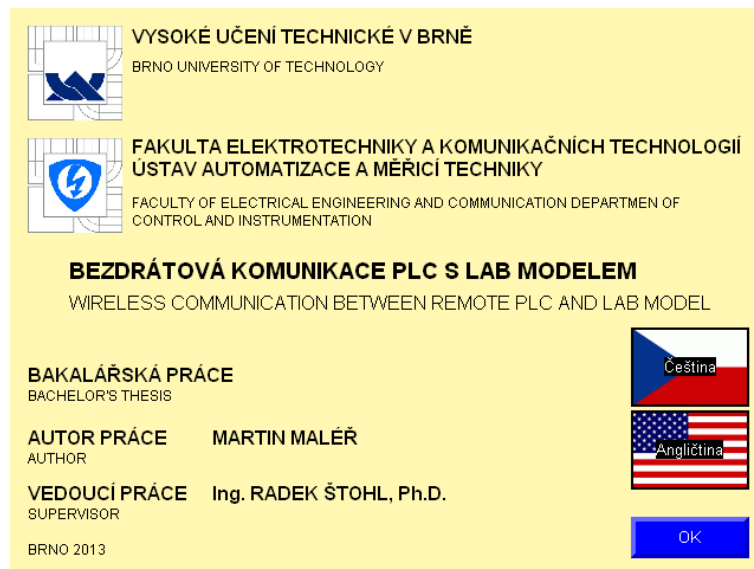


Obrázek 9.1 - Struktura vizualizace



## 9.2 Popis obrazovek vizualizace

Vizualizace je kompletně ve dvou jazycích, a to v češtině a angličtině. Volba jazyka je umístěna hned na úvodní obrazovce. Mimo to se na ní uživatel dozví informace o práci, ke které vizualizace patří a kdo je jejím autorem. Tlačítkem „OK“ se přepne na hlavní obrazovku.



Obrázek 9.2 - Úvodní obrazovka

Všechny další obrazovky mají jednotný grafické rozhraní. Nahoře je umístěn světle modrý pruh. V jeho středu je název obrazovky, vpravo ukončovací tlačítko a vlevo tlačítko pro přechod na hlavní obrazovku a v jejím případě na obrazovku úvodní. Dalším prvkem objevujícím se na všech obrazovkách je dolní tmavě zelený pruh s tlačítky pro přechod na obrazovky s grafy průběhů a historií vybraných proměnných.

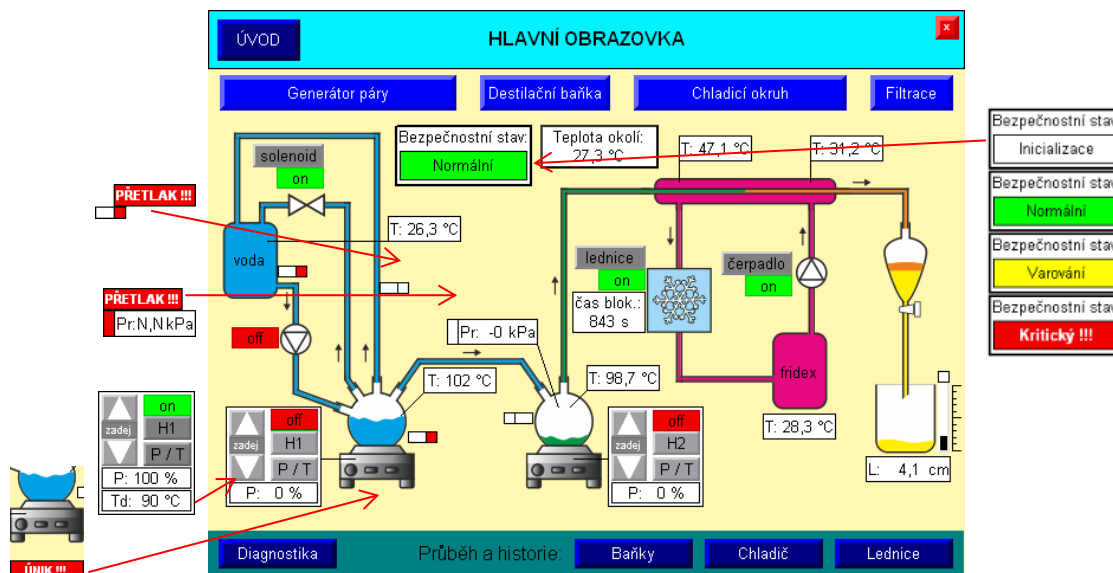
Na hlavní obrazovce je celkový pohled na zařízení a proces destilace. Jsou zde zobrazovány informace o bezpečnostním stavu, teploty okolního prostředí a všech kapalin, stavy jednotlivých zařízení (on/off) a také odpočet blokovacího času lednice, po který nelze lednice vypnout. U každého zařízení jsou umístěny jeho ovládací prvky, ať už jde o dvoustavové ovládání on/off solenoidu, lednice nebo čerpadla, tak také o pokročilejší ovládání topných hnízd. Všechna dvoustavová tlačítka mají rozlišený vzhled pro své stavy, při zamáčknutí tlačítko ztmavne.

Topná hnízda mají několik ovládacích a indikačních prvků, které jsou seskupeny tak, aby bylo jednoznačně poznat, k čemu patří. Indikátor stavu hnízda on/off je ve skupině umístěn vpravo nahoře. Tlačítka „H1“ a „H2“ slouží k zapnutí nebo vypnutí příslušného hnízda. Tlačítko „P / T“ přepíná režim řízení hnízda mezi nastavováním výkonu nebo regulací na požadovanou teplotu. Hodnoty lze nastavovat buď tlačítky nahoru a dolů nebo je můžeme zadat přímo pomocí numerické klávesnice, kterou vyvoláme tlačítkem „zadej“. Indikátory pod těmito tlačítky zobrazují v závislosti na přepnutém režimu buď nastavený požadovaný výkon hnízda, nebo požadovanou teplotu společně s aktuálně přiváděným výkonem, o jehož nastavení se stará regulátor v programu na serveru.

Nad tímto celkovým pohledem jsou umístěna tlačítka pro detailnější zobrazení jednotlivých částí zařízení s popisem všech prvků. Velikost tlačítek je zvolena tak, aby bylo vidět, kterou část zařízení detail obsahuje.

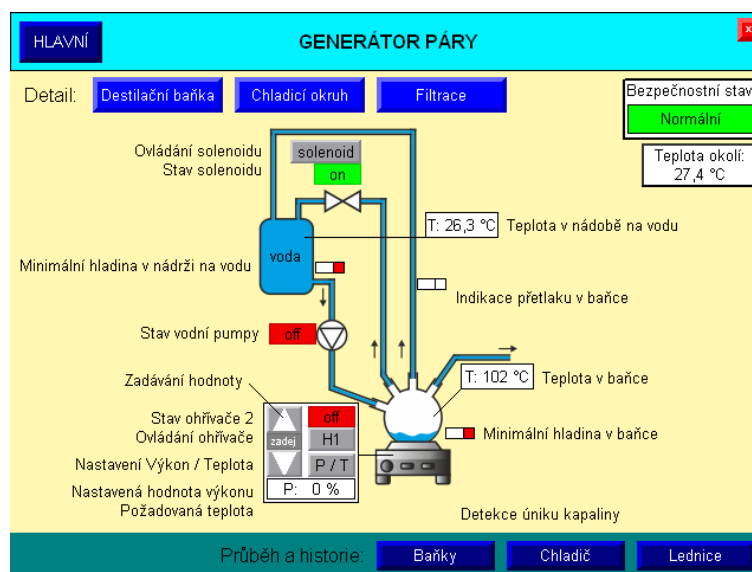
Pouze z hlavní obrazovky lze manuálně otevřít okno alarmů. Tlačítko je umístěno vlevo v tmavě zeleném pruhu vespod obrazovky.

Na Obrázek 9.3 je screenshot hlavní obrazovky. Kolem hlavního obrázku jsou umístěny ukázky všech prvků v přepnutém stavu.



