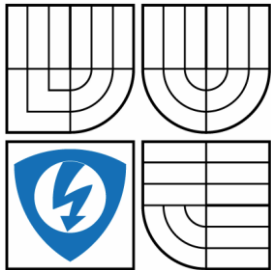


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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

# RECEPTURY PRO MODEL DESTILAČNÍ KOLONY

BATCHES FOR THE MODEL OF DISTILLATION COLUMN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DAMIÁN PLEVA

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.

BRNO 2014



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:** Damián Pleva

**ID:** 146094

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2013/2014

**NÁZEV TÉMATU:**

## Receptury pro model destilační kolony

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je vytvořit dávkovací systém standardu 88 pro model destilační kolony. Zadání lze shrnout do následujících bodů:

1. Zpracujte rešerši týkající se standardu 88.
2. Navrhněte, popište a realizujte fáze dle standardu 88 v příslušném PLC.
3. Navrhněte, popište a realizujte procesy dávek v nadřazeném Batch systému.
4. Navrhněte, popište a realizujte příslušnou vizualizaci modelu destilační kolony v prostředí FactoryTalk.
5. Ověřte a vyhodnoťte své řešení.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

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

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

**Termín zadání:** 10.2.2014

**Termín odevzdání:** 26.5.2014

**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**

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s laboratorním modelem destilační kolony a s funkcemi řídicího PLC. Následně vytvořit literární rešerši o standardu 88. A nakonec navrhnout, realizovat a otestovat dávkové řízení modelu destilační kolony.

## **Klíčová slova**

Destilační kolona, PLC, FactoryTalk Batch, destilace, dávkové řízení, Standard 88

## **Abstract**

The goals of this bachelor's thesis are to get acquainted with the laboratory model of the distillation column and the control PLC. Then create literature search of standard 88. And finally to design, implement and test a batch-controlled program for distillation column.

## **Keywords**

Distillation column, PLC, FactoryTalk Batch, distillation, batch control, Standard 88

## **Bibliografická citace:**

PLEVA, D. *Receptury pro model destilační kolony*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 55s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Receptury pro model destilační kolony jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **23. května 2014**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **23. května 2014**

.....  
podpis autora

# Obsah

Úvod.....	11
1 Standard 88 .....	12
1.1 Terminologie .....	12
1.2 Modely .....	12
1.3 Fyzické upořádání .....	13
2 Programové vybavení .....	14
2.1 RSLogix 5000 .....	14
2.2 FactoryTalk Batch.....	14
2.3 PhaseManager .....	16
3 Programovatelné automaty .....	18
3.1 CompactLogix.....	18
3.2 Komunikace Ethernet/IP .....	19
4 Destilace.....	20
4.1 Popis modelu kolony.....	21
5 Software .....	24
5.1 Systémové požadavky .....	24
5.2 Postup instalace.....	24
5.2.1 Instalace serveru .....	24
5.2.2 Instalace klientského PC.....	25
6 Řízení modelu destilační kolony.....	26
6.1 Fyzický model destilační kolony .....	26
6.2 Procedurální model destilační kolony.....	28
7 Popis naprogramovaného řízení.....	31
7.1 Vytvoření projektu RSRSLogix 5000.....	31
7.2 Komunikace .....	32
7.3 Vytvoření fází v PLC .....	32
7.4 Navržené fáze v PLC .....	35
7.5 Equipment editor.....	38
7.5.1 Synchronizace fází v PLC.....	41
7.6 Recipe editor .....	45

7.6.1	Postup vytvoření receptury .....	45
7.7	Spuštění a monitorování dávky .....	47
8	Zhodnocení destilace .....	49
9	Závěr .....	50

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Fyzické uspořádání S88 .....	13
Obrázek 2 Stavový model provozního cyklu [6] .....	16
Obrázek 3 PLC CompactLogix.....	19
Obrázek 4 Funkční model destilační kolony [8].....	21
Obrázek 5 Blokové schema propojení PLC, PC a destilační kolony.....	25
Obrázek 6 Blokove schema uspořádání PLC a kolony.....	26
Obrázek 7 Schema jednotky destilační kolony a její moduly zařízení .....	26
Obrázek 8 Schéma řídicích modulů vyvíječe páry .....	27
Obrázek 9 Schéma řídicích modulů destilační baňky.....	27
Obrázek 10 Schéma řídicích modulů chladiče .....	27
Obrázek 11 Schéma řídicích modulů destilátu .....	28
Obrázek 12 Schéma procedury destilace .....	28
Obrázek 13 Schema operace vyvíjení páry.....	28
Obrázek 14 Schéma operace destilování .....	29
Obrázek 15 Schema operace chlazení .....	29
Obrázek 16 Schema operace výsledný produkt.....	29
Obrázek 17 Nastavení komunikace mezi PLC Logix a ifm .....	31
Obrázek 18 Soubory v PLC ifm .....	32
Obrázek 19 Vytvoření fáze v RSRSLogix 5000.....	33
Obrázek 20 Vytvoření stavu ve fázi v RSRSLogix 5000 .....	33
Obrázek 21 Okno pro vytvoření stavu fáze v RSRSLogix 5000 .....	34
Obrázek 22 Vytváření nového objektu v Equipment editoru .....	38
Obrázek 23 Vytváření datového serveru .....	39
Obrázek 24 Datové servery Equipment editor.....	39
Obrázek 25 Logix5000 CIP Data server .....	40
Obrázek 26 Přidání chybových kódů.....	41
Obrázek 27 Synchronizace s Data serverem.....	42
Obrázek 28 Synchronizace fází .....	43
Obrázek 29 Nastavení Server Options.....	43
Obrázek 30 Nastavení složek v Equipment editoru.....	44
Obrázek 31 Recipe editor – vytváření operace a jednotky procedury .....	45

Obrázek 32 Recipe editor - vytváření operace a jednotky procedury požadavky .....	46
Obrázek 33 Recipe editor - vytvoření proměnných pro recepturu.....	47
Obrázek 34 FactoryTalk Batch Server.....	48
Obrázek 35 Komunikace FTBV se serverem .....	48

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Legenda k obrázku 4 - žluté popisky (funkční prvky) [8].....	22
Tabulka 2 Legenda k obrázku 4 - zelené popisky (el. prvky) [8].....	23
Tabulka 3 Požadovaný operační systém [10] .....	24
Tabulka 4 Vstupní a výstupní proměnní řídicího PLC [8] .....	30
Tabulka 5 Instrukce pro fáze v RSRSLogix 5000 .....	34
Tabulka 6 Chybové kódy .....	40

# ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je seznámit se se standardem S88 a modelem destilační kolony. Následně v něm navrhnout řízení modelu destilační kolony. V první části této práce je popsáno, co je to standard S88 a jakou zavádí terminologii a jak rozděluje zařízení a výrobní proces na jednotlivé části.

Další část je zaměřena na popis jednotlivých programů od Rockwell Automation, které jsou vhodné pro dávkové řízení dle standardu S88. Popsány jsou zde programy pro vytvoření receptur a vytvoření dávkového řízení. Následně je popsán řídicí systém použitý pro dávkové řízení. Jedná se o PLC CompactLogix 1769-L35E, ve kterém jsou realizovány jednotlivé fáze pro řízení.

Dále je popsána obecně destilace nosnou vodní parou, které se využívá v modelu destilační kolony. Je popsán vyžadovaný software potřebný pro vytvoření receptury a řízení. Jeho instalace a nastavení. Poté je návrh řízení, a popis vytváření fází v PLC a postup vykonání všech potřebných kroků k vytvoření výsledné receptury.

V poslední části je zhodnocení vytvořeného řízení a výsledky provedeného testování vytvořeného řízení.

# 1 STANDARD 88

Česká norma odpovídající standardu ISA S88 je norma ČSN EN 61512-1. Norma zavádí jednotnou terminologii pro dávkové řízení procesu.

Procesy [1] můžeme rozdělit na spojité, diskrétní a dávkové. Spojitý proces vytváří nepřetržitý tok sypkého materiálu. Dávkový proces vytváří konečné množství sypkého materiálu. Diskrétní proces vytváří konečné množství dílů. S88 je standard využívající dávkové řízení tzv. Batch control. Zabývá se vybavením a procedurami. S88 poskytuje ucelený soubor norem a terminologie pro dávkové řízení. Definuje fyzický model, procedury a receptury. S88 obsahuje terminologii a modely, které jdou aplikovat na všechny typy systémů. Využívá modulární strukturu, která umožňuje opětovné použití i v jiných technologických procesech.

## 1.1 Terminologie

Záměr [1] standardní terminologie v S88 je převést odborné termíny na běžný jazyk, který bude pochopitelný i pro běžného člověka bez technického zaměření. Pokud se běžně používalo více, než jedno slovo pro pojmenování stejné věci v rámci standardu bylo jeden z těchto slov vybráno nebo byl nalezen vhodnější termín. Cílem [2] bylo dospět ke společnému jazyku, který by umožnil lidem komunikovat jasně a jednoznačně – inženýři s inženýry a specialisty, technici s dodavateli, manažeři s dodavateli i inženýry.

## 1.2 Modely

Cílem modelů [2] je představit zobecněný pohled na výrobní proces. Aby byl model použitelný musí být dostatečně abstraktní a flexibilní aby bylo možné jej použít na v podstatě každý dávkový proces a přitom byl dostatečně podobný, aby reprezentoval skutečnost. Vzhledem [1] k rozmanitosti v dávkových výrobních procesech, vznikly modely, které jsou vhodné pro většinu ostatních výrobních procesů bez ohledu na typ. Modely jsou schopny vytvořit základ pro modularizaci a umožňují vizualizovat a pochopit výrobní proces. Představují požadované funkce v každé části procesu a určují vztah mezi jednotlivými částmi.

### 1.3 Fyzické upořádání

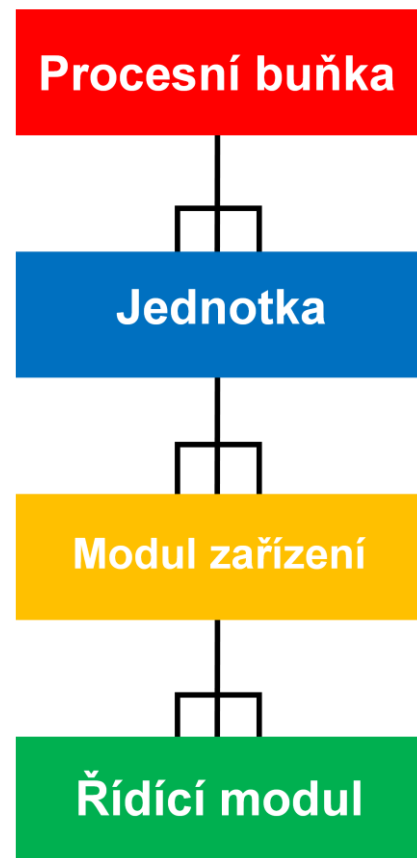
Následující kapitola se zabývá fyzickým uspořádáním zařízení dle standardu 88. Bylo čerpáno z [2].

Procesní buňka – obsahuje všechny výrobní zařízení potřebné pro výrobu produktu

Jednotka – hlavní část zařízení vykonávající danou úlohu ve výrobním procesu

Modul zařízení – skupina zařízení provádějící menší výrobní činnosti. Obsahuje všechny potřebné technologické zařízení potřebné pro plnění menších výrobních činností.

Řídicí modul - snímače, akční členy, ostatní řídicí moduly a související zařízení pro zpracování. Působí jako jeden celek z hlediska řízení. Komunikuje přímo s procesem.



Obrázek 1 Fyzické uspořádání S88

## 2 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Tato kapitola je zaměřena na programy, které jsou potřebné pro vytvoření řídicí aplikace ve standardu S88. Řídicí systém použitý pro řízení je od firmy Rockwell Automation, proto se jedná o software od této firmy.

### 2.1 RSLogix 5000

RSLogix 5000 [3] je hlavní software pomocí kterého lze vytvářet aplikace pro řízení automatizovaného procesu. Logix nabízí jedinou řídicí platformu s řídicím enginem a vývojovým prostředím, pomocí tohoto se snaží dosáhnout vytvoření řízení pro jakékoliv procesní disciplíny.

Hlavní části technologie Logix jsou RSLogix 5000 design a konfigurační software. Nezáleží, zda chceme řídit diskretní, procesní, dávkovou, pohybovou, bezpečnostní nebo řídicí aplikaci, protože díky použití mezinárodního standardu IEC61131-3 RSLogix 5000 nabízí jednoduché rozhraní, symbolické programování obsahující struktury, pole a komplexní instrukční sadu, která slouží pro mnoho typů aplikací.

RSLogix 5000 využívá různé možnosti programování. Ladder diagram, strukturovaný text, funkční bloky a podporuje i S88 pro dávkově řízené aplikace.

Se softwarem RSLogix 5000 lze:

- použít jeden intuitivní softwarový balíček pro návrh a konfiguraci,
- zjednodušit vývoj komplexních řídicích řešení,
- mít lepší přístup k informacím v reálném čase,
- vyvíjet lokalizované aplikace v jediné řídicí platformě.

a dosáhneme:

- optimalizované produktivity a schopnosti rychle reagovat na tržní a obchodní potřeby,
- rychlejšího startu se zkrácením doby uvedení do provozu,
- snížení nákladů na údržbu a školení,
- nižší celkové náklady na vlastnictví.

### 2.2 FactoryTalk Batch

FactoryTalk Batch [4] je software od firmy Rockwell Automation. Pomocí tohoto softwaru se vytváří aplikace pro dávkové řízení dodržující standard S88. Obsahuje další pomocné programy FactoryTalk Batch Server, View, Equipment Editor, Recipe Editor, Archiver.

FactoryTalk Server je hlavní část FactoryTalk Batch. Jedná se o server, se kterým komunikují zařízení připojené v procesu a další software. Server spolupracuje se službami ve Windows. Zajišťuje následující funkce:

- Vytvoření dávky – převedení nakonfigurované receptury na spustitelnou recepturu,
- Provedení receptury – komunikace se zařízeními připojenými do procesu pro vykonání fáze,
- Rozhodnutí o zařízení – přiřazení zdroje založené na receptuře a požadavcích operátora,
- Sběr dat – shromažďování a ukládání informací pro zprávy (reporty) a archivaci
- Komunikace s klientem – přenos dat mezi připojenými zařízeními, operátorským displejem, uživatelským rozhraním, databázemi a dalším softwarem.

FactoryTalk Batch Equipment Editor je součást, ve které se konfiguruje zařízení a přiřazují se funkce do procedury v modelu oblasti. Obsahuje součásti definované v rozhraní Equipment Editoru se zařízeními připojenými do procesu.

Dle standardu S88 se model oblasti dělí na:

- Procesní buňku,
- Jednotku,
- Modul zařízení,
- Ovládací modul.

