

System řízení tepelné soustavy budovy

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Dr. Ing. Radovan Kukla

Bc. Lukáš Vaščák

Brno 2015

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé práce, panu Dr. Ing. Radovanu Kuklovi za cenné připomínky, odborné rady a výdrž při mém zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval svým rodičům za vynaloženou podporu během celého mého studia.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **System řízení tepelné soustavy budovy** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Brně dne 21. května 2015

Abstract

Vaščák, L. Automation control system for central heating of a building. Diploma thesis. Brno 2015.

This diploma thesis is focused on the analysis and implementation of control applications for measurement and regulation of the technology for heating system in building. The main purpose was to create the control program and launch the whole system operation with controlling and monitoring from the operator panel and the control room. The result of this thesis is software for automatic controlling of the entire technology along with visualization screens.

Keywords

Domat, heating, heating system, measurement and regulation, PLC, RcWare.

Abstrakt

Vaščák, L. Systém řízení tepelné soustavy budovy. Diplomová práce. Brno 2015.

Diplomová práce se zabývá analýzou a implementací řídicí aplikace pro měření a regulaci technologie tepelné soustavy budovy. Cílem je vytvoření řídicího programu a uvedení celého systému do provozu s ovládáním a monitoringem z operátorského panelu a dispečerského stanoviště. Výsledkem práce je software pro automatické řízení celé technologie spolu s obrazovkami vizualizace.

Klíčová slova

Domat, vytápění, tepelná soustava, měření a regulace, PLC, RcWare.

Obsah

1	Úvod a cíl práce	20
1.1	Úvod.....	20
1.2	Cíl práce.....	20
2	Technologie tepelné soustavy	21
2.1	Tepelná soustava.....	21
2.1.1	Zdroje tepla.....	21
2.2	Otopná soustava	22
2.2.1	Otopná soustava s přirozeným oběhem.....	22
2.2.2	Otopná soustava s nuceným oběhem	23
2.3	Dodávka tepelné energie.....	23
2.3.1	Centralizované zdroje tepla	23
2.3.2	Decentralizované zdroje tepla	24
2.4	Možnosti regulace otopné vody.....	24
2.5	PWM regulace.....	26
3	Technologická zařízení pro vytápění	28
3.1	Rozdělení kotlů	28
3.1.1	Technologie, rozdělení a funkce kotle na plynná paliva	29
3.2	Regulační orgány	32
3.3	Pohony.....	36
3.4	Senzory.....	37
3.5	Čerpadla.....	40
3.6	Termické ventily.....	41
3.7	Programovatelný automat – PLC	43
3.8	PLC a průmyslová komunikace.....	43
3.9	Kategorie PLC	44
3.10	Vývojový software a programování	44
3.10.1	Normy pro programování.....	45
3.10.2	Programovací jazyky.....	45
3.11	Dispečerská stanoviště a panely.....	46

3.11.1	SCADA/HMI systémy	46
3.11.2	OPC server	47
4	Metodika	49
4.1	Tvorba projektu v SoftPLC IDE	49
4.2	Tvorba vizualizace v RcVision pro dispečerské stanoviště.....	49
4.3	Tvorba vizualizace v HMI Editoru pro operátorský panel	49
5	Vlastní práce	51
5.1	Zadání projektu	51
5.1.1	Plynová kotelna.....	51
5.1.2	Systém měření a regulace	52
5.2	Analýza a výběr řídicího systému	52
5.3	Návrh řízení regulace budovy	54
5.3.1	Predikce počasí a adaptivní topná křivka	55
5.3.2	Regulace místností.....	57
5.3.3	Systém předtápění místnosti.....	57
5.4	Technologická zařízení pro regulaci	58
5.5	Vytvoření projektu a konfigurace PLC	59
5.5.1	Konfigurace PLC.....	59
5.5.2	Tvorba proměnných dle datových bodů pro PLC a I/O modul.....	61
5.5.3	Tvorba proměnných pro regulátory topení.....	62
5.5.4	Konfigurace kanálu M-BUS pro kalorimetry.....	63
5.5.5	Konfigurace komunikačního kanálu SoftPLC Native	64
5.6	Implementace řídicího programu	65
5.6.1	Kaskádní řízení kotlů	65
5.6.2	Doplňování a odpouštění vody do/ze systému	68
5.6.3	Poruchové stavy.....	69
5.6.4	Měření dodávky tepla	71
5.6.5	Regulátory topení.....	71
5.6.6	Útlumy topných okruhů.....	72
5.6.7	Dodávka otopné vody vzduchotechnickým zařízením	73
5.6.8	Dodávka otopné vody ústředního vytápění	73