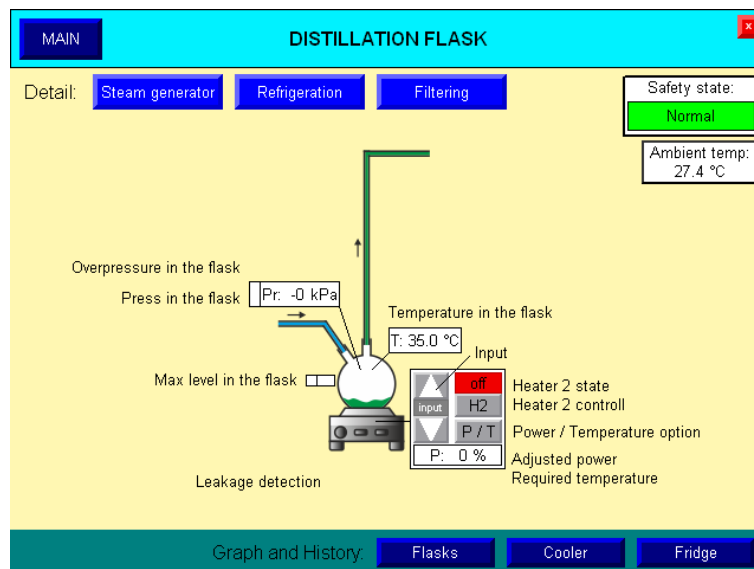
Obrázek 9.3 - Hlavní obrazovka

Uspořádání obrazovek detailů se příliš neliší od uspořádání hlavní obrazovky. Kromě toho, že je zobrazena pouze vybraná část procesu, jsou k jednotlivým ovládacím a indikačním prvkům přidány popisky s jejich významem. Dále pak se zobrazovač bezpečnostního stavu a teploty okolí přesunul na pravou stranu a tlačítka, kterými se lze přepnout na jiný detail již mají jednotnou velikost. Všechny obrazovky s detailním pohledem jsou ve stejném grafickém provedení.



Obrázek 9.4 - Obrazovka detailu generátoru páry

Jak je zmíněno výše, vizualizace je i v angličtině. Nejvíce textu je na obrazovkách s detailním zobrazením části zařízení, proto uvádím jako ukázkou obrazovky v anglické verzi Obrázek 9.5.



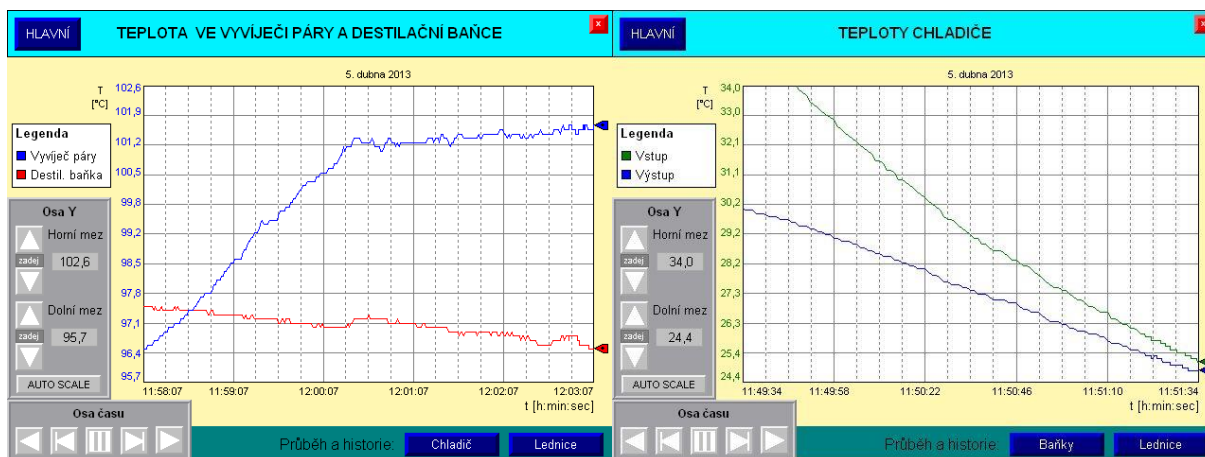
Obrázek 9.5 - Obrazovka s detailem destilační baňky - anglicky

Z hlavní obrazovky i z jednotlivých detailních pohledů na zařízení se lze přepnout na zobrazení průběhů vybraných proměnných a jejich historii v omezeném časovém úseku. Omezení je dané nastaveným počtem zaznamenávaných dat.

Obrazovky zobrazující grafy teplot ve vyvíječi páry a destilační baňce a teploty na chladiči se liší pouze zobrazovanými proměnnými, jejich ovládání a grafické provedení je zcela shodné. Legenda umístěná vlevo říká, která barva zaznamenávacího pera patří ke které proměnné. Dále jsou pod legendou umístěny ovládací prvky grafu.

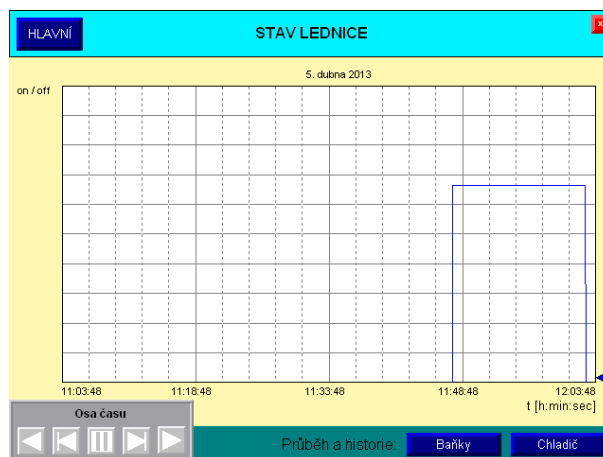
Měřítka svislé osy Y, tedy osy teploty, lze nastavovat pomocí horní a dolní zobrazovací meze. Ty můžeme nastavovat pro každou mez buď pomocí tlačítek nahoru a dolů nebo po kliknutí na tlačítko „zadej“ přímým zadáním hodnoty na zobrazené numerické klávesnici. Pod těmito ovládacími prvky je tlačítko „AUTO SCALE“, po jehož zmáčknutí se meze nastaví automaticky. A to tak, aby horní mez byla o 1 °C vyšší než okamžitá vyšší teplota a dolní mez o 1 °C nižší než okamžitá nižší teplota.

Osa času zobrazuje úsek dvou minut. K jejímu ovládání slouží pět tlačítek. Prostřední tlačítko „Pauza“ slouží k pozastavení zobrazování průběhu, data jsou zaznamenávána dál. Nejbližší tlačítka po jeho obou stranách slouží k posouvání se vpřed nebo vzad o jeden zobrazovaný časový úsek grafu. Krajní tlačítka slouží k přejítí na úplný začátek záznamu nebo naopak k zobrazení nejčerstvějších dat.



Obrázek 9.6 – Obrazovky s grafy teplot v baňkách a v chladiči

U grafu zobrazujícího stav lednice, tedy časový průběh chodu lednice, není zapotřebí legendy ani změny měřítka osy Y. Proto zde tyto prvky nejsou. Jsou zde pouze navigační tlačítka pro časovou osu.



Obrázek 9.7 – Obrazovka s grafem stavu lednice

Pokud zařízení přestanou komunikovat a je indikována porucha komunikace, ve vizualizaci se zobrazí překryvné okno alarmu. V červeném poli se zobrazí datum, čas a popis poruchy. Jsou zaznamenávány všechny alarmy, které se vyskytnou. V záznamech lze listovat po řádcích pomocí tlačítek se šipkami. Tlačítkem „Zavřít“ je okno alarmu zavřeno a porucha akceptována. Pokud porucha nadále trvá, za 5 sekund se okno objeví znovu. Tlačítkem vlevo se provede resetování rozšiřujícího komunikačního modulu. Tím je opět porucha akceptována, ale okno alarmu zůstává nadále otevřeno a je indikován probíhající reset komunikačního modulu.