FactoryTalk Recipe Editor se využívá k vytvoření a nakonfigurování hlavních předpisů (master recipe). Recipe Editor umožňuje využívání tabulek, sekvenční funkční diagramy, nebo obojí, aby mohl graficky uspořádat informace o proceduře do procedurální jednotky, operací a fází. Recipe Editor využívají primárně lidé, kteří vytváří a editují předpisy (sekvence nebo kroky) a hodnoty receptury. Všechny předpisy jsou konfigurovány a zobrazeny v S88.

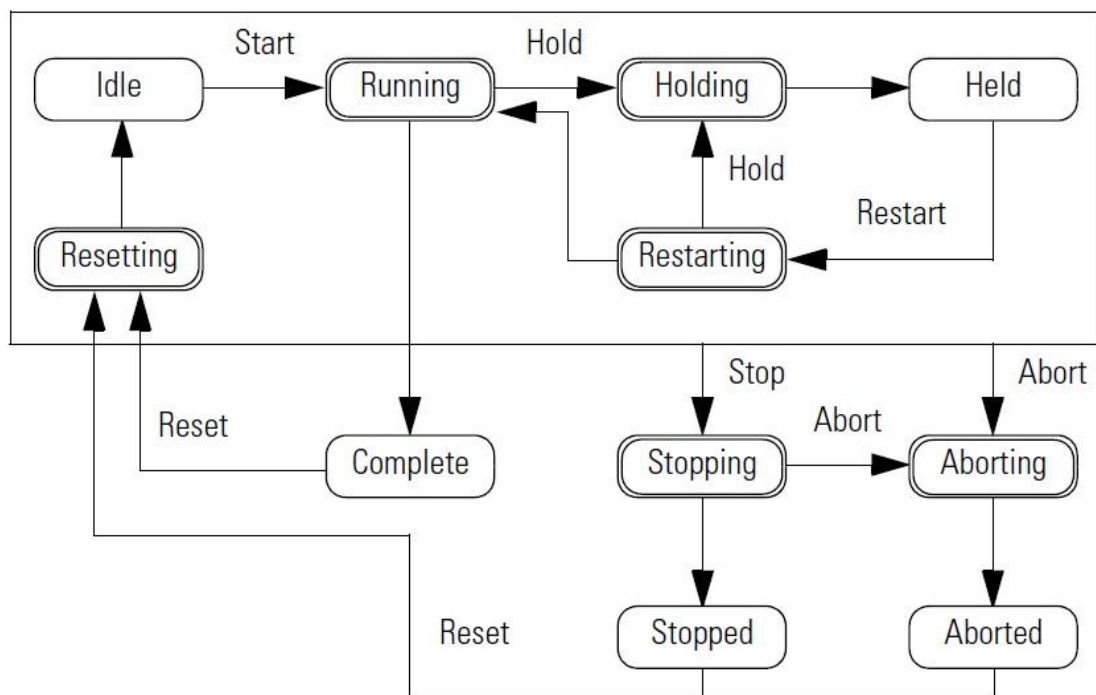
FactoryTalk View se využívá k zahájení a kontrolování dávkového procesu a sledování spuštěných dávek. Obsahuje grafické uživatelské rozhraní, které má okno a tlačítka pro snadné použití. Jako všechny ostatní součásti FactoryTalk Batch je založen na standardu S88.

## 2.3 PhaseManager

PhaseManager [6] je software pro přidání fáze zařízení do řídicího zařízení. Díky vytvoření fáze zařízení je jednodušší zapsat, použít a upravovat kód pro stroj nebo zařízení.

V FactoryTalk Batch Equipment Editor vytvoříme fázi k reprezentaci skupiny zařízení, která ve výrobním procesu provádí menší procesní činnost a vytvoříme modul zařízení, přidáním konkrétní instance fáze do jednotky. PhaseManager je soubor funkcí ve FactoryTalk Batch, RSLogix 5000 a rozšiřuje schopnosti v procesorech z rodiny Logix o definici fáze. Přidává objekt fáze zařízení a tím dává schopnost vytvořit fázi zařízení v programech tvořených pomocí RSLogix 5000.

Přidává do FactoryTalk Batch podporu protokolu CIP (Common Industrial Protocol) a synchronizaci fáze zařízení.



Obrázek 2 Stavový model provozního cyklu [6]

Model rozděluje provozní cyklus do několika různých stavů. Každý stav je v určitém okamžiku provozu zařízení. Stav je akce nebo podmínka v daný čas běhu provozu. Ve stavovém modelu je definováno, co zařízení udělá za určité podmínky jako je běh (*run*), pozastavení (*hold*), zastavení/dokončení (*stop*) a další. Není třeba použít všech stavů, použijí se jen ty, které jsou zapotřebí.

Na obrázku se stavovým modelem provozního cyklu (Obrázek 2) je vidět stavový model provozního cyklu. Dvojitě orámované stavy značí, že zařízení koná předepsanou činnost. Jednoduše orámované stavy reprezentují stavy, v nichž zařízení čeká mezi stavy vykonávající činnost. Ze stavů, které jsou ohraničeny obdélníkem může zařízení kdykoliv přejít do stavu zastavování (*Stopping*) nebo rušení (*Aborting*).

## 3 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

PLC je programovatelný logický automat, který se používá pro zpracování a vyhodnocování signálů přicházejících z technologického procesu na jeho vstupy. Pomocí naprogramované řídicí logiky, časových a logických funkcí, dává povely na výstupy, kterými ovládá jiná zařízení, jako jsou stykače motorů, topné tělesa, ventily a další prvky. PLC je malý průmyslový počítač, který se používá pro automatizované řízení v reálném čase. Program se vykonává v cyklech.

PLC jsou vybaveny analogovými i digitálními vstupy a výstupy. Mohou být vybaveny i dalšími funkčními moduly pro různé operace. Komunikovat můžou přes různá rozhraní, jako je Ethernet, RS-485, sériovou linku nebo PROFIBUS.

PLC lze rozdělit na kompaktní a modulární.

Kompaktní PLC obsahují v jednom modulu CPU (*Central Procesor Unit*), digitální a analogové vstupy/výstupy a základní podporu komunikace, v některých případech je i zdroj. Rozšiřitelnost je omezena.

Modulární PLC jsou taková zařízení, kde jsou jednotlivé komponenty rozděleny do modulů. Celý systém PLC se potom skládá z modulů: zdroje, CPU, vstupů/výstupů, funkčních modulů. Modulární systém je možno dále rozšiřovat a to v nepoměrně větším rozsahu než u kompaktních PLC.

PLC vyrábí různé firmy. Například Siemens, Rockwell Automation, Amit, B&R a další.

### 3.1 CompactLogix

Programovatelné automaty CompactLogix vyrábí firma RockwellAutomation. Automat, který je využit pro řízení, je CompactLogix 1769-L35E.

Compact Logix jsou modulární PLC pro malé a střední aplikace, jako jsou například řízení jednotlivých strojů. V řídicím systému 1769-L35E mohou být moduly vstupů/výstupů umístovány nalevo i napravo od napájecího zdroje. Na každou stranu napájecího zdroje lze umístit až osm modulů.

Použité PLC k řízení modelu je osazeno napájecím zdrojem, procesorem poté následují jednotlivé moduly: komunikační, 8 kanálový analogový vstupní, výstupní modul, 32 kanálový digitální vstupní a výstupní modul. Při práci je využit pouze zdroj, procesor a komunikační karta.



Obrázek 3 PLC CompactLogix

## 3.2 Komunikace Ethernet/IP

Síťový protokol [9] průmyslové sítě Ethernet Industrial (EtherNet/IP) je otevřený standard pro průmyslové sítě, který podporuje zasílání vstupních/výstupních zpráv v reálném čase a vzájemnou výměnu zpráv. Je použita technologie Ethernet/TCP/IP. Síť EtherNet/IP využívá standardně dostupné komunikační čipy a fyzická média pro síť Ethernet. CIP protokol (Commin Industrial Protocol) tvoří profily s vlastnostmi a aplikační vrstvou Ethetrnrt. CIP protokol funguje na principu komunikace producent – konzument. Pomocí Ethernet/IP lze komunikovat dvěma způsoby - explicitně a implicitně. U explicitního přenosu jsou obsaženy informace, konfigurace slouží k přenosu typu žádost-odpověď a využívá protokol TCP/IP. Přenos implicitní využívá protokol UDP/IP a zajišťuje real-time přenos dat. K zapouzdření CIP zpráv do paketů dochází na úrovni TCP nebo UDP. CIP protokol komunikuje v případě spojované i nespojované komunikace. Spojovaná komunikace slouží pro přenos zpráv například I/O nebo zpráv explicitních. Nespojovaná komunikace je určena k navazování spojení nebo pro přenos nepravidelných zpráv s nízkou prioritou.

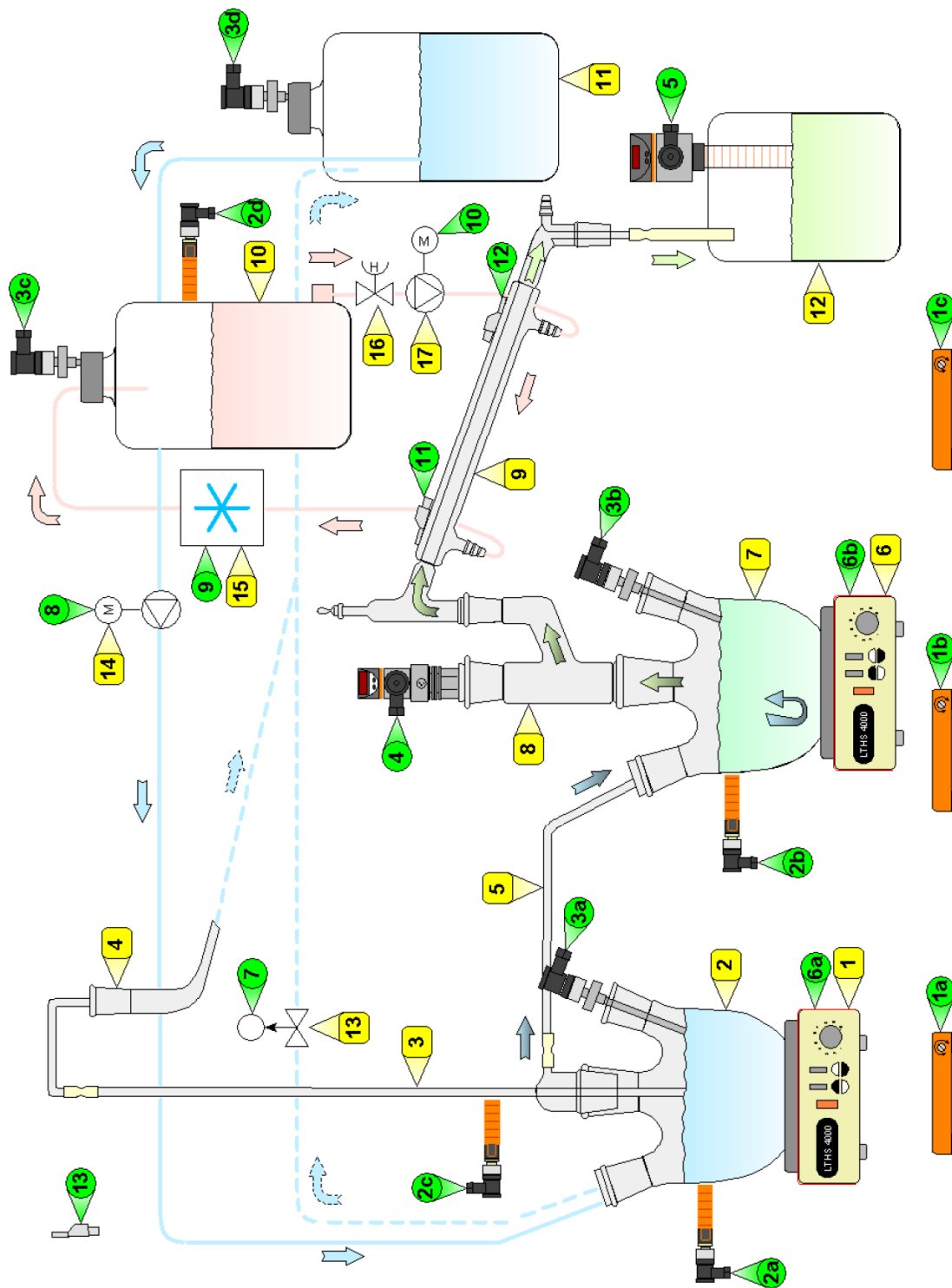
## 4 DESTILACE

Destilace [7] je metoda oddělování kapalných látek založená na různé těkavosti složek ve vroucí kapalně směsi. Uplatňuje se v chemickém průmyslu například při zpracování ropy či v potravinářském průmyslu při výrobě pálenky — destilátů.

Destilace je čisticí operace, při níž se oddělují dvě nebo více kapalin, které se liší těkavostí. Při zahřátí dvousložkové směsi (nástříku) na teplotu varu přechází do plynné fáze směs bohatší na těkavější složku. Kondenzací plynné fáze v tepelném výměníku se získá kapalina (destilát) s větším podílem těkavější složky než v původní kapalně směsi. Zbylá kapalná fáze je naopak obohacena o méně těkavou složku a nazývá se destilační zbytek.

V modelu destilační kolony se využívá principu destilace nosnou vodní parou. Destilační kolona se skládá z baňky na vyvíjení páry, destilační baňky, chladiče a výstupní části. Vyvíječ páry je zahříván na teplotu varu destilované vody, aby bylo vyvíjeno dostatečné množství páry, která je přiváděna do destilační baňky. Destilační baňka je rovněž zahřívána, ale na teplotu asi o 3°C nižší než vyvíječ. Pára z vyvíječe probublává přes destilovanou látku. Na páru jsou vázány silice, které následně v chladiči zkondenzují. Ve výstupní části se oddělí voda od esenciálního oleje.

## 4.1 Popis modelu kolony



Obrázek 4 Funkční model destilační kolony [8]

Model destilační kolony (Obrázek 4) je složen ze dvou baněk. První je na vyvíjení páry (2) a druhá je na destilovanou látku (7). Dále je v modelu chladič (9) a výstupní část (12). K vyvíječi je připojen zásobník destilované vody (11). Pokud je nízká hladina (2a) spustí se čerpadlo (14) a je dopuštěno požadované množství vody. Dále je z vyvíječe hadička do zásobníku vody, která je uzavřena přes solenoid (7). Solenoid se při přetlaku (2c) otevře a přebytečná pára a voda je odvedena do zásobníku. Pod oběma baňkami jsou topná hnízda (1,6) na ohřev. V baňkách jsou čidla na měření teploty. Teplota je monitorována i na vstupu a výstupu (11) chladiče i v zásobníku chladicí kapaliny (3c). Oběh chladicí kapaliny je zajištěn pomocí čerpadla (10), její chlazení na požadovanou teplotu zajišťuje laboratorní lednice (9). Nad destilační baňkou je senzor na měření tlaku (4). V modelu jsou i snímače na detekci úniku kapalin (1a, 1b, 1c) pod vyvíječem, destilační baňkou a chladičem.

