

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Univerzitní studijní programy  
Katedra automatizační techniky a řízení

## **Řízení pohonů v procesu spalování biomasy**

Control of Drivers in Biomass Combustion Process

Student:

Jiří Strejc

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.

Ostrava 2015

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Strejc**  
Studijní program: **B3943 Mechatronika**  
Studijní obor: **3906R006 Mechatronické systémy**  
Téma: **Řízení pohonů v procesu spalování biomasy**  
**Control of Drives in Biomass Combustion Process**

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s realizovaným systémem procesu spalování biomasy a popište technologii dopravy paliva (horké štěpky) do pece.
2. Popište použitý PLC automat Siemens Simatic S7-1200, proveďte jeho konfiguraci, programování.
3. Navrhněte vhodné řízení pro dva šnekové dopravníky a turniket paliva dopravující horkou štěpku do pece na spalování biomasy.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky a jejich využití v průmyslové praxi.

### Seznam doporučené odborné literatury:

BRIAN W. KERNIGHAN, DENNIS M. RITCHIE. Programovací jazyk C. Computer Press, a.s. Brno 2006, 286 s. ISBN: 80-251-0897-X.  
DOKUMENTACE SIEMENS SIMATIC S7-1200. [online]. [cit. 2013-10-29]. Dostupné z WWW stránek <[http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=5dc8474325&ctxp=doc\\_manualy](http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=5dc8474325&ctxp=doc_manualy)>.  
HEROUT, P. Učebnice jazyka C. 4.vyd. České Budějovice: KOPP a.s., 2004. ISBN: 978-80-7232-383-8.  
SIEMENS SIMATIC. [online]. [cit. 2013-10-30]. Dostupné z WWW stránek <<http://www.automation.siemens.com/mcms/topics/en/simatic/Pages/Default.aspx>>.  
TÚMA, J. Diagnostika strojů. Ostrava: Skripta VŠB – TU Ostrava, 2009, 138 s. ISBN 978-80-248-2116-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.**

Datum zadání: 20.10.2014

Datum odevzdání: 15.05.2015



doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.  
vedoucí katedry





prof. Ing. Petr Noskievič, CSc.  
prorektor pro studium

### **Poděkování**

Děkuji především vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miroslavu Mahdalovi, Ph.D. a také Martinu Pokornému ze společnosti Polycomp, a.s., oběma za poskytnuté konzultace při přípravě mé bakalářské práce. Dále děkuji celé své rodině za podporu a pomoc v době studia.

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a dohledem oponenta bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 2.5 2015

.....  
Jiří Strejc

**Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevydělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2. května 2015

.....

Podpis

Jiří STREJC

Liliová 191

290 01 Poděbrady

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STREJC, J. *Řízení pohonů v procesu spalování biomasy.*

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Univerzitní studijní programy, Studijní program Mechatronika, 2015, 48 s. Vedoucí práce: Mahdal, M.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem řídicího procesu dopravy paliva při výrobě elektrické energie. Jedná se o reálnou technologii pro průmyslovou praxi, která je součástí zakázky společnosti Polycomp, a.s. Práce popisuje celý proces a zaměřuje se na dopravu paliva z provozního zásobníku paliva do spalovací komory řízením dvou šnekových dopravníků a turniketu paliva. Pro řízení těchto pohonů je společností zvolen programovatelný PLC automat Siemens Simatic S7-1200, jehož konfigurace a popis jeho vlastností jsou v práci popsány. Pro tento proces byly navrženy tři řídicí programy, které v době realizace této práce nebylo možné vyzkoušet na reálné zakázce, a proto byly simulovány na simulační desce s PLC automatem Siemens Simatic S7-200.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

STREJC, J. *Controlling of Drivers in Biomass Combustion process.*

Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, University Study Programmes, Study Programme of Mechatronics, 2015, 48 p. Thesis head: Mahdal, M.

This thesis deals with a design control process of transportation of fuel during the production of electrical energy. Real technology for industrial practice is concerned, that is a part of a contract of a company Polycomp, a. s. The thesis describes the whole process and focuses on transportation of fuel from fuel reservoir to furnace by controlling of two screw conveyors and a fuel turnstile. To control those drives, it is chooses a programmable PLC automat Siemens Simatic S7-1200, whose configuration and description of its features are described in this thesis. For this process, three controlling programs were designed, that were not possible to test on real contract at the time of realization of this thesis and that is why they were simulated on a simulation desk with the automat Siemens Simatic S7-200.

## OBSAH

Seznam použitých zkratk a značek .....	8
1 Úvod .....	10
2 Výroba elektrické energie spalováním biomasy.....	11
2.1 Palivo .....	11
2.2 Doprava paliva do spalovací komory .....	12
2.2.1 Šnekové dopravníky .....	13
2.2.2 Proces zapnutí a vypnutí podávání paliva .....	14
2.3 Proces spalování a přeměna energie .....	15
2.4 Vizualizace .....	17
3 Popis řídicího systému Simatic S7-1200 .....	19
4 Konfigurace systému .....	22
5 Řízení pohonů s využitím PLC automatu Siemens Simatic S7-1200 .....	27
5.1 Popis řídicích algoritmů.....	27
5.2 Řídicí programy .....	30
5.2.1 Řídicí algoritmus "Přerušovaný chod" .....	30
5.2.2 Řídicí algoritmus "Trvalý chod" .....	33
6 Laboratorní simulace řízení pohonů s využitím PLC automatu Simatic S7-200 .....	35
6.1 Popis automatu S7-200 .....	35
6.2 Simulace řízení pohonů pomocí automatu S7-200 .....	37
6.2.1 Řídicí algoritmus "Trvalý chod" .....	38
6.2.2 Řídicí algoritmus "Přerušovaný chod" .....	40
6.2.3 Řídicí algoritmus " Řešení poruchových stavů " .....	41
7 Závěr .....	45
8 Seznam použitých zdrojů .....	47

## Seznam použitých zkratek a značení

AI	analogový vstup (Analog Input)
AQ	analogový výstup (Analog Output)
AS-Interface	komunikační sběrnice
CO	oxid uhelnatý
CPU	(Central Processing Unit) Procesor
DI	digitální vstup (Digital Input)
Doba_chodu	adresa použitá ve funkčním bloku FB14 pro S7-1200 pro čas cyklu.
Doba_pauzy	používá se ve funkčním bloku FB14 pro S7-1200 pro čas mezi cykly.
DQ	digitální výstup (Digital Output)
Ethernet	souhrn technologií pro počítačové sítě
FB14	označení pro funkční blok Přerušovaný chod.
FB55	označení pro funkční blok Trvalý chod.
HMI	rozhraní programátor – stroj (Human Machine Interface)
Input_X	označuje vstup funkčního bloku FB14. Hodoty X=1,2,3,4.
IO	vstup/výstup (Input/output)
Ladder Diagram	programovací rozhraní využívající programování pomocí symbolů
Master/Slave	model komunikace (Jeden proces přebírá řízení nad ostatními)
Modbus	otevřený protokol pro vzájemnou komunikaci zařízení (HMI a PLC)
Network	část programu (sítě) v programovém rozhraní Ladder diagram
ORC	organický Rankinův cyklus (zařízení pracující na základě tohoto cyklu)
Out_X	označuje výstup z funkčních bloků FB14 a FB55. Hodoty X=1,2,3,4.
PLC	programovatelný logický automat (Programmable Logical Controller)
PPI	(Point to Point Interface) sběrnice na základě definice RS485
Profibus	průmyslová sběrnice (Process Field Bus)
Profinet	komunikační sběrnice na základech průmyslového ethernetu
Přerušovaný chod	jeden ze tří použitých algoritmů řízení (také funkční blok FB14)
RS485	standard sériové komunikace s dvou vodičovým propojením jednotek
Řešení poruchových stavů	jeden ze tří použitých algoritmů řízení, programován pro S7-200.



Step7	programovací software společnosti Siemens
TCP	základní komunikační protokol – transportní vrstva (Transmission Control Protocol)
TCP/IP	komunikační protokol - Primární přenosový protokol/protokol síťové vrstvy (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
TIA Portal	programovací software společnosti Siemen.
TOF	časovač pro zpoždění vypínání akčních prvků.
TON	časovač pro zpoždění spínání akčních prvků.
TP Time	čítač pulzů.
Trvalý chod	jeden ze tří použitých algoritmů řízení (také funkční blok FB55)
UDP	komunikační protokol (User Datagram Protocol)

# 1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá řízením pohonů při spalování biomasy, kde konečným produktem je výroba elektrické energie. Jedná se o návrh a realizaci řešení procesu řízení dopravy pro průmyslovou praxi – reálnou zakázku společnosti Polycomp, a.s.

Úvodní teoretická část seznamuje s celým realizovaným procesem výroby elektrické energie za pomoci spalování biomasy, popisuje jej a klade důraz na dopravu paliva. Tím je dřevní štěpka, která je dodávána z provozního zásobníku paliva přes turniket paliva do spalovací komory za pomoci dvou šnekových dopravníků – příčného dopravníku a dopravníku pod rošt. Tyto dva dopravníky jsou oba řízeny frekvenčními měniči a pracují synchronně.

Ve třetí části bakalářská práce popisuje navržený řídicí systém PLC Simatic S7-1200 od společnosti Siemens. Vysvětluje možnosti komunikace a konkrétněji se zaměřuje na rozhraní Profinet. Dále také představuje navržený HMI panel od společnosti Schneider Electric a popisuje možnosti propojení s navrženým PLC systémem.

Čtvrtá část se zabývá konfigurací tohoto PLC automatu, připojením k PC a možnostmi programování. Konfigurace systému se realizuje v programu Siemens TIA Portal a je názorně vysvětlena obrázkovou formou, kdy je celý proces zachycen na nafocených obrazovkách uživatelského rozhraní daného programu.

Dále už jsou popsány navržené algoritmy řízení procesu dopravy paliva pomocí PLC Simatic S7-1200. Jedná se o algoritmy pojmenované Trvalý chod a Přerušovaný chod. Oba dva se liší svými provozními podmínkami, kdy druhý jmenovaný je cyklický a má za úkol udržet nižší teplotu ve spalovací komoře. Oba tyto algoritmy jsou programovány pomocí programovacího softwaru TIA Portal V12.

Poslední šestá část se věnuje simulování daných algoritmů na simulační desce v laboratoři VŠB. Tyto algoritmy byly odzkoušeny s využitím řídicího systému PLC Siemens Simatic S7-200. To vyžadovalo přepsání programů pro tento automat a to za využití programovacího softwaru STEP7-Micro/Win. Tato část zároveň obsahuje třetí řídicí algoritmus – Řešení poruchových stavů, který byl vytvořen nad rámec reálné zakázky, řeší situace, které se v zakázce neuvažovaly a má za úkol lépe přiblížit možnosti programování logických automatů a řízení daného procesu.

## 2 Výroba elektrické energie spalováním biomasy

V procesu spalování biomasy slouží jako palivo biomasa, což je v tomto případě dřevní lesní štěpka. Principem celého procesu je spálení paliva ve spalovací komoře, odvod vzniklé tepelné energie do zařízení ORC, kde dochází k transformaci této energie na elektrickou energii.

### 2.1 Palivo

Biomasa je definována jako hmota organického původu. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky. Rozlišujeme biomasu suchou (např. dřevo) a mokrou (např. zemědělské zbytky promísené s vodou). Základní technologie zpracování se dělí na suché procesy - termochemická přeměna, jako je spalování a zplyňování a procesy mokré, což je biochemická přeměna. [Alternativní zdroje energie, 2014]

Dřevní štěpka se vyrábí z odpadu po lesní těžbě dřeva či v dřevozpracujících provozech, nebo z cíleně pěstovaných energetických dřevin. Je to zcela přírodní, 100% obnovitelný zdroj energie. Protože při její výrobě není zapotřebí přidané energie, např. na sušení či lisování, jde zároveň o velmi levné tuhé biopalivo. Dřevní štěpka se v suchém stavu vyznačuje dobrou výhřevností, kterou lze přirovnat k hnědému uhlí. [Biomass Trading, 2013]



Obr. 1 - Palivo - dřevní štěpka v centrálním zásobníku paliva.

## 2.2 Doprava paliva do spalovací komory

Nejprve je palivo dopravováno z velkého centrálního zásobníku paliva umístěného vně kotelny pomocí externího šnekového dopravníku do menšího provozního zásobníku paliva. Dále je pak vedeno do spalovací komory. Nádrž centrálního zásobníku je pak vybavena dvěma snímači hladiny paliva, sloužícími hlavně k řízení dopravy paliva do zásobní nádrže. Jedná se o snímač minimální hladiny (MIN), který dává povel k zahájení přívodu paliva, a snímač maximální hladiny (MAX), který přívod zastavuje. V případě jejich dlouhodobého hlášení se vyhláší poruchové stavy pro obsluhu, což znamená, že se vynoří snímač a pokud do 10 minut nedojde ke změně, vyhlásí se porucha MAX nebo MIN. Na dně zásobníku se nachází vyhrnovací zařízení, zabraňující takzvanému zaseknutí paliva v prostoru nad příčným šnekovým dopravníkem a tím znemožnění dopravy paliva. Jedná se v podstatě o frézu, která se otáčí kolem osy zásobníku a hrne palivo na dopravník. Zapíná se při chodu tohoto příčného šnekového dopravníku a to v cyklu 10 s stojí a 20 s je v chodu, kdy vykoná asi 1/3 otáčky.

Tento příčný šnekový dopravník je instalován ve dně zásobníku, dopravuje palivo do prostoru kotelny a zároveň slouží k regulaci množství paliva. Na konci je zakončen výsypkou, pod kterou je osazen turniket, oddělující prostor přívodu paliva od prostoru spalovací komory. Tento turniket je těsný a zastává bezpečnostní funkci, takže v případě vzplanutí paliva v prostoru spalovací komory, turniket oheň nepustí do prostoru přívodu paliva pod zásobník, čímž je zamezeno šíření požáru.

Jedná se o reálnou technologii v rámci zakázky společnosti Polycomp, a.s, se zaměřením na řízení daných pohonů – dva šnekové dopravníky a turniket paliva.



Obr. 2 - Doprava paliva do prostoru kotelny.