Obrázek 9.8 - Obrazovka alarmů

## 10 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se seznámil s komunikačním protokolem ModBus TCP/IP a úspěšně jej implementoval. Vytvořil jsem komunikační kanál typu klient-server mezi řídicím automatem a PLC v laboratorním modelu destilační kolony. Pro vytvoření bezdrátové komunikace mezi těmito automaty byla použita zařízení od firmy Satel. Práce s nimi spočívala v jejich konfiguraci a odladění výkonového nastavení vysílačů a přijímačů radiomodemů.

Při práci jsem si prohloubil své znalosti s prací ve vývojovém prostředí RSLogix 5000, který slouží pro vytváření programů pro automaty řady Logix od firmy Allen-Bradley. Pomocí tohoto prostředí jsem vytvořil programy pro klientské automaty ControlLogix i CompactLogix. Tyto programy obsahují algoritmy pro komunikaci s automatem v laboratorním modelu destilační kolony, pro řízení technologického procesu destilace a dále pak obsahují prvky potřebné pro použití vizualizace. Program je použitelný i pro jiná PLC Allen-Bradley. Podmínkou je změna HW konfigurace pro daný automat.

Dále jsem se hlouběji seznámil s programem FactoryTalk View Studio Machine Edition. V tomto programu jsem vytvořil vizualizaci procesu destilace přehledně se všemi indikačními a ovládacími prvky. Tyto prvky jsou navázány na proměnné vytvořené v programu pro klientský automat. Vizualizace je také vhodná pro spojení s jinými automaty. Je zde třeba upravit nastavení připojení k PLC.

Během práce se vyskytly problémy kvůli několika nevhodným řešením v již dříve vytvořeném programu pro serverový automat. Proto bylo nutné tento program upravit (kapitola 5.3). Nyní plně vyhovuje požadavkům pro vzdálené řízení.

Poslední fází práce byla praktická zkouška celé sestavy. Zkoušky dopadly úspěšně, na konci každé z nich bylo vyprodukováno několik mililitrů silice z pomerančové kúry. Program pro klientský automat i vizualizace byly testovány na dvou dříve zmíněných PLC také úspěšně.

Mnou navržené a realizované řešení je plně funkční a vyhovuje v plném rozsahu zadání.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MALÉŘ, M. Bezdrátová komunikace PLC s laboratorním modelem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 47 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [2] PÁSEK, Jan. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů* [online]. Brno, 30.11. 2007 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/priloha.php?dpid=45795](https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=45795)
- [3] ZEZULKA, František a Ondřej HYNČICA. *Průmyslový Ethernet I: Historický úvod. AUTOMA* [online]. 2007, roč. 2007, č. 1 [cit. 2012-10-31]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=34298](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34298)
- [4] *Programovatelné logické automaty. VŠCHT - Ústavu počítačové a řídicí techniky* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F5/F5-ram.htm>
- [5] VÍCH, Bořek. *ControlLogix – řídicí systém budoucnosti. AUTOMA* [online]. 2000, roč. 2000, č. 6 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=27740](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=27740)
- [6] *CompactLogix. ControlTech* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.controltech.cz/cz/produkty/item/207-compactlogix>
- [7] PROSOFT TECHNOLOGY. *MVI56E\_MNETC\_User\_Manual.pdf* [online]. 01-08-2011 [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: [http://www.prosoft-technology.com/content/download/15668/194624/file/MVI56E\\_MNETC\\_User\\_Manual.pdf](http://www.prosoft-technology.com/content/download/15668/194624/file/MVI56E_MNETC_User_Manual.pdf)
- [8] PROSOFT TECHNOLOGY. *MVI69\_MNET\_User\_Manual.pdf* [online]. 17-10-2011 [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: [http://prosoft-technology.com/content/download/6596/88246/file/MVI69\\_MNET\\_User\\_Manual.pdf](http://prosoft-technology.com/content/download/6596/88246/file/MVI69_MNET_User_Manual.pdf)
- [9] *SATEL IP-LINK. ControlTech* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.controltech.cz/cz/produkty/item/444-satel-ip-link>
- [10] SATEL. *IP-LINK: User Guide. verze 1.2.* 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)
- [11] SATEL. *SATELLINK: Products* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: [http://www.satel.com/userData/satel/downloads/brochures/satellink/IP\\_LINK.pdf](http://www.satel.com/userData/satel/downloads/brochures/satellink/IP_LINK.pdf)
- [12] *SATELLINE-3AS. ControlTech* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.controltech.cz/cz/produkty/item/389-satelline%C2%AE-3as-a-3asd>
- [13] OCEANSCAN LIMITED. *SATEL SATELLINE 3ASd Radio Modem* [online]. [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.oceanscan.net/gallery/PDFs/SATEL3AS.PDF>

- [14] SATEL. SATELLINE-3AS: User Guide [online]. verze 3.4. Salo, 2012 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: [http://www.satel.com/userData/satel/downloads/user-guides/satellite/SATELLINE\\_3AS\\_V3\\_4\\_UK.pdf](http://www.satel.com/userData/satel/downloads/user-guides/satellite/SATELLINE_3AS_V3_4_UK.pdf)
- [15] CEPT. *ERC RECOMMENDATION (70-03)*. 09-10-2012. Tromsø, 1997. Dostupné z: <http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/REC7003E.PDF>
- [16] RONEŠOVÁ, Andrea. *Přehled protokolu MODBUS* [online]. 05-2005 [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>
- [17] MODBUS-IDA. *MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide* [online]. verze 1.0b. 2006 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: [http://modbus.org/docs/Modbus\\_Messaging\\_Implementation\\_Guide\\_V1\\_0b.pdf](http://modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf)
- [18] CÍDLOVÁ, Hana. *Destilace*. In: Masarykova univerzita [online]. Brno, 2006 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: [http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech-old/soubory/operace/separacni\\_metody/destilace.pdf](http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech-old/soubory/operace/separacni_metody/destilace.pdf)
- [19] CHLAD, Petr. *Řídicí systém pro laboratorní model destilační kolony*. Brno, 2012. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=51711](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=51711). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [20] IFM ELECTRONIC. *Supplementary device manual for interface Ethernet/IP for AS-i controllerE* [online]. 02-2010 [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/mounting/7390706UK.pdf>
- [21] CHLAD, Petr. *Server\_program\_report-CoDeSys.pdf: ETIP driver project*. 001. vyd. Brno, 2012. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=52126](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52126)
- [22] ROCKWELL AUTOMATION, Inc. *FactoryTalk View Machine Edition: USER'S GUIDE* [online]. 01-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewme-um004\\_-en-e.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewme-um004_-en-e.pdf)

## **SEZNAM ZKRATEK**

PLC	– programovatelný logický automat (Programmable Logical Automat)
TCP	– primární transportní protokol (Transmission Control Protocol)
IP	– protokol síťové vrstvy (Internet Protocol)
CD-ROM	– kompaktní disk určený pouze pro čtení (Compact Disc Read-Only Memory)
RAM	– paměť s přímým přístupem (Random-Access Memory)
LCD	– displej z tekutých krystalů (Liquid Crystal Display)
LED	– polovodičová světlo vyzařující dioda (Light Emitting Diode)
PC	– osobní počítač (Personal Computer)
EMC	– elektromagnetická kompatibilita (Electromagnetic Compatibility)
ERP	– efektivní vyzářený výkon (Effective Radiated Power)
PWM	– pulzně šířková modulace (Pulse-Width Modulation)