V následujících tabulkách (Tabulka 1, Tabulka 2) jsou uvedeny jednotlivé funkční a elektrické prvky, které model kolony obsahuje.

**Tabulka 1** Legenda k obrázku 4 - žluté popisky (funkční prvky) [8]

Označení	Popis
1	Topné hnízdo - vyvíječ páry
2	Baňka vyvíječe pára
3	Odvod páry z vyvíječe, přetlakový vývod
4	Alonž - přerušení odvodu přetlakové vody
5	Trubice - odvod páry do destilační baňky
6	Topné hnízdo - destilační baňka
7	Destilační baňka
8	Destilační nástavec se svislou odbočkou
9	Destilační most (chladič)
10	Zásobník chladicí kapaliny
11	Zásobník vody pro vyvíječ páry
12	Láhev dle Woulfa - výstupní produkt a neslučitelný zbytek
13	El. ventil - bezpečností odvod páry
14	Čerpadlo - doplňování vody ve vyvíječi
15	Laboratorní lednice - chladicí okruh
16	Ruční ventil - chladicí okruh

**Tabulka 2 Legenda k obrázku 4 - zelené popisky (el. prvky) [8]**

Označení	Popis
1a, 1b, 1c	Kapacitní snímače úniku kapalin
2a ,2b	Kapacitní snímače minimální a maximální hladiny
2c	Kapacitní snímač pro přetlak ve vyvíječi
2d	Kapacitní snímač hladiny chladicí kapaliny
3a, 3b	Pt100 snímač teploty ve vyvíječi a destilační baňce
3c, 3d	Pt100 snímač teploty chladicí kapaliny a destilované vody v zásobníku
4	Tlakový snímač tlaku v destilační baňce
5	Snímač hladiny ve výstupní části kolony
6a, 6b	Topná hnízda vyvíječe a destilační baňky
7	Solenoid/ventil pro bezpečnostní odvedení páry při přetlaku
8	Čerpadlo pro doplňování destilované vody do vyvíječe
9	Laboratorní lednice pro chlazení chladicí kapaliny
10	Čerpadlo pro oběh chladicí kapaliny
11, 12	Pt100 snímač pro teplotu vstupu a výstupu chladiče
13	Pt100 snímač pro okolní teplotu

## 5 SOFTWARE

Tato kapitola je zaměřena na vyžadovaný hardware, software a postup instalace a nakonec nastavení jednotlivých částí.

### 5.1 Systémové požadavky

Pro možnost vytvoření systému řízeného v dávkovém řízení je třeba mít počítač, na kterém je nainstalovaný server, který dává příkazy batch systému. Dále je možné mít klientský počítač, pomocí kterého se vytvoří fáze a receptura.

Vyžadovaný operační systém pro klientský počítač a server je uveden v tabulce (Tabulka 3).

**Tabulka 3 Požadovaný operační systém [10]**

Server	klient
Windows Server 2008, R2 SP1, 64-bit, Pouze Anglická verze nebo Windows Server 2008, SP2, 32-bit, Pouze Anglická verze	Windows XP, SP3 32-bit, Pouze Anglická verze nebo Windows 7, SP1, 64-bit Pouze Anglická verze

Více specifikací pro použité počítače pro server a klienta je uvedeno v instalačním manuálu k FactoryTalk Batch [10].

### 5.2 Postup instalace

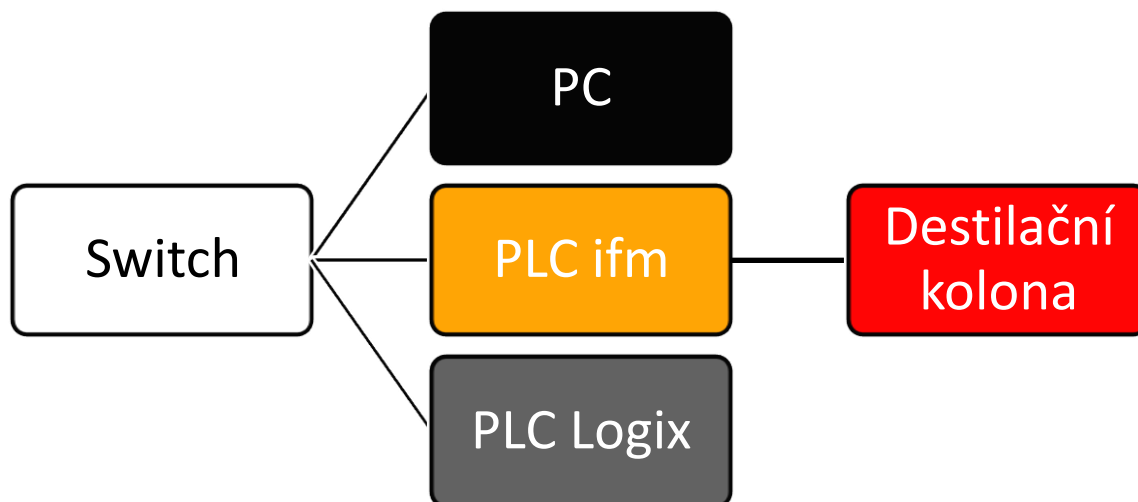
Při instalaci je třeba dodržet pořadí instalovaného softwaru. Nejprve je třeba nainstalovat operační systém na klientské PC a server. Při výběru verze systému je třeba dbát na instalaci správné verze operačního systému, jinak nebude zajištěna správná funkčnost. Po instalaci operačního systému a potřebných ovladačů je možné nainstalovat FactoryTalk Batch.

Při instalaci FactoryTalk Batch je třeba postupovat dle instalačního manuálu a postupně instalovat všechny potřebné komponenty. Dále provést potřebné konfigurace. Následně nainstalovat RSLogix5000 se všemi jeho součástmi.

#### 5.2.1 Instalace serveru

Na server je třeba nainstalovat součásti potřebné jak pro server, tak pro klienta, aby bylo možné server používat i jako klienta.

Na serveru je třeba nastavit síť jako privátní. PLC ke kterým se připojuje je potřeba připojit do stejné sítě jako je server a klientské PC. Propojení je vidět na následujícím obrázku (Obrázek 5).



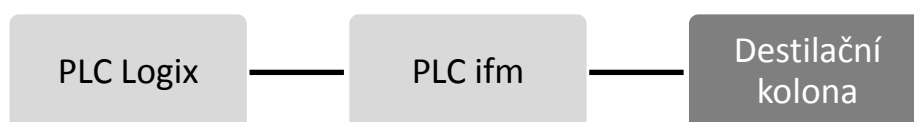
Obrázek 5 Blokové schema propojení PLC, PC a destilační kolony

### 5.2.2 Instalace klientského PC

Instalace se provádí podobně jako u serveru, ale instalují se pouze součásti potřebné pro klientské PC. Je třeba mít správně nastavenou síť, aby klientský počítač našel Batch server a mohl správně komunikovat. Je třeba i správně nastavit síťový adresář.

## 6 ŘÍZENÍ MODELU DESTILAČNÍ KOLONY

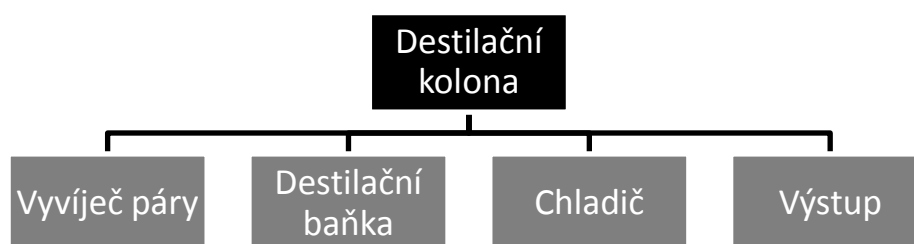
Pro řízení je třeba kolonu rozdělit na fyzický a procedurální model. Toto rozdělení je znázorněno v následujících dvou podkapitolách. Na následujícím obrázku (Obrázek 6) je znázorněno blokové uspořádání a propojení jednotlivých PLC a modelu destilační kolony.



Obrázek 6 Blokove schema uspořádání PLC a kolony

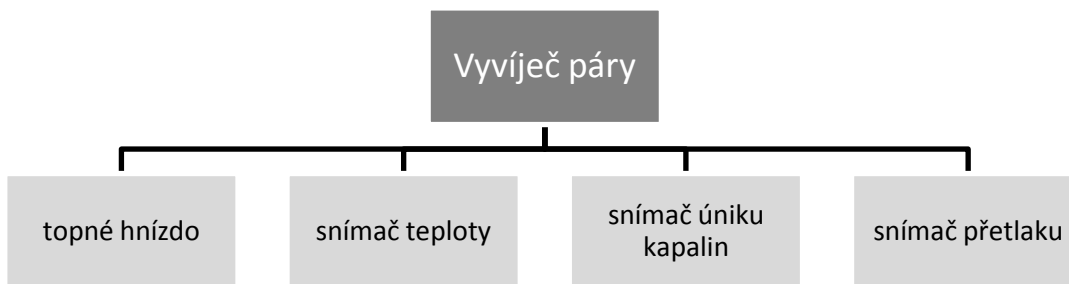
### 6.1 Fyzický model destilační kolony

Na následujících obrázcích je uspořádání fyzického modelu destilační kolony, jsou zde zobrazeny moduly zařízení a řídicí moduly destilační kolony.



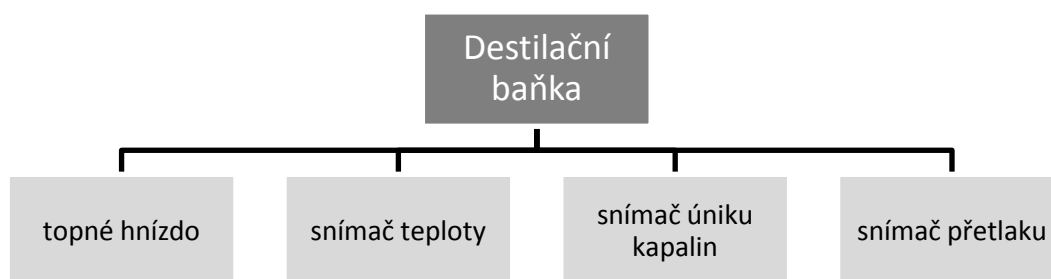
Obrázek 7 Schema jednotky destilační kolony a její moduly zařízení

Na obrázku (Obrázek 7) je vidět že jednotka destilační kolona se skládá ze čtyř modulů zařízení. Vyvíječe páry, destilační baňky, chladiče a výstupu s destilátem. Moduly zařízení se potom dělí na řídicí moduly, které jsou zobrazena na dalších obrázcích.



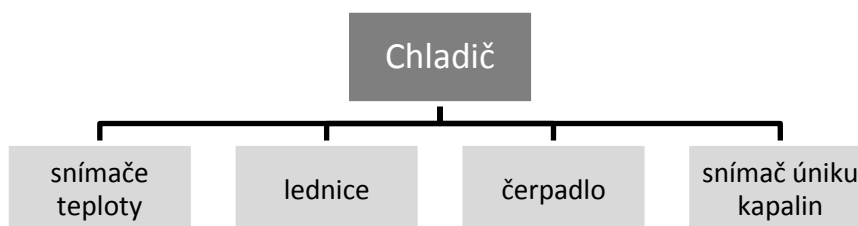
**Obrázek 8 Schéma řídicích modulů vyvíječe páry**

První část zobrazuje řídicí moduly vyvíječe páry (Obrázek 8). Řídicí moduly jsou topné hnízdo pro ohřev baňky, snímač teploty v baňce, snímač úniku kapalin pod baňkou a snímač přetlaku v baňce.



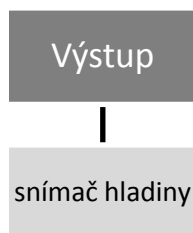
**Obrázek 9 Schéma řídicích modulů destilační baňky**

Řídicí moduly destilační baňky (Obrázek 9). Obsahuje topné hnízdo pro ohřev destilované látky, snímač přetlaku v baňce, snímač teploty v baňce a snímač úniku kapalin pod baňkou.



**Obrázek 10 Schéma řídicích modulů chladiče**

Na blokovém schématu (Obrázek 10) jsou vidět řídicí moduly chladiče. Řídicí moduly jsou čerpadlo pro oběh chladicí kapaliny, snímač teploty chladicí kapaliny, snímače teploty na vstupu a výstupu chladiče, snímač úniku kapalin pod chladičem a lednice pro chlazení chladicí kapaliny.

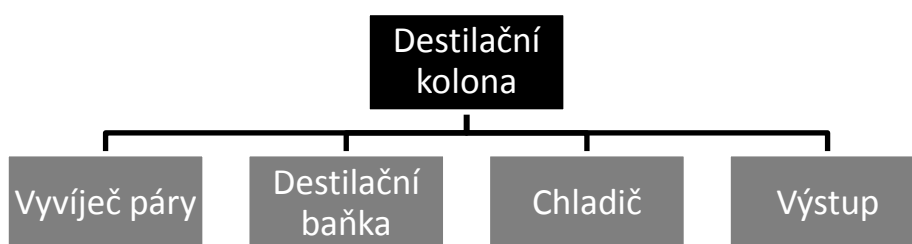


Obrázek 11 Schéma řídicích modulů destilátu

Na obrázku (Obrázek 11) je vidět řídicí modul výstupu destilační kolony. Řídicí modul je snímač výšky hladiny destilátu.

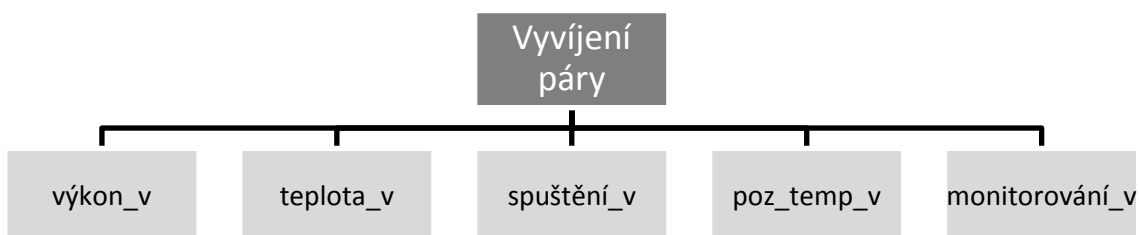
## 6.2 Procedurální model destilační kolony

Procedurální model je hierarchický model funkcí, které se mají vykonat. Díky procedurálnímu modelu je umožněno dávkové řízení. Následující obrázky popisují proceduru destilace, jsou zde zobrazeny operace skládající se z fází.