5.6.9	Ohřev TUV.....	75
5.7	Operátorský panel ve strojovně	77
5.8	Dispečerské stanoviště.....	79
5.9	Uvedení systému do provozu	83
6	Diskuze a závěr	85
6.1	Shrnutí práce.....	85
6.2	Zhodnocení výsledného řešení	85
6.3	Možné další rozšíření systému.....	86
7	Literatura	87
A	Diagramy a grafy	90
B	Obrazovky operátorského panelu	92
C	Obrazovky dispečerského stanoviště	94
D	Programová schémata	97
E	Obsah CD	101

Seznam obrázků

Obr. 1 - Ekvitermní křivka	25
Obr. 2 - PWM signál, S: velikost signálu, P: výstupní napětí PWM pro 24 V st	27
Obr. 3 - Schéma stacionárního plynového kotle.....	31
Obr. 4 - kondenzační kotel	32
Obr. 5 - rosný bod spalin.....	32
Obr. 6 - Konstrukce ventilu a) těleso, b) sedlo, c) kuželka d) dřík, e)těsnění	33
Obr. 7 - Konstrukční provedení ventilů.....	34
Obr. 8 - Konstrukce škrťících ventilů	35
Obr. 9 - Zdvih ventilu vůči napájecímu napětí pohonu v čase. S: napětí pohonu, H: zdvih ventilu, 1: pohony na 230 V st., 2: pohony na 24 V st., 3, 4: začátek otevírání ventilu	41
Obr. 10 - Průřez termostatickou hlavicí	42
Obr. 11 - Modulární systém WAGO.....	44
Obr. 12 - Schéma jazyka LD.....	45
Obr. 13 - Schéma v jazyce FBD	45
Obr. 14 - Vlevo: Strukturovaný kód, Vpravo: Funkční blok vytvořený pomocí strukturovaného jazyka.....	46
Obr. 15 - Příklad OPC aplikace.....	47
Obr. 16 - Topologie systému měření a regulace	55
Obr. 17 - Blok předtápění místnosti s parametry nastavení	57
Obr. 18- Graf předtápění, časového plánu a měřených teplot	58
Obr. 19 - Nastavení platformy.....	60
Obr. 20 - Nastavení PLC	61
Obr. 21 - Datové body regulátoru	62
Obr. 22 - Datové body regulátorů topení	63
Obr. 23 - nastavení hodnot pro čtení	64
Obr. 24 - Výběr teploty topné vody	65
Obr. 25 - Schéma řízení kotlové kaskády.....	67

Obr. 26 - Schéma střídání kotlů	67
Obr. 27 - Systém dopuštění a odpouštění	69
Obr. 28 - Zpoždovací blok s nastavením	70
Obr. 29 - Systémové hodiny a paměťový blok.....	71
Obr. 30 - Schéma řízení útlumu topné větve UTAdministrativa.....	73
Obr. 31 - Vizualizace a znázornění technologie TUV	76
Obr. 32 - Objekty HMI Editoru pro tvorbu obrazovek.....	78
Obr. 33 - Import a nastavení proměnných.....	80
Obr. 34 - Nastavení a konfigurace GSM modemu	83
Obr. 35 - Diagram zjednodušeného řízení kotlů	90
Obr. 36 - Adaptivní křivky	91
Obr. 37 - Obrazovka řízení kaskády kotlů s měřenými teplotami	92
Obr. 38 - Obrazovka dopuštění a odpouštění demineralizované vody do/z systému	92
Obr. 39 - Přehled větví ústředního vytápění a dodávky otopné vody do zařízení VZT.....	93
Obr. 40 - Obrazovka dodávky teplé užitkové vody.....	93
Obr. 41 - Hlavní obrazovka dispečerského stanoviště s pohledem na technologie vytápění budovy	94
Obr. 42 - první nadzemní patro budovy s měřenými teplotami	95
Obr. 43 - páté nadzemní patro budovy s měřenými teplotami.....	95
Obr. 44 - Obrazovka regulátoru topení místnosti 515 s oknem nastavení časového plánu.....	96
Obr. 45 - Obrazovka nastavení ekvitermních teplot a měření tepla	96
Obr. 46 - Schéma řízení ohřevu TUV	97
Obr. 47 - Schéma řízení UT_administrativa.....	98
Obr. 48 - Schéma řízení UT_decathlon	99
Obr. 49 - Schéma řízení pokojového regulátoru.....	100

Seznam tabulek

Tab. 1 - Sestava Domat Control System	53
Tab. 2 - Sestava Honeywell (CentraLine)	53
Tab. 3 - Sestava Wago.....	54
Tab. 4 - Hodnocení kritérií výběru řídicího systému	54