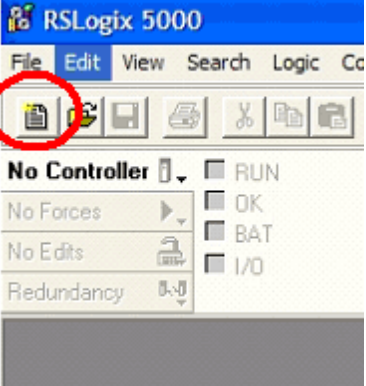
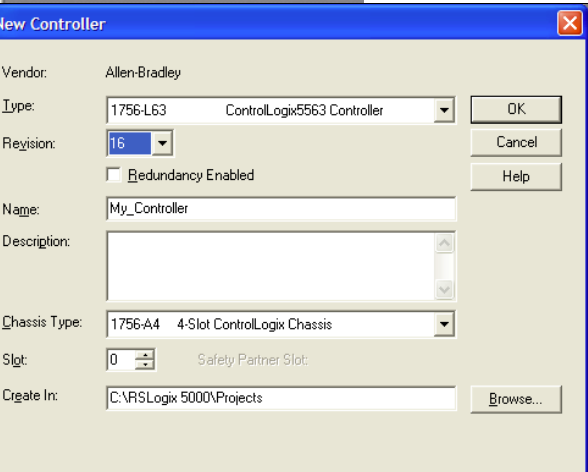
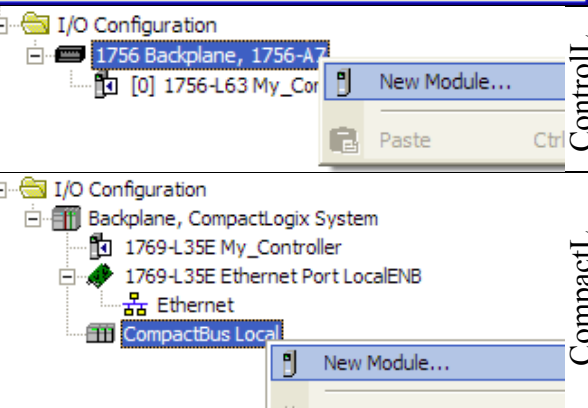
## **SEZNAM PŘÍLOH**

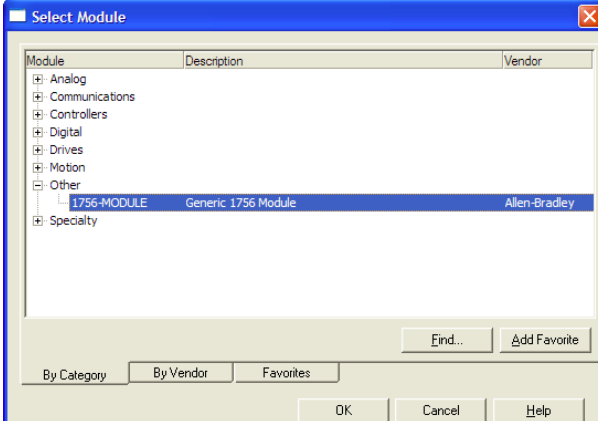
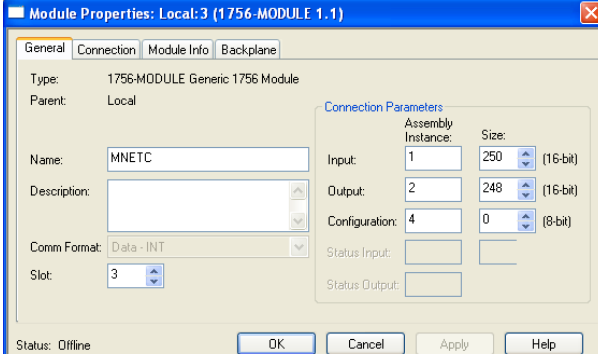
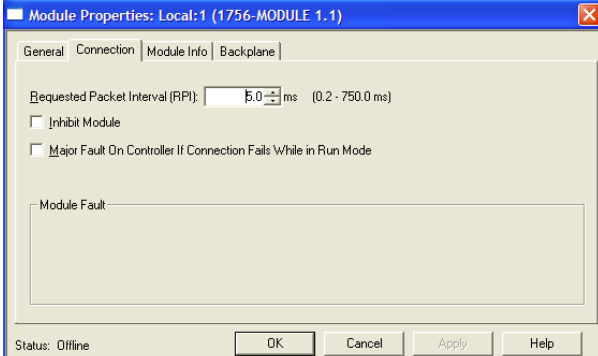
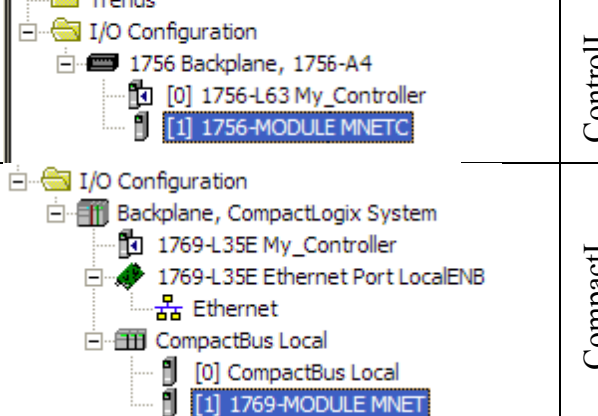
A. Nastavení PLC a modulů .....	41
B. Nastavení IP-LINKů a radiomodemů .....	47
C. Testování .....	50
D. Obsah příloženého CD .....	52

## A. NASTAVENÍ PLC A MODULŮ

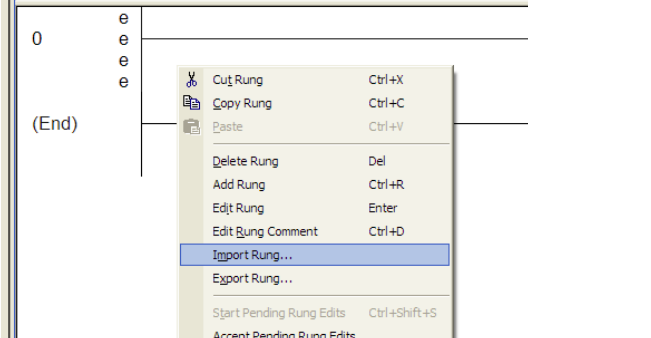
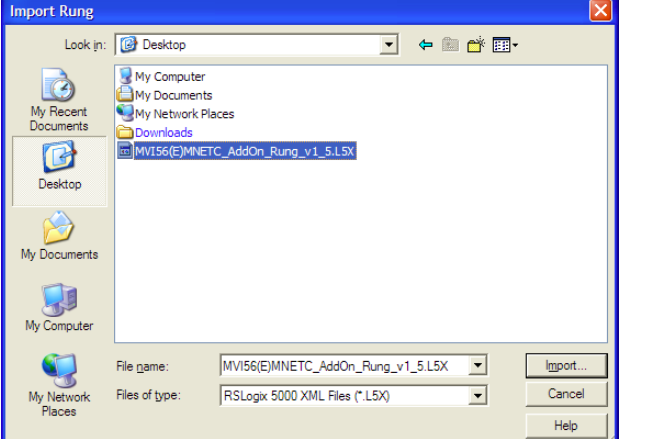
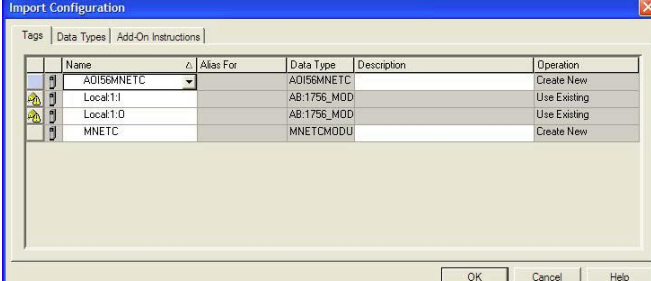
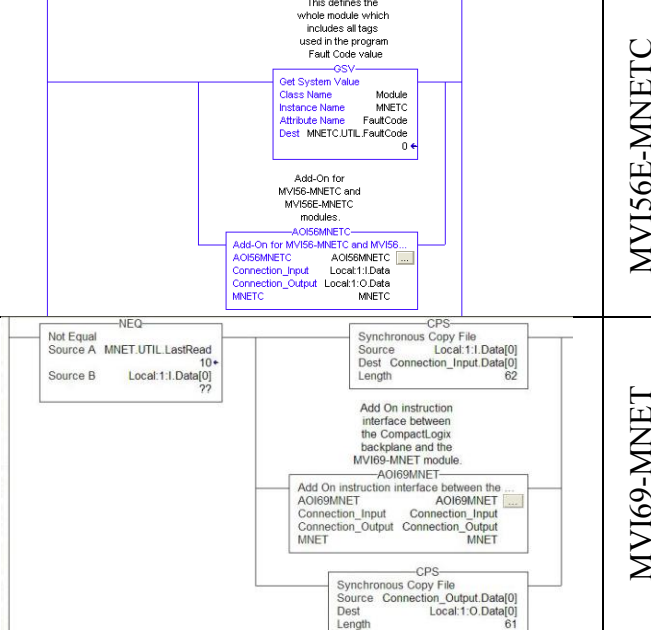
Konfigurace se provádí ve vývojovém prostředí RSLogix 5000.