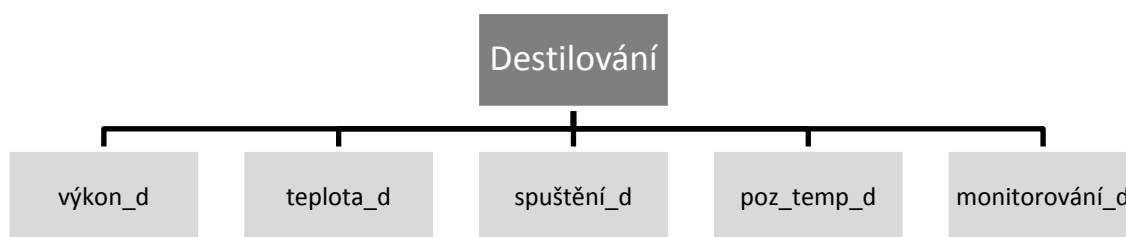
Obrázek 12 Schéma procedury destilace

Z blokového schématu na předchozím obrázku (Obrázek 12) je vidět, že procedura destilace se skládá ze čtyř částí, které jsou popsány dále, jsou to vyvíječ páry, destilační baňka, chladič a výstup.



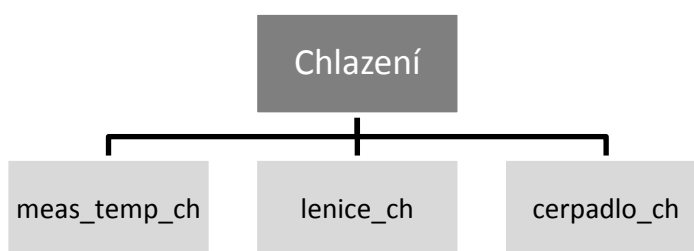
Obrázek 13 Schema operace vyvíjení páry

Obrázek 13 popisuje operaci vyvíjení páry. Obsahuje fáze pro nastavení výkonu, nastavení teploty, spuštění topného hnízda, kontrolu dosažení požadované teploty v topném hnízdě a fázi monitorování veličin.



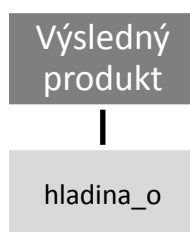
**Obrázek 14 Schéma operace destilování**

Na blokovém schématu (Obrázek 14) jsou vidět fáze, které se vykonávají v operaci destilování. Jsou to nastavení výkonu, teploty a spuštění topného hnízda, kontrola dosažení požadované teploty v destilační baňce a fázi pro monitorování veličin.



**Obrázek 15 Schema operace chlazení**

Operace chlazení je zobrazena na obrázku (Obrázek 15). Při chlazení jsou využity fáze pro kontrolu teploty na vstupu a výstupu chladiče a teploty chladicí kapaliny, s tím souvisí fáze pro ovládání čerpadla a lednice na chladicí kapalinu.



**Obrázek 16 Schema operace výsledný produkt**

Na předchozím obrázku (Obrázek 16) je poslední operace výsledný produkt, která obsahuje fázi pro změření hladiny vydestilované látky.

V následující tabulce (Tabulka 4) jsou uvedeny proměnné, které lze z PLC ifm vyčíst, nebo do nich zapisovat, tím ovládat destilaci. Jsou zde proměnné pro měřené teploty v různých místech kolony, pro čidla úniku, přetlaku, hladiny. Dále proměnné pro ovládání čerpadla, lednice, nastavení teploty a výkonu topných hnízd. A signalizace v jakém jsou stavu jednotlivé akční členy.

**Tabulka 4 Vstupní a výstupní proměnní řídicího PLC [8]**

<b>Název</b>	<b>Popis</b>	<b>Typ</b>
A_TEMP0	teplota ve vyvíječi par	(INT)
A_TEMP1	teplota v zásobníku vody	(INT)
A_TEMP2	teplota v destilační baňce	(INT)
A_TEMP3	teplota v zásobníku chladicí kapaliny	(INT)
A_TEMP4	teplota chladiče - vstup chladicí kapaliny	(INT)
A_TEMP5	teplota chladiče - výstup chladicí kapaliny	(INT)
A_TEMP6	teplota okolí	(INT)
A_LEVEL	hladina ve výstupní části	(WORD)
A_LEVELOverflow	signalizace překročení nastavené hladiny A_LEVEL	(BOOL)
A_PRESS	tlak v destilační baňce	(WORD)
A_PRESSOverflow	signalizace překročení nastaveného tlaku A_PRESS	(BOOL)
A_LimitLevel1	detekce přetlaku ve vyvíječi	(BOOL)
A_LimitLevel2	minimální hladina ve vyvíječi	(BOOL)
A_LimitLevel3	minimální hladina v zásobníku vody	(BOOL)
A_LimitLevel4	maximální hladina v destilační baňce	(BOOL)
A_Liquid1	detekce úniku kapaliny pod vyvíječem páry	(BOOL)
A_Liquid2	detekce úniku kapaliny pod destilační baňkou	(BOOL)
A_Liquid3	detekce úniku kapaliny pod chladičem	(BOOL)
A_Man_Solenoid	požadavek zavření solenoidu	(BOOL)
A_Man_PumpCool	požadavek zapnutí čerpadla chladicího okruhu	(BOOL)
A_Man_PumpWater	požadavek zapnutí čerpadla vody	(BOOL)
A_Man_Heater1, A_Man_Heater2	požadavek zapnutí topného hnízda 1, 2	(BOOL)
A_Man_H1c, A_Man_H2c	nastavení topného hnízda - 0->nastavuje se výkon, 1-> nastavuje se žádaná teplota (BOOL)	(BOOL)
A_Man_Heater1power, A_Man_Heater2power	požadovaný výkon	(BYTE)
A_Flask1TempZ, A_Flask2TempZ	požadovaná teplota	(INT)
A_Man_FridgeOn	požadavek zapnutí lednice	(BOOL)
A_Solen	info o stavu solenoidu - On/Off	(BOOL)
A_PumpC	info o běhu čerpadla chladicí kapaliny- On/Off	(BOOL)
A_PumpW	info o běhu vody - On/Off	(BOOL)
A_Aut_Heater1, A_Aut_Heater2	info o blokování topných hnízd	(BOOL)
A_Heater1, A_Heater2	info o stavu topných hnízd - On/Off	(BOOL)
A_Fridge	info o běhu lednice - On/Off	(BOOL)
A_FridgeTimeAct	info o aktuální době blokování vypnutí lednice	(DWORD)
A_FridgeTime	celková doba blokování	(DWORD)
A_FridgeBlocking	info o blokování vypnutí lednice	(BOOL)
A_LedU, A_LedD	info o zapnutých LED	(BOOL)
A_Acoustic	info o zvukové signalizaci, momentálně nezapojeno	(BOOL)
A_Model	info o zvoleném modelu - 0-> Software, 1-> Realný	(BOOL)
A_SafetyState	info o bezp. stavu zvoleného modelu, 0-3	(BYTE)

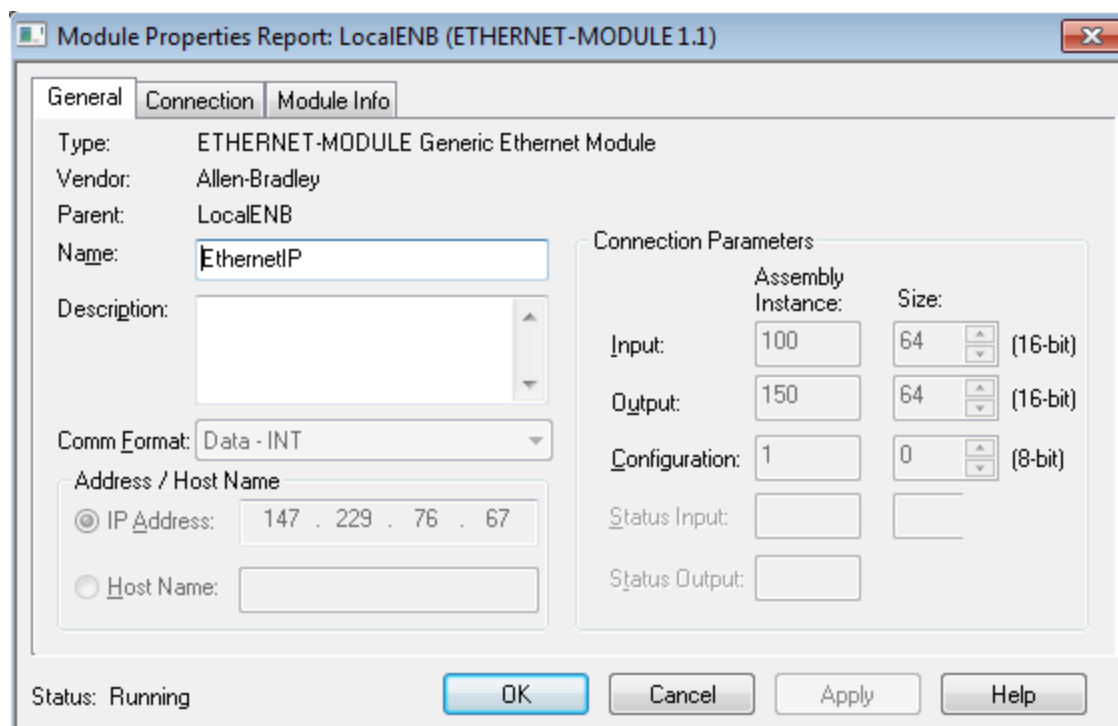
## 7 POPIS NAPROGRAMOVANÉHO ŘÍZENÍ

Následující kapitola je zaměřena na popis komunikace mezi PLC AC1377 a PLC CompactLogix 1769-L35E. Dále jsou zde uvedeny jednotlivé fáze, které byly potřeba vytvořit k řízení modelu. Na konec je zde popsána vizualizace.

### 7.1 Vytvoření projektu RSRSLogix 5000

Pro navázání komunikace mezi PLC ifm AC1377 a PLC Rockwell automation CompactLogix 1769-L35E je potřeba vytvořit projekt v RSRSLogix 5000 a nakonfigurovat komunikační modul.

Nejprve je potřeba založit projekt, poté vytvořit hardverovou konfiguraci, kde je třeba přidat ETHERNET MODULE. Tento modul je nakonfigurován dle obrázku (Obrázek 17).



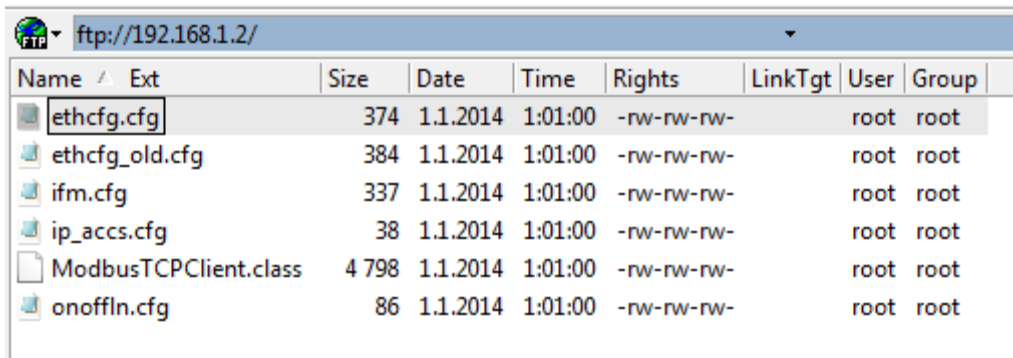
Obrázek 17 Nastavení komunikace mezi PLC Logix a ifm

Dále je potřeba vytvořit proměnné, které jsou navázány vstupní a výstupní data z Ethernet/IP. Přehled proměnných je zobrazen v tabulce (Tabulka 4). Proměnné byly převzaty z jiné bakalářské práce [5].

## 7.2 Komunikace

Komunikace mezi PLC ifm AC1377 a PLC Rockwell automation CompactLogix 1769-L35E je realizována pomocí Ethernet/IP. Kde PLC ifm je připojeno přímo k modelu destilační kolony a jsou k němu připojeny jednotlivá čidla a akční členy. V PLC CompactLogix (IP 147.229.76.66) jsou data přijímána a zpracována a dále odesílána data pro spuštění akčních členů.

PLC ifm bylo třeba nastavit pro komunikaci přes Ethernet/IP. Nastavení se provádí přes FTP, toto nastavení bylo provedeno stejně jako v [9]. Pomocí programu, který dokáže pracovat s FTP serverem, se připojíme na IP adresu, která je nyní nastavena na 147.229.76.67, tato adresa se dá změnit v konfiguračním souboru ethcfg.cfg pod [IP address]. Po připojení do PLC se zobrazí šest konfiguračních souborů (ethcfg.cfg, ethcfg\_old.cfg, ifm.cfg, onoffln.cfg, ip\_accs.cfg, telwel.cfg). V konfiguračním souboru ifm.cfg pod [Byteorder] musí být zadáno EIP (EtherNet/IP) a změny je třeba uložit. Dále v souboru onoffln.cfg pod [ON/OFF-line trigger] musí být rovněž zadáno EIP pro připojení přes EtherNet/IP, znovu je nutné změny uložit. Dále je třeba nastavit, jaké IP adresy mají přístup k PLC. Tyto adresy se nastavují v souboru ip\_accs.cfg. Pro správnou funkčnost je potřeba, aby PLC bylo ve stejné síti, jako zařízení které s ním chce komunikovat. Obrázek 18 zobrazuje soubory v PLC ifm.

