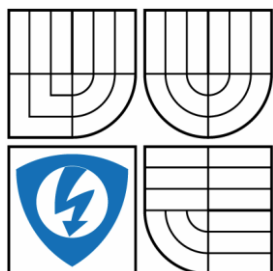


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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

AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ VYTÁPĚNÍ VÍCEÚČELOVÉ HALY

TEMPERATURE CONTROL OF A MULTIFUNCTIONAL HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

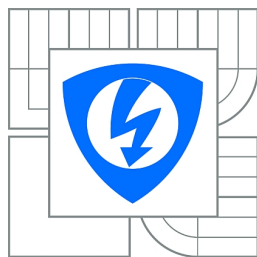
VOJTĚCH PETR

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. FRANTIŠEK ZEŽULKA, CSC.

BRNO 2013



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Vojtěch Petr

ID: 129707

Ročník: 3

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Automatické řízení vytápění víceúčelové haly

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem je navrhnout systém automatického vytápění víceúčelové výrobní haly. Jde o dvě haly, v každé z nich je úkolem řídit teplotu dle zadaného režimu modulárním řídicím systémem Cybrotech (PLC). Navrhněte potřebný počet modulů řídicího systému na 6 binárních vstupů (DI), 15 – 20 binárních výstupů (DO), 2 analogové výstupy pro řízení ventilů, 8 analogových vstupů z čidel teploty (Pt100 je zpracováno převodníkovou kartou a protokolem Modbus přivedeno do CPU řídicího systému.

Vytápění řešte dle specifikace třemi nezávislými způsoby:

1. výměníkovou bioplynovou stanicí
2. kotlem na dřevoplyn
3. nezámrzným systémem (elektrokotel a přímotopné spirály)

Navrhněte a realizujte vizualizaci procesu systémem Reliance.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pásek J., Findura M., Prečan J., Zezulka F.: Automatizace procesů. Elektronická skripta, FEKT VUT, 2013

Zezulka F.: Projektování řídicích systémů. Učební texty- přednášky. FEKT 2005

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 27.5.2013

Vedoucí práce: prof. Ing. František Zezulka, CSc.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

Abstrakt

Tématem bakalářské práce bylo navrhnout a naprogramovat řídicí systém pro vytápění víceúčelových hal. Součástí systému jsou teplotní čidla, měřiče tepla, oběhová čerpadla, servopohony, kotel na tuhá paliva, bioplynová stanice a elektrický kotel. Vše je řízené přes PLC CyBro-2, které komunikuje přes ModBus protokol s počítačem, na kterém je naprogramované grafické prostředí Reliance 4. V grafickém prostředí zákazník může nastavit teploty, režimy a exportovat data o spotřebě tepla.

Klíčová slova

Vytápění haly, řídicí systém, ventil, SCADA

Abstract

The topic of this bachelor thesis was to propose and program a control system for heating multipurpose halls. The system includes temperature sensors, circulation pumps, actuators, boiler for solid fuels, biogas plant and an electric boiler. Everything is controlled with a PLC CyBro-2, which communicates via ModBus protocol with a computer, where a graphical interface is programmed in Relaince 4. In the graphical interface customer can set the temperature value, choose a heating mode and export data of the heat consumption.

Keywords

Hall heating, control system, valve, SCADA

Bibliografická citace:

PETR, V. *Automatické řízení vytápění víceúčelové haly*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 41s. Vedoucí bakalářské práce byl prof. Ing. František Zezulka, CSc.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Automatické řízení vytápění víceúčelové haly“ 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: **14. května 2013**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Františku Zezulkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě AS-Integrated a mému nadřízenému Ing. Aleši Mikulčíkovi za poskytnutí možnosti, podkladů a cenných rad při zpracovávání teoretické i praktické části bakalářské práce v jeho firmě.

V Brně dne: **14. května 2013**

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod	10
2	Prostory a požadavky	11
2.1	Popis prostorů	11
2.1.1	Hala SO-02.....	11
2.1.2	Hala SO-03.....	12
2.2	Požadavky zákazníka	12
2.3	Režimy	13
2.3.1	Režim elektrického kotle.....	13
2.3.2	Režim kotle na tuhá paliva	13
2.3.3	Režim bioplynové stanice	13
2.3.4	Letní režim	13
2.3.5	Bezpečnostní režim	14
2.3.6	Žádný režim	14
2.4	Topení jednotlivých okruhů	14
2.5	Priority režimů	14
2.6	Bezpečnostní režimy	15
2.6.1	Chlazení akumulární nádrže	15
2.6.2	Režim kotlů	15
2.6.3	Režim bioplynové stanice	15
2.7	Měření spotřeby tepla.....	15
3	Řešení	16
3.1	Hardwarové řešení	16
3.2	Popis vstupů a výstupů.....	16
3.3	Elektrické schéma	18
3.4	Použité součástky	18
3.4.1	Teplotní čidla Pt1000	18
3.4.2	Měřiče tepla Sharky 775	18
3.4.3	Měřiče tepla Sontex 539.....	18
3.4.4	Oběhová čerpadla.....	18
3.4.5	Servopohony	18
3.5	Ideální vývojový diagram	19
3.6	Inicializace servopohonů a čerpadel	20
4	Modulární řídicí systém CyBro	22

4.1	PLC CyBro-2	22
4.1.1	Hlavní technické vlastnosti CyBro-2	22
4.1.2	Hardwarové připojení.....	23
4.1.3	Přídavné moduly	26
5	Software CyPro	31
5.1	Krátce o CyPro.....	31
5.2	Připojení	31
5.2.1	Sériové zapojení	31
5.2.2	TCP/IP zapojení	32
5.3	První kroky v programu CyPro	33
5.4	Zdrojový kód.....	34
5.5	Nejdůležitější části programu.....	34
5.5.1	Funkce pro otáčení třibodovým servopohonem	34
5.5.2	Funkce pro měření spotřeby tepla	35
5.5.3	Funkce topení	35
6	Grafické prostředí Reliance 4.....	36
6.1	Způsob komunikace	36
6.2	Grafické okno pro halu SO-02	36
6.3	Grafické okno pro halu SO-03	37
6.4	Grafické okno pro export dat měřené spotřeby tepla	38
	Závěr	39

Seznam obrázků a tabulek

Tabulka 3.1 Popis vstupů a výstupů pro halu SO-02.....	16
Tabulka 3.2 Popis vstupů a výstupů pro halu SO-03.....	17
Obrázek 3.3 Ideální Vývojový diagram.....	19
Tabulka 3.4 Inicializace servopohonů a čerpadel pro halu SO-02	20
Tabulka 3.5 Inicializace servopohonů a čerpadel pro halu SO-03	21
Obrázek 4.1 Schéma zapojení komunikačních portů [1]	23
Obrázek 4.2 Schéma zapojení vstupů, výstupů a napájení [1]	24
Obrázek 4.3 Popis vstupů, výstupů a napájení [1].....	24
Obrázek 4.4 Příklad připojení vstupů se společnou zemí [1]	25
Obrázek 4.5 Příklad připojení výstupů v provedení 24V DC (vlevo) nebo 230V AC (vpravo) [1]	25
Obrázek 4.6 Příklad připojení analogových vstupů a výstupů [1]	26
Obrázek 4.7 Příklad připojení přídatných modulů [1]	26
Obrázek 4.8 Typ kabelu používaný pro komunikaci mezi CyBrem-2 a moduly [1].....	27
Obrázek 4.9 Příklad připojení vstupů a výstupů modulu Bio-24R [1]	27
Obrázek 4.10 Popis vstupů a výstupů modulu Bio-24R [1]	28
Obrázek 4.11 Příklad připojení vstupů modulu Air-12 (vlevo pro dvou vodičové zapojení a vpravo pro tři vodičové zapojení) [1].....	28
Obrázek 4.12 Popis vstupů modulu Air-12 [1].....	29
Obrázek 4.13 Příklad připojení výstupů modulu AoV-12 [1]	29
Obrázek 4.14 Popis výstupů modulu AoV-12 [1]	30
Obrázek 5.1 Příklad zapojení [3]	31
Obrázek 5.2 Příklad zapojení [3]	32
Obrázek 5.3 Příklad zapojení [3]	32
Obrázek 5.4 Příklad zapojení [3]	32
Obrázek 5.5 Příklad zapojení [3]	32
Obrázek 5.6 Startovací okno na nový projekt CyPro	33
Obrázek 5.7 Funkce pro otáčení třibodovým servopohonem	34
Obrázek 5.8 Funkce pro měření spotřeby tepla	35
Obrázek 5.9 Funkce pro topení.....	35
Obrázek 6.1 Ovládací panel pro halu SO-02	36
Obrázek 6.2 Ovládací panel pro halu SO-03	37
Obrázek 6.3 Ovládací panel pro export dat měřené spotřeby tepla	38

1 ÚVOD

Úkolem této bakalářské práce je vytvořit a naprogramovat řídicí systém pro vytápění víceúčelových hal. Prostudovat jak budou kotle řízeny, jakým způsobem se bude softwarově řídit teplota v halách a jaké komponenty se budou používat. Součástí řídicího systému jsou dva rozvaděče. Jeden rozvaděč pro každou halu, tj. celkově dvě haly. V každé hale je zapotřebí monitorovat a podle toho regulovat teplotu v různých místnostech jako například kanceláře, jídelna, nebo hlavní výrobní hala pomocí grafického rozhraní na počítači. Vizualizace procesu je řešená pomocí systému Reliance. O sběru dat se stará modulární řídicí systém CyBro (PLC). Je zapotřebí navrhnout počet modulů řídicího systému pro 20 binárních vstupů (DI), 26 binárních výstupu (DO), 3 analogové výstupy pro řízení ventilu (AO), 15 analogových vstupů z čidel teploty (AI) (Pt1000 je zpracováno převodníkovou kartou a protokolem Modbus přivedeno do CPU řídicího systému). Počet a typ vstupů/výstupů bude ještě možno měnit v průběhu praktické části, pokud se narazí na nějaký problém a bude zapotřebí provádět změny.

Vytápění hal je řešeno pomocí tří nezávislých zdrojů:

- výměníkovou bioplynovou stanicí
- kotlem na dřevoplyn
- nezámrzným systémem (elektrický kotel a přímotopné spirály)

2 PROSTORY A POŽADAVKY

2.1 Popis prostorů

Plán hal můžeme najít v příloze č. 1 a 2.

2.1.1 Hala SO-02

Hala SO-02 se skládá z těchto prostorů:

- Hlavní hala
- Sklad
- Příruční sklad
- Kotelna
- Denní místnost
- Technická místnost
- Tři kanceláře
- Příslušné toalety a sprcha

V hlavní hale jsou namontovány na stropě tepelné zářiče. Aktuální teplotu měříme pomocí čidla teploty TMP7. Teplá voda do těchto tepelných zářičů bude hnaná oběhovým čerpadlem OČ.2. O řízení tepelných zářičů dle požadavků zákazníka se bude starat okružový ventil M4. Denní spotřeba tepla v hlavní hale je měřena pomocí měřiče PW1.