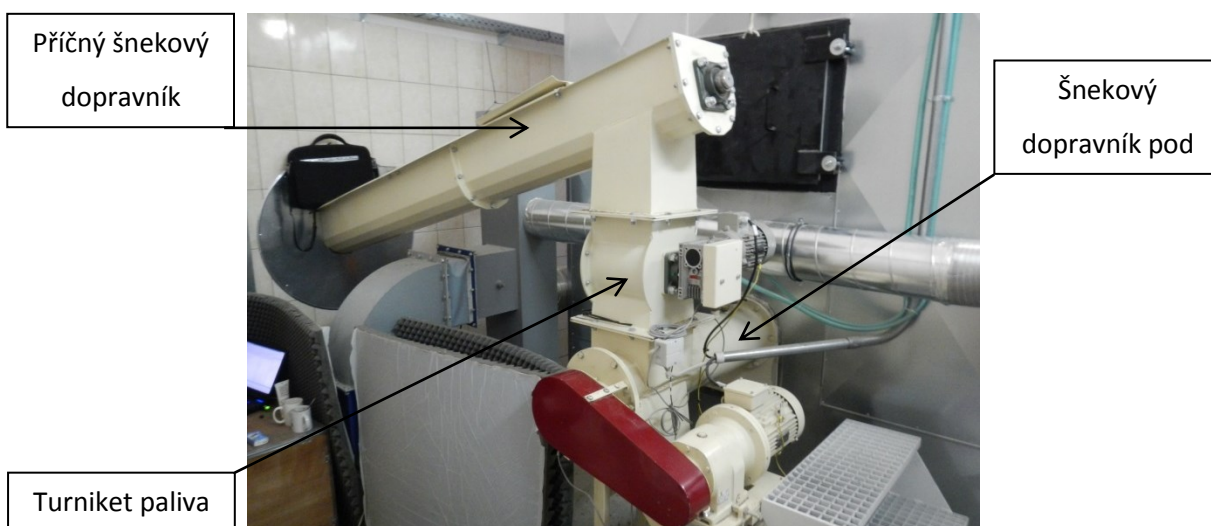
## 2.2.1 Šnekové dopravníky

Oba šnekové dopravníky - příčný i pod rošt - jsou řízeny frekvenčními měniči SIEMENS Sinamics G120. Při provozu příčného šnekového dopravníku, dopravujícího palivo ze zásobní nádrže do turniketu, se využívá dvou stavů řízení:

- **Přerušovaný chod** je stav, kdy je nutné udržet v komoře nižší teplotu – stav zažehnutí a nahřívání komory. V tomto stavu má dopravník trvale nastaveny otáčky 300 ot/min a čas chodu 20 s, mění se pouze doba pauzy 10 s-99 s.
- **Trvalý chod** je stav na provozních parametrech. Proměnnou veličinou jsou pouze otáčky v rozmezí od 150 ot/min do 400 ot/min v závislosti na teplotě ve spalovací komoře.

Tyto dva stavy jsou určeny pro celou dopravu paliva z provozního zásobníku paliva do spalovací komory, což zahrnuje příčný šnekový dopravník, šnekový dopravník pod rošt i turniket paliva.

Šnekový dopravník pod rošt se nachází hned pod turniketem a dopravuje palivo přímo do spalovací komory takzvanou retortou (tj. přikládání paliva ze spodu). Tento dopravník pracuje se stále stejnými otáčkami. Ty totiž není možné regulovat, protože by docházelo ke ztrátě výkonu a zastavování dopravníku. To vše proto, že retorta na konci dopravníku se díky poměrně vysoké stlačitelnosti štěpky může ucpávat a způsobit tak zastavení dopravníku.



Obr. 3 - Umístění šnekových dopravníků a turniketu paliva.

### 2.2.2 Proces zapnutí a vypnutí podávání paliva

Při spuštění systému se jako první uvede do chodu na plné otáčky šnekový dopravník pod roštem, poté s 5 s zpožděním turniket paliva a se stejným zpožděním se rozjíždí i příčný šnekový dopravník. Vypínání probíhá nezvykle ve stejném pořadí jako zapínání. Vypne se spodní šnekový dopravník, se zpožděním 5 s se vypne turniket a o dalších 5s později se vypne příčný šnekový dopravník. Je to atypický způsob řízení, ale je to tak proto, že spodní dopravník je trvale prázdný, neboť jede stále na plné otáčky. Když se tedy vypne, turniket mu ještě nějaké palivo přidá, není v něm však takové množství paliva, aby ho naplnil. Po zapnutí, když se zásobník rozjede, si nejprve odebere trochu paliva a turniket mu zase doplní. Potom teprve začne proudit hlavní tok paliva. Tímto postupem se docílilo nejideálnějšího plynulého podávání paliva.



Obr. 4 - Turniket paliva.



Obr. 5 - Vnitřní pohled na turniket paliva.

### 2.3 Proces spalování a přeměna energie

Ve spalovací komoře dochází ke spalování paliva na provozní teplotu 850 °C až 900 °C měřenou na výstupu z komory. Tato teplota je pro ekologické spálení paliva odzkoušena a ověřena, jedná se o nejúčinnější teplotu na veškeré spalování s nízkými emisemi CO. Spaliny jsou odváděny pomocí odtahového spalinového ventilátoru, potom přes odlučovač multicyklon od společnosti TRIOGEN, sloužící k zachycení polétavých hrubých nečistot, do zařízení ORC. Tam přes výměník dochází k přenosu energie, jež systém ORC převádí na elektrickou energii. Pro vstup do tohoto zařízení je nutné dosažení teploty 530 °C a průtoku spalin cca 7000 m<sup>3</sup>. Pro dosažení těchto hodnot, slouží RECI ventilátor, který odebírá část spalin o teplotě zhruba 180 °C z výstupu ORC a vrací je na výstup ze spalovací komory. Tam poté dochází k ochlazení spalin na požadovanou hodnotu 530 °C a zbývající množství spalin je odváděno do komína. [Pokorný, M, 2014A]



Obr. 6 - Kotel na spalování dřevní štěpky.

## ORC systém

Zařízení pomocí kogeneračního procesu vyrábí z biomasy elektrickou energii a teplo. Využívá přitom organický Rankinův cyklus (ORC). Je to v podstatě elektrárenský kondenzační cyklus, který používá jako pracovní látku v primárním okruhu směs organických sloučenin (silikonový olej), které jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu. Výhodou oleje je, že se při dané teplotě udrží v kapalném stavu při značně nižším tlaku než voda. Ve výparníku předává olej teplo do sekundárního okruhu, kde se pracovní organická látka vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do parní turbíny, kde expandují. Pára je za turbínou vedena do kondenzátoru, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladicí vodou, která pak dodává teplo do objektů připojených na tuto tepelnou síť. Parní generátor je zde nahrazen olejovým kotlem a výparníkem. Olej ohřátý v tomto kotli je využíván jako teponosná látka, jenž přes výparník předává své teplo pracovní látce uzavřeného sekundárního okruhu ORC. Vzniklá sytá pára organických sloučenin je vedena na axiální turbínu, která je přímo spojena s generátorem elektrické energie. Teplo z kondenzátoru, ve kterém náplň ORC okruhu mění své skupenství zpět do kapalně fáze, je vedeno k dalšímu využití (kogenerace). Celková účinnost kogenerace v elektrárně je cca 85 %. [tts boilers, 2014]

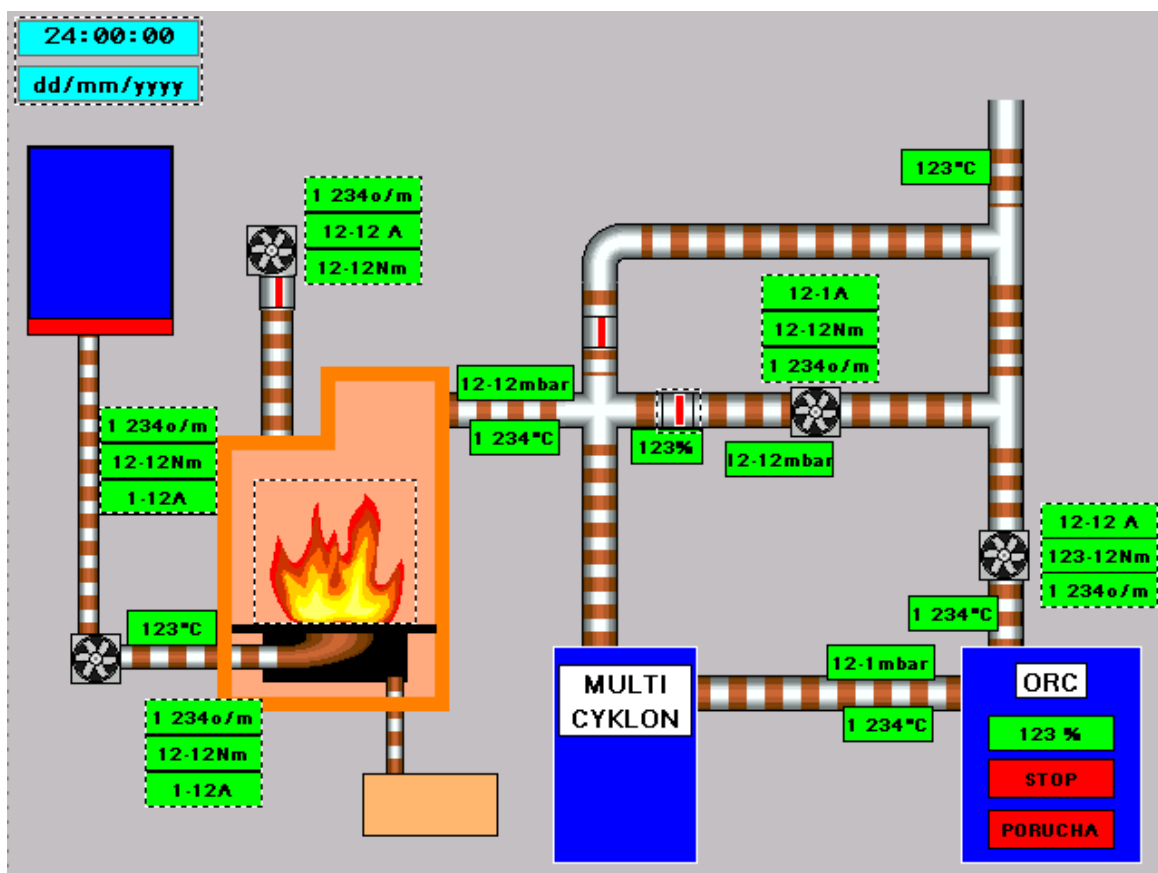


Obr. 7 - ORC systém od společnosti TRI-GEN.



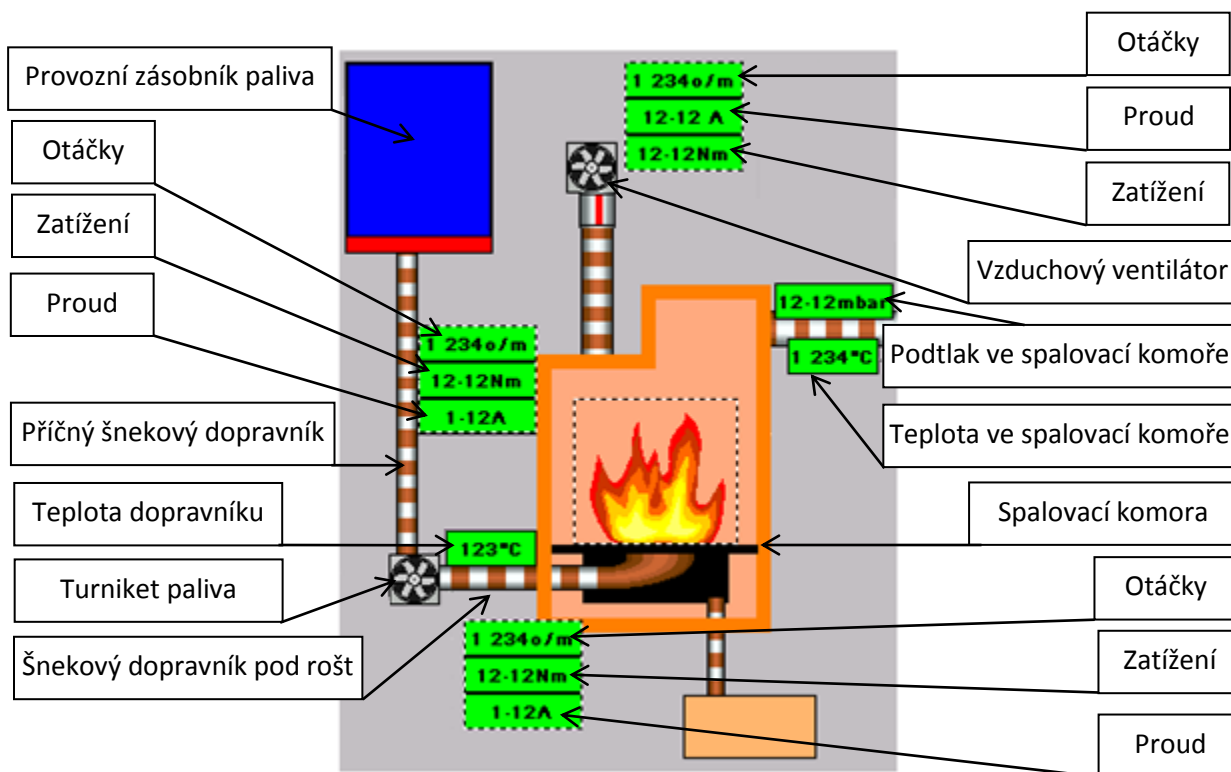
## 2.4 Vizualizace

Vizualizace celého procesu byla provedena ve vizualizačním programu Vijeo Designer společnosti Schneider Electric. Ve vizualizačním okně je názorně zobrazen celý reálný průběh procesu spalování biomasy. Systém plní zobrazovací i řídicí funkci, to znamená, že budeme schopni pomocí vizualizačního prostředí nastavovat žádané hodnoty a zobrazovat skutečné hodnoty ze soustavy řízené pomocí PLC.