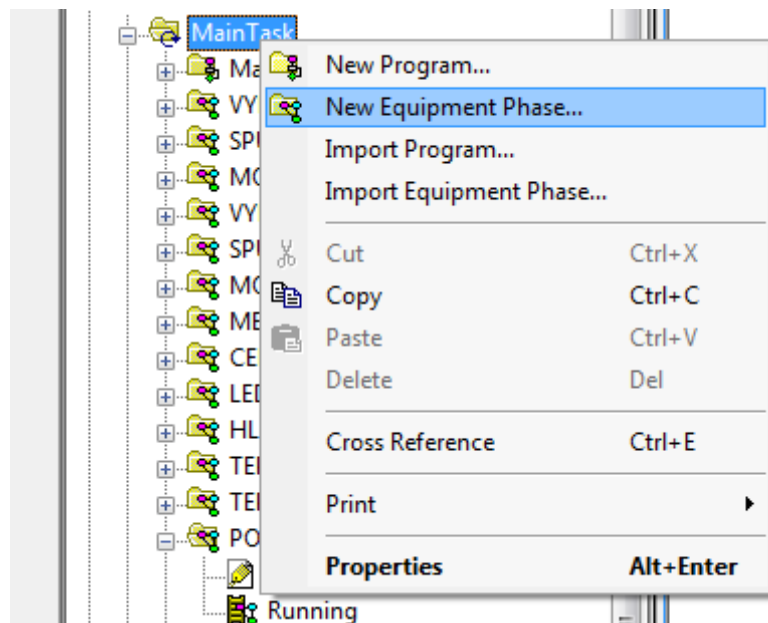


Name ^ Ext	Size	Date	Time	Rights	LinkTgt	User	Group
ethcfg.cfg	374	1.1.2014	1:01:00	-rw-rw-rw-		root	root
ethcfg_old.cfg	384	1.1.2014	1:01:00	-rw-rw-rw-		root	root
ifm.cfg	337	1.1.2014	1:01:00	-rw-rw-rw-		root	root
ip_accs.cfg	38	1.1.2014	1:01:00	-rw-rw-rw-		root	root
ModbusTCPClient.class	4 798	1.1.2014	1:01:00	-rw-rw-rw-		root	root
onoffln.cfg	86	1.1.2014	1:01:00	-rw-rw-rw-		root	root

Obrázek 18 Soubory v PLC ifm

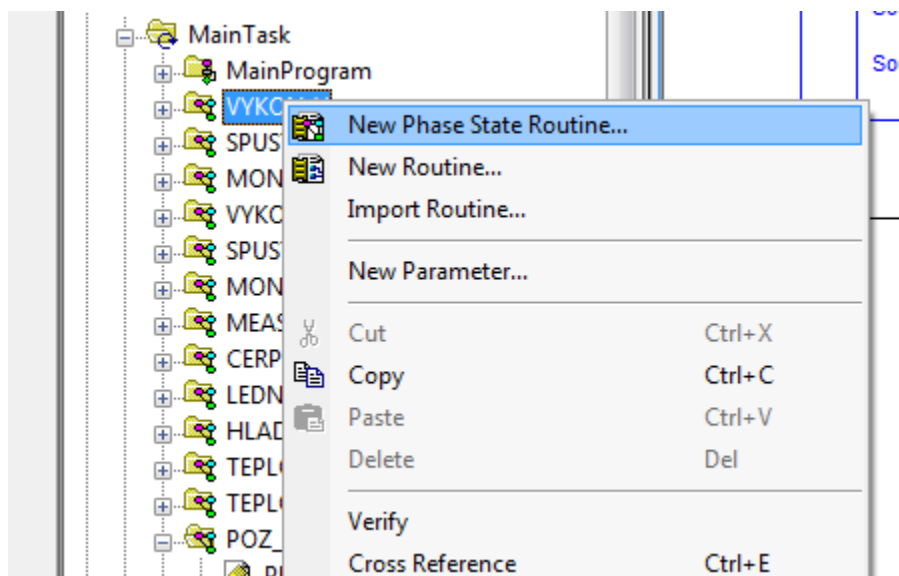
## 7.3 Vytvoření fází v PLC

Fáze do PLC se vytváří pomocí programu RSLogix 5000 [3]. Prvním krokem je založení nového projektu a nakonfigurování, jak je uvedeno v kapitole 7.1. Následně je třeba vytvořit požadovanou fázi. Na Obrázek 19 je zobrazeno vytvoření fáze. Fáze se vytvoří kliknutím pravým tlačítkem myši na MainTask a vybere se položka New Equipment Phase. Po kliknutí je fáze vytvořena a je třeba do ní přidat jeden za stavů (Running, Holding, Stopping, Aborting).

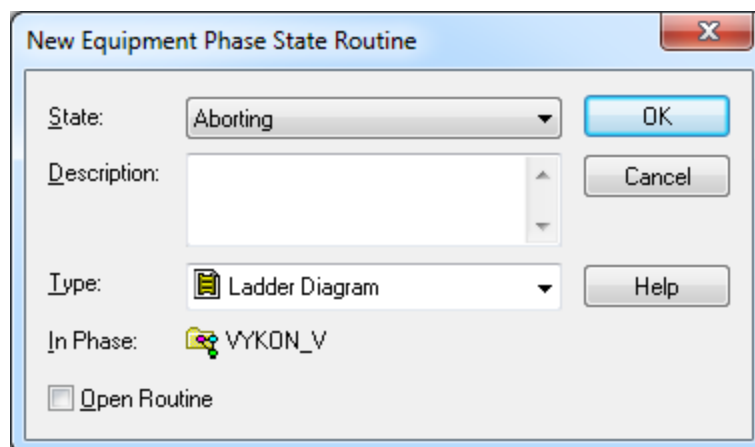


Obrázek 19 Vytvoření fáze v RSRLogix 5000

Přidání stavu je znázorněno na Obrázek 20. Kliknutím pravým tlačítkem na fázi se zobrazí nabídka, ze které je potřeba vybrat New Phase State Routine. Po kliknutí se zobrazí okno, které je zobrazeno na obrázku (Obrázek 21).



Obrázek 20 Vytvoření stavu ve fázi v RSRLogix 5000



Obrázek 21 Okno pro vytvoření stavu fáze v RSRLogix 5000

V zobrazeném okně je třeba vybrat stav, který je zapotřebí, dále je možné napsat nějaký popis k danému stavu a vybrat typ programování stavu dané fáze.

Po vytvoření dané fáze a jejich stavů lze naprogramovat potřebné řízení ve fázi. Pro obsluhu fází se používají speciální instrukce, které jsou integrovány v RSRLogix 5000. Jejich seznam je uveden v tabulce (Tabulka 5). Ve fázích je možné vytvořit proměnné, které lze následně navázat na proměnné v receptuře. Proměnné je třeba vytvořit v jednotlivých fázích v položce Phase Tags, vytvořit proměnou a v položce Usage vybrat zda se jedná o vstupní nebo výstupní proměnou, dále určit datový typ. Ve fázi je poté třeba přidat blok PXRQ, který slouží k vyčtení, nebo načtení dat z receptury.

Tabulka 5 Instrukce pro fáze v RSRLogix 5000

Název příkazu	význam
PSC	dokončení stavu fáze
PFL	chyba během stavu fáze
PCMD	příkaz pro fázi
PCFL	smazání chyby ve stavu fáze
PXRQ	externí žádost na fázi (vyčtení dat, zapsání dat...)
POVR	nadřazený příkaz pro stav fáze

## 7.4 Navržené fáze v PLC

### Výkon\_v

Fáze *výkon\_v* je pro nastavení výkonu topného hnízda pro vyvíječ páry. Nejprve je ve stavu *Running* načtena hodnota nastaveného výkonu z receptury v rozsahu 0 – 100%, následně po správném načtení je nastavena proměnná *A\_ManH1c* do logické úrovně 0, aby bylo možné odeslat načtenou hodnotu do řídicího PLC ifm, po odeslání je fáze dokončena.

### Teplota\_v

Tato fáze slouží k načtení nastavené teploty ve vyvíječi páry z receptury, po dokončení načtení je proveden přepočítání na stupně Celsia. Hodnotu nastavené teploty načtené z receptury je třeba podělit 10, aby byla teplota ve stupních Celsia. Teplota v receptuře je vynásobena 10 kvůli dosažení potřebného rozsahu a rozlišení nastavovaných teplot. Proměnnou *A\_Man\_H1c* je třeba nastavit do logické úrovně 1 pro povolení nastavování požadované teploty. V posledním kroku je přepočtená teplota odeslána do PLC ifm. A fáze je dokončena.

### Spuštění\_v

Ve fázi *spuštění\_v* je kontrolován přetlak v baňce na vyvíjení páry, pokud není detekován přetlak, spustí se topné hnízdo pod vyvíječem. Pokud je detekován přetlak spustí se časovač doby přetlaku. Pokud přetlak trvá déle, než 15 sekund nastaví se chybové hlášení o přetlaku ve vyvíječi páry (kód 200), fáze *spusteni\_v* a *spusteni\_d* přejdou do stavu *Hold*, kde se vypnou topná hnízda, aby mohl klesnout tlak a nebyl přetlak. Dále se v této fázi kontroluje únik kapalin pod vyvíječem, kde při úniku dojde k přechodu fází *lednice\_ch*, *spusteni\_d*, *spusteni\_v* a *čerpadlo\_ch* do stavu *stop*, nastaví se chybové hlášení úniku kapaliny (kód 100) a zastaví se destilace. Je kontrolována i komunikace mezi PLC Logix a ifm, když dojde ke ztrátě komunikace (kód 300) po opětovném navázání komunikace přejdou fáze *lednice\_ch*, *spusteni\_d*, *spusteni\_v* a *čerpadlo\_ch* do stavu *hold*. Pokud nejsou žádné blokovací podmínky fáze je dokončena.

### Poz\_temp\_v

Fáze *poz\_temp\_v* slouží k monitorování požadované teploty a ke kontrole přetlaku ve vyvíječi, úniku pod vyvíječem a komunikaci mezi PLC. Jakmile je dosaženo požadované teploty fáze se dokončí.

### **Monitorování\_v**

Fáze sloužící k monitorování veličin ve vyvíječi a jejich přepočtu, dále ke kontrole úniku a přetlaku. Fáze monitorování je dokončena po uplynutí načteného času doby destilace z receptury.

### **Výkon\_d**

Ve fázi *výkon\_d* je načtena hodnota požadovaného výkonu z receptury 0 – 100%. Po bezchybném načtení je nastavena proměnná *A\_Man\_H2c* do logické úrovně 0, aby bylo možné nastavovat výkon, poté je odeslán požadovaný výkon do řídicího PLC ifm.

### **Teplota\_d**

Tato fáze slouží k načtení nastavené teploty z receptury v destilační baňce, po dokončení načtení je proveden přepočet na stupně Celsia. Hodnotu nastavené teploty načtené z receptury je třeba podělit 10, aby byla teplota ve stupních Celsia. Teplota v receptuře je vynásobena 10 kvůli dosažení potřebného rozsahu a rozlišení nastavovaných teplot. Proměnnou *A\_Man\_H2c* je třeba nastavit do logické úrovně 1 pro povolení nastavování požadované teploty. V posledním kroku je přepočtená teplota odeslána do PLC ifm. A fáze je dokončena.

### **Spuštění\_d**

Ve fáze *spuštění\_d* je kontrolován přetlak v destilační baňce, pokud není detekován přetlak, spustí se topné hnízdo pro destilační baňku. Pokud je detekován přetlak okamžitě se vypnou topná hnízda, nastaví se chybové hlášení o přetlaku v destilační baňce (kód 201) a fáze *spusteni\_v* a *spusteni\_d* přejdou do stavu *Hold*, aby nebyl přetlak. Dále se v této fázi kontroluje únik kapalin pod destilační baňkou, kde při úniku (kód 101) dojde k přechodu fází *lednice\_ch*, *spusteni\_d*, *spusteni\_v* a *čerpadlo\_ch* do stavu *stop*, nastaví se chybové hlášení úniku kapalin pod destilační baňkou a zastaví se destilace. Je kontrolována i komunikace mezi PLC Logix a ifm, když dojde ke ztrátě komunikace (kód 300) po opětovném navázání komunikace přejdou fáze *lednice\_ch*, *spusteni\_d*, *spusteni\_v* a *čerpadlo\_ch* do stavu *hold*. Pokud nejsou žádné blokové podmínky fáze je dokončena.

### **Poz\_temp\_d**

Fáze *poz\_temp\_d* slouží k monitorování požadované teploty v destilační baňce a dále ke kontrole přetlaku, úniku pod destilační baňkou a komunikaci mezi PLC. Po dosažení požadované teploty se fáze dokončí.

## **Monitorování\_d**

Fáze sloužící k monitorování veličin v destilační baňce a k jejich přepočtu na požadované veličiny, kontrole úniku a přetlaku. Načtené teploty z kolony je třeba podělit 10, aby byly ve stupních Celsia. Tlak se vypočte tak, že se od vyčtené hodnoty odečte 13 (stejnosemná složka) a poté se podělí 39, aby byl výsledný tlak v kPa [11]. Fáze monitorování je dokončena po uplynutí načteného času doby destilace z receptury.

## **Meas\_temp\_ch**

Fáze *meas\_temp\_ch* slouží pro přepočet teplot na vstupu a výstupu chladiče a teploty chladicí kapaliny v zásobníku. Dále je pomocí této fáze zjišťování, zda je teplota chladicí kapaliny v zadaném rozmezí teplot, pokud je vyšší než 28°C spustí se fáze *lednice\_ch*. Pokud je teplota v daných mezích fáze *lednice\_ch* se zastaví (-5, 36°C). V této fázi je načten čas destilace z receptury a spuštěn časovač. Po dočasování doby destilace se fáze dokončí.

## **Cerpadlo\_ch**

Fáze *cerpadlo\_ch* obsluhuje spouštění a zastavování čerpadla chladicí kapaliny a kontroluje se v ní únik kapalin pod chladičem, pokud nastal únik, zastaví se *cerpadlo\_ch*, *spusteni\_d*, *spusteni\_v*, *lednice\_ch* a nastaví se chybové hlášení úniku kapalin pod chladičem (kód 102). Fáze se dokončí pokud je čerpadlo spuštěno a není detekován únik. V této fázi je rovněž kontrolována komunikace mezi PLC Logix a ifm, když dojde ke ztrátě komunikace (kód 300) po opětovném navázání komunikace přejdou fáze *lednice\_ch*, *spusteni\_d*, *spusteni\_v* a *cerpadlo\_ch* do stavu *hold*. Ve stavu *Hold* se čerpadlo vypíná.

## **Lednice\_ch**

Spouštění a vypínání lednice obsluhuje fáze *lednice\_ch*. Pokud je v této fázi detekován únik kapaliny fáze *spusteni\_d*, *spusteni\_v*, *lednice\_ch* a *cerpadlo\_ch* přejdou do stavu *stop* a vyvolá se chybové hlášení úniku pod chladičem (kód 102). V této fázi je také kontrolována komunikace mezi PLC Logix a ifm. Když je teplota chladicí kapaliny v stanoveném rozmezí, ale vyšší než 20°C spustí se fáze *cerpadlo\_ch* a zapne se *lednice\_ch*. Jakmile se teplota chladicí kapaliny dostane do požadovaných mezí (10°C) a není blokováno vypnutí lednice, *lednice\_ch* se vypne.