Topení ve skladu je řízeno směšovacím ventilem M1. Příslušné teplotní čidlo je TMP3. Teplou vodu do nich bude tlačit oběhové čerpadlo OČ.6. Denní spotřebu tepla bude měřena pomocí měřičem tepla PW4.

V denní místnosti je nainstalováno podlahové topení. Aktuální teplotu v místnosti bude měřit teplotní čidlo. Teplá voda bude hnaná oběhovým čerpadlem OČ5. U podlahového topení bude směšovací ventil M2. Zde nebude měřena spotřeba tepla.

V kancelářích je taktéž instalováno podlahové topení. Aktuální teplotu v místnosti bude měřit teplotní čidlo TMP1. Teplá voda bude hnaná oběhovým čerpadlem OČ8. U podlahového topení bude směšovací ventil M5. Zde nebude měřena spotřeba tepla.

V této hale se budeme ještě starat o ohřívání a regulování teplé užitkové vody a vody pro topení v akumulčních nádržích.

Detailnější popis vstupu a výstupu najdeme v tabulce 3.1.

2.1.2 Hala SO-03

Hala SO-03 se skládá z těchto prostorů:

- Hlavní hala
- Kotelna
- Dvě kanceláře
- Příslušné toalety a sprchy
- Šatny

Tato hala je velice podobná hale SO-02. Jsou zde dvě akumulční nádrže místo jedné, dva okruhy pro tepelné zářiče místo jednoho, dva kotle ATMOS místo jednoho, dvě oddělené kanceláře (tzn., že budeme v každé zvlášť měřit teplotu a topit) zatím co v hale SO-02 kanceláře jsou vedle sebe a teplotu měříme pouze v jedné kanceláři a podle hodnoty této teploty řídíme topení v obou. V hlavní hale jsou tepelné zářiče namontované na stropě, v obou kancelářích se bude topit pomocí instalovaného podlahního topení. Detailnější popis vstupu a výstupu najdeme v tabulce 3.2.

2.2 Požadavky zákazníka

Naším úkolem bylo vytvořit řídicí systém, který bude řídit topení ve dvou halách. V hale SO-02 jsou instalovány jako zdroje tepla elektrický kotel, kotel na dřevoplyn a bioplynovou stanici. Jako spotřebiče jsou akumulční nádrž, nádrž užitkové vody, tepelné zářiče v hale, podlahové topení v denní místnosti, radiátory ve skladu, podlahové topení v kancelářích a okruh výměníku do akumulční nádrže.

V hale SO-03 jsou instalovány jako zdroje tepla dva kotle na dřevoplyn a bioplynová stanice. Jako spotřebiče jsou dvě akumulční nádrže, jedna nádrž užitkové vody, dva obvody tepelných zářičů, dva okruhy podlahového topení a okruh výměníku do akumulční nádrže.

Řídicí systém má fungovat tak, že pomocí zobrazovacího systému Reliance 4, zákazník vidí všechny měřené teploty v reálném čase. Teploty akumulčních nádrží a teploty vratu kotle jsou pouze informační. Budou řízeny automaticky pomocí softwaru v PLC. Teplotu v různých místnostech a teplotu užitkové vody si bude moci zákazník navolit v nastavovacím okně. Dále jsou popsány do detailu různé režimy.

2.3 Režimy

Aplikace má několik základních režimů řízení topení uvedených níže. Zde budou popsány všechny možné režimy pro halu SO-02. Režimy pro halu SO-03 jsou stejné, s výjimkou popisu čerpadel a serv, které mohou být jiné. Všechny čerpadla, serva, teplotní čidla a měřiče tepla budou popsány v tabulce 3.1 a 3.2.

2.3.1 Režim elektrického kotle

Režim slouží k udržování minimální teploty v budově a zabránění zamrznutí v jednotlivých okruzích vytápění. V tomto režimu jsou spuštěny všechny čerpadla a otevřena všechna serva. Zdrojem tepla je elektrický kotel. V tomto režimu není aktivní ochrana podlahového topení před přehřátím, proto by se systém neměl aktivovat, pokud je v akumulární nádrži horká voda (nad 40 °C).

2.3.2 Režim kotle na tuhá paliva

Režim slouží k vytápění budovy pomocí kotle na tuhá paliva. V režimu kotle je vypnuto čerpadlo OČ.3 (tepelný výměník), otevřeno servo M2 k podlahovému topení v denní místnosti, spuštěno čerpadlo OČ.5 (topení podlahy). Mservo kotle je řízeno podle teploty vratky do kotle. Pokud tato teplota přesáhne 73 °C, servo se celé otevře. Pokud teplota klesne pod 69 °C, servo se přivře na rozsahu. Jednotlivé okruhy jsou řízeny podle aktuální potřeby.

2.3.3 Režim bioplynové stanice

Režim slouží k topení v budově pomocí bioplynové stanice. V tomto režimu je spuštěno čerpadlo OČ.3 (tepelný výměník). Pokud teplota v akumulární nádrži přesáhne 84 °C, je čerpadlo vypnuto z důvodu ochlazení akumulární nádrže. Čerpadlo je opětovně spuštěno, jakmile teplota v akumulární nádrži klesne pod 80 °C. V tomto režimu jsou dále otevřena serva M3 (tepelný výměník), Mx (tepelný výměník TUV) a M2 (okruh podlahového topení). Jednotlivé okruhy jsou řízeny algoritmem podle aktuální potřeby. Mservo (vrat kotle - nádrž) kotle je řízeno stejně jako v režimu kotlů.

2.3.4 Letní režim

Režim slouží k ohřívání nádrže s TUV v době, kdy není potřeba topit v budově. Tento režim je subrežimem bioplynové stanice. Pro jeho spuštění musí být aktivní režim bioplynové stanice. V tomto režimu jsou všechna serva v pozici zavřeno s výjimkou Mserva (vrat kotle - nádrž). Jsou také vypnuta všechna čerpadla kromě OČ.3 (tepelný výměník) a OČ.4 (oběh TUV).

2.3.5 Bezpečnostní režim

Režim slouží k ochlazení akumulární nádrže. Je aktivován, pokud teplota akumulární nádrže stoupne nad 84 °C a zároveň teplota vratky kotle je vyšší než 40 °C. V tomto režimu jsou otevřeny všechny okruhy s výjimkou podlahového topení a M3 serva. Jsou také spuštěna všechna čerpadla kromě čerpadel OČ.3 (tepelný výměník) a OČ.8 (podlahové topení).

2.3.6 Žádný režim

Pokud dojde k vypnutí všech zmíněných režimů, není aktivní systém topení. V tomto případě dojde k vypnutí všech čerpadel. Serva nejsou řízena.

2.4 Topení jednotlivých okruhů

Jednotlivé okruhy jsou řízeny podle aktuální a požadované teploty v jednotlivých částech budovy. Pokud je aktuální teplota vyšší než teplota požadovaná + 1, je uzavřen příslušný okruh a vypnuté příslušné čerpadlo. Naopak pokud je aktuální teplota nižší než požadovaná teplota – 1, je otevřen příslušný okruh a spuštěno příslušné čerpadlo. Řízení okruhu podlahového vytápění je řízeno podle dalších pravidel. Servo je řízeno podle aktuální teploty na teplotním čidle podlahového topení. Algoritmus otáčí servem vlevo a vpravo vždy po 10 sekundových intervalech, aby přizpůsobil teplotu na čidlo na 38 stupňů.

Poznámka : čerpadlo OČ.7 (dobíjení TUV) je vypnuto, pokud je teplota v TUV nádrži vyšší než teplota v akumulární nádrži.

2.5 Priority režimů

Priorita režimů seřazené od nejvyšší priority:

- Režim elektrický kotel
- Režim kotlů na tuhá paliva
- Režim bioplynové stanice
- Letní režim bioplynové stanice

2.6 Bezpečnostní režimy

2.6.1 Chlazení akumulární nádrže

Pokud teplota v akumulární nádrži stoupne nad 90 °C, je aktivován režim chlazení akumulární nádrže, kdy dojde k otevření všech okruhů a spuštění čerpadel mimo podlahového topení.

2.6.2 Režim kotlů

Pokud teplota v akumulární nádrži stoupne nad 86 °C, je aktivován režim chlazení akumulární nádrže.

2.6.3 Režim bioplynové stanice

Pokud teplota v akumulární nádrži stoupne nad 86 °C a teplota vratky do kotle je vyšší než 40 stupňů je aktivován režim chlazení akumulární nádrže. Pokud teplota v akumulární nádrži stoupne nad 86 °C a teplota vratky do kotle je nižší než 40 °C, je vypnuto čerpadlo ženoucí vodu z výměníku do nádrže. Opětovné spuštění při teplotě akumulární nádrže pod 82 °C.

2.7 Měření spotřeby tepla

Aplikace jednou denně ukládá signály z měřičů tepla. Toto ukládání probíhá v noci a je tedy potřeba, aby byl program řízení na hlavním počítači neustále spuštěn. Pokud je v době ukládání vypnut, je změřená hodnota uložena a přičtena k hodnotě následujícího dne.

Aplikace exportuje data do souboru typu .csv podle zadaných požadavků.

3 ŘEŠENÍ

3.1 Hardwarové řešení

Technické výkresy prostorů a okruhů topení můžeme najít v příloze č. 1, 2, 3 a 4.

3.2 Popis vstupů a výstupů

Níže v tabulce jsou popsány fyzické vstupy a výstupy z řídicího systému CyBro-2 a příslušných modulů.