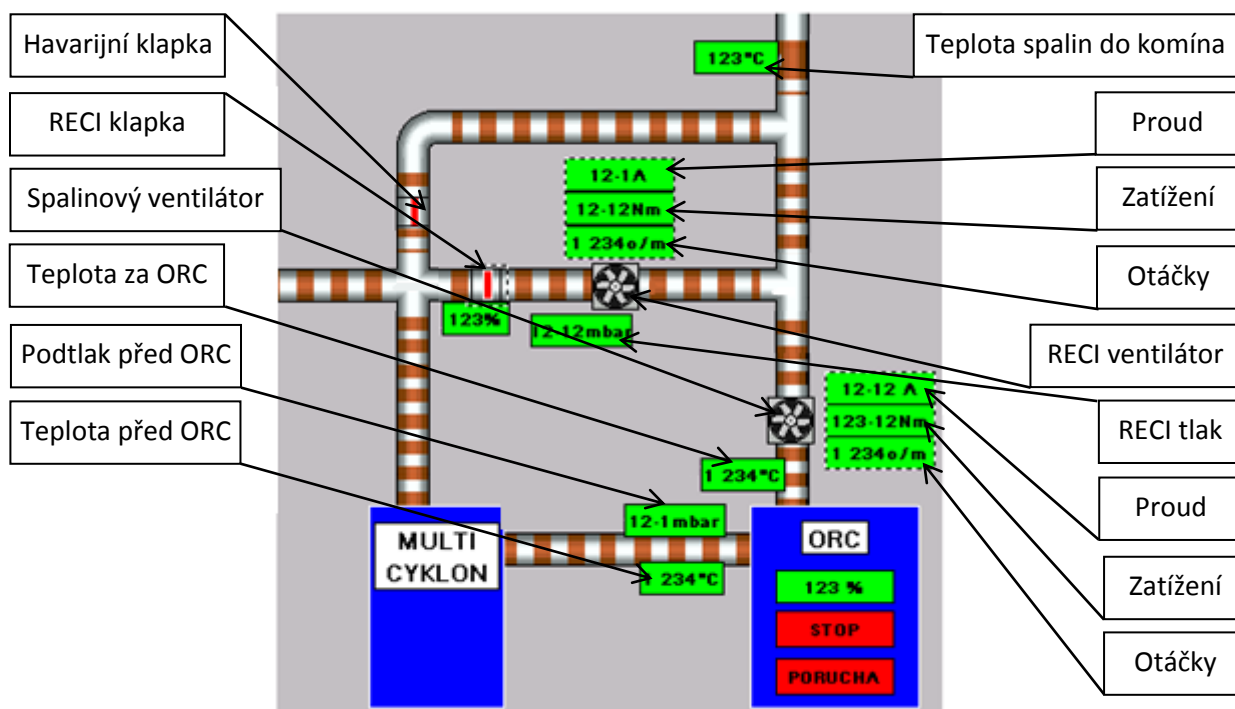


Obr. 8 - Kompletní vizualizační prostředí. [Polycomp, a.s., 2013]

Ze schématu kompletního vizualizačního prostředí lze vyčíst umístění všech komponent realizovaného systému a lépe si celý proces představit. Na obrázcích 9 a 10 jsou všechny obsažené komponenty, stavy a hodnoty popsány.



Obr. 9 - Popis vizualizačního prostředí dopravy paliva a spalovací komory.



Obr. 10 - Popis vizualizačního prostředí ORC procesu.

### 3 Popis řídicího systému Simatic S7-1200

Společnost, pro kterou je zakázka realizována požadovala komunikační sběrnici Profinet, z toho důvodu byl jako řídicí systém zvolen SIMATIC S7-1200 s CPU 1215C DC/DC/Rly. od firmy SIEMENS. Toto PLC bylo zároveň využito v této práci.



Obr. 11 - CPU Simatic S7-1200. [Siemens Česká Republika, 2013]

#### Obecný popis

Řídicí systém Simatic S7-1200 představuje kompaktní, modulární a moderní řídicí systém, který je možno využít v širokém spektru aplikací. Komunikační rozhraní splňuje ty nejvyšší požadavky na moderní průmyslovou komunikaci a celá řada vestavěných funkcí dělá toto PLC vhodnou součástí těch nejmodernějších automatizačních aplikací. [Siemens Česká Republika, 2013]

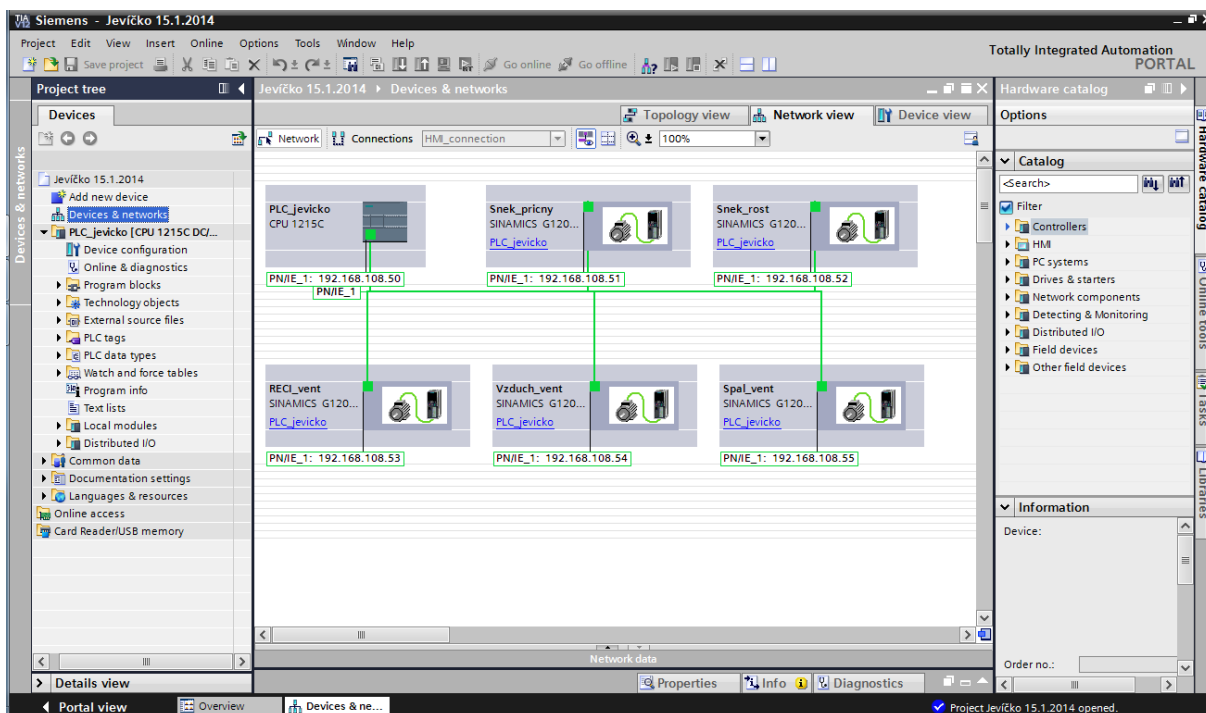
#### Vstupy a výstupy

Simatic S7-1200 disponuje až šesti vysokorychlostními čítači, třemi na 100 kHz a třemi na 30kHz, které jsou integrovány na základní jednotce pro přesné monitorování inkrementálních čítačů a měření frekvence.

Na základních jednotkách pro pulzní řízení nebo pulzně šířkovou modulaci jsou dále integrovány dva vysokorychlostní výstupy. Při pulzním řízení je nastavena pevná střída signálu na 50 % a k dispozici je rozmezí frekvence až do 100 kHz pro řízení krokových motorů a servomotorů. Při pulzně šířkové modulaci je k dispozici variabilní střída při pevné frekvenci. [Siemens Česká Republika, 2013]

## Komunikace

K základní jednotce S7-1200 je možné připojit až tři komunikační moduly. Na výběr jsou moduly Profibus Master a Slave, které jsou podporovány od firmwaru V2.0. Díky nim může Simatic S7-1200 působit na síti Profibus jako Master a komunikovat až se 16 zařízeními Profibus Slave. S komunikační kartou Profibus Slave je možné komunikovat s jakýmkoliv zařízením typu Master. [Siemens Česká Republika, 2013]



Obr. 12 - Řazení CPU a frekvenčních měničů v programu TIA Portal.

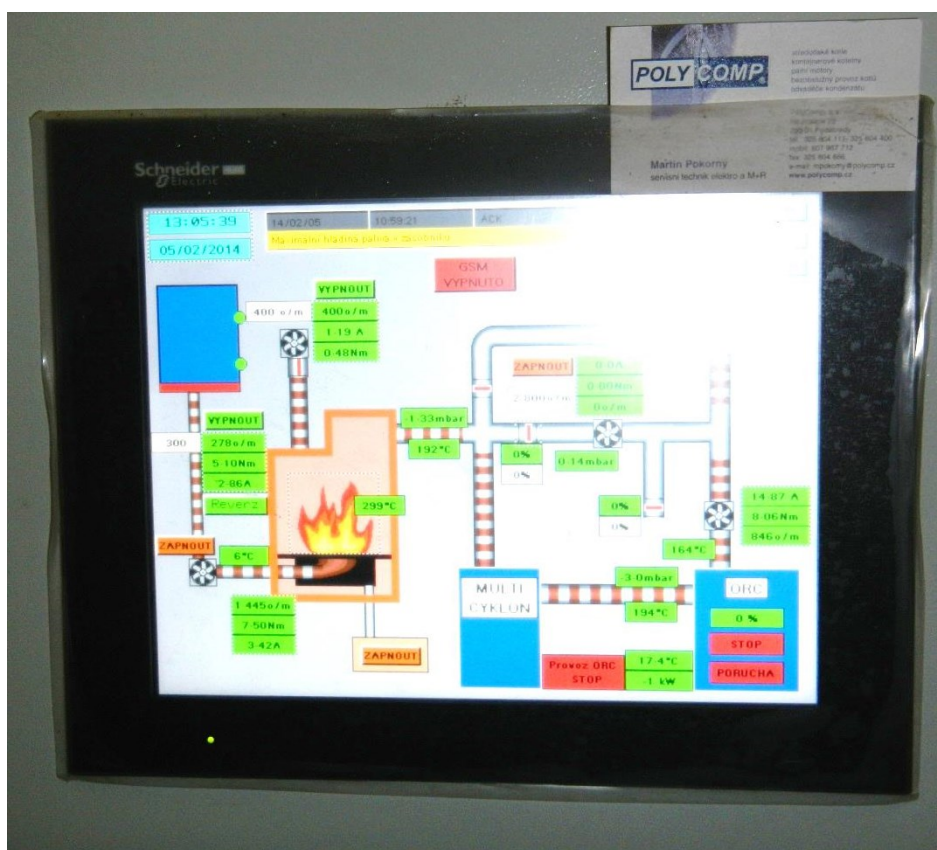
Konfigurace je tvořena v programu TIA Portal V12 od firmy Siemens, komunikace mezi PLC a měniči je pomocí sběrnice PROFINET.

## Integrované rozhraní Profinet

I díky integrovanému rozhraní Profinet může Simatic S7-1200 působit jako Master na Profinet- IO Controller a komunikovat s decentrálními periferiemi, měniči, pohony, atd. rozhraní Profinet dále slouží pro spojení s programovacím zařízením, komunikaci s dalšími PLC a HMI a podporuje otevřenou komunikaci přes ethernet TCP/IP native, TCP a UDP. [Siemens Česká Republika, 2013]

## HMI panel

Stav technologie je zobrazován a ovládán pomocí dotykového HMI panelu Magelis GTO 5310 od firmy SCHNEIDER ELECTRIC. Tato modelová řada zvládá, prostřednictvím vestavěného Ethernetu TCP/IP nebo dvojice sériových linek, komunikaci se všemi dostupnými PLC systémy. V základním provedení jsou dostupné všechny běžné ovladače jako např. Modbus TCP, Ethernet IP nebo Profinet. Na jednu sběrnici Ethernet lze přitom současně připojit dvě nebo více zařízení, každé s jiným typem protokolu. Přes dvojici USB portů si může uživatel k panelu připojit PLC, čtečku čárových kódů, tiskárnu, externí klávesnici nebo PC. GTO umožňuje i vzdálený dohled nad řízenou technologií, případně její řízení prostřednictvím běžného webového prohlížeče. [Blažek, J, 2014]



Obr. 13 - Použitý HMI panel Schneider Magelis GTO 5310.

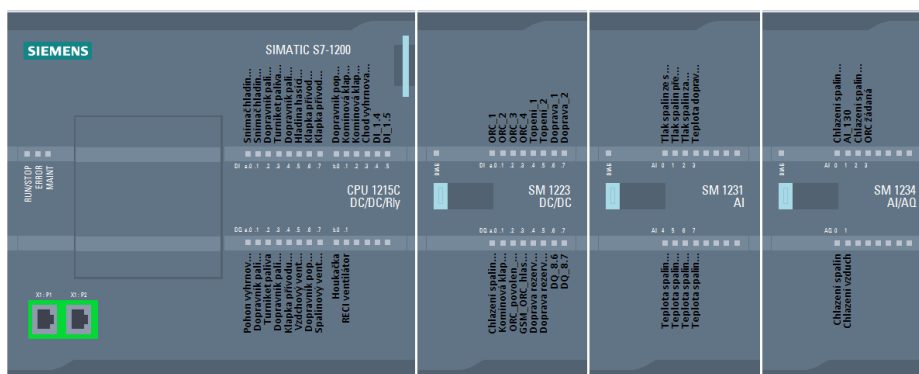
## 4 Konfigurace systému

Konfigurace probíhá tak, že se nejprve zvolí vhodné PLC a přídatné moduly a nastaví se název a ethernet adresa. Dále se dají nastavit možnosti, jak se dané PLC má chovat při startu, jaký má udržovat cyklus, dají se nastavit pomocné frekvence, úrovně stavů, nastavení času (časové pásmo režimu) a letní/zimní čas. Navíc je také možné zvolit webové rozhraní.

Konfigurace karet analogových a digitálních vstupů spočívá v nastavení rychlosti čtení, rychlosti zápisu a adresy. Karta analogových vstupů umožňuje vstup proudu 0 až 20 mA. Jelikož se proud ve smyčkách často dostává až na 3 mA, používá se rozsah nejnižší a v programu si programátor sám vyhodnocuje, jestli je smyčka v pořádku nebo není. Na program se používá symbolická nebo přímá adresa. Symbolická je název, který si sami zvolíme, např. „chlazeni\_spalin“, a přímá je ve formátu AQ + číselné označení.

Nastavení LED diod na PLC – zelená start, červená – error, žlutá – stop, main – ruční nastavení vstupů a výstupů nebo mazání stanice a zobrazení stavu force (ruční ověření nebo simulace výstupu bez nutnosti spouštět program).