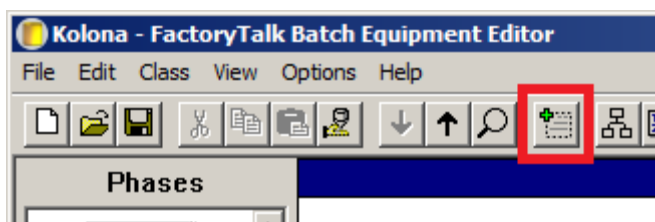
## **Hladina\_o**

Ve fázi *hladina\_o* se provede přepočet hodnoty načtené hladiny ve výstupní části na hladinu v centimetrech. Od načtené hodnoty se odečte 39 (stejnosemná složka) a následně se vydělí 498 a uloží se do nové proměnné. Hodnoty byly zjištěny experimentálně v práci [11].

## 7.5 Equipment editor

Pro vytvoření dávkového procesu je nutné vytvořit v equipment editoru oblast, do které je přidána procesní buňka, ve které jsou vytvořeny jednotky, které se skládají z fází synchronizovaných s fázemi vytvořenými v PLC.

Nejdříve je třeba nadefinovat oblast, ve které se nachází procesní buňka. Definiuje se kliknutím na položku Edit a výběrem položky Area. Zobrazí se okno, ve kterém si oblast pojmenujeme. Dále v dané oblasti vytvoříme procesní buňku. Buňka se vytváří kliknutím na tlačítko Add New Object (Obrázek 22).

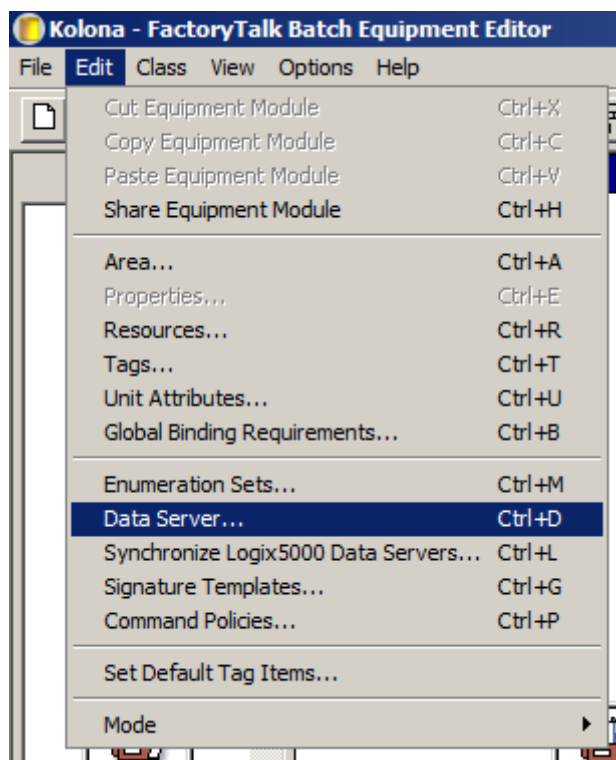


Obrázek 22 Vytváření nového objektu v Equipment editoru

Po vytvoření buňky je nutné do ní přidat jednotlivé jednotky. Přidání jednotky se provede tak, že se otevře buňka a opět se tlačítkem Add New Object přidá tentokrát nová jednotka. Jednotky jsou pojmenovány obecně. Jakmile jsou vytvořeny potřebné jednotky je potřeba je přidat do buňky tak, že je vybereme ve sloupci vlevo a přidáme je na pracovní plochu a pojmenujeme je zvoleným názvem.

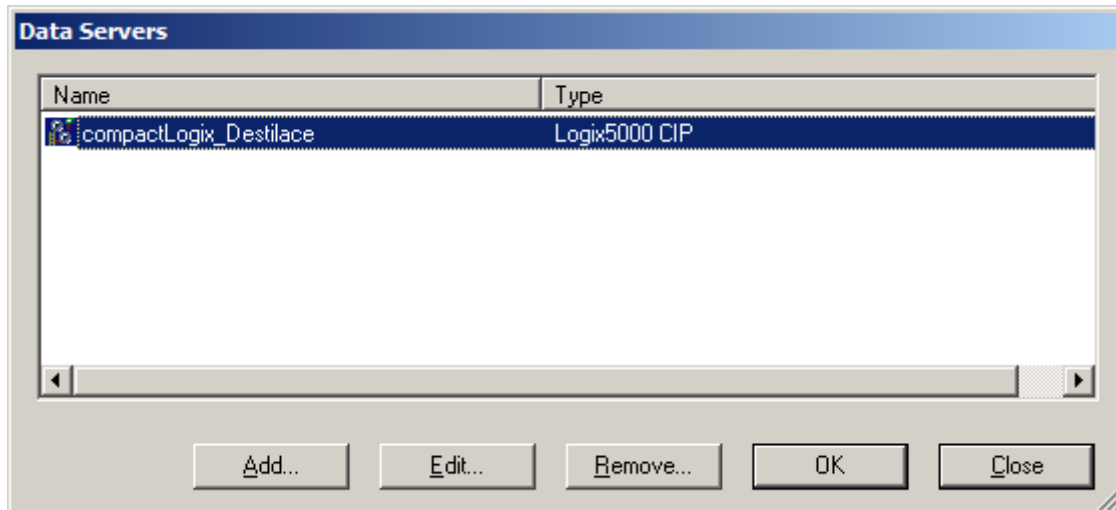
Dále je potřebné vytvořit fáze, které budou následně navázány na fáze v PLC. Pro vytvoření fází je třeba otevřít některou jednotku a kliknout na Add New Object. Po vytvoření všech potřebných fází je třeba tyto fáze navázat na fáze vytvořené v PLC. Navázání se provádí přes datový server.

Datový server se vytvoří kliknutím na Edit a vybráním položky Data Server, jak je znázorněno následujícím obrázkem (Obrázek 23).



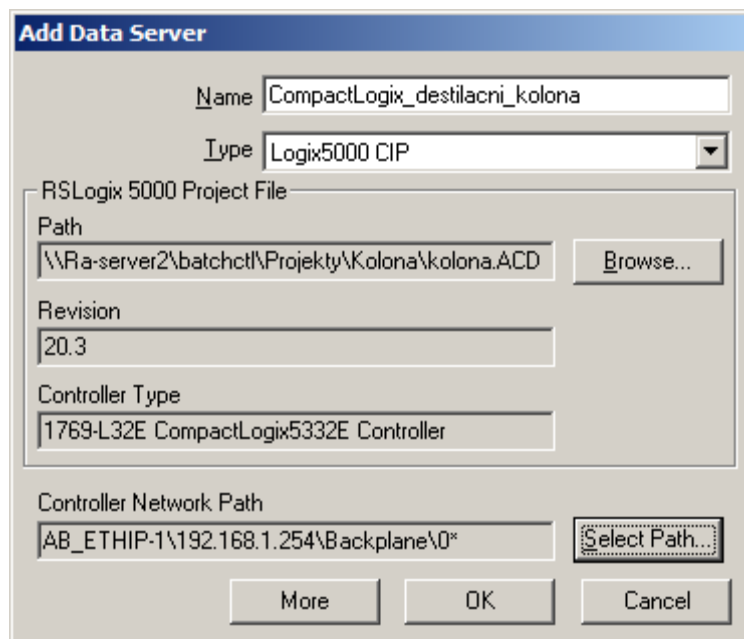
Obrázek 23 Vytváření datového serveru

Po kliknutí na Data Server se zobrazí okno, ve kterém jsou zobrazeny již přidané datové servery (Obrázek 24).



Obrázek 24 Datové servery Equipment editor

Vytvoření nového serveru pro synchronizaci fází v PLC se provede kliknutím na položku Add, zobrazí se okno (Obrázek 25), ve kterém je nutné nakonfigurovat server. Do položky Name musíme zadat pojmenování serveru, dále v položce Type vybereme Logix5000 CIP. V Path vybereme pomocí tlačítka Browse cestu kde je projekt vytvořený v RSRSLogix 5000 s fázemi k synchronizaci. Poslední část je vybrání kontroléru, který bude fáze vykonávat. Výběr kontroléru se provede kliknutím na tlačítko Select Path kde si následně vybereme požadované PLC.

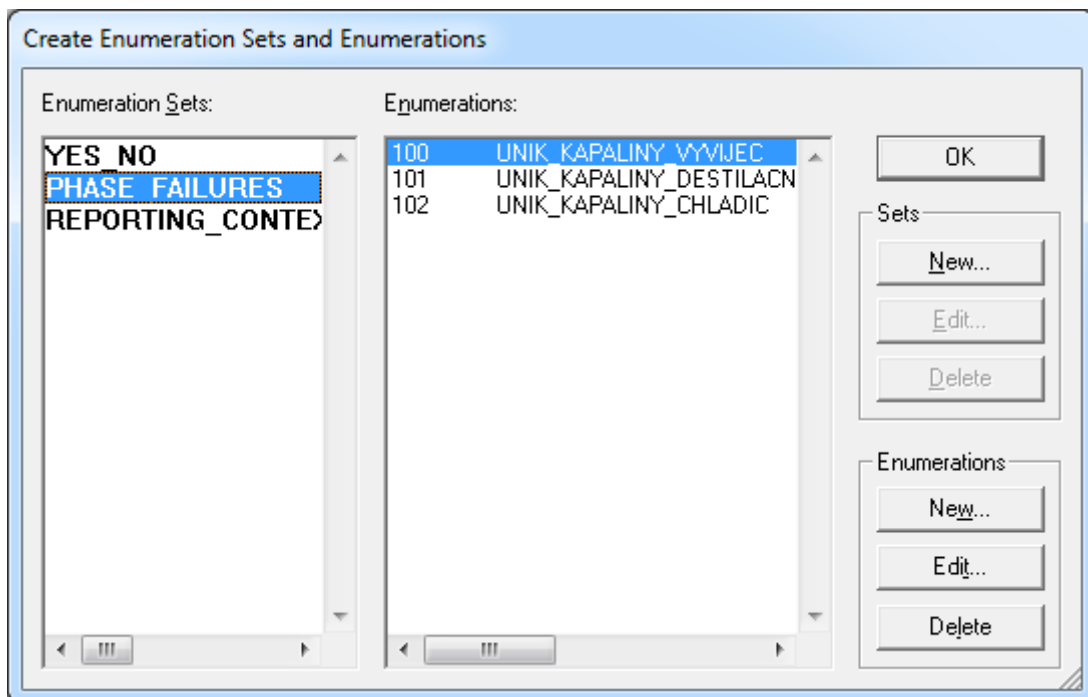


**Obrázek 25 Logix5000 CIP Data server**

Zadávaní chybových kódů se v equipment editoru provádí pomocí kliknutí na tlačítko Edit Enumerations, kde je v zobrazeném okně (Obrázek 26) vybrána položka Phase Failures a tlačítkem New v poli Enumerations jsou přidány požadované chyby. Přiřadí se nadefinovaný kód chyby, který byl nadefinován v jednotlivých fázích, a zadá se chybová hláška, která se zobrazí ve FactoryTalk Batch View při vyvolání chyby. V následující tabulce (Tabulka 6) jsou vypsané jednotlivé kódy chyb a jejich význam.

**Tabulka 6 Chybové kódy**

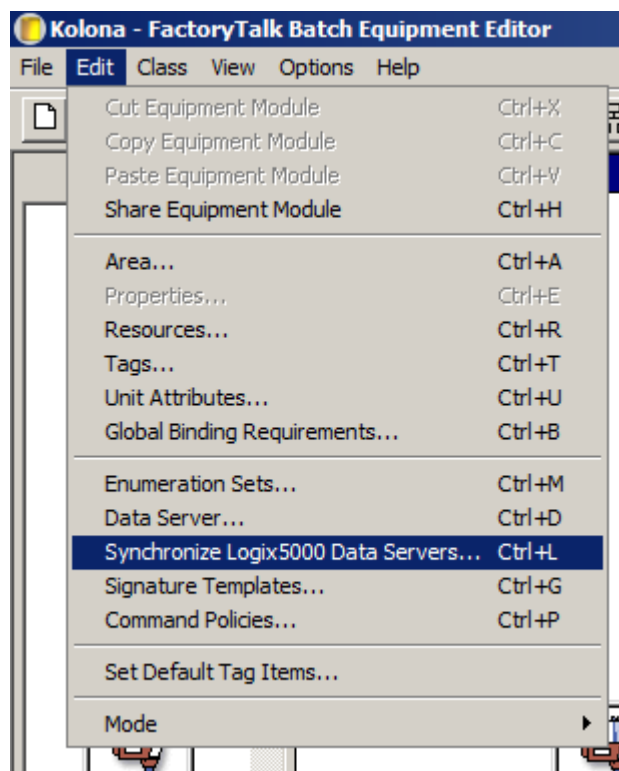
Kód chyby	Popis chyby
100	Únik kapaliny pod vyvíječem
101	Únik kapaliny pod destilační baňkou
102	Únik kapaliny pod chladičem
200	Přetlak ve vyvíječi
201	Přetlak v destilační baňce



Obrázek 26 Přidání chybových kódů

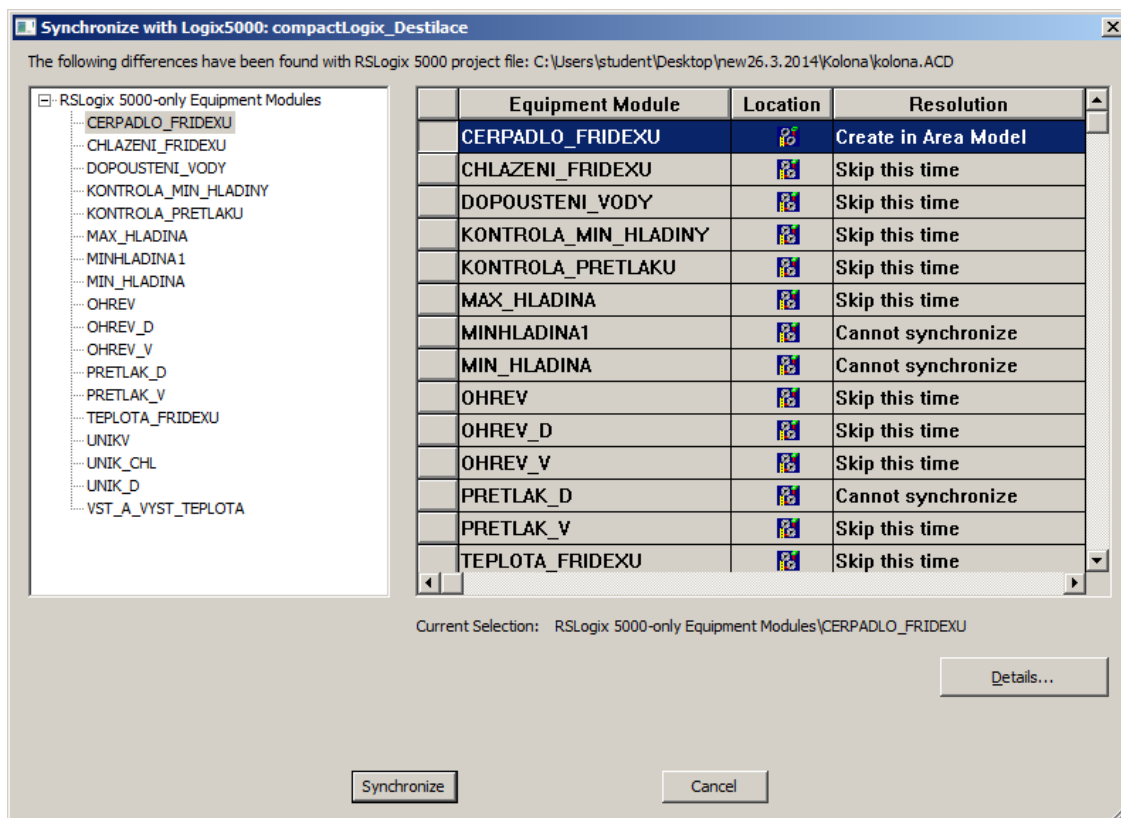
### 7.5.1 Synchronizace fází v PLC

Pokud je vytvořen Logix5000 CIP server je možné synchronizovat fáze v PLC s fázemi v Equipment editoru. Vybereme možnost Edit a zde položku Synchronize Logix5000 Data Servers (Obrázek 27). Zobrazí se okno, kde je potřeba kliknout na tlačítko Continue.