Modul	I/O	Popis	Typ
Cybro2	IX0	PW1 – měření tepla zářiče hala	Sharky 775
Cybro2	IX1	PW2 – měření tepla podlahové vytápění kanceláře	Sharky 775
Cybro2	IX2	PW3 – měření tepla TUV	MT Sontex 539M
Cybro2	IX3	PW4 – měření tepla sklad	Sharky 775
Cybro2	QX0	OČ.2 – tepelné zářiče	UPS 32-80 180 Grundfos
Cybro2	QX1	OČ.3 – tepelný výměník	UPS 32-60 180 Grundfos
Cybro2	QX2	OČ.4 – oběh TUV – teplá voda do kohoutků	Star-Z NOVA WILO
Cybro2	QX3	OČ.5 – podlahové vytápění	RS 25/40 WILO
Cybro2	QX4	OČ.6 – topení – sklad	UPS 25-60 180 Grundfos
Cybro2	QX5	OČ.7 – dobíjení TUV	Star-Z NOVA WILO
Cybro2	QX6	OČ. 8 – podlahové vytápění	UPS 25-60 180 Grundfos
Cybro2	QW0	M4 – okruh tepelných zářičů	ARA 639 24VDC
Bio24-R	QX0	M1 – okruh do skladu	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX1		
Bio24-R	QX2	M2 – okruh podlahového vytápění	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX3		
Bio24-R	QX4	M3 – přepínání výměník TUV	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX5		
Bio24-R	QX6	M5 – servo podlahového vytápění	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX7		
Bio24-R	QX8	Mx – okruh z výměníku do akumulční nádrže	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX9		
Bio24-R	QX10	Mservo – vrat kotle - akumulční nádrž	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX11		
AiR-12	IW0	TMP1 – teplota v kanceláři – čidlo pod čidlem EZS	Pt1000
AiR-12	IW1	TMP2 – teplota v hale – čidlo v krabici na zdi kotelny	Pt1000
AiR-12	IW2	TMP3 – teplota ve skladě	Pt1000
AiR-12	IW4	TMP4 – teplota vrat kotle	Pt1000
AiR-12	IW5	TMP5 – teplota v akumulční nádrži	Pt1000
AiR-12	IW6	TMP6 – teplota TUV	Pt1000

Tabulka 3.1 Popis vstupů a výstupů pro halu SO-02

Modul	I/O	Popis	Typ
Cybro2	IX0	PW1 – měření tepla zářiče hala 1	Sharky 775
Cybro2	IX1	PW2 – měření tepla zářiče hala 2	Sharky 775
Cybro2	IX2	PW3 – měření tepla TUV – přívod	Sharky 775
Cybro2	IX3	PW4 – měření tepla TUV – odběr 1	Sharky 775
Cybro2	IX4	PW5 – měření tepla podlahové vytápění kanceláře 1	MT Sontex 539M
Cybro2	IX5	PW6 – měření tepla podlahové vytápění kanceláře 2	MT Sontex 539M
Cybro2	QX1	OČ.9 – dobíjení TUV	UPS 25-60 180 Grundfos
Cybro2	QX2	OČ.3 – tepelné zářiče 1	UPS 32-80 180 Grundfos
Cybro2	QX3	OČ.4 – tepelné zářiče 2	UPS 32-80 180 Grundfos
Cybro2	QX4	OČ.5 – tepelný výměník – bioplynová stanice	UPS 32-60 180 Grundfos
Cybro2	QX5	OČ.6 – cirkulace TUV – teplá voda do kohoutků	Star-Z NOVA WILO
Cybro2	QX6	OČ.7.1 – podlahové vytápění 1	UPS 20-60 180 Grundfos
Cybro2	QX7	OČ.7.2 – podlahové vytápění 2	UPS 20-60 180 Grundfos
Bio24-R	QX0	M1 – okruh z výměníku do akumulární nádrže	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX1		
Bio24-R	QX2	M2 – ATMOS I	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX3		
Bio24-R	QX4	M3 – ATMOS II	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX5		
Bio24-R	QX6	M6 – Letní TUV	ARA 663 230VAC, 120s
Bio24-R	QX7		
Bio24-R	QX8	Stykač AKU 1	
Bio24-R	QX9	Stykač AKU 2	
AiR-12	IW0	TMP1 – teplota v hale – čidlo v krabici u požární vody	Pt1000
AiR-12	IW1	TMP2 – teplota v kancelářích 1	Pt1000
AiR-12	IW2	TMP3 – teplota v kancelářích 2	Pt1000
AiR-12	IW3	TMP4 – teplota vrat kotle 1	Pt1000
AiR-12	IW4	TMP5 – teplota vrat kotle 2	Pt1000
AiR-12	IW5	TMP6 – teplota akumulární nádrže 1	Pt1000
AiR-12	IW6	TMP7 – teplota akumulární nádrže 2	Pt1000
AiR-12	IW7	TMP8 – teplota TUV	Pt1000
AoV-12	QW0	M4 – okruh tepelných zářičů 1	ARA 639 24VDC
AoV-12	QW1	M5 – okruh tepelných zářičů 2	ARA 639 24VDC

Tabulka 3.2 Popis vstupů a výstupů pro halu SO-03

Kde:

- „PW“ jsou měřiče tepla
- „OČ“ jsou oběhová čerpadla
- „M“ jsou dvou nebo třícestné ventily
- „TMP“ jsou čidla teploty

3.3 Elektrické schéma

Aby elektrická schémata byla přehledná a nezabírala moc stran v bakalářské práci, byla přidána jako přílohy č. 5 a 6.

3.4 Použité součástky

3.4.1 Teplotní čidla Pt1000

Pro měření teploty byla použita teplotní čidla Pt1000. Jsou to čidla, ve kterých je platinový vodič, který při teplotě 0°C má odpor 1000Ω. Když se teplota změní, tak se změní odpor drátu a tím pak můžeme určit aktuální teplotu. Mají lineární charakteristiku.

3.4.2 Měřiče tepla Sharky 775

Použili jsme ultrazvukové měřiče tepla Sharky 775. Tyto měřiče obsahují ultrazvukový průtokoměr, kalorimetrické počítadlo a teploměry Pt100. Všechny přístroje pro výpočet průtoku, teploty, archivaci a zobrazení jsou integrované v měřiči. S rozdílem teplot vody a průtoku vody kalorimetrické počítadlo vypočítá spotřebu tepla. Data pak pošle do PLC CyBro-2. [6]

3.4.3 Měřiče tepla Sontex 539

Druhý měřič teploty pracuje na fyzickém principu. Průtok vody pohání kolečko. Rychlost otáčení kolečka je snímán magnetem. Rozdíly teploty vody jsou měřené pomocí teplotního čidla Pt10000. Obdobně jako u předchozího měřiče, spotřeba energie je vypočtena v měřidle a data odeslána do PLC CyBro-2. [7]

3.4.4 Oběhová čerpadla

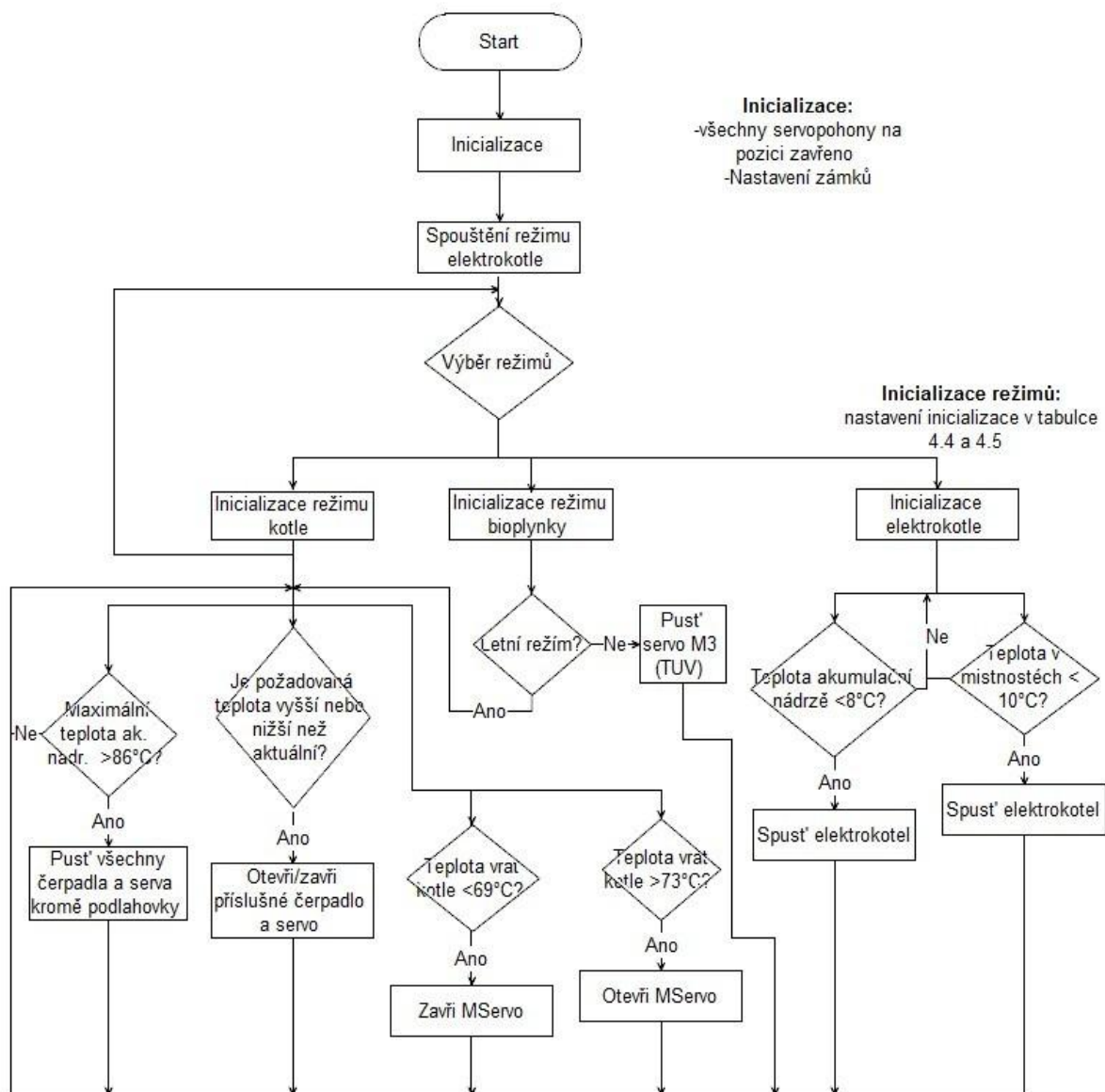
Byly použity dva typy oběhových čerpadel. Čerpadla značky WILO pro okruhy s užitkovou vodou a čerpadla značky Grundfos pro zbylé okruhy. Všechna čerpadla se dále liší pouze ve velikosti a síle podle toho, jak velký je okruh a kolik vody mají čerpat. Čerpadla jsou spínána pomocí kontaktu z PLC na 230V AC.

3.4.5 Servopohony

Ventily jsou u všech servopohonů stejné, značky ESBE model VRG131. Je to třicestný směšovací ventil. Pro okruh tepelných zářičů jsme použili servopohony typu ARA 639 24VDC. Tato serva jsou napojená na 24V DC a řídí se pomocí jednoho výstupu z PLC CyBro-2, ze kterého posíláme signál 0-10V DC podle toho jak moc chceme mít otevřený ventil. Pro zbytek okruhů jsme použili servopohony typu ARA 663 230VAC,

120s. Tato serva řídíme pomocí dvou výstupů ze CyBro-2. Jedním výstupem otevíráme servo, druhým ho zavíráme.