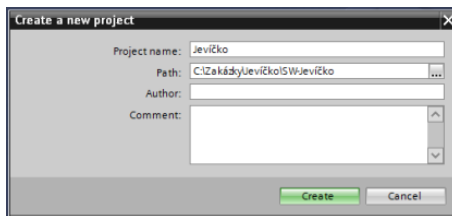
Všechno - PLC a karty se vstupy a výstupy – se připojí k sobě na lištu a přepínači propojí pro vnitřní komunikaci. Na každé kartě je také LED dioda pro kontrolu. V případě digitálních vstupů/výstupů tato LED dioda musí svítit zeleně, když bliká, indikuje nějaký problém a pokud svítí červeně, je karta nefunkční. U analogových karet LED diody svítí (modul je zapnutý) nebo nesvítí. [Pokorný, M, 2014A]



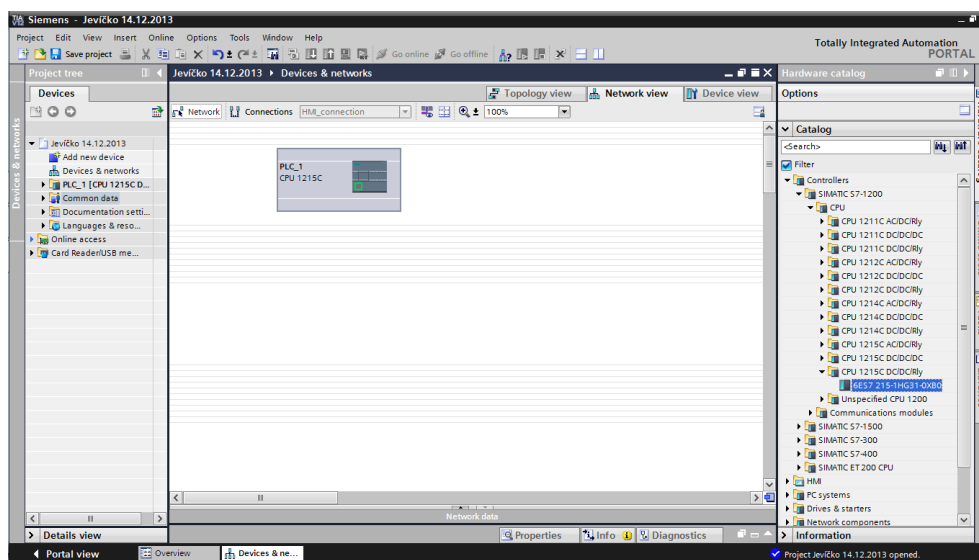
Obr. 14 - Kompletní sestava řídicího systému – CPU, karta digitálních vstupů a výstupů, karta analogových vstupů a karta analogových vstupů a výstupů.

Na následujících stránkách bude pomocí obrázků (Obr. 15 až 25) názorně vysvětlena konfigurace systému v programu TIA Portal V12.

V prvním okně nového projektu zadáme název a místo, kam projekt uložit a po stisknutí tlačítka *Create* se projekt vytvoří a uloží. Poté v záložce *Devices & Network* zvolíme *Hardware Katalog*, kde vybereme použité CPU 1215C DC/DC/Rly.

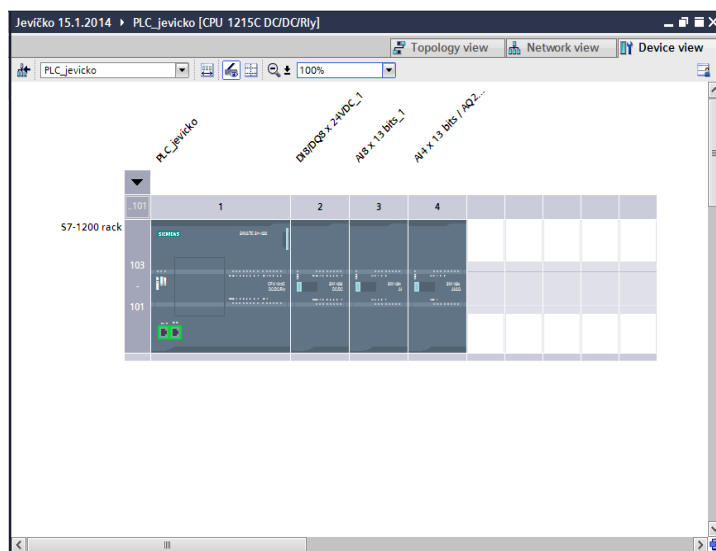


Obr. 15 - Vytvoření nového projektu.



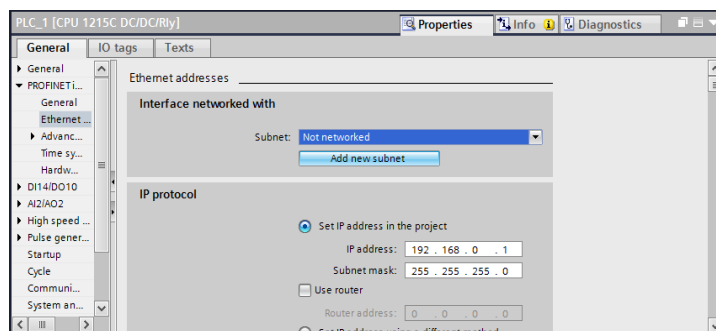
Obr. 16 - Vložení PLC do programu.

Dvojklikem na PLC, nebo na záložku *Device View* se dostaneme na konfiguraci našeho PLC, které umožňuje přidat až 8 modulů. Přidání modulů do projektu se provádí stejným způsobem jako PLC.



Obr. 17 - Přidávání modulů.

Dvojklikem na samotné PLC se otevřou vlastnosti (Properties). Zde nastavíme síť Profinet a IP adresu.



Obr. 18 - Nastavení PLC.

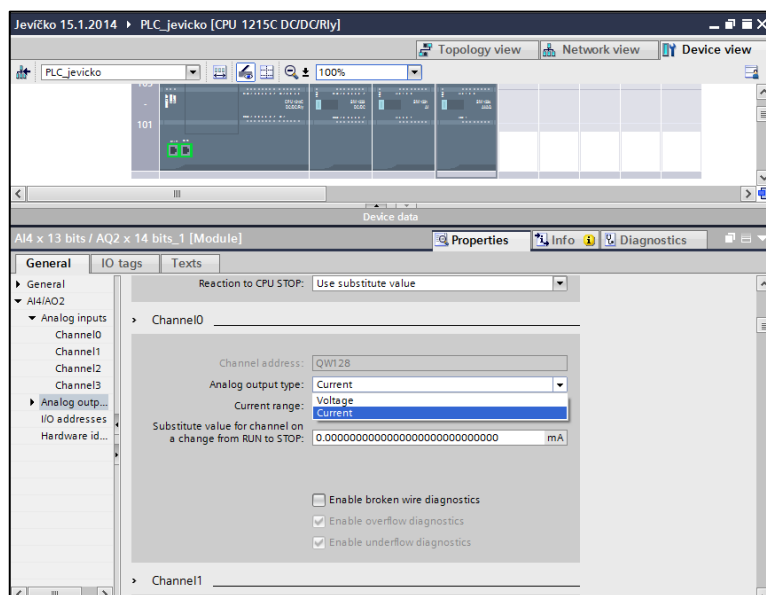
V záložce *IO Tags* dále nadefinujeme názvy jednotlivých vstupů a výstupů.

Name	Type	Address	Tag table	Comment
Snímač hladiny...	Bool	DI 0.0	Default tag table	
Snímač hladiny...	Bool	DI 0.1	Default tag table	
Dopravník paliv...	Bool	DI 0.2	Default tag table	
Turniket paliva...	Bool	DI 0.3	Default tag table	
Dopravník paliv...	Bool	DI 0.4	Default tag table	
Hladina hasící v...	Bool	DI 0.5	Default tag table	
Klapka přívod v...	Bool	DI 0.6	Default tag table	
Klapka přívod v...	Bool	DI 0.7	Default tag table	
Dopravník pop...	Bool	DI 1.0	Default tag table	
Kominová klap...	Bool	DI 1.1	Default tag table	
Kominová klap...	Bool	DI 1.2	Default tag table	
Chod vyřhova...	Bool	DI 1.3	Default tag table	
DI_1.4	Bool	DI 1.4	Default tag table	
DI_1.5	Bool	DI 1.5	Default tag table	
Pohon vyřhova...	Bool	DQ 0.0	Default tag table	
Dopravník paliv...	Bool	DQ 0.1	Default tag table	
Turniket paliva	Bool	DQ 0.2	Default tag table	
Dopravník paliv...	Bool	DQ 0.3	Default tag table	

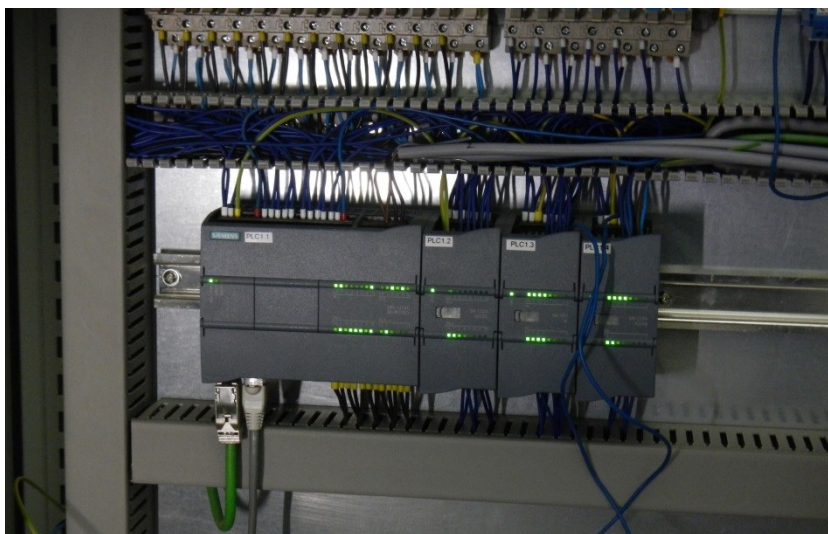
Obr. 19 - Nastavení názvů vstupů a výstupů.



V případě analogových modulů se nastavuje, zda jde o vstup napěťový (0-10 V) nebo proudový (4-20 mA).

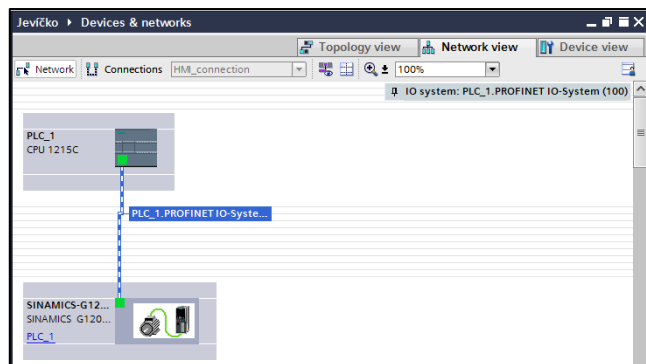


Obr. 20 - Nastavení analogových vstupů a výstupů.



Obr. 21 - Sestava PLC.

Dále pak přichází na řadu výběr a specifikace frekvenčních měničů. Ten vybereme v katalogu a přidáme jej do projektu. Pro spojení s příslušným PLC klikneme na *Not Assigned* a vybereme možnost ze zobrazené nabídky. Druhá možnost je kliknutím na zelené políčko u PLC a přetažení na zelené políčko měniče. Tím dojde k vzájemnému propojení. Musí se však dodržet pořadí - první musí být PLC, teprve potom následuje měnič.



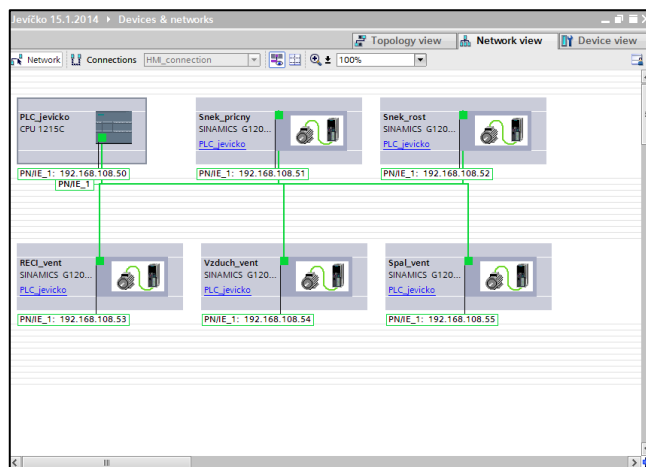
Obr. 22 - Propojení PLC a frekvenčního měniče.

Nastavení IP adresy frekvenčního měniče je stejné jako u PLC. V katalogu vybereme složku Submodules a v ní SIEMENS telegram 352/PZD-6/6. Dvojklikem se telegram objeví na příslušné pozici.

Module	Rack	Slot	I address	Q address	Type	Order number
SINAMCS-G120-CU240E-V4.6	0	0			SINAMCS G120 CU...	65L3 244-0BB1x1FA0
PNIO	0	0	0 x150		SINAMCS-G120-CU...	
Drive_1	0	1			Drive	
Module Access Point	0	11			Module Access Point	
	0	12				
SIEMENS telegram 352, P...	0	13	68..79	68..79	SIEMENS telegram ...	
	0	14				

Obr. 23 - Nastavení frekvenčního měniče.

Stejným způsobem potom přidáváme a nastavujeme ostatní měniče potřebné pro projekt.



Obr. 24 - Výsledná sestava projektu.

## 5 Řízení pohonů s využitím PLC automatu Siemens Simatic S7-1200

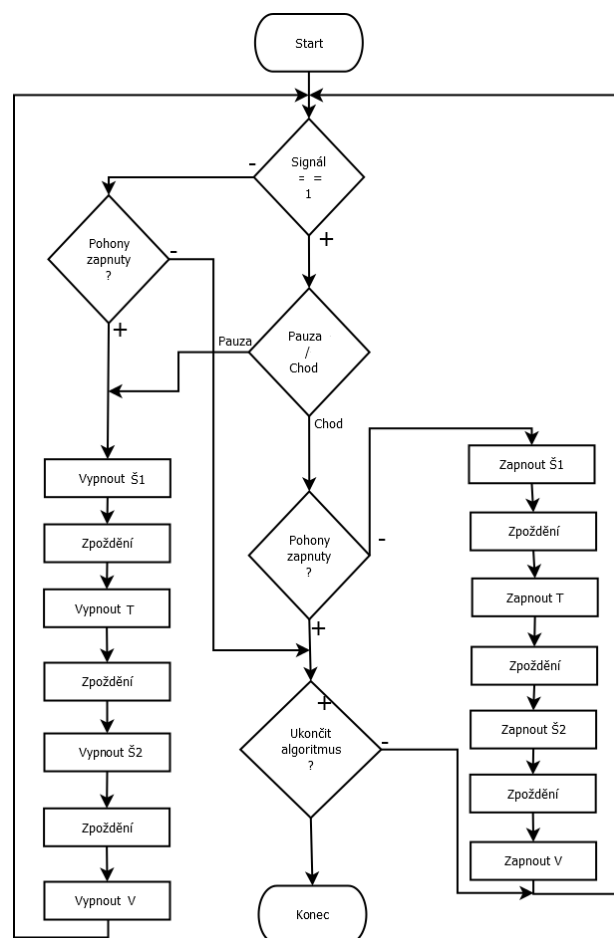
V této části budou popsány a konkrétně uvedeny dva navržené způsoby řízení dopravy paliva z provozního zásobníku do spalovací komory, což je jedna z částí celého technologického procesu spalování biomasy. Jedná se o v předchozích kapitolách blíže popsané prvky procesu – příčný šnekový dopravník, turniket paliva a šnekový dopravník pod rošt. Všechny tyto části jsou na sobě závislé, takže jejich spínání a vypínání s určitým časovým zpožděním vždy závisí na předchozím prvku.