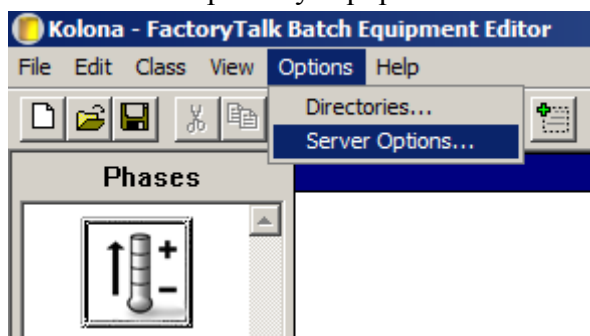
**Obrázek 27 Synchronizace s Data serverem**

Zobrazí se okno s fázemi, které jsou v PLC. U fází, které chceme přidat, musíme vybrat Create in Area Model (Obrázek 28). Pokud fázi přidáme a následně v ní něco změníme a není možné ji synchronizovat, fáze se musí v RSLogix 5000 smazat a znovu vytvořit a synchronizovat. Po kliknutí na tlačítko Synchronize se zobrazí další okno, kde jsou na výběr fáze vytvořené v Equipment editoru a jednotlivé jednotky. Zde je nutné přiřadit fázi z PLC fázi vytvořenou v editoru a vybrat do jaké jednotky se má přidat. Pokud není v Equipment editoru vytvořená vhodná fáze pro fázi z PLC lze ji v zobrazeném okně vytvořit výběrem obrázku a přiřazením názvu.

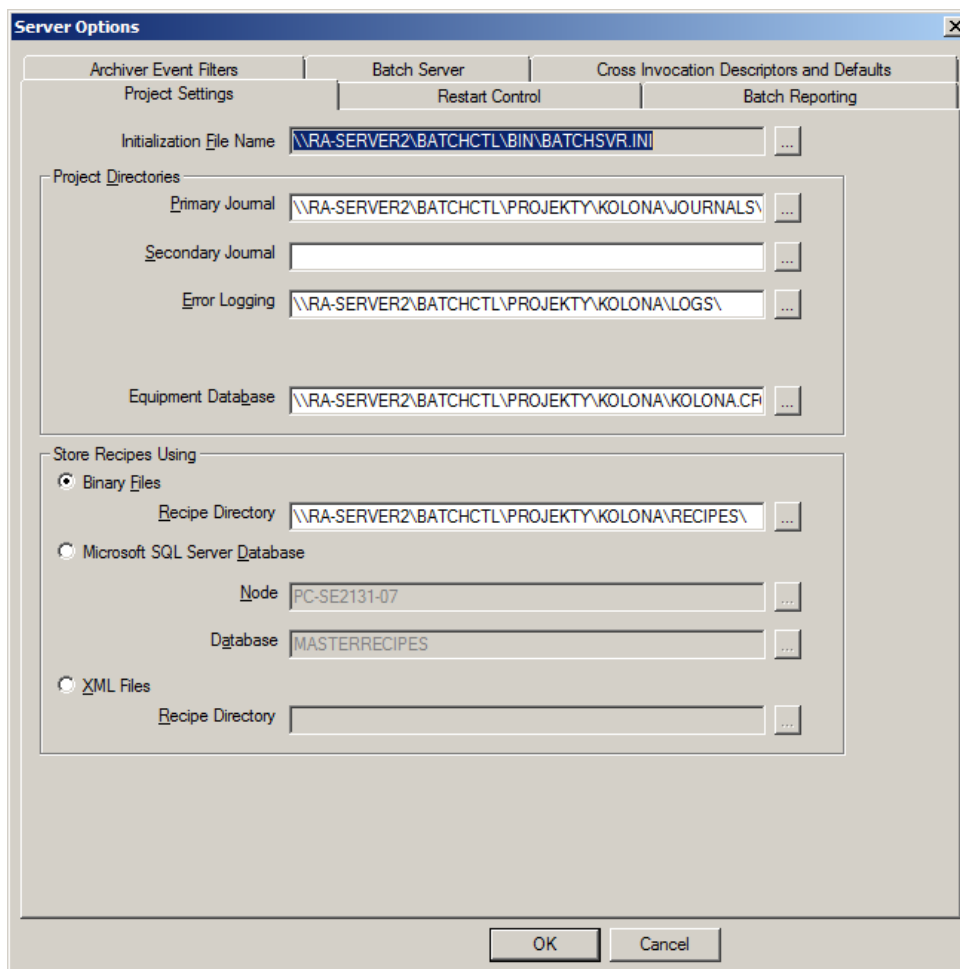


Obrázek 28 Synchronizace fází

Po nakonfigurování oblasti, buňky, jednotek a fází v equipment editoru je třeba provést konfiguraci složek a přidání vytvořeného konfiguračního souboru, které jsou na serveru. Je třeba vytvořit složky pro ukládání logů, receptur, zpráv. Konfigurace se provádí kliknutím na položku Options dále vybrat položku Server Options (Obrázek 29). Objeví se okno (Obrázek 30), ve kterém je vidět konfigurace jednotlivých složek a konfiguračního souboru. Je potřeba vybrat složky journals, logs, instructions, recipes a restart a přiřadit konfigurační soubor do položky Equipment Database.



Obrázek 29 Nastavení Server Options



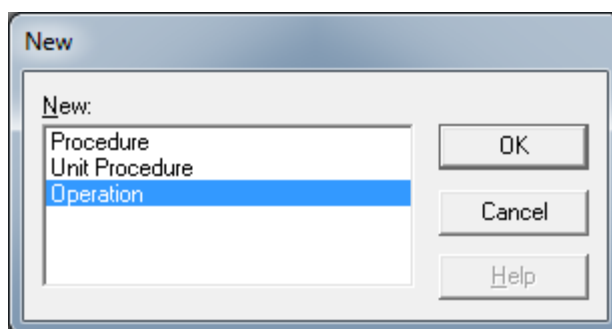
Obrázek 30 Nastavení složek v Equipment editoru

## 7.6 Recipe editor

Recipe editor slouží k vytvoření receptur pro dávkový proces. V Recipe editoru je nejprve třeba vytvořit jednotlivé operace pro recepturu. Operace, ve kterých jsou odesílány data do fází, je potřeba v každé receptuře nadefinovat znovu, aby bylo zajištěno načtená správných hodnot v dané receptuře. Po vytvoření všech potřebných operací je nutné vytvořit jednotlivé jednotky procedury. Do jednotek procedury následně přiřadit operace. Poslední částí je vytvoření samotné receptury/procedury, ve které jsou přidány jednotky procedury a vytvořena požadovaná receptura.

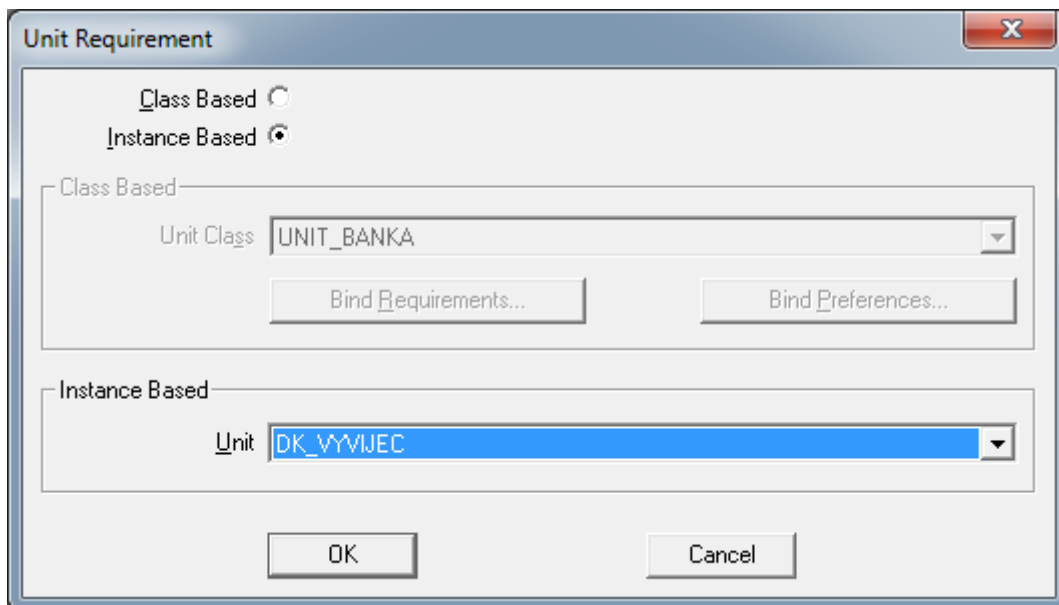
### 7.6.1 Postup vytvoření receptury

První část vytváření receptury je vytvoření operací. Vytvoření operace se provádí stisknutím položky File – New Top Level. Objeví se tabulka (Obrázek 31), kde je vybrána položka Operation potvrzena kliknutím na tlačítko OK.



Obrázek 31 Recipe editor – vytváření operace a jednotky procedury

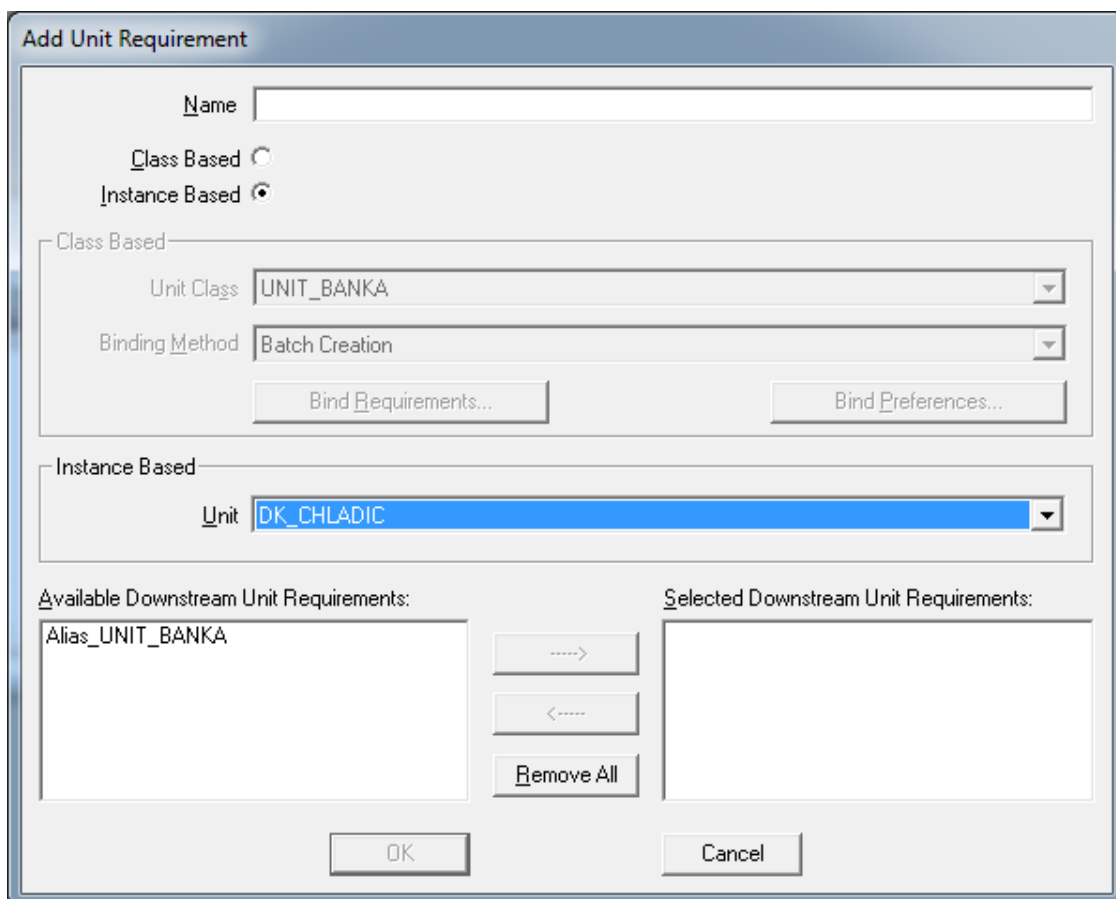
Po potvrzení vytvoření operace se zobrazí další okno (Obrázek 32), ve kterém je potřeba vybrat položku Instance Based, a dále z rolovacího menu požadovanou jednotku a potvrdit stisknutím OK. Následuje přidáváním fází do operace. Fáze se přidávají stisknutím tlačítka Add Step a ze zobrazeného okna je vybrána požadovaná fáze. Po přidání všech fází do požadovaného tvaru operace a vytvoření všech operací je třeba vytvořit jednotky procedury. Ty se opět vytváří pomocí - File – New Top Level a v zobrazeném okně je vybrána položka Unit Procedure (Obrázek 31). Zobrazí se stejné okno, jako při vytváření operací (Obrázek 32). Vybereme požadované parametry a potvrdíme stisknutím OK. Přiřadíme vytvořené operace ve všech vytvořených jednotkách.



Obrázek 32 Recipe editor - vytváření operace a jednotky procedury požadavky

Po vytvoření všech operací a jednotek požadovaných pro recepturu je vytvořena stejným postupem jako operace a jednotky. Zobrazí se okno, ve kterém je nutné zvolit Add Unit Requirement a zobrazí se okno (Obrázek 33), ve kterém je třeba nazvat proměnou pro jednotku a vybrat danou jednotku. Proměnné je nutné vytvořit pro všechny jednotky a nakonec vytvořit z požadovaných jednotek recepturu. Jakmile je receptura dokončena je nutné kliknout na položku Header data, kde lze napsat popis procedury, zadat další popisy jako je Autor, jméno produktu jeho kód a nakonec zatrhnou položku Released To Production, aby bylo možné proceduru využít.