3.5 Ideální vývojový diagram



Obrázek 3.3 Ideální Vývojový diagram

3.6 Inicializace servopohonů a čerpadel

Režim			ATMOS	Biopl	Biopl-TUV	Nouzový
Cybro2	QX00	OČ.2 – tepelné zářiče	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX01	OČ.3 – tepelný výměník	OFF	ON	ON	ON
Cybro2	QX02	OČ.4 – oběh TUV – teplá voda do kohoutků	ON	ON	ON	ON
Cybro2	QX03	OČ.5 – podlahové vytápění	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX04	OČ.6 – topení – sklad	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX05	OČ.7 – dobíjení TUV	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX06	OČ.8 – podlaha – cirkulace	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QW0	M4 – okruh tepelných zářičů	ON-T	ON-T	OFF	ON
Bio24-R	QX00	M1 – okruh do skladu	ON-T	ON-T	OFF	ON
Bio24-R	QX01					
Bio24-R	QX02	M2 – okruh podlahového vytápění	ON	ON	OFF	ON
Bio24-R	QX03					
Bio24-R	QX04	M3 – okruh z výměníku do akumulární nádrže	ON-T	ON	OFF	ON
Bio24-R	QX05					
Bio24-R	QX06	M5 – podlaha – cirkulace	ON-T	ON-T	OFF	ON
Bio24-R	QX07					
Bio24-R	QX08	Mx – výměník – nádrž – TUV	OFF	ON	OFF	ON
Bio24-R	QX09					
Bio24-R	QX10	Mservo – kotel – nádrž	ON-alg.	ON-alg.	ON-alg.	ON
Bio24-R	QX11					

Tabulka 3.4 Inicializace servopohonů a čerpadel pro halu SO-02

Režim			ATMOS	Biopl	Letní	Nouzový
Cybro2	QX00	OČ.3 – tepelné zářiče 1	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX01	OČ.4 – tepelné zářiče 2	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX02	OČ.5 – tepelný výměník – bioplynová stanice	OFF	ON	OFF	ON
Cybro2	QX03	OČ.6 – oběh TUV – teplá voda do kohoutků	ON	ON	ON	ON
Cybro2	QX04	OČ.7.1 – podlahové vytápění 1	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX05	OČ.7.2 – podlahové vytápění 2	ON-T	ON-T	OFF	ON
Cybro2	QX06	OČ.9 – dobíjení TUV	ON-T	ON-T	OFF	ON
Bio24-R	QX00	M1 – okruh z výměníku do akumulární nádrže	ON	ON	OFF	ON
Bio24-R	QX01					
Bio24-R	QX02	M2 – ATMOS1	ON-alg.	ON- alg.	ON- alg.	ON- alg.
Bio24-R	QX03					
Bio24-R	QX04	M3 – ATMOS2	ON-alg.	ON- alg.	ON- alg.	ON- alg.
Bio24-R	QX05					
Bio24-R	QX06	M6 – letní provoz – TUV	ON	ON	OFF	OFF
Bio24-R	QX07					
Bio24-R	QX08	Stykač 1 – aku 1	ON-alg.	ON- alg.	ON- alg.	ON- alg.
Bio24-R	QX09	Stykač 2 – aku 2	ON-alg.	ON- alg.	ON- alg.	ON- alg.
AoV-12	QW0	M4 – okruh tepelných zářičů 1	ON-T	ON-T	OFF	ON
AoV-12	QW1	M5 – okruh tepelných zářičů 2	ON-T	ON-T	OFF	ON

Tabulka 3.5 Inicializace servopohonů a čerpadel pro halu SO-03

Kde:

- „ON“ je trvalé zapnutý
- „ON-T“ je zapnutý při inicializaci a dále se řídí nastavenou teplotou v R4
- „ON-alg.“ Je řízen podle nastavené hodnoty v R4
- „OFF“ je vypnutý

V předchozích tabulkách jsou znázorněny stavy čerpadel a servopohonů při inicializaci.

4 MODULÁRNÍ ŘÍDICÍ SYSTÉM CYBRO

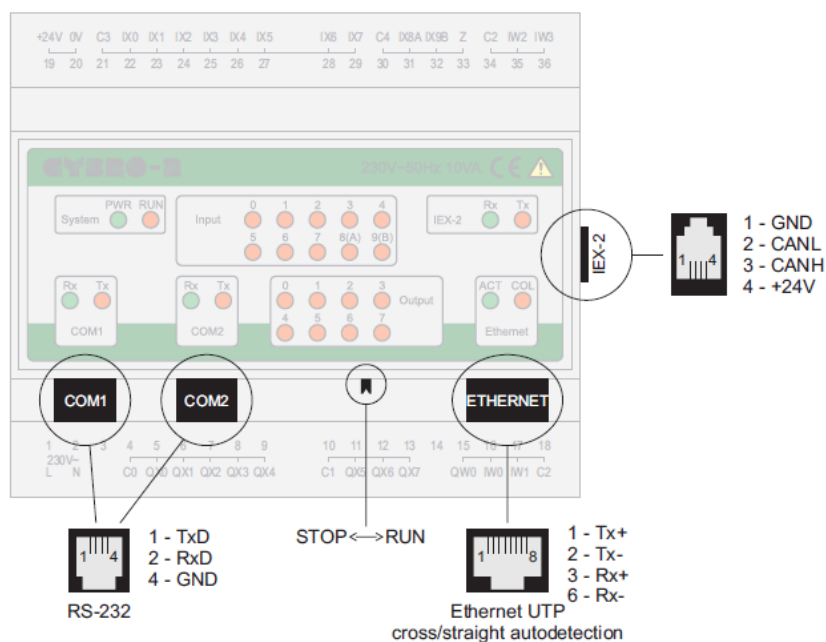
4.1 PLC CyBro-2

Cybro-2 je vysoko výkonový programovatelný automat. Existují dvě varianty CyBro-2. Jeden napájený na 230V AC a druhý napájený na 24V DC. My použijeme Cybro-2 s napájením na 230V AC (jeden v každém rozvaděči). Na CyBro-2 máme k dispozici 10 digitálních vstupů (DI), 8 digitálních výstupů (DO), 4 analogové vstupy (AI) a 1 analogový výstup (AO). Pro tuto aplikaci je potřeba víc vstupů/výstupů, budeme tedy používat rozšiřovací moduly (viz v kapitole 4.2.3). Pro komunikaci se CyBro-2 můžeme použít buď ethernet, nebo jeden ze dvou RS-232C sériových portů. V PLC jsou mimo jiné zabudované vysoko rychlostní čítače, nebo „real time“ hodiny. [1]

4.1.1 Hlavní technické vlastnosti CyBro-2

- Rychlost systémových hodin CPU: 24MHz
- Paměť pro data a program: 64Kb flash a 64Kb RAM
- IX (10 digitálních vstupů): 24V DC. 7mA, optický izolované
- QX (8 digitálních výstupů): otevřený relé kontakt, max. 5A/230V AC nebo 5A/24V DC
- IW (4 analogové vstupy): 0-10V DC nebo 0(4)-20mA, volitelný pomocí DIP spínače
- Přesnost: 2% z celého rozsahu při teplotě 25°C
- QW (analogové výstupy): 0-10V DC
- Přesnost: 2% z celého rozsahu při teplotě 25°C
- Vstupní frekvence: max. 10KHz (50% duty cycle)
- Provozní režim: jedno nebo dvoufázový
- Napájecí napětí: 85-260V AC, /50/60Hz
- Přesnost RTC: Typ. +-2 sek/den, max +-5sek/den, při 25°C
- Spotřeba energie: 2VA jenom CPU, max. 20VA
- Celková výstupní spotřeba: 24V DC max. 320mA (pro Uin 85-260V AC, max. 50°C)
- 24V DC max. 500mA (pro Uin 230-240V AC, max. 40°C)
- Pracovní teplota: 0-50°C
- Velikost: 106x108x58mm [2]

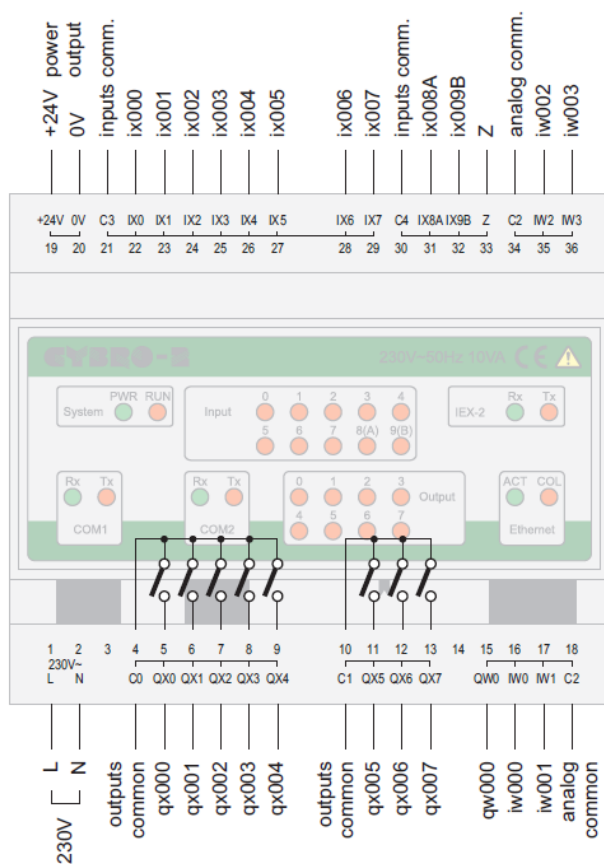
4.1.2 Hardwarové připojení



Obrázek 4.1 Schéma zapojení komunikačních portů [1]

IEX-2 bus je I/O port který používáme pro komunikaci s dalšími moduly, jako může být například Bio nebo Air (viz kapitola 4.1.3). Přepínačem STOP/RUN můžeme rozhodnout, jestli program v PLC bude automaticky uveden do provozu (RUN) nebo jestli ho chceme zastavit (STOP). Pokud je CyBro-2 připojen k počítači, tak je možné poslat program a změnit stav STOP/RUN PLC, bez ohledu na pozici přepínače.

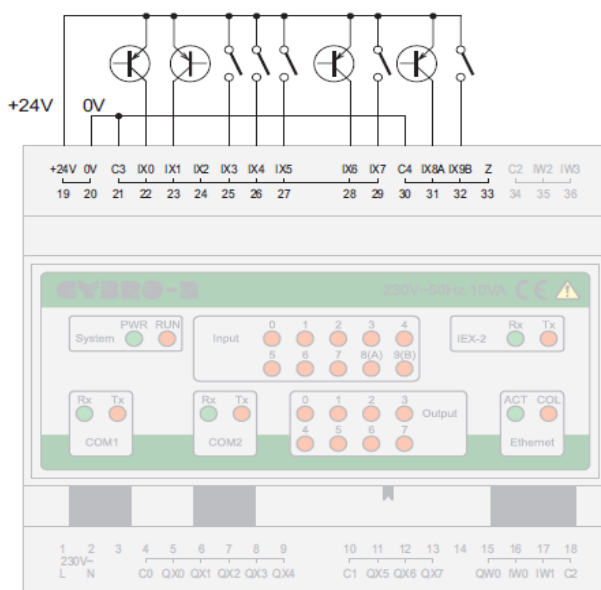
Pro komunikaci mezi CyBro-2 a CyPro (programovací software) máme k dispozici dva RS232 sériové porty na kterých se můžeme připojit pouze fyzicky nebo přes ethernetový port, na který se můžeme připojit dálkově přes server nebo přímo pomocí UTP kabelu (viz kapitola 5.2).