Tabulka A.1 - Připojení modulů PLC [7], [8]

Popis kroku	Ilustrativní obrázky
Spustíme program RSLogix5000	
Založíme nový projekt	
<p>V nově otevřeném okně „New Controller“ zvolíme námi použitý typ CPU, jeho verzi, typ chassis a slot. Dále pojmenujeme v kolonce „Name“ tento projekt a můžeme upravit složku, do které jej uložíme.</p> <p>Pozn. Údaje o CPU lze zjistit v programu RSLinx.</p>	
<p>Ve složce „I/O Configuration“ klikneme pravým tlačítkem myši na připojený Backplane a z menu zvolíme „New Module...“</p>	

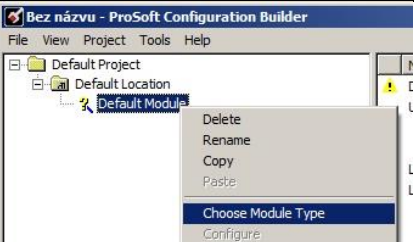
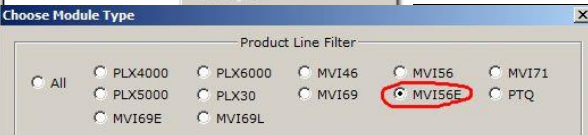
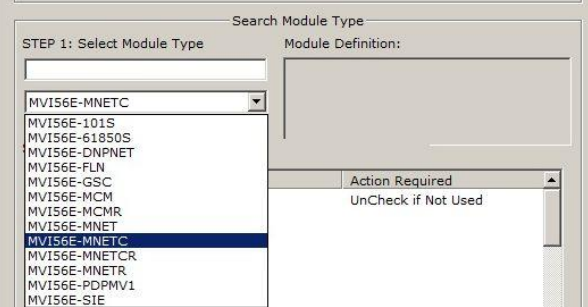
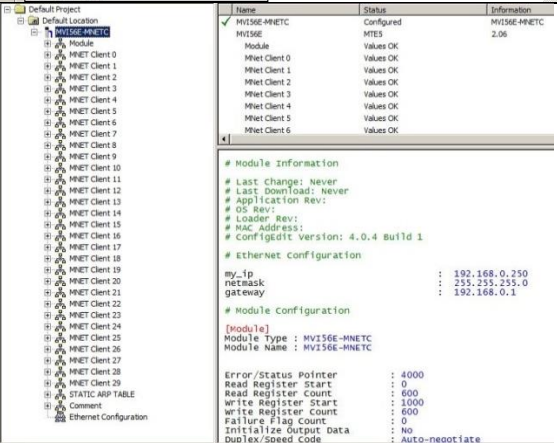
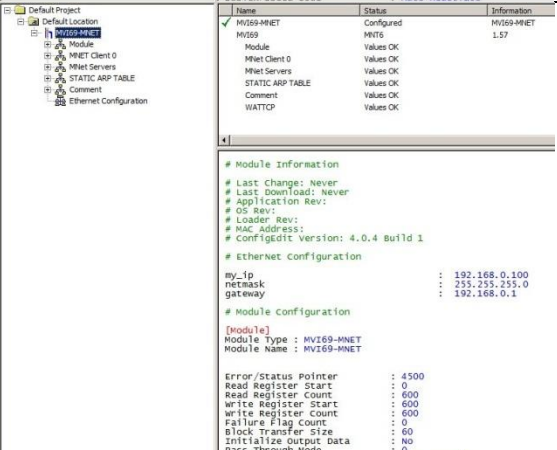
<p>V nově otevřeném okně zvolíme použitý modul. ControlLogix – 1756-MODULE (Generic 1756 Module) CompactLogix – 1769-MODULE (Generic 1769 Module)</p>																										
<p>V nově otevřeném okně pojmenujeme a popíšeme modul a vybere patřičný slot. V „Comm Format“ nastavíme „Data – INT“. Dále nastavíme „Connection Parameters“:</p> <table border="1" data-bbox="212 813 802 1003"> <thead> <tr> <th>PLC</th> <th colspan="2">ControlLogix</th> <th colspan="2">CompactLogix</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Ass. In.</th> <th>Size</th> <th>Ass. In.</th> <th>Size</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Input</td> <td>1</td> <td>250</td> <td>101</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Output</td> <td>2</td> <td>248</td> <td>100</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Config.</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>102</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	PLC	ControlLogix		CompactLogix			Ass. In.	Size	Ass. In.	Size	Input	1	250	101	64	Output	2	248	100	64	Config.	4	0	102	0	
PLC	ControlLogix		CompactLogix																							
	Ass. In.	Size	Ass. In.	Size																						
Input	1	250	101	64																						
Output	2	248	100	64																						
Config.	4	0	102	0																						
<p>V záložce „Connection“ nastavíme „Request Packet Interval“. Defaultně je 5 ms, doporučená hodnota je od 1 do 10 ms. Dále je zde možnost zaškrtnout položku „Major Fault...“. Pokud je povolena, PLC bude v případě ztráty komunikace procesoru s module v poruše.</p>																										
<p>Po potvrzení se ve složce „I/O Configuration“ objeví náš modul.</p>																										

Tabulka A.2 - Vložení Add-On instrukce [7], [8]