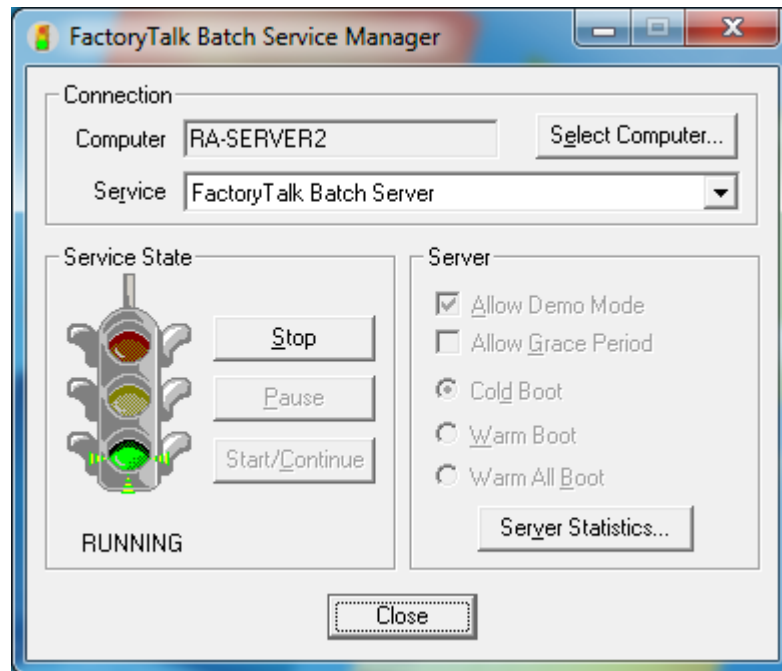
Nastavování parametrů jednotlivých fází se provádí kliknutím na položku Value Entry a zadáním hodnoty k dané proměnné provázané s danou fází vytvořenou v PLC.



Obrázek 33 Recipe editor - vytvoření proměnných pro recepturu

## 7.7 Spuštění a monitorování dávky

Přidávání, spouštění a monitorování dávek se provádí pomocí FactoryTalk Batch View (FTBV). Dávku, kterou chceme přidat a spustit, musíme mít uvolněnou do produkce. Následně ji lze přidat v FTBV v záložce Batch List pomocí tlačítka Add Batch, kde vybereme ze zobrazeného okna požadovanou dávku. Před spuštěním samotné dávky je třeba mít spuštěný FactoryTalk Batch Server (FTBS). Jeho spuštění se provádí pomocí FactoryTalk Batch Service Manager (Obrázek 34), kde je vybrán počítač, kde je nainstalován FTBS. V položce Service je vybrána možnost FactoryTalk Batch server a server je poté možno spustit pomocí tlačítka Start.



Obrázek 34 FactoryTalk Batch Server

Dále lze ověřit správnou komunikaci ve FTBV, kde je zobrazen ve spodní liště stav komunikace (Obrázek 35). Při poklepání na barevnou ikonu se nám zobrazí okno kde můžeme zkontrolovat stav jednotlivých datových serverů.



Obrázek 35 Komunikace FTBV se serverem

## 8 ZHODNOCENÍ DESTILACE

Bylo provedeno několik testů na odzkoušení správné funkčnosti vytvořených fází a receptury. Testováno bylo spouštění jednotlivých akčních prvků, jako jsou topná hnízda, čerpadlo chladicího okruhu, lednice a solenoid.

Při prvním pokusu bylo při testování zjištěno několik špatně zadaných podmínek, kvůli kterým docházelo k nesprávnému spouštění čerpadla chladicího okruhu a lednice. Tyto podmínky byly následně opraveny a byly přidány i další podmínky pro kontrolu úniku, přetlaku a dalších bezpečnostních podmínek, které blokují spuštění akčních členů. Po téměř 5 hodinovém upravování a testování bylo vydestilováno přibližně 10ml silice z pomerančové kůry.

V druhém pokusu byla ověřena funkčnost dříve opravených a přidávaných podmínek. Podmínky fungovaly dle předpokladů. Upraveno bylo jen několik hodnot teplot spouštění čerpadla na chladicí kapalinu a lednici. Bylo vydestilováno přibližně 8ml silice z pomerančové kůry.

Při destilaci ve třetím pokusu byly monitorovány teploty v baňce na vyvíjení páry, destilační baňce, na vstupu a výstupu chladiče a v zásobníku chladicí kapaliny. Změřené průběhy teplot jsou na přiloženém grafu (Příloha 1. Průběh teplot při destilaci.) V grafu jsou vidět průběhy teplot v jednotlivých částech kolony:

- Temp0 — teplota ve vyvíječi páry (103°C),
- Temp2 — teplota v destilační baňce (99°C),
- Temp3 — teplota v zásobníku chladicí kapaliny,
- Temp4 — teplota vstupu chladicí kapaliny do chladiče,
- Temp5 — teplota výstupu chladicí kapaliny z chladiče.

V průběhu teploty Temp0 je vidět pokles teploty, který byl způsoben dopouštěním vody do vyvíječe páry. Dopouštění vody ovlivnilo i teplotu Temp2 v destilační baňce. Průběhy teplot v chladiči a zásobníku chladicí kapaliny jsou téměř stejné, protože chladicí kapalina cirkuluje přes chladič, zásobník a lednici. Lednice se spouští při dosažení 28°C, což je vidět v průběhu teplot Temp3, Temp4 a Temp5. Je vidět že po spuštění lednice teploty v chladicím okruhu začnou klesat. U teploty Temp3 je vidět, že při třetím spuštění lednice není stejná jako teploty v chladiči. Tato odchylka byla způsobena nedostatečným množstvím chladicí kapaliny v zásobníku, což způsobilo nedostatečné ponoření snímače teploty, a proto neukazoval správnou teplotu.

## 9 ZÁVĚR

Bakalářská práce navazuje na semestrální projekt, kde jsem se seznámil se standardem 88 a řídicím softwarem. Následně jsem vytvořil dávkové řízení pro model destilační kolony.

Před započítím programování bylo nutné nainstalovat server, který je nutný pro dávkové řízení. Na serveru je třeba nainstalovat potřebný obslužný software FactoryTalk Batch a RSLogix 5000. Následně bylo možné začít vytvářet ovládání modelu destilační kolony. Bylo nutné navázat komunikaci s řídicím PLC a nastavit komunikaci PLC Logix a PLC ifm, které řídí kolonu. Komunikace je pomocí průmyslové sítě Ethernet/IP.

Pro vytváření jednotlivých fází pro řízení jsem využil program RSLogix 5000, ve kterém jsou obsaženy potřebné moduly, které dodržují standard 88. Vytvořené fáze odesílají požadavky do PLC ifm na spuštění jednotlivých akčních členů. Dále jsou ve fázích vyčítány data z jednotlivých senzorů a přepočteny na správné fyzikální veličiny.

Vytvořené fáze jsou přidány do vytvořené receptury, kde se pomocí nich řídí kolona. Vytvořil jsem tři receptury, ve kterých je ještě případně možné změnit nastavené teploty a čas destilace. Receptura trvající tři hodiny je pro 600g pomerančové kůry, nastavené teploty jsou 103°C ve vyvíječi a 99°C v destilační baňce. Dvou hodinová receptura je pro přibližně 1,5l destilované látky. V recepturách se pomocí fází nastaví požadovaný výkon topných hnízd, dále teplota, která má být v jednotlivých baňkách. Potom se spustí topná hnízda a čeká se na dosažení nastavené teploty. Při čekání je monitorováno, zda nedošlo k úniku, přetlaku nebo nebyla ztracena komunikace mezi PLC.

Jedna receptura je vytvořena pro neomezený čas (zadáno přibližně 16 hodin, objem baňky je pouze 4 litry, takže množství destilované látky je omezené a po určitém čase destilovaný materiál už neobsahuje látku na vydestilování) destilace, z důvodu, že není známý čas, po jakou dobu se bude destilovat. Čas závisí totiž na destilované látce a jejím množství. Z tohoto důvodu uživatel sám ukončí destilaci. Další dvě receptury mají nastavený čas na 2 a 3 hodiny.

V poslední části je zhodnoceno vytvořené řízení a průběh testování. Byly provedeny tři pokusy na testování, kde při prvních dvou byly upravovány a přidávány různé podmínky. Ve třetím pokusu jsem již monitoroval průběh destilace a správné spouštění a vypínání jednotlivých akčních prvků. Dále jsem monitoroval průběhy teplot v baňkách a chladiči.

Receptury by šly vylepšit změřením přesných časů destilace pro určité množství destilované látky.

# Literatura

- [1] PÁSEK, J. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů*. Programovatelné automaty v řízení technologických procesů. Brno: FEK VUT v Brně, 2007. s. 1-128.
- [2] S88 ISA Presentation. *Http://www.scribd.com* [online]. 2004 [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/174781073/S88-ISA-Presentation>
- [3] ROCKWELL AUTOMATION. RSLogix 5000. *Http://www.rockwellautomation.com/* [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslogix5000/overview.page>
- [4] ROCKWELL AUTOMATION. *FactoryTalk Batch Getting Results Guide*. 2012. Číslo publikace: BATCH-GR011B-EN-P. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/batch-gr011\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/batch-gr011_-en-p.pdf)
- [5] BÍLEK, Michal. *RSRSLogix 5000 Report(s).pdf: EthernetIP.ACD*. vyd. Brno, 2013. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=65198](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65198)
- [6] ROCKWELL AUTOMATION. *PhaseManager User Manual*. 2010. Číslo publikace: LOGIX-UM001B-EN-P Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/logix-um001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/logix-um001_-en-p.pdf)
- [7] PERRY, R.H.. *Perry's chemical engineers' handbook*. 7. vyd. New York : McGraw-Hill, 1997. ISBN 0-07-115448-5.
- [8] CHLAD, Petr Řídicí systém pro laboratorní model destilační kolony: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2012. 98 s. Vedoucí práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [9] BÍLEK, Michal *Bezdrátová komunikace PLC s laboratorním modelem*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta

elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2013. 47 s. Vedoucí práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.

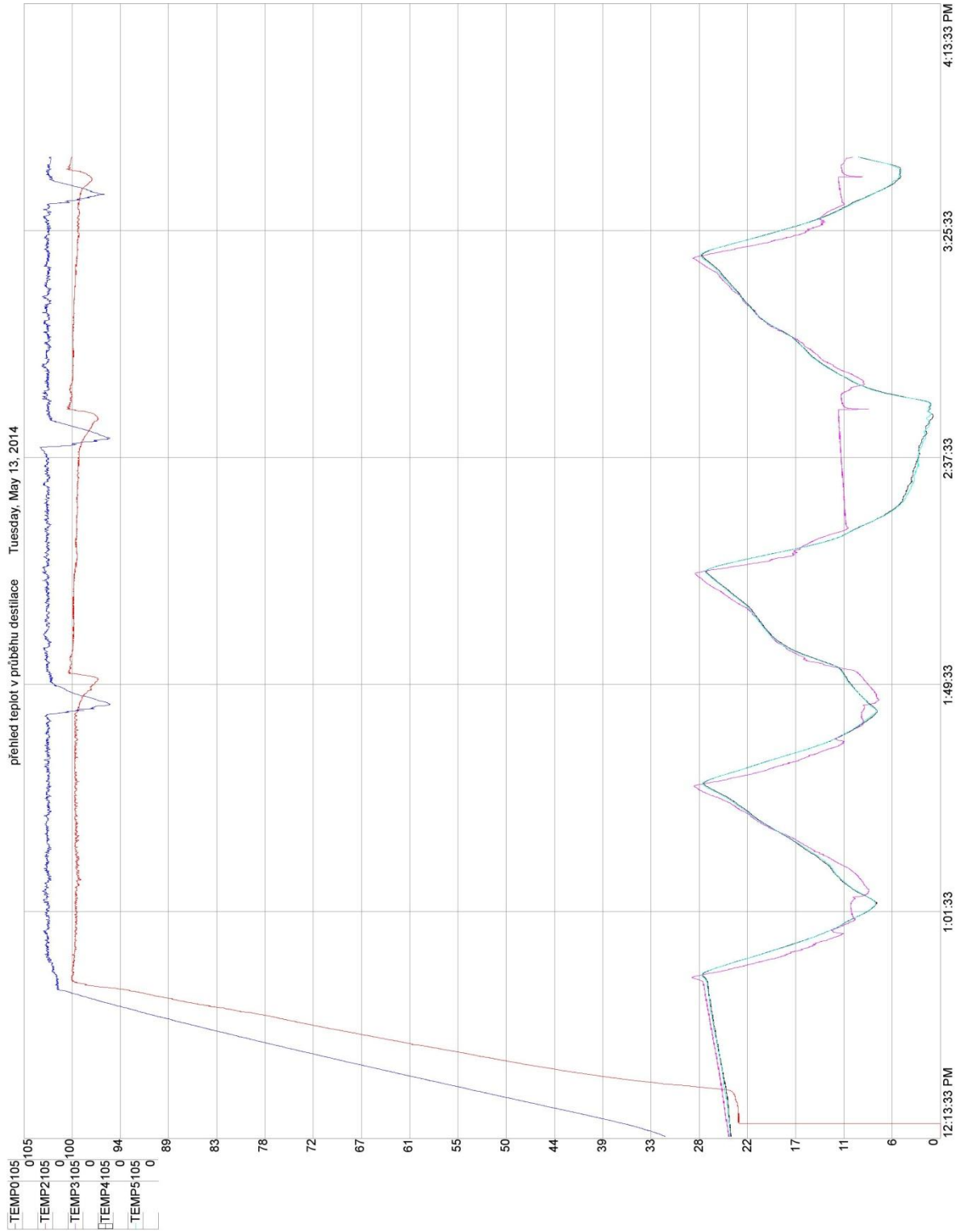
- [10] ROCKWELL AUTOMATION. *FactoryTalk Batch Installation Guide* [online]. 2011 [cit. 25.4.2014]. BATCH-IN011B-EN-P. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/batch-in011\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/batch-in011_-en-p.pdf)
- [11] 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)

## **Seznam příloh**

Příloha 1. Průběh teplot při destilaci.

Příloha 2. Obsah CD

Příloha 1. Průběh teplot při destilaci.



## Příloha 2. Obsah CD

BP Pleva Damián

BP příloha

- Report Logix5000 – fáze v PLC,
- Report Recipe Editor – receptura,
- Kolona.ACK,
- Kolona.cfg,
- Receptury.