### 5.1 Popis řídicích algoritmů

První dva řídicí algoritmy jsou provozní, což znamená, že se počítá s jejich reálným využitím. Každý má jiné podmínky provozu, jeden je využíván pro nižší teploty ve spalovací komoře, jeden převážně pro vyšší teploty.

Třetí algoritmus řeší možné poruchové stavy systému, avšak nejedná se o reálný provozní algoritmus. Je vytvořen nad rámec původní zakázky, která nevyžadovala řízení poruchových stavů. Tyto poruchové stavy systému byly simulačně ověřeny na simulačním panelu za použití PLC automatu Siemens Simatic S7-200.

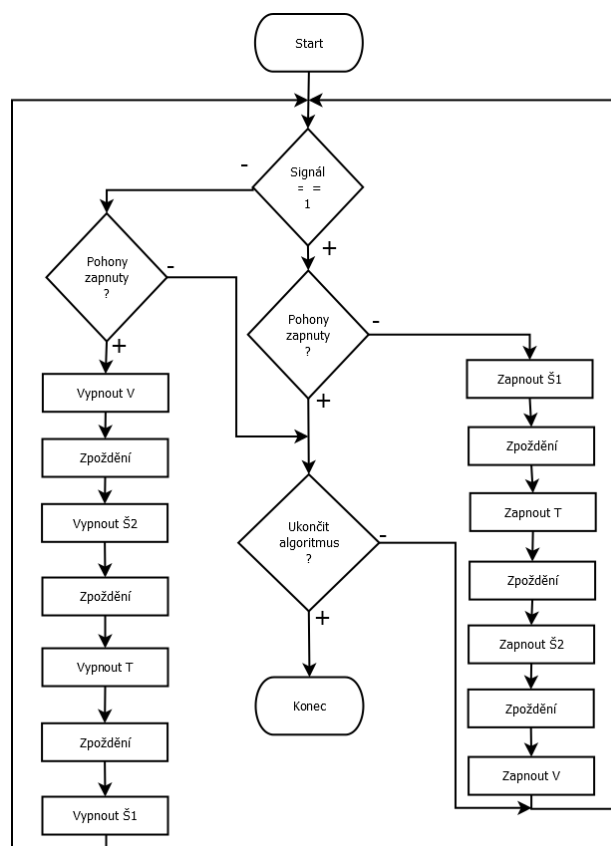
- **Přerušovaný chod** je cyklický algoritmus, který díky zadané době chodu vykonává proces stále dokola. Po uplynutí této doby jej odstavuje a znovu uvádí do chodu po uplynutí doby pauzy. Takto se celý proces opakuje až do řízeného odstavení. Využívá se v případě, kdy je nutné udržet ve spalovací komoře nižší teplotu. Akčními prvky zde jsou oba šnekové dopravníky a turniket paliva. Zapínání procesu tedy probíhá tak, že jakmile na vstup přijde signál, uvede se do chodu šnekový dopravník pod rošt, který s časovým zpožděním dá impuls ke spuštění turniketu paliva, ten s dalším časovým zpožděním dá impuls ke spuštění příčného šnekového dopravníku. Odečítání doby chodu procesu začíná hned při prvním signálu pro spuštění a po odečtení této doby se všechny akční prvky odstaví. To je impuls pro spuštění odečítání doby pauzy, jejíž uplynutí uvádí proces opět do chodu za stejných podmínek jako při prvním zapnutí. Takto se celý proces opakuje až do řízeného odstavení, kdy se akční prvky vypínají ve stejném pořadí a opět s dopravními zpožděními jako při zapínání. Algoritmus znázorněn na obrázku Obr. – 25.



Obr. 25 - Schéma algoritmu Přerušovaný chod.

Š1 = šnekový dopravník pod rošt, T = turniket paliva, Š2 = příčný šnekový dopravník.

- **Trvalý chod** je řídicí algoritmus, který se od předchozího liší podmínkami zapínání a odstavení pouze nepatrně, navíc ale obsahuje i řízení vyhrnovacího zařízení umístěného ve dně provozního zásobníku paliva. Takže po spuštění procesu se uvede do chodu šnekový dopravník pod rošt, stejně jako je tomu u Přerušovaného chodu. Oproti předchozímu algoritmu, zde ale systém nespolehá na to, že se turniket spustí, když dostane příslušný signál, a proto musí pro sepnutí turniketu paliva přijít ještě analogové ověření z čidla umístěného na daném dopravníku. V opačném případě se turniket nespustí a systém podá chybové hlášení. Stejně tak tomu je i u příčného šnekového dopravníku, který vyžaduje potvrzení o skutečném chodu turniketu. Nakonec se se stejnou podmínkou a stejným zpožděním po rozjetí příčného šnekového dopravníku uvede do chodu i vyhrnovací zařízení. Řízené odstavení pak tentokrát probíhá od posledního prvku k prvnímu opět s dopravními zpožděními. Algoritmus znázorněn na obrázku Obr. – 26.



Obr. 26 - Schéma algoritmu Trvalý chod.

Š1 = šnekový dopravník pod rošt, T = turniket paliva, Š2 = příčný šnekový dopravník,  
V = vyhrnovací zařízení.

- **Řešení poruchových stavů** je algoritmus v podstatě stejný jako trvalý chod, ale navíc simuluje řízené odstavení v případě poruchy. Je to ale reálná situace, která může v procesu nastat, proto jsem se rozhodl, i v rámci lepšího seznámení se s programovatelným logickým automatem, tento algoritmus připravit. Algoritmus je tedy stejný, pouze v případě nedostatku paliva dojde k rozsvícení poruchové diody, později k rozblíknání druhé poruchové diody a v případě poklesu hladiny paliva na kritickou hranici pak k řízenému odstavení celého systému. Zároveň tento algoritmus pracuje s poruchovým stavem v případě poruchy některého z řízených prvků – např. nespustění příčného šnekového dopravníku, nebo jeho náhlé zastavení či zpomalení, které může být způsobeno například ucpáním paliva. V tomto případě dojde opět k rozsvícení poruchové diody a odstavení systému.

## 5.2 Řídicí programy

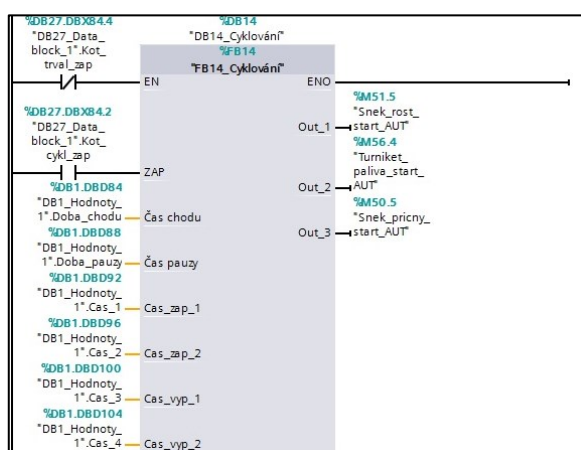
Oba řídicí programy pro PLC Simatic S7-1200 jsou vytvořeny v programovacím softwaru TIA Portal V12 pomocí programovacího rozhraní ladder diagram. To znamená, že je program vytvářen grafickou formou, nikoli řádky kódu. Tato grafická forma dále program rozděluje na části, takzvané „**network**“, které jsou dále v textu označovány jako **sítě**. Ve starších verzích software jsou tyto omezeny na jeden obvod.

Jedná se o dva samostatné funkční bloky, označené v celkovém programu jako FB14 a FB55, které dále závisí na dalších funkčních blocích, pro demonstraci jejich funkce je však možné je spustit samostatně. Oba funkční bloky jsou realizovány pomocí deseti resp. osmi sítí.

### 5.2.1 Řídicí algoritmus „Přerušovaný chod“

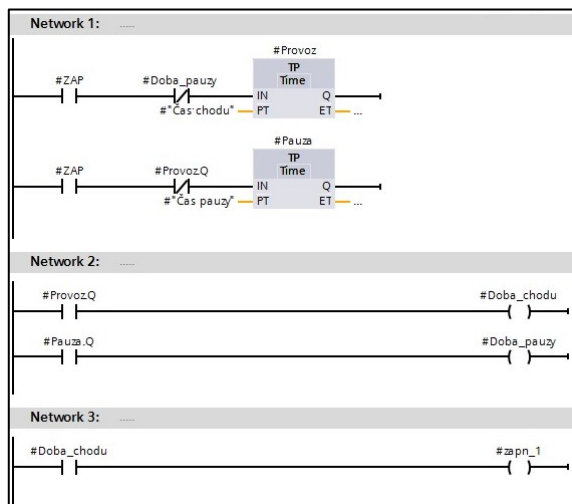
Na následujících obrázcích (Obr. 27 až 31) bude krok po kroku názorně vysvětlena struktura funkčního bloku Přerušovaný chod.

Na prvním obrázku jsou jasně znázorněny vstupy i výstupy z funkčního bloku. Pro aktivaci tohoto funkčního bloku nesmí být aktivní FB55. Takže na vstup přijde negovaný digitální signál z F55 a digitální signál pro zapnutí FB14. Dalšími vstupy jsou analogové údaje o době chodu a pauzy, zadávané přes uživatelské rozhraní HMI panelu. Výstupy jsou samotné signály pro spuštění jednotlivých prvků.



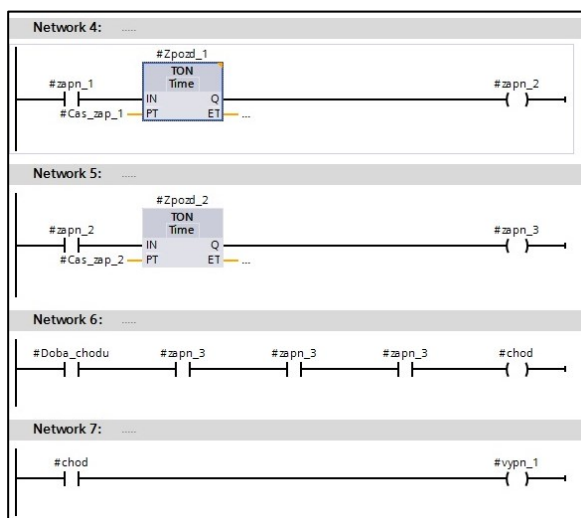
Obr. 27 - Funkční blok Přerušovaný chod pro S7-1200.

Uvnitř celého funkčního bloku jsou čísla 1 až 3 označeny proměnné, které se přímo týkají šnekového dopravníku pod rošt (1), turniketu paliva (2) a příčného šnekového dopravníku (3). Síť 1 obsahuje čítač pulzů TP Time *Provoz*, kterého vstupem je spuštění systému, negovaný signál o době pauzy a analogový údaj o *Čase chodu* a výstupem je hodnota *ProvozQ*. Dále je v této síti další čítač pulzů *Pauza*, který se spíná ve chvíli, kdy je skončeno odečítání pulzů v TP Time *Provoz* a začíná tak odečítání pauzy mezi cykly, která je určena analogovou hodnotou *Čas pauzy*.



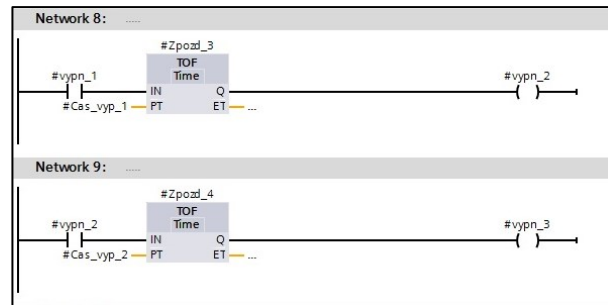
Obr. 28 - Struktura bloku Přerušovaný chod pro S7-1200- sítě 1 až 3.

Výstupem z druhé sítě je *Doba\_pauzy*, která slouží pro restartování čítače *Provoz* a zároveň jako jedna z podmínek držení sepnutého stavu v poslední síti. Dalším výstupem z druhé sítě je *Doba\_chodu*, která ve třetí síti dává přímo signál k zapnutí šnekového dopravníku pod rošt.



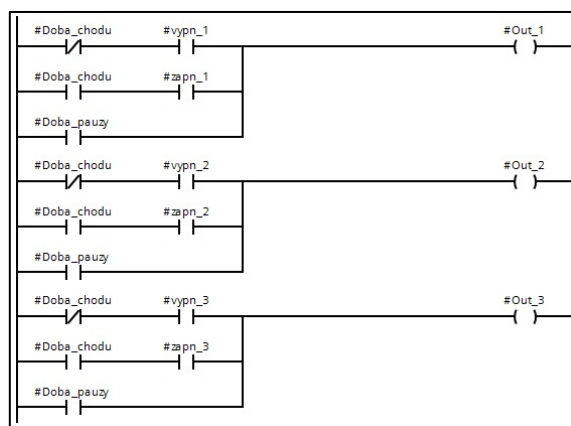
Obr. 29 - Struktura bloku Přerušovaný chod pro S7-1200 - sítě 4 až 7.

Ve čtvrté síti je časovač *TON Zpoz\_1* zodpovědný za časové zpoždění před sepnutím turniketu paliva. Stejným způsobem je určeno časové zpoždění mezi zapnutím turniketu a příčného dopravníku v páté síti. Šestá obsahuje signál *chod*, který v sedmé síti započne zastavování celého procesu. Dále jsou v sedmé a osmé síti opět bloky časového zpoždění *Zpoz\_3* a *Zpoz\_4* pro zastavení turniketu a příčného dopravníku.



Obr. 30 - Struktura bloku Přerušovaný chod pro S7-1200 - síť 8 a 9.

V posledním desáté síti jsou podmínky posílání signálů na výstupy *Out\_1*, *Out\_2* a *Out\_3*, tedy na jednotlivé prvky procesu podle výše zmíněného číselného označení podle znázorněných podmínek, a zároveň podmínky jejich podržení v sepnutém stavu. Buď musí být aktivní *Doba\_chodu* a *zapn\_X* nebo negovaná *Doba\_chodu* a *vypn\_X* anebo *Doba\_pauzy*. Dochází zde tedy k zapínání i odstavování procesu.

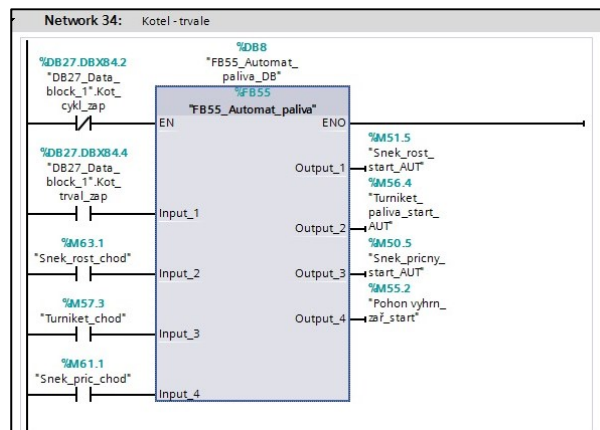


Obr. 31 - Struktura bloku Přerušovaný chod pro S7-1200 - síť 10.