Obrázek 4.2 Schéma zapojení vstupů, výstupů a napájení [1]

No	Name	Description	No	Name	Description
1	230V~ (+24V=)	power supply 230V~ (power supply 24V= version)	19	+24V	power output
2	230V~ (0V=)	power supply 230V~ (power supply 24V= version)	20	0V	power output
3	-	not connected	21	C3	common for ix000-ix007
4	C0	common for qx000-qx004	22	IX0	ix000
5	QX0	qx000	23	IX1	ix001
6	QX1	qx001	24	IX2	ix002
7	QX2	qx002	25	IX3	ix003
8	QX3	qx003	26	IX4	ix004
9	QX4	qx004	27	IX5	ix005
10	C1	common for qx005-qx007	28	IX6	ix006
11	QX5	qx005	29	IX7	ix007
12	QX6	qx006	30	C4	common for ix008A-ix010Z
13	QX7	qx007	31	IX8A	ix008A
14	-	not connected	32	IX9B	ix009B
15	QW0	qw000	33	Z	Z
16	IW0	iw000	34	C2	analog common
17	IW1	iw001	35	IW2	iw002
18	C2	analog common	36	IW3	iw003

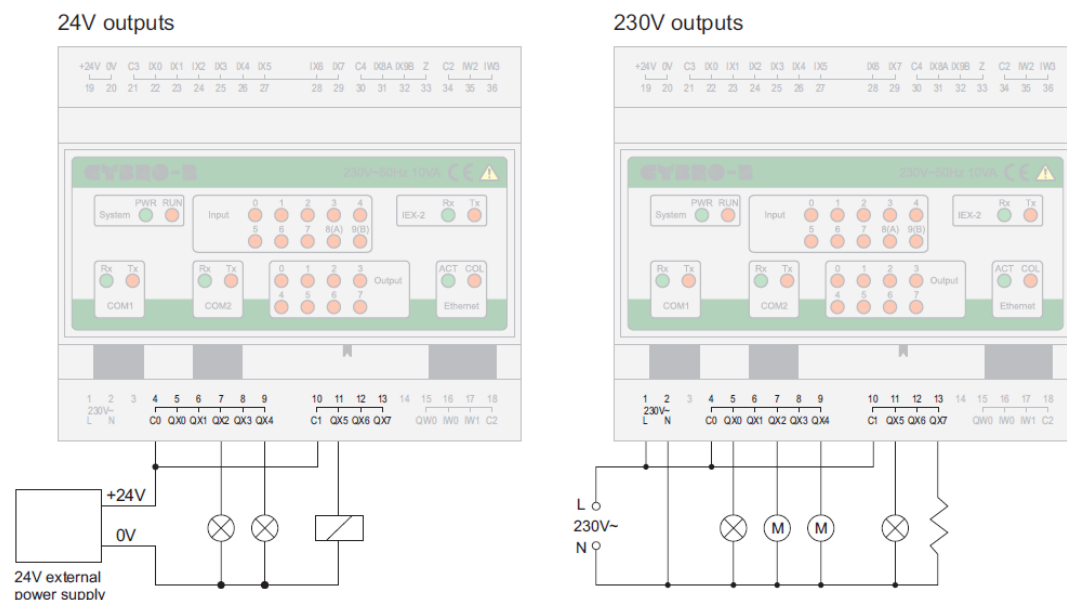
Obrázek 4.3 Popis vstupů, výstupů a napájení [1]



Obrázek 4.4 Příklad připojení vstupů se společnou zemí [1]

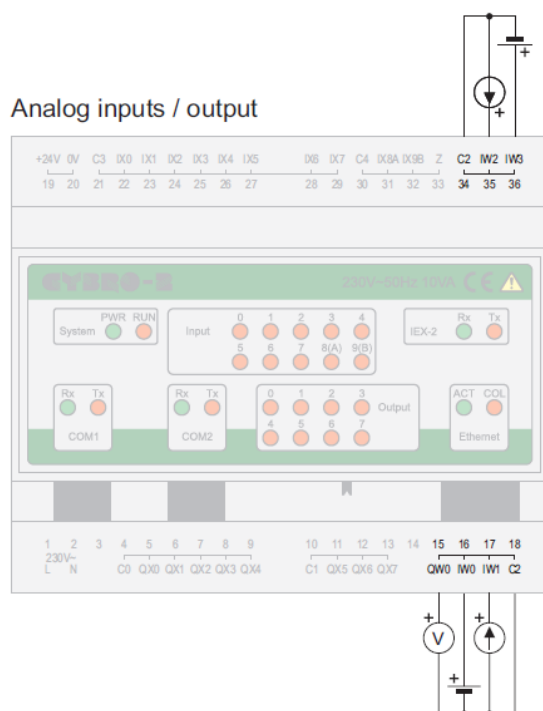
IX0-IX7 jsou dvousměrné 24V DC vstupy. Možné použít se společnou zemí nebo se společným potenciálem 24V DC.

IX8A a IX8B jsou jednosměrné 24V DC vstupy. Tyto vstupy je možno použít pouze v provedení se společnou zemí. [1]



Obrázek 4.5 Příklad připojení výstupů v provedení 24V DC (vlevo) nebo 230V AC (vpravo) [1]

QX0-QX4 jsou galvanický odděleny od QX5-QX7 tzn., že je možné mít jak 24V DC výstupy tak 230V AC výstupy najednou. [1]

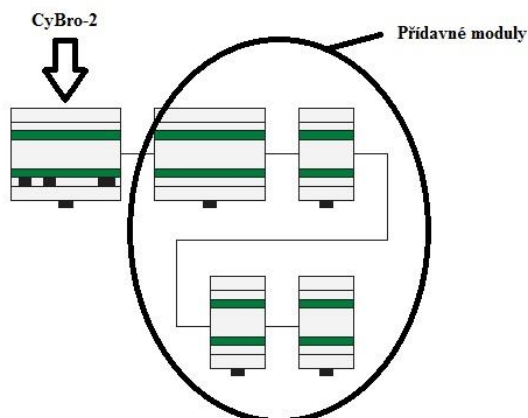


Obrázek 4.6 Příklad připojení analogových vstupů a výstupů [1]

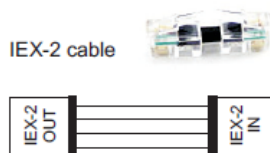
Každý analogový vstup lze nastavit na napětový či proudový pomocí DIP přepínače (viz kapitola 4.2.1)

4.1.3 Přídavné moduly

V řídicím systému je potřeba přidat rozšiřovací moduly abychom měli k dispozici dostatečný počet vstupů a výstupů. Jak můžeme vidět z obrázku 4.7, přídavné moduly budou umístěné na pravé straně hlavního řídicího systému CyBro-2. Vnitřní zdroj napětí řídicího systému CyBro-2 má dostatečnou energii, aby zvládl 3-4 moduly. Kdybychom potřebovali více modulů, tak bude potřeba připojit externí napájení [1].



Obrázek 4.7 Příklad připojení přídavných modulů [1]

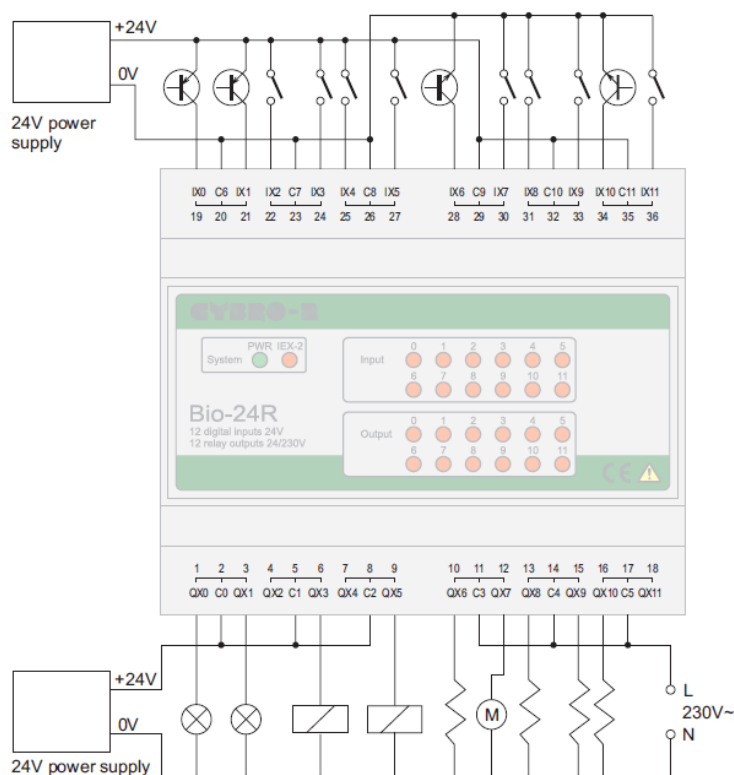


Obrázek 4.8 Typ kabelu používaný pro komunikaci mezi CyBrem-2 a moduly [1]

Kabel, který používáme pro komunikaci mezi CyBrem a přídatnými moduly je typu RJ14. Je to čtyř vodičový kabel pro přenos dat, na jeho konci je konektor RJ (Registered Jack) 4/4 pinů pro kabel RJ14.

4.1.3.1 Modul Bio-24R

Bio-24R je přídatný modul pro řídicí systém CyBro-2. Rozšiřuje kapacitu o 12 digitálních vstupů (DI) a 12 digitálních výstupů (DO). V každém rozvaděči je použit jeden přídatný modul Bio. Hardwarová konfigurace vstupů a výstupů je trochu odlišná než u řídicího systému CyBro-2. Společný kontakt jak u vstupů, tak u výstupů je jenom pro dva kontakty (viz obrázek 4.9 a 4.10). [1]



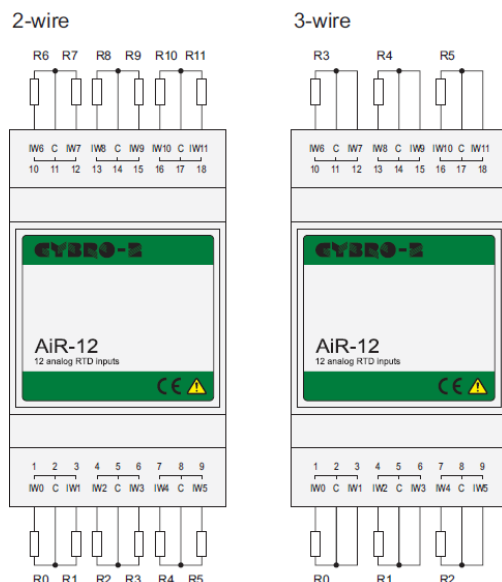
Obrázek 4.9 Příklad připojení vstupů a výstupů modulu Bio-24R [1]

No	Name	Description	No	Name	Description
1	QX0	qx000	19	IX0	ix000
2	C0	common for qx000 & qx001	20	C6	common for ix000 & ix001
3	QX1	qx001	21	IX1	ix001
4	QX2	qx002	22	IX2	ix002
5	C1	common for qx002 & qx003	23	C7	common for ix002 & ix003
6	QX3	qx003	24	IX3	ix003
7	QX4	qx004	25	IX4	ix004
8	C2	common for qx004 & qx005	26	C8	common for ix004 & ix005
9	QX5	qx005	27	IX5	ix005
10	QX6	qx006	28	IX6	ix006
11	C3	common for qx006 & qx007	29	C9	common for ix006 & ix007
12	QX7	qx007	30	IX7	ix007
13	QX8	qx008	31	IX8	ix008
14	C4	common for qx008 & qx009	32	C10	common for ix008 & ix009
15	QX9	qx009	33	IX9	ix009
16	QX10	qx010	34	IX10	ix010
17	C5	common for qx010 & qx011	35	C11	common for ix010 & ix011
18	QX11	qx011	36	IX11	ix011