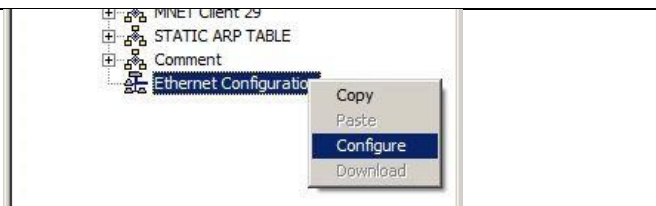
Popis kroku	Ilustrativní obrázky																										
<p>V otevřené „Main Routine“ vyvoláme kliknutím pravým tlačítkem myši nabídku, ve které zvolíme „Import Rung...“.</p>																											
<p>Nalezneme umístění Add-On instrukce v počítači (např. Dokumenty nebo Plocha) a vybereme patřičný soubor.</p> <p>MVI56E-MNETC (ControlLogix): MVI56EMNETC_ADDON_RUNG_V1_5.L5X</p> <p>MVI69-MNET (CompactLogix): MVI69MNET_ADDON_RUNG_v1_4.L5X</p>																											
<p>Následně se otevře okno „Import Configuration“ ukazující vytvořené „Controller Tags“. U oblasti vstupů a výstupů upravíme slot, ve kterém máme umístěn rozšiřující modul (defaultně 1).</p>	 <table border="1" data-bbox="790 1153 1412 1377"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Alias For</th> <th>Data Type</th> <th>Description</th> <th>Operation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AOI56MNETC</td> <td></td> <td>AOI56MNETC</td> <td></td> <td>Create New</td> </tr> <tr> <td>Local:1:1</td> <td></td> <td>AB:1756_MOD</td> <td></td> <td>Use Existing</td> </tr> <tr> <td>Local:1:0</td> <td></td> <td>AB:1756_MOD</td> <td></td> <td>Use Existing</td> </tr> <tr> <td>MNETC</td> <td></td> <td>MNETCMMDU</td> <td></td> <td>Create New</td> </tr> </tbody> </table>		Name	Alias For	Data Type	Description	Operation	AOI56MNETC		AOI56MNETC		Create New	Local:1:1		AB:1756_MOD		Use Existing	Local:1:0		AB:1756_MOD		Use Existing	MNETC		MNETCMMDU		Create New
Name	Alias For	Data Type	Description	Operation																							
AOI56MNETC		AOI56MNETC		Create New																							
Local:1:1		AB:1756_MOD		Use Existing																							
Local:1:0		AB:1756_MOD		Use Existing																							
MNETC		MNETCMMDU		Create New																							
<p>Po potvrzení se v „Main Routine“ objeví námi importovaná Add-On instrukce.</p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>MVI56E-MNETC</b></p> <p>This defines the whole module which includes all tags used in the program Fault Code value</p> <p>GSV Get System Value Class Name Module Instance Name MNETC Attribute Name FaultCode Dest MNETC.UTIL.FaultCode 0</p> <p>Add-On for MVI56-MNETC and MVI56E-MNETC modules. AOI56MNETC Add-On for MVI56-MNETC and MVI56E-MNETC modules. AOI56MNETC AOI56MNETC Connection_Input Local:1:1.Data Connection_Output Local:1:0.Data MNETC MNETC</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>MVI69-MNET</b></p> <p>NEQ Not Equal Source A MNET UTIL LastRead Source B Local:1:1.Data[0] ??</p> <p>CPS Synchronous Copy File Source Local:1:1.Data[0] Dest Connection_Input.Data[0] Length 62</p> <p>Add On instruction interface between the CompactLogix backplane and the MVI69-MNET module. AOI69MNET Add On instruction interface between the CompactLogix backplane and the MVI69-MNET module. AOI69MNET AOI69MNET Connection_Input Connection_Input Connection_Output Connection_Output MNET MNET</p> <p>CPS Synchronous Copy File Source Connection_Output.Data[0] Dest Local:1:0.Data[0] Length 61</p> </div> </div>																										

K nastavení modulu se používá program Configuration Builder od firmy ProSoft.

Tabulka A.3 - Konfigurace modulů [7], [8]

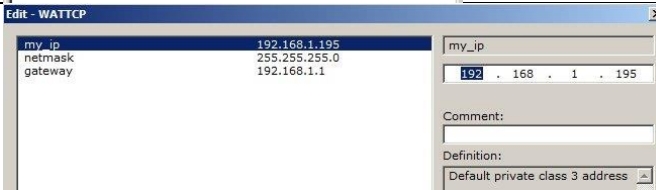
Popis kroku	Ilustrativní obrázky
<p>Spustíme program ProSoft Configuration Builder.</p>	
<p>Kliknutím pravým tlačítkem myši na položku „Default Module“ vyvoláme nabídku, ve které vybereme „Choose Module Type“.</p>	
<p>V nově otevřeném okně vybereme produktovou řadu modulu. V nabídce níže vybereme přesný typ modulu. MVI56E, MVI56E-MNETC nebo MVI69, MVI69-MNET</p>	
<p>Po potvrzení se v hlavním okně programu objeví struktura nastavení modulu.</p>	 <div style="position: absolute; right: 0; top: 50%; transform: translateY(-50%); font-size: small;">MVI56E-MNETC</div>
	 <div style="position: absolute; right: 0; top: 50%; transform: translateY(-50%); font-size: small;">MVI69-MNET</div>

Abychom změnili defaultní IP adresu modulu, musíme kliknout pravým tlačítkem myši na položku „Ethernet Configuration“ a ve vyvolaném menu zvolíme Configure.

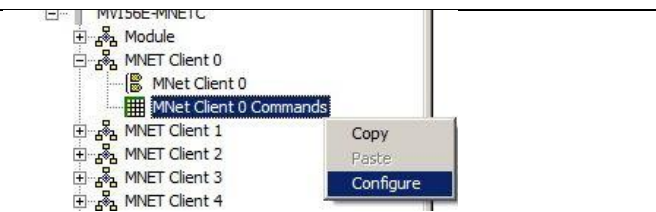


Ve vyvolaném okně nastavíme IP adresu, síťovou masku a výchozí bránu.

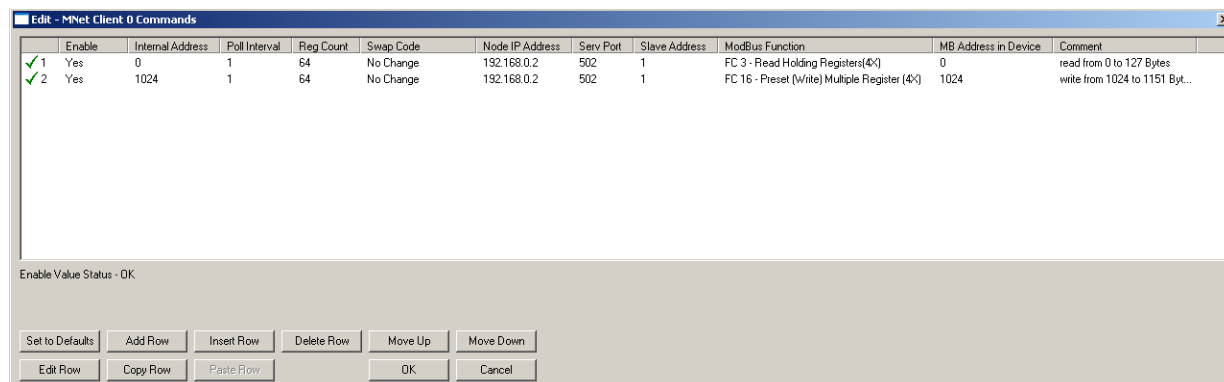
	MVI56E	MVI69
my_ip	192.168.1.195	192.168.1.196
netmask	255.255.255.0	255.255.255.0
gateway	192.168.1.1	192.168.1.1



Nyní potřebujeme nastavit funkce našeho klientského modulu. Rozbalíme pomocí „+“ položku „MNET Client 0“ a pravým tlačítkem myši klikneme na „MNet Client 0 Commands“ a vybereme „Configure“.



Tímto jsme vyvolali okno, ve kterém vytvoříme ModBus funkce, kterými bude modul komunikovat se serverem.



Popis jednotlivých položek:

Enable – (Yes / No) určuje, zda je funkce aktivní, zda bude prováděna

Internal Address – (0 – 4999) vnitřní adresa modulu, od jaké adresy se budou čtená data zapisovat a od které adresy se budou číst data pro vysílání

Poll Interval – (0 – 65535) určuje minimální časový interval mezi prováděním funkcí, zadáván v desetinných sekundách (tj. hodnota 10 odpovídá 1 sekundě)

Reg Count – (0 – 125) určuje, kolik 16-bitových registrů se bude číst nebo vysílat, zde „64“, to odpovídá 128 bytů paměti pro čtení nebo zápis v PLC AC1337

Swap Code – parametr určuje, jak budou řazeny příchozí či odchozí byty, v našem případě „No Change“