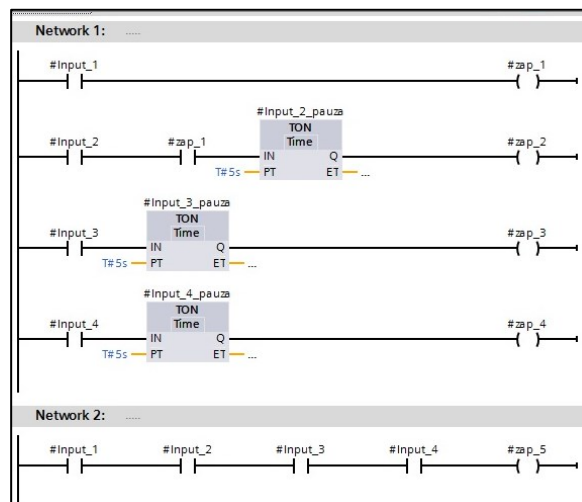
## 5.2.2 Řídicí algoritmus „Trvalý chod“

Ve funkčním bloku FB55 -Trvalý chod - je obsaženo i ovládání vyhrnovacího zařízení. Pro správnou funkčnost, musí být kromě vstupu negovaného signálu o stavu FB14 a signálu pro zapnutí FB55 pro každý prvek zvlášť ještě analogový signál o skutečném stavu předchozího spouštěného prvku.



Obr. 32 - Funkční blok Trvalý chod pro S7-1200.

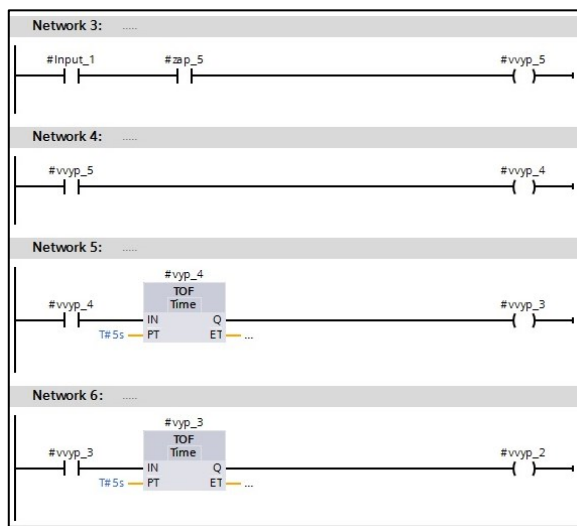
V celém funkčním bloku jsou opět čísla 1 až 5 označeny proměnné, které jsou přiřazeny šnekovému dopravníku pod rošt (1), turniketu paliva (2), příčnému šnekovému dopravníku (3) a vyhrnovacímu zařízení ve dně provozního zásobníku paliva (5).



Obr. 33 - Struktura bloku Trvalý chod pro S7-1200 – síť 1 a 2.

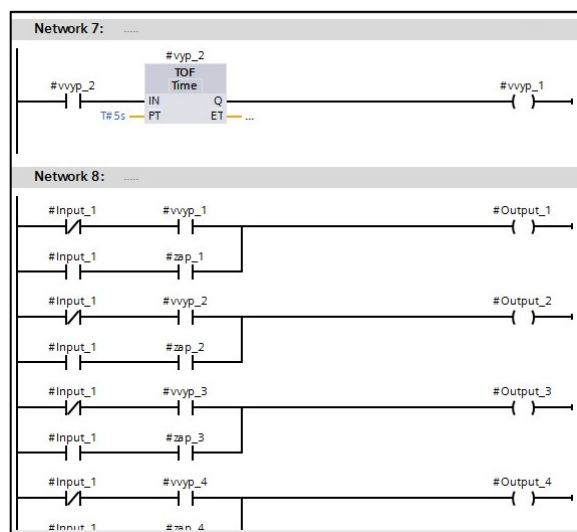
V první síti vstup *Input\_1* spustí šnekový dopravník pod rošt a pomocí analogového signálu z čidla *Input\_2* tohoto dopravníku s časovým zpožděním generovaným v časovači *TON Input\_2\_pauza* spustí turniket paliva. Naprosto stejným způsobem se spouští obě další části.

Ve třetí síti potom začne vypínání procesu signálem pro vypnutí vyhrnovacího zařízení a následně v dalších sítích opět s dopravním zpožděním postupně vypne všechny ostatní prvky.



Obr. 34 - Struktura bloku Trvalý chod pro S7-1200 – sítě 3 až 6.

Poslední osmá síť zachycuje podmínky posílání signálu na výstupy *Out\_1*, *Out\_2*, *Out\_3* a *Out\_4* a zároveň podmínky jejich podržení v sepnutém stavu. Musí tedy být aktivní *Input\_1* a *zap\_X* nebo negovaný *Input\_1* a *vypn\_X*.



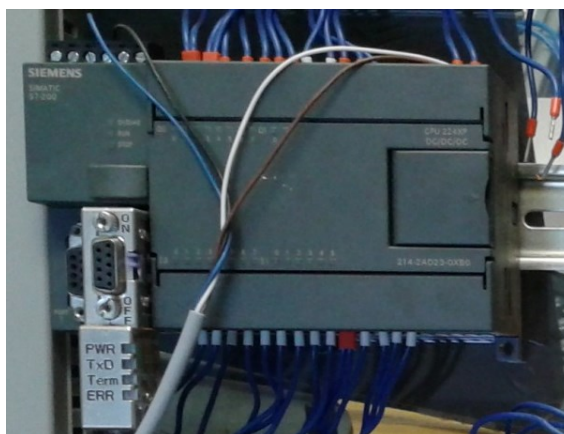
Obr. 35 - Struktura bloku Trvalý chod pro S7-1200 – sítě 7 a 8.

## 6 Laboratorní simulace řízení pohonů s využitím PLC automatu Siemens Simatic S7-200

Oba dva řídicí algoritmy realizované pro PLC automat Simatic S7120 budou naprogramovány a v laboratorních podmínkách odzkoušeny pro použití na PLC automatu S7-200. Jedná se o porovnání možností programování a všeobecně vlastností obou použitých automatů. Během řešení bakalářské práce byly navržené algoritmy připraveny na odzkoušení v Siemens Simatic S7-1200, ale protože celá technologie nebyla připravena a zakázka během práce nebyla dokončena, bylo zapotřebí provést testy na modelu v laboratorních podmínkách.

### 6.1 Popis automatu S7-200

S7-200 je řada malých programovatelných logických automatů, které jsou určeny pro řízení jednoduchých aplikací. Tato řada byla navržena tak, aby byl celý systém nejen jednoduchý, ale i výkonný. Pro zjednodušení programování jsou připraveni tzv. průvodci, kteří dokáží vygenerovat celé části programu dle požadavků programátora. Pro lepší splnění požadavků má řada S7-200 širokou škálu rozšiřovacích modulů, pomocí kterých lze přidat další funkce nebo rozšířit počet vstupů a výstupů. Automat lze pomocí komunikačních modulů připojit do sítí AS-Interface, Ethernet/Internet a PROFIBUS. [Siemens Česká Republika, 2014]



Obr. 36 - Programovatelný automat PLC Simatic S7-200.

Možnosti využití v řízeném procesu jsou velmi podobné, jako u PLC S7-1200. Jedná se o jeho staršího a dnes již méně podporovaného a rozšířeného, za to ale velmi spolehlivého předchůdce. Celý proces by se dal realizovat s použitím tohoto PLC, ne však bez dalšího zásahu. Nebylo by možné jednoduše vyměnit S7-1200 za S7-200 a očekávat, že bude proces fungovat. Je tomu tak proto, že S7-200 mimo jiné nepodporuje komunikaci přes komunikační sběrnici Profinet, na které je tento projekt postaven. Dalším neméně podstatným problémem, je programovací software. Poslední software podporující programování S7-200 byl Step7-Micro/Win. Rozdíl mezi těmito softwary je i v samotné struktuře programu, protože TIA Portal umožňuje do jedné sítě zahrnout hned několik větví programu, kdežto v Micro/Win musí být všechny tyto větve rozepsány zvlášť do více sítí. Program se tak vcelku zbytečně znehledňuje, protože namísto deseti sítí je jich potřeba dvakrát tolik.

## **Procesor**

Pro tento projekt byl použit PLC automat Simatic S7-S200 s procesorem CPU 224 XP. Tento procesor je v podstatě stejný, jako CPU 224, má však dva porty RS 485, dále disponuje dvěma analogovými vstupy, jedním analogovým výstupem, dvěma pulzními výstupy (100kHz) a dvěma rychlými čítači (200kHz). [Siemens Česká Republika, 2014]

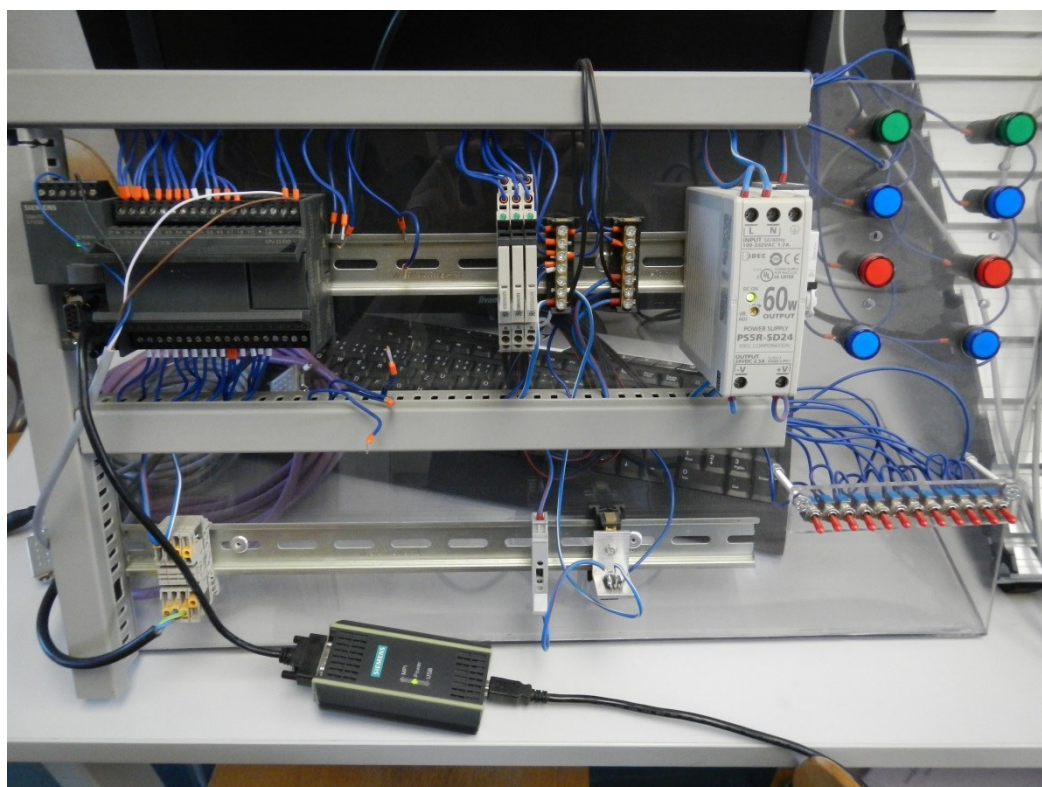
## **Propojení PLC se Step7-Micro/Win**

Zvolené CPU224XP disponuje dvěma porty, 1 a 0. Spojení probíhá z prostředí MicroWin přes PPI kabel s přidruženým převodníkem RS232/485. Pokud má PLC nastavenou komunikační rychlost na 187,5kbps, je třeba v systémovém bloku PLC toto nastavení portu opravit na 19,2kbps. Toho lze dosáhnout stažením celého programu a konfigurace nebo jen systémového bloku z PLC a tam opravením rychlosti připojení jednoho portu na 19,2kbps. Následně se systémový blok nakopíruje zpět do PLC a v prostředí Step7 se v sekci komunikace nastaví PG/PC interface na PC/PPI kabel. Nakonec se v záložce *Communications* obnoví připojení. [Blažek, J pro Blaja.cz, 2014]

## 6.2 Simulace řízení pohonů pomocí automatu S7-200

Všechny řídicí programy pro PLC automat Siemens Simatic S7-200 byly vytvořeny v programovacím softwaru Step7-Micro/Win a to stejně jako v případě programování pro S7-1200 pomocí programového rozhraní „Ladder Diagram“. Step7 byla poslední verze programovacího softwaru pro produkty společnosti Siemens, která podporovala automat Simatic S7-200.

Funkčnost všech těchto řídicích programů byla ověřena na reálném modelu PLC S7-200, který je součástí tréninkové simulační desky dostupné v laboratoři VŠB-TU Ostrava.



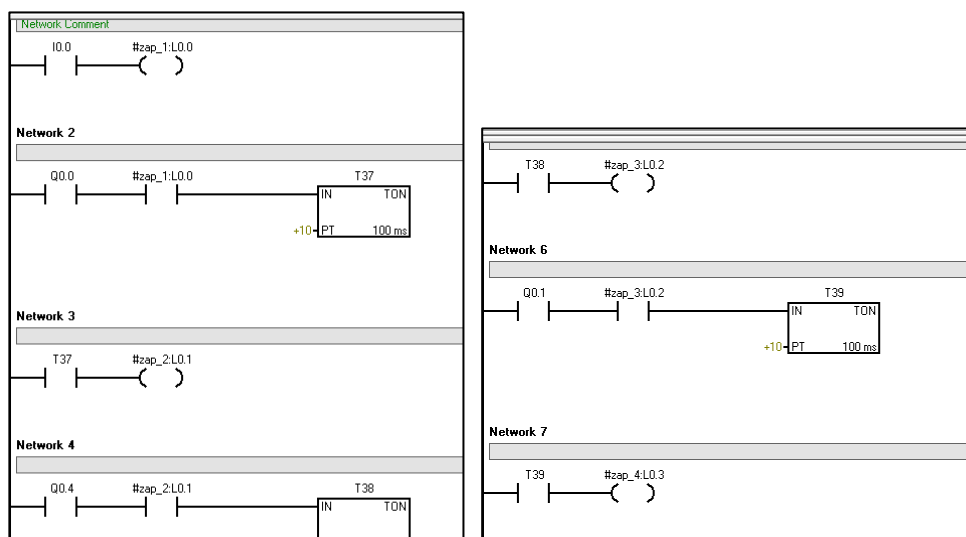
Obr. 37 - Tréninková simulační deska.

Jednotlivé LED diody na modelu simulují skutečné pohony. Šnekový dopravník pod rošt je zde simulován první zelenou LED diodou, turniket paliva druhou zelenou LED diodou, příčný šnekový dopravník první modrou LED diodou a vyhrnovací zařízení druhou modrou LED diodou. Pro signál zapnutí slouží první vypínač.