Obrázek 4.10 Popis vstupů a výstupů modulu Bio-24R [1]

4.1.3.2 Modul Air-12

Air-12 je další z přídatných modulů pro řídicí systém CyBro-2. Jedná se o modul, který funguje jako převodníková karta. Umožňuje až 12 analogových RTD (Resistance Temperatur Detector) vstupů, které pak zpracovává a posílá řídicímu systému CyBro-2. Pro naši aplikaci je používán jeden přídatný modul Air-12 v každém rozvaděči. V našem případě použijeme čidla teploty Pt1000 (rozsah měření od -100 do 300 °C). Modul Air-12 dokáže pracovat i s jinými čidly teploty, jako jsou například Pt100, Ni100/1000 nebo potenciometrem v rozsahu 0 až 2000Ω. [1]



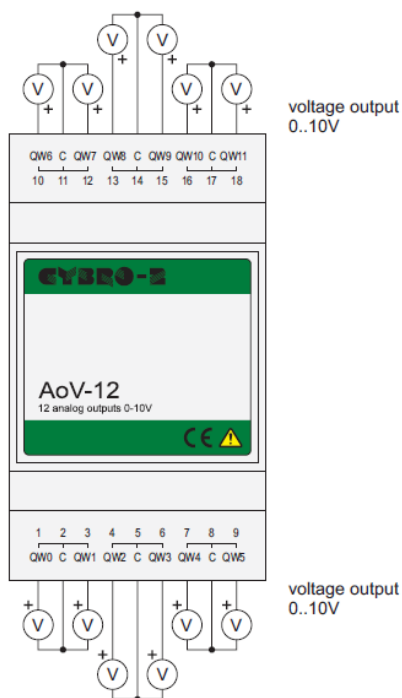
Obrázek 4.11 Příklad připojení vstupů modulu Air-12 (vlevo pro dvou vodičové zapojení a vpravo pro tři vodičové zapojení) [1]

No	Name	Description
1	IW0	iw000
2	C	common for iw000 & iw001
3	IW1	iw001
4	IW2	iw002
5	C	common for iw002 & iw003
6	IW3	iw003
7	IW4	iw004
8	C	common for iw004 & iw005
9	IW5	iw005
10	IW6	iw006
11	C	common for iw006 & iw007
12	IW7	iw007
13	IW8	iw008
14	C	common for iw008 & iw009
15	IW9	iw009
16	IW10	iw010
17	C	common for iw010 & iw011
18	IW11	iw011

Obrázek 4.12 Popis vstupů modulu Air-12 [1]

4.1.3.3 Modul AoV-12

Přídavný modul AoV-12 nám rozšiřuje kapacitu o 12 analogových výstupů (AO). Tento modul použijeme jen v hale SO-03 (viz v tabulce 3.1 a 3.2). Na výstupu budeme mít signály typu 0-10V. Maximální výstupní proud pro každý výstup je 10mA. 70mA je maximální výstupní proud pro celý modul. [1]



Obrázek 4.13 Příklad připojení výstupů modulu AoV-12 [1]

No	Name	Description
1	QW0	qw000
2	C	common for qw000 & qw001
3	QW1	qw001
4	IW2	qw002
5	C	common for qw002 & qw003
6	QW3	qw003
7	QW4	qw004
8	C	common for qw004 & qw005
9	QW5	qw005
10	QW6	qw006
11	C	common for qw006 & qw007
12	QW7	qw007
13	QW8	qw008
14	C	common for qw008 & qw009
15	QW9	qw009
16	QW10	qw010
17	C	common for qw010 & qw011
18	QW11	qw011

Obrázek 4.14 Popis výstupů modulu AoV-12 [1]

5 SOFTWARE CYPRO

5.1 Krátce o CyPro

CyPro je software vyvinut společností Cybrotech Ltd a slouží k programování řídicích systému CyBro-2. CyPro je plně funkční IDE (Integrované vývojové prostředí) obsahující editor, kompilátor a on-line monitor. Každé CyBro-2 má vlastní šestimístné sériové číslo, které také odpovídá vlastní síťové komunikační adrese. CyPro je založen na IEC 1131-3. Programovat dokážeme buď v IL (Instruction List) nebo v ST (Structured text). [3]

5.2 Připojení

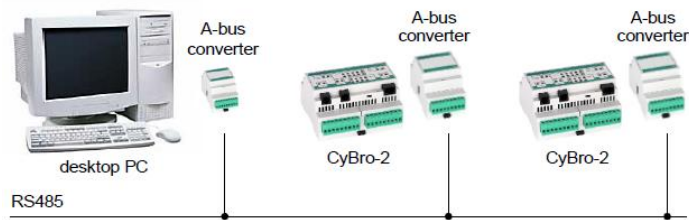
Jak už zmíněno v kapitole 4.1.2 jsou tři porty pro komunikaci mezi HW a SW. Dále jsou znázorněné různé způsoby zapojení.

5.2.1 Sériové zapojení



Obrázek 5.1 Příklad zapojení [3]

Přímé zapojení počítače a CyBra-2 pomocí převodového kabelu USB na RS232 (obrázek 5.1).



Obrázek 5.2 Příklad zapojení [3]

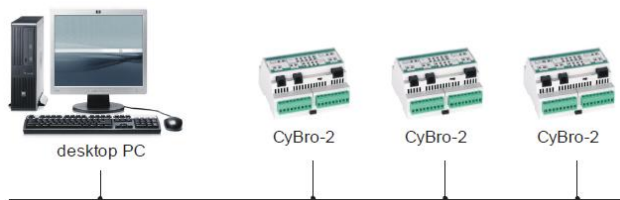
Sériové RS485 zapojení pomocí CAD-232-A2 převodníky (obrázek 5.2).

5.2.2 TCP/IP zapojení



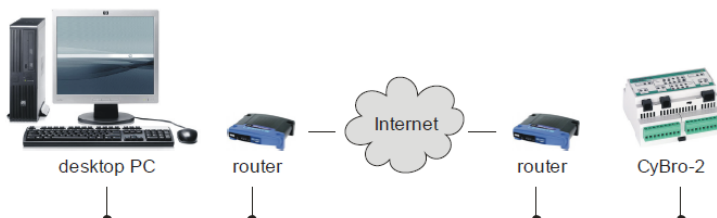
Obrázek 5.3 Příklad zapojení [3]

Ethernetové přímé zapojení pomocí UTP kabelu (obrázek 5.3).



Obrázek 5.4 Příklad zapojení [3]

Ethernetové zapojení přes lokální síť (obrázek 5.4).

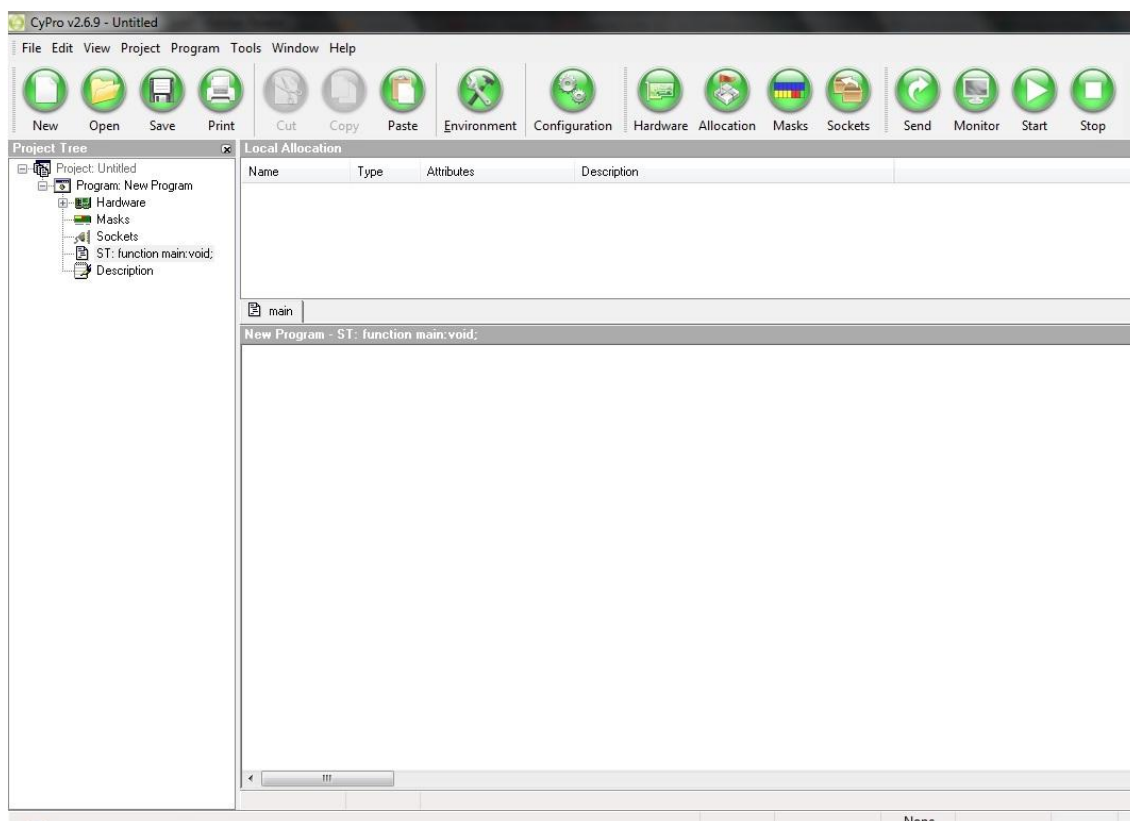


Obrázek 5.5 Příklad zapojení [3]

Ethernetové zapojení přes internet (obrázek 5.5).

5.3 První kroky v programu CyPro

Pro programování řídicího systému jsme zvolili programovací jazyk „structured text“. Tento programovací jazyk je podobný jazyku Pascal, ale speciálně vyvinut pro průmyslové řídicí aplikace [5]. Jakmile otevřeme nový projekt v softwaru CyPro se nám zobrazí okno, které můžeme vidět v obrázku 5.6.



Obrázek 5.6 Startovací okno na nový projekt CyPro

Na levé straně máme okno s rozvětvením programu (Project Tree). V tomto okně se nachází všechny součásti programu, jako jsou například subrutiny, proměnné nebo připojené moduly.

V pravém horním okně budou zobrazené lokální proměnné. Zde můžeme libovolně přidávat nebo odebírat proměnné podle požadavku.

V pravém dolním okně máme místo, do kterého se píše a upravuje zdrojový kód.

Přepnutí jazyku (IL nebo ST) je možné přes edit->properties. Psaní jednoho programu ve dvou jazycích není možné.