Node IP Address – IP adresa serveru, zde „192.168.0.2“

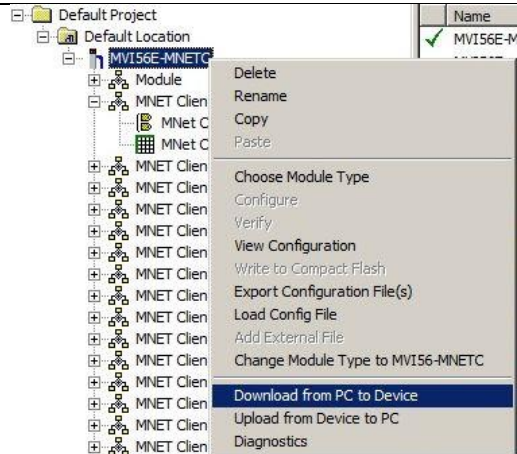
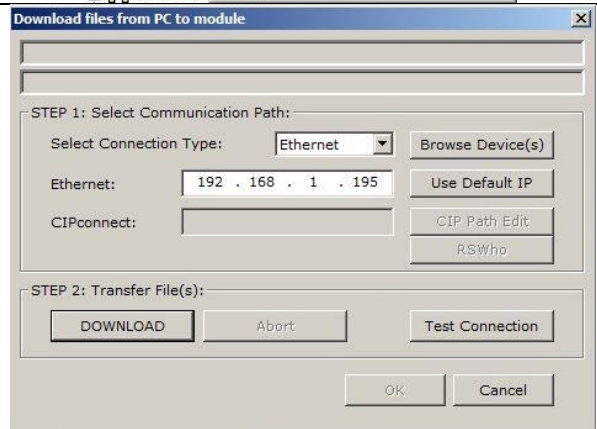
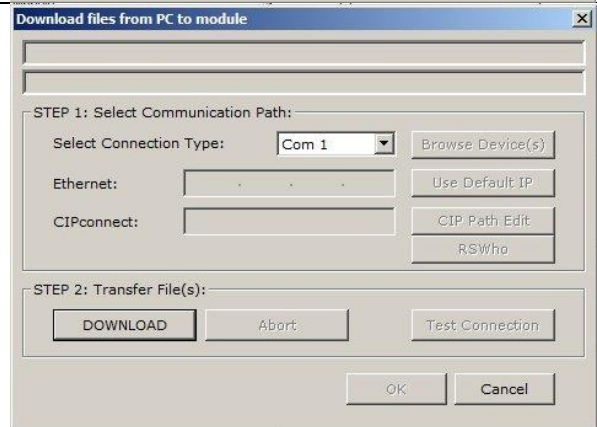
Serv Port – port, přes který budeme komunikovat, ModBus defaultně používá port „502“

Slave Address – (1 – 255) slave adresa serveru, v našem případě „1“

ModBus Function – z nabídky vybereme ModBus funkci, kterou chceme použít, zde je pro čtení dat použita funkce 3, pro zápis funkce 16

MB Address in Device – adresa v serveru, na které začíná oblast dat pro čtení, respektive pro zápis

Comment – zde můžeme okomentovat vytvořenou funkci

<p>Pokud máme nastaveno, musíme konfiguraci do modulu nahrát. Kliknutím pravým tlačítkem myši na „MVI56E-MNETC“, popř. „MVI69-MNET“ a vybráním „Download from PC to Device“ vyvoláme nové okno.</p>		
<p>V tomto okně nastavíme komunikaci s modulem.</p> <p>U modulu MVI56E nastavíme „Ethernet“, zmáčkneme „Browse Device(s)“ a zvolíme náš modul. Druhá možnost je nastavit „ENET-B“, zmáčknout „RSWho“ a vybrat modul.</p> <p>U modulu MVI69 komunikace probíhá pomocí sériového portu COM 1.</p> <p>Poté zmáčkneme „DOWNLOAD“ a počkáme na dokončení nahrávání konfigurace a následného resetování modulu.</p>		<p>MVI56E-MNETC</p>
		<p>MVI69-MNET</p>



## B. NASTAVENÍ IP-LINKŮ A RADIOMODEMŮ

Konfigurovat tato zařízení lze pomocí terminálu přes sériovou linku nebo pomocí služby telnet po Ethernetu. V obou případech je prostředí, ve kterém se provádí nastavení a testování, stejné. [10]

Spustíme terminálovou aplikaci a připojíme se na sériový port COM 1 nebo v příkazovém řádku spustíme terminál příkaze telnet 192.168.0.1.

Defaultní heslo pro přístup do nastavení je „root“. Výběr nabídky se provádí pomocí čísel a písmen před jejím názvem a následným potvrzením klávesou „Enter“. Pro návrat do předchozí nabídky slouží klávesa „Esc“ opět potvrzená klávesou „Enter“.

```
IP-LINK login: root
-----
Sate1 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

IP-LINK>_
```

Obrázek B.1 - Hlavní nabídka nastavení IP-LINKu

V první nabídce nastavujeme IP adresu, masku sítě aj.

```
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                 00:06:70:01:16:B6
6) Ethernet Proxy ARP         ON
7) Show Statistics

ESC> Back

IP-LINK>_
```

Obrázek B.2 - Nastavení ethernetového rozhraní IP-LINKu

V nabídce číslo 2 nastavujeme sériové rozhraní IP-LINKu pro radiomodem. V radiomodemu musí být nastavení shodné.

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

ESC> Back

IP-LINK>_
```

Obrázek B.3 - Nastavení sériového rozhraní IP-LINKu

Nabídka číslo 4. Nastavení ethernetových parametrů radiomodemu pro IP-LINK.



```
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 6
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
IP-LINK>
```

Obrázek B.4 - Nastavení ethernetového rozhraní pro radiomodem

Po vstupu do nabídky číslo 5 „Routes“ se dostaneme do výběru následujících nabídek. V nich nastavíme výchozí bránu, což bude radiomodem na druhé straně a komunikační kanál.

```
Default Gateway
1) Default Gateway 10.10.10.2
2) Interface Radio
ESC) Back
IP-LINK>
```

Obrázek B.5 - Výchozí brána IP-LINKu

V další nabídce nastavíme směrování. Tedy IP adresu IP-LINKu na druhé straně komunikačního kanálu a další parametry.

```
Edit Route
1) Route Number 1
2) IP Address 192.168.1.0
3) Type Route to a Network
4) Netmask 255.255.255.0
5) Reject? No, this route is a normal route
6) Route to Interface Radio (satel0)
7) Route Specific Gateway <none>
C) Check Route
N) Next Route
B) Previous Route
R) Go to Route
A) Create a New Route
D) Delete Route
ESC) Back
IP-LINK>
```

Obrázek B.6 - Nastavení routování

Pomocí nabídky „Show All Routes“ zobrazíme směrovací tabulku.

```
Kernel IP routing table
Destination Gateway Gennask Flags Metric Ref Use Iface
192.168.1.0 * 255.255.255.0 U 0 0 0 satel0
192.168.0.0 * 255.255.255.0 U 0 0 0 eth0
10.10.10.0 * 255.255.255.0 U 0 0 0 satel0
127.0.0.0 * 255.0.0.0 U 0 0 0 lo
default 10.10.10.2 0.0.0.0 UG 0 0 0 satel0
ESC) Back
IP-LINK>
```

Obrázek B.7 - Přehled routování

Po provedení konfigurace je nutné nastavení uložit a aplikovat. Vše je přístupné z hlavní nabídky pod položkou E.

Nyní přepneme přepínač na IP-LINKu do polohy „PROG“. V terminálu se nám následně zobrazí menu pro nastavení radiomodemů.