Pro simulaci na PLC automatu byly vytvořeny tři řídicí algoritmy. Všechny tři již byly popsány v předchozí kapitole, pouze *Trvalý chod* a *Přerušovaný chod* však byly použity pro PLC S7-1200. Funkce jsou tedy naprosto stejné, nepatrný rozdíl je pouze ve struktuře programu.

## 6.2.1 Řídicí algoritmus „Trvalý chod“

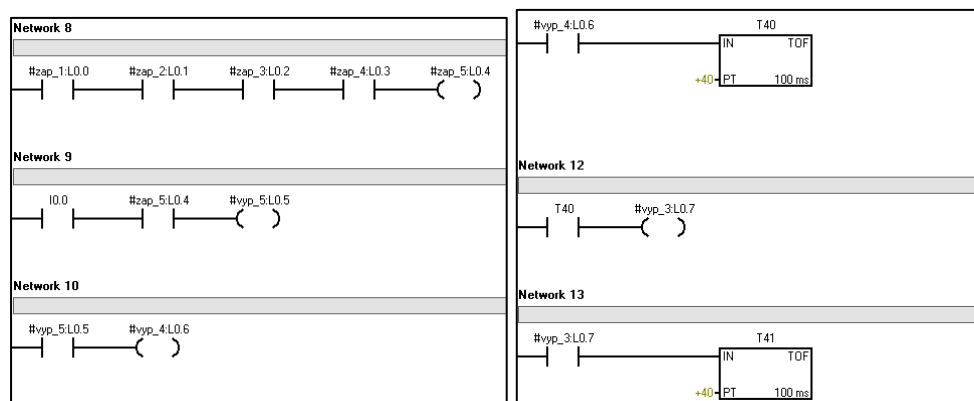
Celý program pro S7-200 je úplně stejný jako výše uvedený program pro S7-1200. Jediným rozdílem tedy je, že v softwaru TIA Portal V12 tvořilo program pouhých osm sítí, při jeho naprosto přesném přepsání ve Step7-Micro/Win je takových sítí dvacet. Další změny jsou pouze některé názvy proměnných a místo signálů z čidel (Input\_1-4) jsou použity výstupy z LED diod. Tato verze programu je zachycena níže (Obr. 38 až 40).



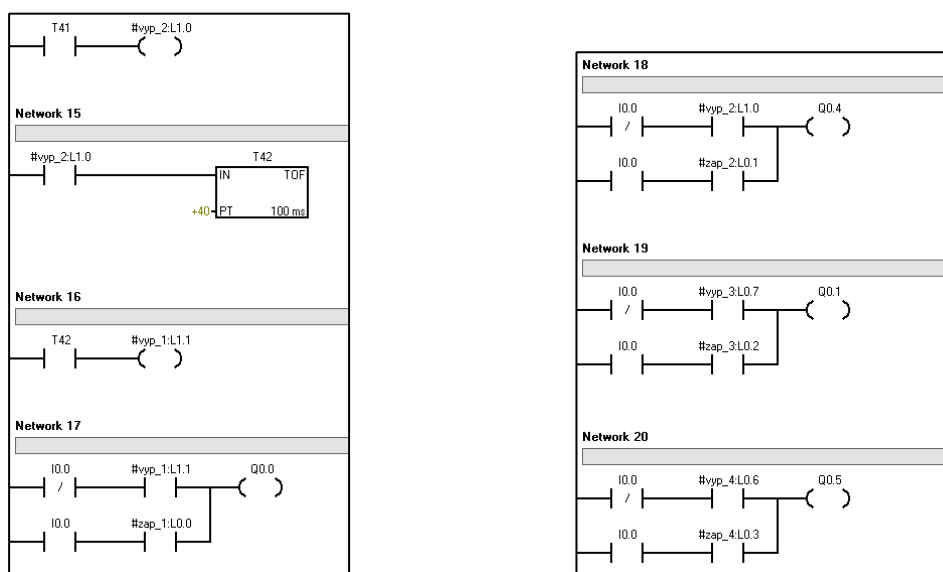
Obr. 38 - Struktura bloku Trvalý chod pro S7-200 – vlevo sítě 1 až 4 a vpravo sítě 5 až 7.

V sítích 1 až 7 dochází k zapínání všech prvků procesu. Signál z vypínače I0.0 dává pokyn pro sepnutí první zelené LED diody, která spouští časové zpoždění pro sepnutí druhé zelené LED diody. Po jejím sepnutí se s dalšími časovými zpožděními postupně sepnou obě modré LED diody. V osmé síti jsou potom všechny podmínky, které musí být splněny pro možnost odstavení celého procesu.

V sítích 9 až 16 je naprogramováno postupné odstavování všech prvků. V tomto případě odstavování probíhá v opačném pořadí než zapínání, takže jako první se vypínají modré a poté zelené LED diody. Sítě 18 až 20 pak obsahují podmínky posílání signálu přímo na aktivní prvky, tedy držení systému v sepnutém stavu i podmínky pro vypínání.



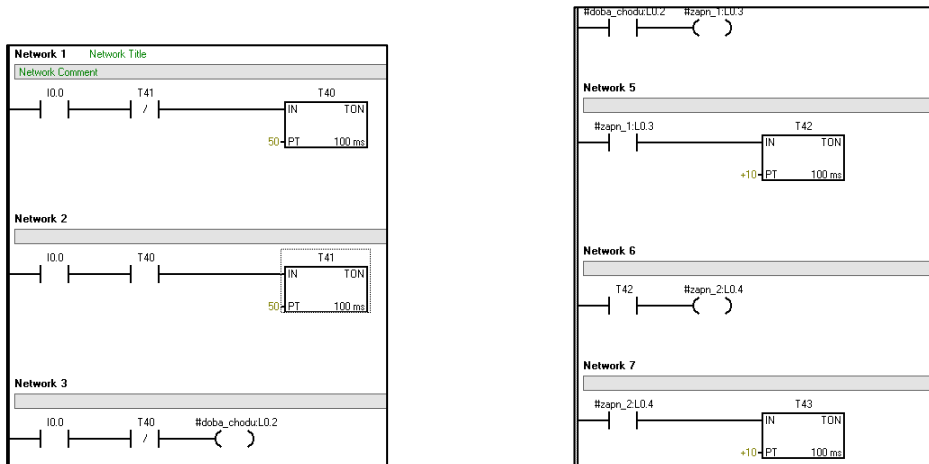
Obr. 39 - Struktura bloku Trvalý chod pro S7-200 – vlevo sítě 8 až 10, vpravo 11 až 13.



Obr. 40 - Struktura bloku Trvalý chod pro S7-200 – vlevo sítě 14 až 17, vpravo 18 až 20.

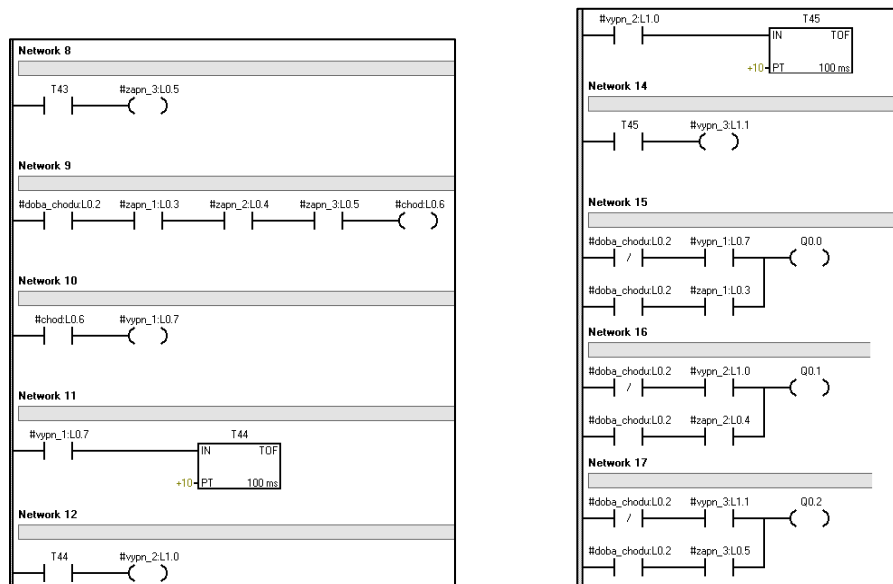
## 6.2.2 Řídicí algoritmus „Přerušovaný chod“

Podobně jako u Trvalého, tak i při programování Přerušovaného chodu se struktura programu velmi rozrostla z deseti na osmnáct sítí. Kvůli absenci programového bloku „čítač pulzů“ (TP Timer), který v použité verzi software není podporován, bylo nutné tyto bloky nahradit časovači TON.



Obr. 41 - Struktura programu Přerušovaný chod, vlevo sítě 1 až 3, vpravo 4 až 7.

Celá struktura programu a především pak první dvě sítě musely být lehce pozměněny, proto tedy přesně neodpovídají stejnému bloku „Přerušovaný chod“ programovanému pro S7-1200. Funkce je však zachována beze změny a je zachycena na obrázcích Obr 41 a 42.



Obr. 42 - Struktura programu Přerušovaný chod – vlevo sítě 8 až 12, vpravo 13 až 17.



### 6.2.3 Řídicí algoritmus „Řešení poruchových stavů“

Tento algoritmus je v podstatě stejný jako trvalý chod, ale simuluje se v něm také řízené odstavení v případě poruchy. Je vytvořen navíc oproti původní zakázce, která obsahovala pouze chody trvalý a přerušovaný a nebyl požadavek na tyto chybové stavy. Je to ale reálná situace, která může v procesu nastat, proto jsem se rozhodl, i v rámci lepšího seznámení se s programovatelným logickým automatem, tento algoritmus připravit.

Naprogramované a simulované poruchové stavy, které mohou ohrozit bezpečné podávání paliva, jsou následující:

- ***Chyba akčního prvku*** znamená, že pro všechny prvky procesu je nastaveno bezpečnostní opatření, kdy při neočekávaném nesepnutí nebo vypnutí během procesu dojde k odstavení celého procesu a signalizaci chybového hlášení.
- ***Chyba nedostatku paliva*** v provozním zásobníku jsou stavy, kdy při nedostatku paliva nastává odstavení celého procesu. Snímače v zásobníku paliva detekují hodnotu hladiny paliva. Ta má čtyři stavy: bezpečná, bezpečně nízká, nízká nebo kritická. Chyba nedostatku paliva tedy nastává v případě, kdy v provozním zásobníku snímače detekují bezpečně nízkou, nízkou nebo kritickou hladinu paliva. Nastane-li situace, kdy hladina paliva klesne z bezpečné na bezpečně nízkou hodnotu, rozsvítí se chybové hlášení simulované první červenou LED diodou. Stále je ještě dostatek paliva na určitou dobu procesu a čas na doplnění paliva. Po uplynutí této doby klesne hodnota na nízkou hodnotu a rozbliká se druhé chybové hlášení simulované druhou červenou LED diodou. V tomto stavu je stále ještě čas doplnit palivo v zásobníku. Pokud však klesne hladina paliva na kritickou hodnotu, druhé chybové hlášení přestane blikat, rozsvítí se a začíná bezpečností odstavení systému, které probíhá ve stejném pořadí a opět s dopravními zpožděními jako při řízeném odstavení.

## Zapnutí a řízené odstavení systému

Po zapnutí systému se spustí šnekový dopravník pod rošt, s časovým zpožděním se sepne turniket paliva, s dalším časovým zpožděním příčný šnekový dopravník a nakonec po dalším časovém zpoždění vyhrnovací zařízení ve dně provozního zásobníku paliva.

Řízené odstavení procesu je realizováno ve stejném pořadí stejným způsobem jako zapínání. Takže po signálu pro vypnutí se postupně s časovými zpožděními vypíná šnekový dopravník pod rošt, turniket paliva, příčný šnekový dopravník a vyhrnovací zařízení.

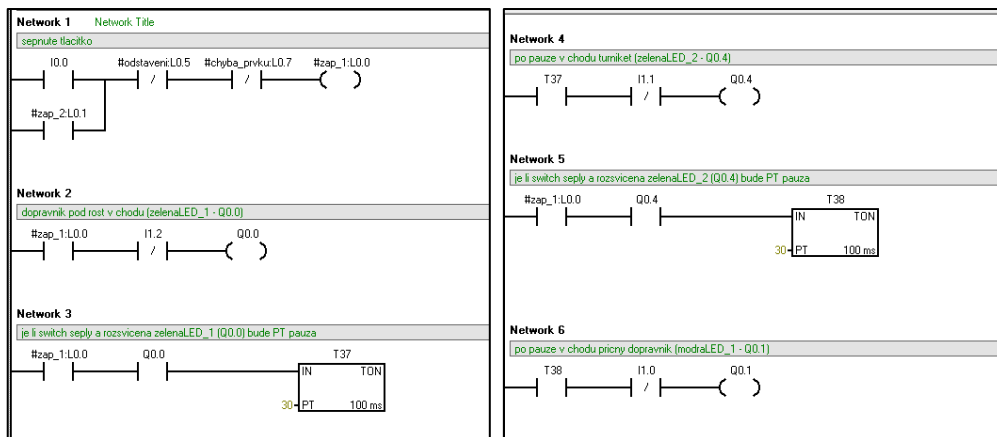
## Simulace

Šnekový dopravník pod rošt je zde simulován první zelenou LED diodou, turniket paliva druhou zelenou LED diodou, příčný šnekový dopravník první modrou LED diodou a vyhrnovací zařízení druhou modrou LED diodou. Pro signál zapnutí slouží první vypínač. Simulace chyb jsou spouštěny pomocí vypínačů od konce, tedy první z kraje spustí simulaci chyby nedostatku paliva, a druhý až pátý pak simulují chybu každého z prvků (nespuštění nebo zastavení turniketu, dopravníků nebo vyhrnovače).

## Struktura programu

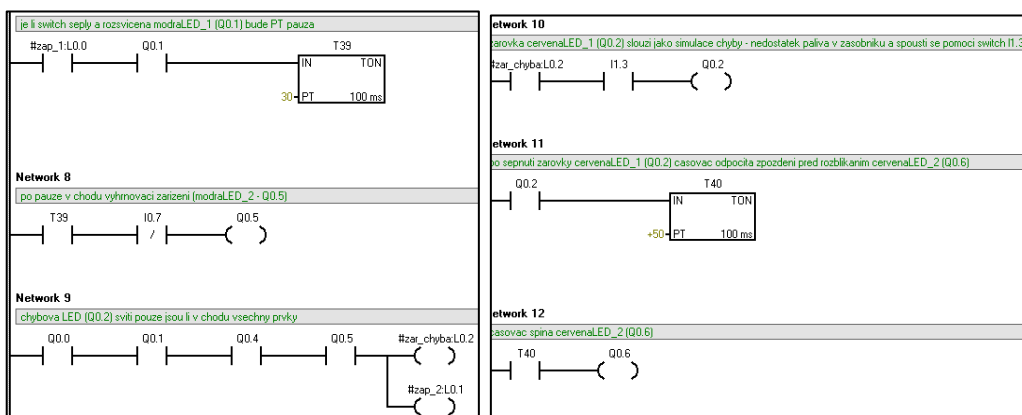
Na následujících obrázcích bude názorně popsána struktura Provozního algoritmu včetně vysvětlení a popisu všech programových částí.