5.4 Zdrojový kód

Zdrojový kód se nachází v příloze č. 7.

5.5 Nejdůležitější části programu

5.5.1 Funkce pro otáčení třibodovým servopohonem

```
if smer = 1 then
    if M1_servo_sklad_pos != 2 then
        M1_servo_on_timer.pt := cas;
        M1_servo_on_timer.in := 1;
        M1_servo_sklad_pos := 5;
        if M1_servo_on_timer.et >= 1 then
            M1_servo_on_timer.in := 0;
        end if;
    else
        M1_servo_on_timer.in := 0;
    end if;
    if (M1_servo_on_timer.et = cas - 5) then
        M1_servo_sklad_pos := 2;
    end if;
    M1_servo_sklad_on := M1_servo_on_timer.q and (M1_servo_sklad_pos != 2);
    M1_servo_sklad_off := 0;

elseif smer = 0 then
    if M1_servo_sklad_pos != 0 then
        M1_servo_off_timer.pt := cas;
        M1_servo_off_timer.in := 1;
        M1_servo_sklad_pos := 6;
        if M1_servo_off_timer.et >= 1 then
            M1_servo_off_timer.in := 0;
        end if;
    else
        M1_servo_off_timer.in := 0;
    end if;
    if M1_servo_off_timer.et = cas - 5 then
        M1_servo_sklad_pos := 0;
    end if;
    M1_servo_sklad_off := M1_servo_off_timer.q and (M1_servo_sklad_pos != 0);
    M1_servo_sklad_on := 0;

end if;
```

//jestli je potreba servo otevrit
//jestli servo neni uz uplne otevreny
//nastav casovac na hodnotu "cas"
//spust casovac
//posli systemu reliance informaci, ze servo je v pohybu
//jestli casovac uz by spustený
//vypni spoust

//vypni spoust

//jestli je 5 sekund pred koncem odecitavani casu
//posli systemu reliance informaci, ze servo je otevrene

//Nastav hodnotu pro otevirani serva
//Nevypinej otevirani serva

// stejny cyklus pro zavirani

Obrázek 5.7 Funkce pro otáčení třibodovým servopohonem

Tuto funkci voláme, když chceme, otevřít či zavřít servopohon. Aby bylo možno předpokládat, že servopohon se dostane do polohy otevřeno nebo zavřeno, bylo zvoleno zpoždění 140 sekund. Čas pro změnu polohy serva je 120 sekund. Pro jistotu necháváme rezervu 20 sekund, jelikož servo není vybaveno koncovými snímači.

5.5.2 Funkce pro měření spotřeby tepla

```
if fn(PW1) then                                //jestli detekuju vzestupnou hranu merice tepla 1
    PW1_temp := PW1_temp + tepelna_konstanta; //shromazduj data z meraku tepla do docasne promenne
end_if;
if fn(PW2) then
    PW2_temp := PW2_temp + tepelna_konstanta;
end_if;
if fn(PW3) then
    PW3_temp := PW3_temp + tepelna_konstanta;
end_if;
if fn(PW4) then
    PW4_temp := PW4_temp + tepelna_konstanta;
end_if;

if fp(rtc_hour = 0) then                       //kazdou pulnoc
    PW1_val := PW1_val + PW1_temp;             //uloz celkovou spotrebu tepla za den dokud Reliance ji neulozi do databaze
    PW1_temp := 0;                             //vymaz docasnou promennou

    PW2_val := PW2_val + PW2_temp;
    PW2_temp := 0;

    PW3_val := PW3_val + PW3_temp;
    PW3_temp := 0;

    PW4_val := PW4_val + PW4_temp;
    PW4_temp := 0;

    zapsat := 1;                               //nastaveni hodnoty pro reliance ze je to pripraveno
end_if;

if zapsat = 0 then                             //Jakmile jsou ulozene data do databaze
    PW1_val := 0;                             //smaz promenne
    PW2_val := 0;
    PW3_val := 0;
    PW4_val := 0;
end_if;
```

Obrázek 5.8 Funkce pro měření spotřeby tepla

Tuto funkci používáme pro shromažďování hodnot z měřičů spotřeby tepla. Pro každý impuls z měřiče sečteme hodnotu tepelné konstanty. Tepelná konstanta je nastavená na hodnotu „1“ a to proto, aby bylo možno v případě potřeby hodnotu signálu upravovat. Tyto hodnoty ukládáme do proměnné PWx_temp. V této proměnné se to ukládá do půlnoci každého dne, uloží se do proměnné PWx_val a pak se smaže. Hodnoty měřené spotřeby tepla zůstávají v proměnné PWx_val dokud je systém Reliance neuloží do databáze.

5.5.3 Funkce topení

```
t_odchylka := 1;                             //nastaveni hodnoty odchylky teploty

t := zapnuto;                                 //ukladani zadane hodnoty "zapnuto" do promenne "t"
if zapnuto and (t_aktualni >= (t_pozadovana + t_odchylka)) then //pokud je pustene topeni a aktualni teplota je vetsi nez
    t := False;                               //nastavena teplota +1 stupen tak vypni topeni
end_if;

if (not zapnuto) and (t_aktualni <= (t_pozadovana - t_odchylka)) then //pokud je vypnuto topeni a aktualni teplota je mensi nez
    t := True;                                //nastavena teplota -1 stupen tak zapni topeni
end_if;

result := t;                                 //nastav vystupni promennou
```

Obrázek 5.9 Funkce pro topení

Tuto funkci pro řízení teploty v místnostech podle zadané teploty s odchylkou $\pm 1^{\circ}\text{C}$, nebo při režimu elektrického kotle (pro ohřátí nádrže nebo místnosti).

6 GRAFICKÉ PROSTŘEDÍ RELIANCE 4

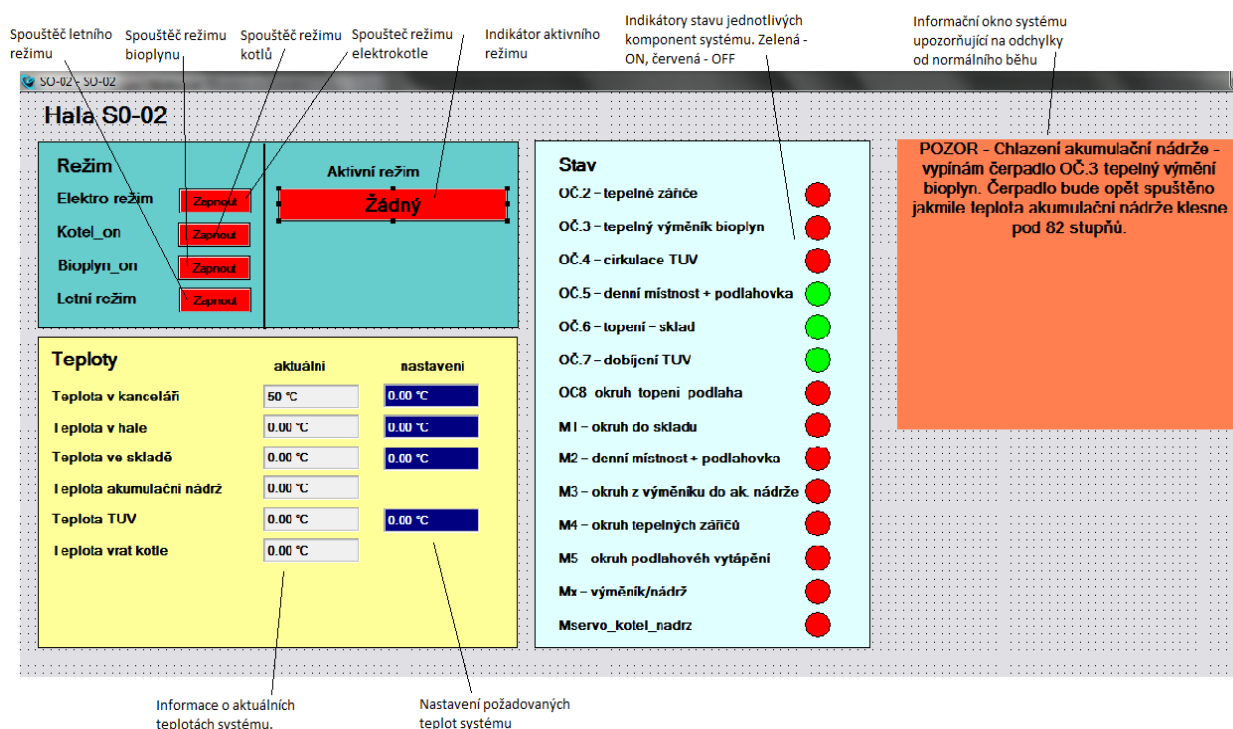
Aby bylo pro zákazníka jednoduché pracovat s celým řídicím systémem pomocí programu Reliance, bylo navrženo grafické prostředí, ve kterém můžeme jednoduše nastavit různé hodnoty.

Reliance 4 je software kategorie SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) a HMI (Human-Machine Interface) určený pro vizualizaci a ovládání průmyslových technologií a automatizaci budov [4]. Systém Reliance 4 umožňuje graficky zobrazovat jakoukoliv technologii nebo probíhající proces a dále jej sledovat a ovládat na řídicím pracovišti. Řídicí pracoviště se může nacházet kdekoli a může jich být více podle potřeb zákazníka.

6.1 Způsob komunikace

Pro komunikaci mezi PLC a grafickým prostředím Reliance 4 používáme protokol ModBus přes komunikační medium Ethernet a protokol TCP/IP. Počítač je Master a PLC je Slave. Každá proměnná v PLC má svou vlastní adresu přes kterou ji hlídáme systémem Reliance 4. Počítač (Master) posílá „dotazy“ na PLC (Slave). PLC pak odpovídá na „dotazy“ němu adresované.