```
-----
***** SATELLINE-3AS 3069 *****
SW version 3.22 / HW: uCE2/TC4o
-----
Current settings
-----
1) Radio frequency 448.07000 MHz ( CF 448.07000 MHz, spacing 20 kHz )
2) Radio settings TX power 20 mW / Signal threshold -90 dBm / FCS OFF /
TX start delay 100ms / Diversity RX OFF / EPIC PWRSave OFF
3) Addressing RX address OFF / TX address OFF /
RX address to RS port OFF / TX address autoswitch OFF
4) Serial port 1 ON / 19200 bit/s / 8 bit data / None parity /
1 stop bit
5) Serial port 2 OFF / 9600 bit/s / 8 bit data / None parity /
1 stop bit ( RS-232 )
6) Handshaking CTS Clear to send / CD RSSI-threshold /
RTS Ignored
7) Additional setup Error correction OFF / Error check OFF / Repeater OFF /
SL-commands OFF / Priority TX
8) Routing OFF
9) Tests OFF
A) Restore factory settings
E) EXIT and save settings
Q) QUIT without saving

Enter selection >
```

#### Obrázek B.8 - Hlavní nabídka nastavení radiomodemu

V jednotlivých nabídkách lze nastavovat parametry komunikačního kanálu. Pokud je radiomodem v továrním nastavení, není potřeba zde dělat změny. Je ale vhodné, v některých případech nutné, nastavit výkon vysílací antény a citlivost přijímače. Pokud se zařízení provozují na krátkou vzdálenost, např. v jedné místnosti, docházelo by při vysokém výkonu vysílače ke značnému rušení a tak k neprůchodnosti komunikačního kanálu.

## C. TESTOVÁNÍ

Testování probíhalo v několika etapách. Byly odzkoušeny všechny prvky jednotlivě, aby se nemohly ovlivňovat. Poté byly prováděny zkoušky po částech tak, aby se ověřila funkčnost komunikace vždy mezi dvěma zařízeními. Následně se ověřila funkčnost celé sestavy jako celku.

### ModBus TCP/IP komunikace

V semestrálním projektu již byla řešena problematika komunikačního kanálu s protokolem ModBus TCP/IP. Bylo vytvořeno fungující spojení mezi modelem destilační kolony a automaty řady Logix. Pro poruchu radiomodemů byla data přenášena pouze pomocí ethernetového kabelu, nikoliv bezdrátově.

Pro použití bezdrátových prostředků bylo zapotřebí změnit IP adresu automatu v modelu destilační kolony. Proto bylo prvním krokem ověřit, že je i po této změně nastavení správné. Zkouška probíhala stále za použití ethernetového kabelu, aby komunikaci neovlivňovaly případně špatně nastavené bezdrátové prostředky.

Komunikace byla ověřena a shledána plně funkční.

### Bezdrátová komunikace

První zkoušky zařízení pro bezdrátovou komunikaci probíhaly mezi dvěma stolními počítači. Nastavení bylo provedeno podle příručky k zařízení IP-LINK, viz příloha B. Zařízení ovšem spolu nekomunikovala. Analýzou indikačních LED na radiomodemech bylo zjištěno, že byly radiomodemy rušeny. Zařízení byla umístěna v jedné místnosti blízko u sebe. Rušení bylo způsobeno velkým vyzařovaným výkonem vysílačů radiomodemů. Následovalo postupné zkoušení různých vyzařovaných výkonů a nastavení citlivosti přijímačů. Po snížení výkonu vysílačů a úpravě citlivosti přijímačů byl bezdrátový komunikační kanál průchodný. Následně byl jeden z radiomodemů připojen k PLC v modelu destilační kolony a druhý ke komunikačnímu modulu v automatu řady Logix. Pro tato propojení musí být použit křížený ethernetový kabel. Pro testování průchodnosti kanálu byly použity příkazy ping a tracert. Odezvy byly v průměru okolo 300ms, což lze považovat za uspokojivý výsledek.

Jako důkaz funkční bezdrátové komunikace může posloužit screenshot zobrazující výstupy příkazů ping a tracert na Obrázek C.9.

```
C:\>ping 192.168.0.2
Pinging 192.168.0.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=240ms TTL=126
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=249ms TTL=126
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=210ms TTL=126
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=210ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 210ms, Maximum = 249ms, Average = 228ms

C:\>tracert 192.168.0.2
Tracing route to 192.168.0.2 over a maximum of 30 hops
  0  4 ms    1 ms    1 ms   192.168.1.1
  1  274 ms  259 ms  319 ms  10.10.10.1
  2  233 ms  259 ms  259 ms  192.168.0.2

Trace complete.
```

Obrázek C.9 - Odezvy při použití bezdrátového komunikačního kanálu

## Ladění klientského programu a vizualizace

Protože probíhá výměna dat mezi programem v klientském automatu a vizualizací, bylo jejich vytváření prováděno současně. Dále probíhá výměna dat mezi klientským automatem a serverem. S postupem práce se objevovaly problémy, které bylo potřeba vyřešit, případně přepracovat jejich řešení tak, aby vyhovovalo potřebám vizualizace nebo klientskému programu. To vedlo až k úpravám již vytvořeného programu v serverovém PLC.

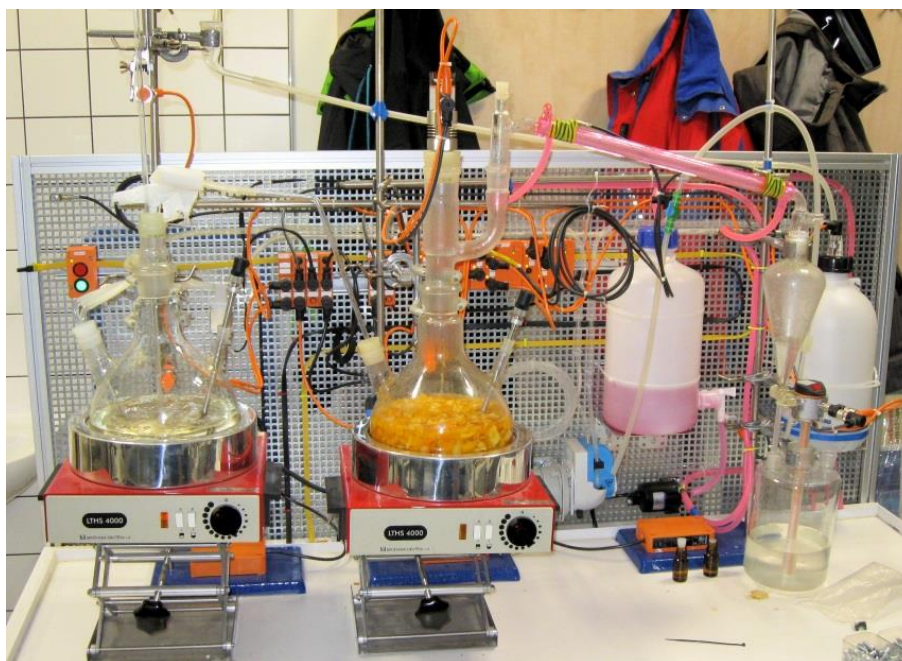
První věcí, která byla testována, bylo dekodování a následné zakódování příchozích a odchozích dat z, resp. do serverového automatu. Následovalo předávání hodnot mezi klientským automatem a vizualizací. Pak se už jednalo především o vytváření grafické stránky vizualizace.

## Praktická zkouška

Po ověření funkčnosti jednotlivých zařízení a dílčích celků bylo provedeno několik praktických zkoušek celé sestavy. Materiálem pro destilaci byla zvolena pomerančová kůra. Obsahuje poměrně velké procento silic a je cenově nejpříznivější. Dále jsme zkoušeli destilovat silici z mladého jehličí.

Byly ověřeny postupy destilace získané z více informačních zdrojů. Nejvýhodnější postup je popsán v kapitole 5.1.

Na Obrázek C.10 je zachycen průběh jedné praktické zkoušky destilace silice z pomerančové kůry. Destilace vždy probíhala přibližně tři hodiny. Za tuto dobu bylo vyprodukováno několik mililitrů silice. Při použití jehličí byla výtěžnost menší.



Obrázek C.10 - Probíhající destilace pomerančové silice

## **D. OBSAH PŘILOŽENÉHO CD**

- 1) BP\_Maler\_Martin.pdf
- 2) BP\_priloha.zip
  - a) Konfigurace\_AC1337.zip – konfigurační soubory PLC AC1337 pro protokol ModBus TCP/IP
  - b) Konfigurace\_MVI56E-MNETC.zip – konfigurační soubor pro Configuration Builder a Add-On instrukce pro RS Logix 5000
  - c) Konfigurace\_MVI69-MNET.zip – konfigurační soubor pro Configuration Builder a Add-On instrukce pro RS Logix 5000
  - d) Program\_Logix.acd – zdrojový kód programu pro RS Logix 5000
  - e) Program\_Logix\_Report.pdf – report programu
  - f) Vizualizace\_DestilacniKolona.apa – zdrojový soubor vizualizace pro FactoryTalk View Studio ME 6.0
  - g) Vizualizace\_Report.zip – html soubor s reportem vizualizace