Na každém dalším obrázku (Obr. 43 až 47) jsou zachyceny sítě programu i se stručným popisem funkce každého z nich. Zapnutí procesu a sepínání jednotlivých prvků je stejné jako ve všech předchozích případech od dopravníku pod rošt po vyhrnovací zařízení a to vždy s dopravním zpožděním. Při samotném posílání signálu na LED diodu je však ještě navíc negovaný vstup z tlačítka simulujícího chybu tohoto prvku.

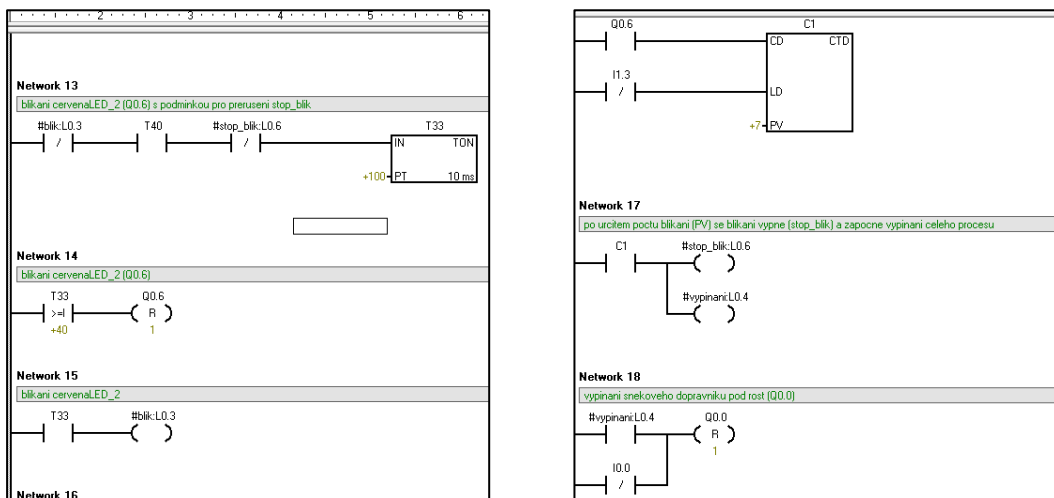


Obr. 43 - Struktura programu vlevo sítě 1 až 3, vpravo 4 až 6.

V deváté síti je podmínka pro sepnutí chybové LED diody a v sítích 10 až 17 je pak realizováno rozsvícení, zhasínání a blikání chybových LED diod. Ve zbývajících je zachyceno odstavování procesu a podmínky ponechání rozsvícených diod.

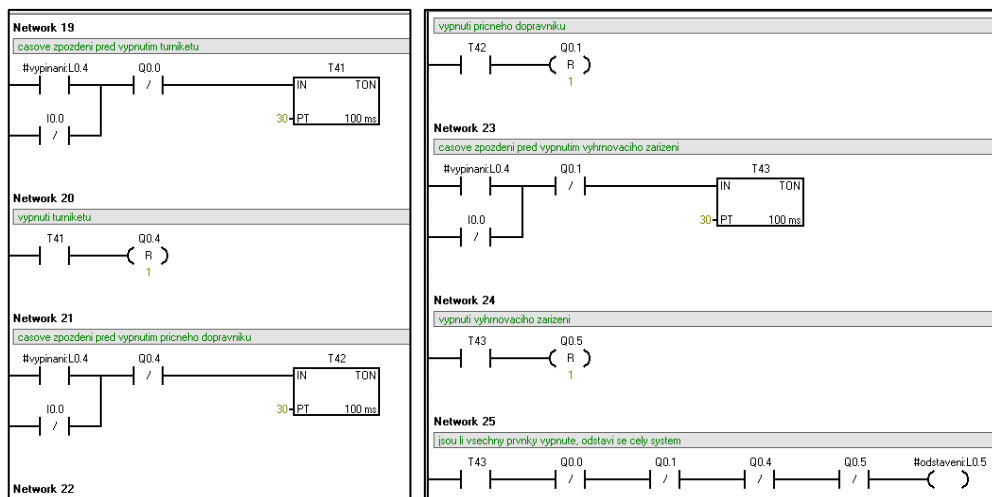


Obr. 44 - Struktura programu vlevo sítě 7 až 9, vpravo 10 až 12.



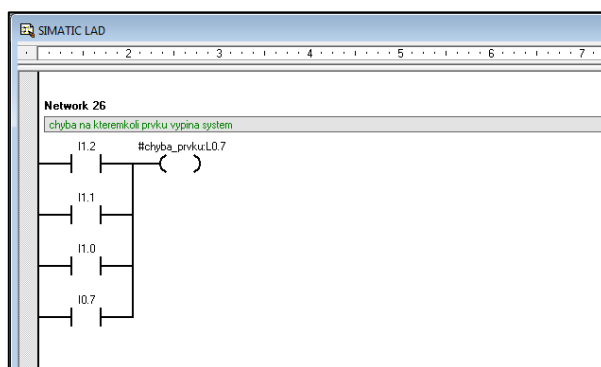
Obr. 45 - Struktura programu vlevo sítě 13 až 15, vpravo 16 až 18.

Odstavení procesu je v tomto případě od prvního prvku po poslední. Stejný postup je pak realizován pro všechny tři případy odstavení – řízené, chybové při nedostatku paliva i chybové při chybě prvku. Zároveň se ve všech třech případech opět počítá s dopravním zpožděním mezi odstavením jednotlivých prvků.



Obr. 46 - Struktura programu vlevo sítě 19 až 21, vpravo 22 až 25.

Poslední síť 26 obsahuje vypínače pro simulaci chyb prvků. Jsou to čtyři vypínače na simulační desce, počínaje předposledním (I1.2 až po I0.7). Úplně poslední vypínač na modelu (I1.3) pak slouží k simulaci chyby nedostatku paliva.



Obr. 47 - Struktura programu – síť 26.

## 7 Závěr

Seznámil jsem se s realizovaným procesem spalování biomasy za účelem výroby elektrické energie. Jedná se o velmi efektivní způsob výroby elektrické energie, kdy pomocí kogeneračního procesu dochází k přeměně tepelné energie na elektrickou v zařízení ORC. Tento způsob je mimo jiné velmi ekologický a náklady na palivo nejsou příliš vysoké, stává se tedy i ekonomicky výhodným.

Navržený řídicí systém PLC Siemens Simatic S7-1200 je pro realizaci dopravy paliva do spalovací komory zvolen proto, že se jedná o jeden z nejlepších programovatelných automatů na trhu a disponuje možností použití komunikačního rozhraní Profinet. Pro tento programovatelný automat jsem vytvořil řídicí algoritmy a programy pro následné řízení dvojice šnekových dopravníků a turniket paliva za využití frekvenčních měničů Siemens Sinamics G120. Dané PLC a frekvenční měniče byly následně nakonfigurovány v programu TIA Portal zvolením řídicího systému, jeho modulů a frekvenčních měničů a nastavením základních funkčních parametrů všech těchto komponentů.

Řídicí algoritmy pro realizovaný proces jsou tři a jedná se o „Přerušovaný chod“, „Trvalý chod“ a „Řízení poruchových stavů“. Prvně jmenovaný spočívá v tom, že se celý proces podávání paliva z provozního zásobníku do spalovací komory neustále cyklicky opakuje podle nastavených podmínek a časových údajů o době chodu a době pauzy mezi cykly. Druhý algoritmus je poněkud jednodušší, spočívá pouze v postupném sepnutí všech prvků a řízeném odstavení. Tyto první dva algoritmy vznikly na základě požadavků zákazníka a byly navrženy společností PolyComp, která zakázku realizuje tak, aby byla zaručena správná funkce všech ostatních částí procesu. Třetí algoritmus „Řízení poruchových stavů“ byl navržen a vytvořen nad rámec zakázky a od obou předchozích se liší tím, že počítá i s chybovými odstaveními v případě problémů se spuštěním nebo zastavením některého akčního prvku a s chybovým odstavením v případě nedostatku paliva v provozním zásobníku. Tento algoritmus byl také odzkoušen na simulační tréninkové desce, stejně jako oba předchozí algoritmy.

Podle těchto algoritmů byly následně vytvořeny programy pro reálné řízení tohoto procesu. Oba programy jsou vytvořeny formou samostatného funkčního bloku pro jejich následné nasazení do celkového programu systému přeměny energie. Byly vytvářeny v programovacím softwaru TIA Portal V12 společnosti Siemens. Tento program má velmi příjemné uživatelské rozhraní a ve srovnání s jeho předchůdcem Step7-Micro/Win, který byl později použit pro řízení PLC automatu S7-200, bych mu určitě dal přednost. Působí více

přehledně, úsporně a celkově se uživatelské rozhraní zdá „modernější“ a více odpovídá novým požadavkům na programování.

Samotný PLC automat S7-200 však může posloužit jako důstojná náhrada za novější, výkonnější a na funkce bohatší automat S7-1200. Práce s ním byla velmi obohacující. Vytkl bych snad jen trochu složitější proces propojování s programovacím software Step7-Micro/Win, které ale podle dostupných informací dělá problémy většině uživatelů. Tento problém však nebylo složité odstranit.

Protože se jedná o starší verzi logického automatu, nedisponuje bohužel komunikačním rozhraním Profinet, což může být bohužel zásadním nedostatkem pro mnoho uživatelů, kteří uvažují o jeho použití. Profinet je vlastně i jedním z důvodů, proč byl pro tento projekt zvolen automat S7-1200.

Software Step7-Micro/Win byl již z části popsán výše při porovnání s TIA Portal. Jeho použití, i přes zjevné nedostatky vůči novějšímu softwaru, však bylo nevyhnutelné, protože se jedná o poslední software, který podporuje programování S7-200. Samotná práce v něm nebyla o mnoho složitější, než v jeho nástupci, avšak trochu postarší uživatelské rozhraní a ne zcela vyhovující nápověda vedly k tomu, že práce s tímto software byla časově náročnější. Největším nedostatkem bylo to, že ve verzi použité pro tento projekt nebyly obsaženy některé důležité prvky, jako například funkční blok pro čítání pulzů, proto nebylo možné vytvořit algoritmus „Přerušovaný chod“ se stejnou strukturou jako u S7-1200.

Pro PLC S7-200 byly tedy vytvořeny tři algoritmy. Jednalo se opět o „Přerušovaný chod“ a „Trvalý chod“, použité již pro S7-1200. Jak již bylo zmíněno, „Přerušovaný chod“ v tomto případě není zcela přesným přepisem, kvůli absenci čítače pulzů TP Time, který není v použité verzi softwaru podporován. Byl tedy nahrazen časovačem TON, který sice funguje na jiném principu, ale po upravení ostatních částí programu jej bylo možné použít. Trvalý chod je naopak přepsán přesně, jen s drobnými změnami v názvech adres. Funkce byla odzkoušena a ověřena na logickém automatu S7-200 umístěným na tréninkové simulační desce v laboratoři VŠB-TU Ostrava.

Celkově mi bakalářská práce pomohla lépe se seznámit a pochopit principy programování logických automatů a to nejen použitých Simatic S7-1200 a S7-200. Zároveň mi pomohla uvědomit si další směry použití automatizace a automatizační techniky v dalších odvětvích a oborech. V neposlední řadě jsem se seznámil s velmi zajímavým procesem přeměny elektrické energie pomocí kogeneračního cyklu zařízení ORC. V této podobě je tento projekt v České Republice první svého druhu a rád bych se mu dále věnoval.

## 8 Seznam použitých zdrojů

ALTERNATIVNÍ-ZDROJE. *Výroba energie z biomasy*. 2013 [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>

BIOMASS TRADING: *Dřevní štěpka*. 2013 [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z <http://www.biomtrade.cz/drevni-stepka.html>

BLAŽEK, J., Online časopis Automatizace.hw.cz. *Magelis GTO3510 nový HMI panel*. 2013 [online] [cit. 2014-01-18]. Dostupné z <http://automatizace.hw.cz/magelis-gto3510-novy-hmi-panel-s-multiprotokolem-test-simatic-s7-s-vyssim-rozlisenim>

BLAŽEK, J., Online časopis blaja.cz. *Nastavení připojení SIMATIC S7-200 přes sériový port*. 2011 [online] [cit. 2014-01-18]. Dostupné z <http://www.blaja.cz/plc-automaty/nastaveni-pripojeni-simatic-s7-200-pres-seriovy-port.html>

CHYTL, J., LEHOCKÝ, Z. *Vývojové diagramy*. 2005 [online] [cit. 2014-05-12]. Dostupné z <http://programujte.com/clanek/2005080105-vyvojove-diagramy-1-dil/>

POKORNÝ, M., *Popis procesu přeměny energie, konfigurace PLC a vizualizační schéma*. Ústní sdělení. Poděbrady, 2014A.

POKORNÝ, M., *Postup a zásady programování Simatic S7-1200*. Ústní sdělení. Poděbrady, 2014B.

RS COMPONENTS. *Magelis GTO 5310*. 2013[online].[cit. 2014-01-18]. Dostupné z <http://ae.rsdelivers.com/product/schneider-electric/hmigto5310/104-tft-hmi-colour-touch-panel-vga/7815896.aspx>

SEHNAL, J. *Programování Simatic S7-1200, popis Simatic S200*. Ústní sdělení. Poděbrady 2014-0411.

SIEMENS AG. *Programovatelný automat S7-200 - Systémový manuál*, 3.vyd. [2014]

SIEMENS ČESKÁ REPUBLIKA: *Nová řada malých programovatelných automatů pro řízení nejen malých aplikací.* 2013 [online] [cit. 2013-12-12]. Dostupné z

<http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=5dc8474325&ctxp=home>

SIEMENS ČESKÁ REPUBLIKA: *Řada kompaktních programovatelných logických automatů vhodných pro řízení jednoduchých aplikací.* 2014 [online] [cit. 2014-04-20]. Dostupné z

<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=86f90bfae0&ctxp=home>

TŮMA, J. *Diagnostika strojů.* Ostrava: skripta VŠB – TU Ostrava. 2009, 138 s. ISBN 978-80-248-2116-0

TTS BOILERS. *ORC Systé.,* 2013 [online]. 2013 [cit. 2014-01-18]. Dostupné z <http://www.tts.cz/cz/boilers/orc.html>