6.2 Grafické okno pro halu SO-02



Obrázek 6.1 Ovládací panel pro halu SO-02

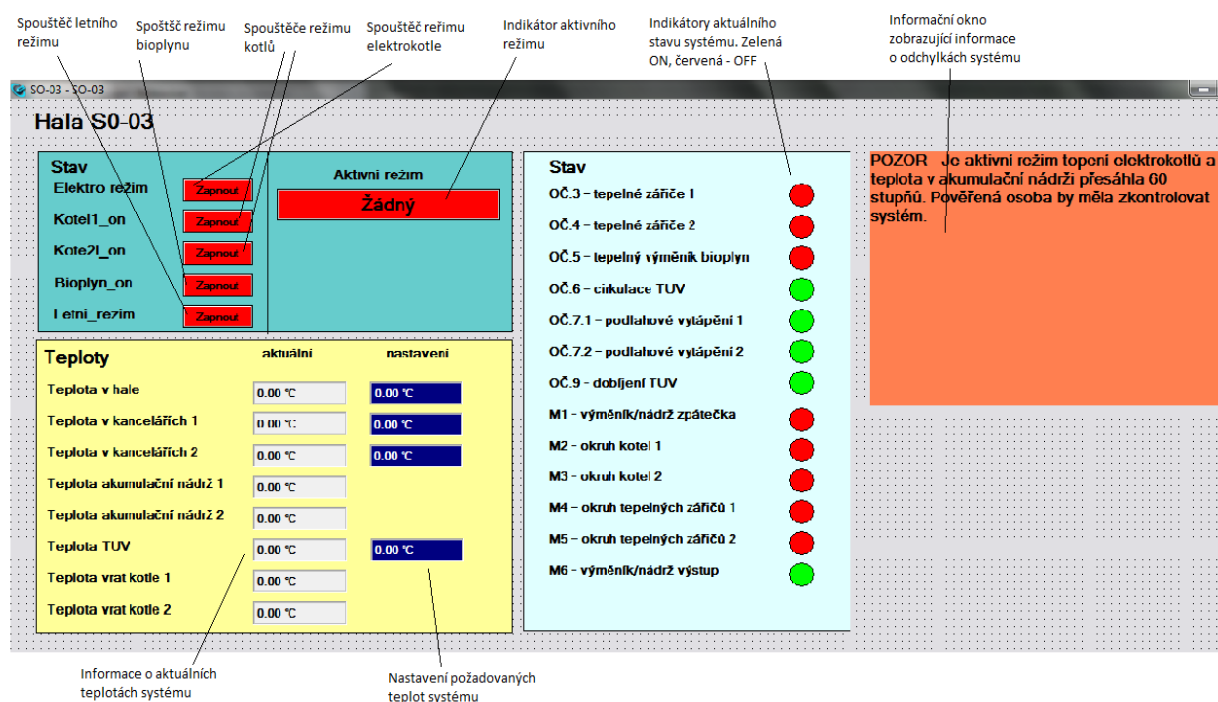
V obrázku 6.1 je vidět jak vypadá grafické okno pro obsluhu topení pro halu SO-02. V levém horním okně (modré) si zákazník může vybrat režim, se kterým bude chtít ohřívat vodu. Pod nápisem „Aktivní režim“ je indikátor, ve kterém se objeví, v jakém režimu zrovna řídící systém jede.

V levém dolním okně (žluté) jsou vypsány všechny aktuální měřené teploty. Napravo od nich jsou okna, ve kterých se nastavuje požadovaná teplota.

V prostředním okně (zelené) se zobrazuje, v jakém stavu jsou aktuálně oběhová čerpadla a servopohony.

Pravé informační okno (červené), vypisuje informace ohledně odchylek systému.

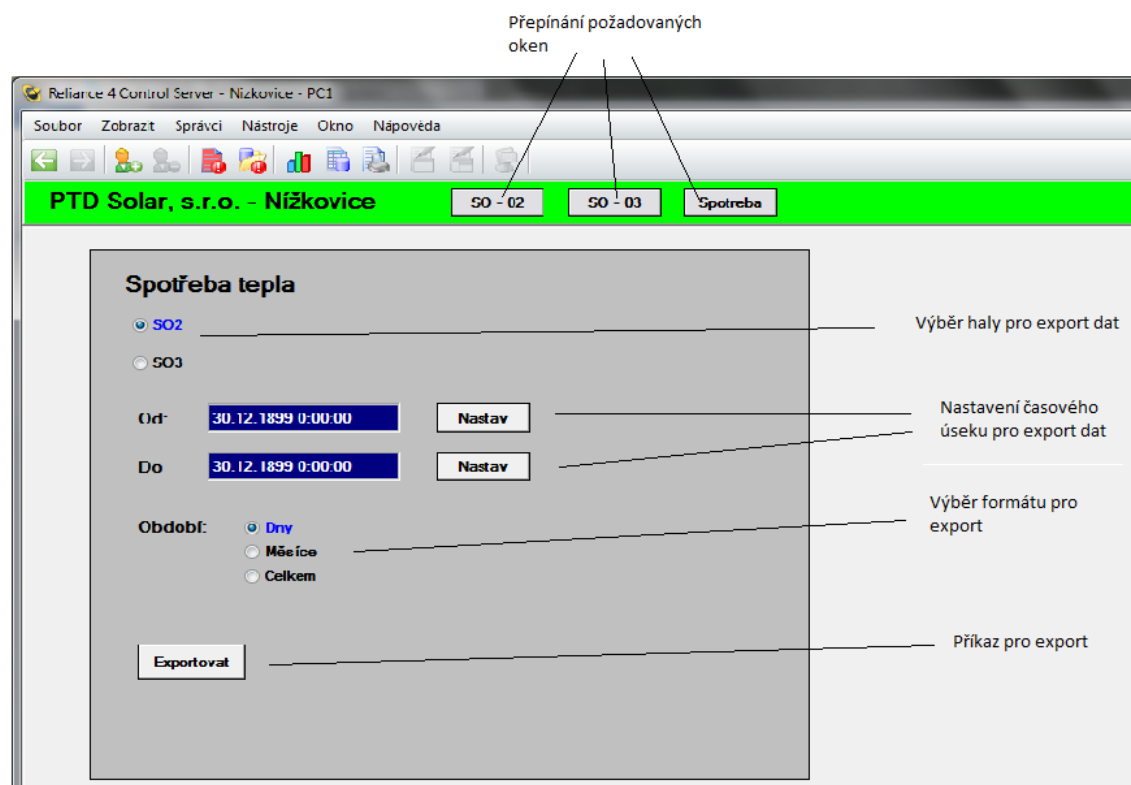
6.3 Grafické okno pro halu SO-03



Obrázek 6.2 Ovládací panel pro halu SO-03

Grafické okno pro obsluhu haly SO-03 (viz obrázek 6.2) je obdobné jako pro halu SO-02. Liší se pouze v počtu indikátorů pro aktuální teplotu, oběhových čerpadel a servopohonů.

6.4 Grafické okno pro export dat měřené spotřeby tepla



Obrázek 6.3 Ovládací panel pro export dat měřené spotřeby tepla

V obrázku 6.3 je okno pro exportování dat z měřené spotřeby tepla. Zde si zákazník vybere, ze které haly chce exportovat data, v jakém časovém úseku měření a v jakém formátu.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a naprogramovat řídicí systém pro vytápění dvou hal včetně HMI. Prvním krokem bylo prostudovat a navrhnout jak celý systém bude vypadat. Dále byla vykreslena elektrická schémata. Elektrická schémata byla ještě během práce modifikována, jelikož požadavky na celý systém se v průběhu návrhového stádia změnily ze strany klienta.

Elektrická schémata byla vykreslená v programu ProgeCAD 2011 Professional.

Jakmile byly výkresy hotové, tak se začalo s kabelováním a montáží rozvaděčů v halách.

Když už bylo vše připraveno, tak přišlo na řadu testování zapojení. Pomocí PLC jsme spínali výstupy a zjišťovali, jestli všechno funguje. Taky jsme sledovali vstupy, jestli jsme dostávali nějaké hodnoty z čidel teploty nebo z měřičů. Dále jsme začali s programováním řídicího systému v programu CyPro v2.6.9. Programování nám zabralo nejvíce času, jelikož bylo dost požadavků od zákazníka a bylo vždy potřeba vymyslet nové kódy a ne vždy fungovaly. Dalším problémem byl vzdálený přístup k PLC přes ethernet. Testování externího přístupu a správy na místě bylo problematické z důvodu ochrany vnitřní sítě na straně zákazníka. Když byl řídicí systém dokončen, tak jsme doladovávali poslední detaily a pustili se do programování grafického prostředí v programu Reliance 4 Design 4.5.2. Připojili se k PLC, vytvořili komunikaci, databázi, a ovládací okna pro uživatele.

Jeden z problémů, které nastaly, bylo umístění teplotních čidel. V kancelářích byla nainstalována pod kazetovým stropem. Nad obložení stropu byla teplota nižší než u stolu a tím pádem kanceláře byly přetopené. Čidlo jsme tedy umístili na zdi kanceláře.

V tomto projektu jsem se naučil pracovat s komunikací více hardwarů (dva PLC a počítač), používat technickou dokumentaci a řešit problémy pomocí manuálů. Seznámil jsem se s programem Reliance 4. S PLC CyBro-2 už jsem měl zkušenosti. Taky jsem se seznámil s projektováním řídicích systémů, nároků takového projektu a možných úskalí jak technických tak na straně zákazníka.

V tomto projektu byl dobře řešen způsob vytápění s různými zdroji. Z pohledu softwarové stránky bylo řešení dost zdlouhavé. Pokud by zákazník investoval do lepších servopohonů, tak by zdrojový kód nemusel být, tak rozsáhlý. Další možností vývoje by bylo automatické řízení zdroje nebo v každé místnosti nainstalovat dotykový panel, kde by se nastavovala požadovaná teplota. V tom případě by nebylo zapotřebí grafické prostředí na jednom počítači a data spotřebovaného tepla by se zasílali automaticky do e-mailové schránky.

Literatura

- [1] Cybrotech. CYBROTECH LTD. *CyBro-2 User Manual v5* [online] poslední revize 2/2009, 29 s, [cit.06-03-2013]. Dostupné z:
<<http://www.cybrotech.co.uk/partners/Downloads/Manual/CyBro-2%20User%20Manual%20v5.pdf>>
- [2] CYBRO-2-230. CYBROTECH LTD. *CYBROTECH* [online]. Norfolk (Velká Británie) [cit. 05-03-2013]. Dostupné z:
<<http://www.cybrotech.co.uk/index.php?lang=en&module=ctlgcat&action=product&id=128>>
- [3] Cybrotech. CYBROTECH LTD. *CyPro User Manual v33* [online]. Poslední revize 4/2011, 80 s, [cit.07-03-2013]. Dostupné z:
<<http://www.cybrotech.co.uk/partners/Downloads/Manual/CyPro%20User%20Manual%20v33.pdf>>
- [4] Reliance 4. GEOVAP. Reliance [online]. 2007 [cit. 17-03-2013]. Dostupné z:<<http://www.reliance.cz/cs/products/reliance4-scada-hmi-system#page=overview>>
- [5] Actron. CYBROTECH LTD. *CyPro User Manual v211* [online]. Poslední revize 10/2005, 94s, [cit. 17-03-2013]. Dostupné z:
<http://www.actron.se/download.php?download=action&fil_download_id=99>
- [6] Kompaktní měřič tepla SHARKY 775. AVOS. *Avos Výškov* [online]. 5s, [cit. 2013-04-14]. Dostupné z:
<<http://www.avos.cz/soubory/ke-stazeni/merice-tepla-a-vodomery/Sharky%20775.pdf>>
- [7] Compact heat meter Supercal 539. SONTEx. *Sontex* [online]. 2007, 2011-02-12, 7s, [cit. 2013-04-14]. Dostupné z:
<<http://www.sontex.ch/data/Data%20Sheet%20Supercal%20539%20EN%2002-12-2011.pdf>>

Seznam příloh

Příloha 1. Plán haly SO-02

Příloha 2. Plán haly SO-03

Příloha 3. Technický výkres okruhů haly SO-02

Příloha 4. Technický výkres okruhů haly SO-03

Příloha 5. Elektrické schéma haly SO-02

Příloha 6. Elektrické schéma haly SO-03

Příloha 7. CD