Seznam použitých zkratk a označení

A/D	Analog/Digital – převodník analog/digitál
AI	Analog Input – analogový vstup
AO	Analog Output – analogový výstup
CZT	Centralizované zdroje tepla
D/A	Digital/Analog – převodník digitál/analog
DCS	Domat Control System
DI	Digital Input – digitální vstup
DNCH	Domat Native Channel – komunikační protokol pro regulátory Domat
DO	Digital Output – digitální výstup
DIF	Data Information Field – datové pole s informací
DZT	Decentralizované zdroje tepla
GSM	Global System for Mobile Communications – globální systém pro mobilní komunikaci
GPRS	General Packet Radio Service – služba pro připojení a přenos dat
HMI	Human Machine Interface – rozhraní člověk stroj
I/O	Input/Output – vstupně-výstupní prvek/zařízení
LAN	Local Area Network – lokální síť
LCD	Liquid Crystal Display – displej z tekutých krystalů
M2M	Machine to machine – výměna informací mezi technologickými zařízeními, nejčastěji zabezpečovací zařízení
NTC	Negative Temperature Coefficient – termistor s negativním teplotním koeficientem
OPC	Ole (Object Linking and Embedding) for Process Control – standard specifikující komunikaci v reálném čase
PI	Proporcionálně integrační regulátor
PIN	Personal Identification Number – osobní identifikační číslo
PLC	Programmable Logic Controller – programovatelný logický kontrolér
PTC	Positive Temperature Coefficient – termistor s pozitivně teplotním koeficientem
PWM	Pulse Width Modulation – pulsně šířková modulace

- SCADA** Supervisory Control and Data Acquisition – systém pro sběr dat a dohled nad řízeným objektem
- SIM** Subscriber Identity Module – účastnická identifikační karta
- SMS** Short Message Service – služba krátkých textových zpráv
- TRV** Termostatický radiátorový ventil
- TUV** Teplá užitková voda
- USB** Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice
- UT** Ústřední topení
- VIF** Value Information Field – hodnota v informačním poli
- VVK** Vytápění, Větrání a Klimatizace
- VZT** Vzduchotechnika
- WAN** Wide Area Network – síť pokrývající rozsáhlé území (v našem případě síť internet)

Orientace v textu

Příklad kódu - takto jsou v práci značeny ukázky kódu

Proměnná - takto jsou v práci značeny názvy proměnných

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

Pojem automatizační technika má dnes většina populace spojená s komplexním řešením prvků výroby, za účelem zvýšení produktivity, služeb a konkurence schopnosti podniku. Je nepochybně jasné, že prvotní impulz k rozvoji řídicí techniky pochází právě z prostředí průmyslu, ale s postupným vývojem se dnes setkáváme každým dnem více a více se zařízeními, které ke svému provozu odbourávají potřebu přítomnosti osob.

S rostoucí potřebou šetření ať už finančních prostředků, tak zdrojů, pronikly řídicí systémy do budov jako samostatné inteligentní jednotky schopné s vysokou rychlostí a přesností reagovat na sebemenší změny v systému. Stovky datových bodů z infrastrukturních systémů budovy (dodávka vody, tepla, elektřiny, plynu) a jednotlivých akčních členů spojuje v jeden kompaktní celek. Informace z takových systémů umožňují zvýšit energetickou efektivnost, komfort uživatelů budovy a odbourávají potřebu mnoha lidí při údržbě velkých komplexů.

Měření a regulace se z důvodu rostoucích nákladů na energie stává nedílnou součástí při návrhu a provozu tepelné soustavy. Vlivem automatizace těchto procesů dochází nejen k ekonomickým a časovým úsporám, ale i k okamžité detekci poruchových stavů.

Automatická regulace tak zažívá v posledních letech výrazného pokroku, ale stále je prozatím nutné, aby do tohoto procesu zasahoval člověk.

1.2 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je vytvoření řídicího programu pro regulaci tepelné soustavy v budově. Samotná logika pro řízení, sběr dat a zpracovávání hodnot ze senzorů a jednotlivých zařízení bude realizována pomocí vývojového prostředí určeného pro vybraný řídicí systém (PLC). Program bude členěn do několika bloků, které budou řídit jednotlivé části tepelné soustavy, což zpřehlední kód a usnadní jeho případné úpravy. Pro vizualizaci technologie, monitorování a vzdálenou správu bude použit dotykový panel v prostoru strojovny a dispečerské stanoviště.

Spolu s řízením systému je spojena analýza samotné tepelné soustavy budovy. S tím souvisí analýza technologických zařízení z hlediska měření technologických veličin a ovládání akčních členů.

Výsledkem této práce vznikne produkt pro řízení, regulaci a měření tepelné soustavy budovy s důrazem na uživatelsky přívětivé vizualizační prostředí spolu se snadnou a přehlednou ovladatelností.

2 Technologie tepelné soustavy

2.1 Tepelná soustava

Tepelná soustava je soustava, ve které se teplo vyrábí nebo do ní vstupuje a předává se dále teplonosným médiem ke spotřebičům. Jedná se o uspořádání vzájemně propojených prvků pro dodávku tepla z rozvodů do spotřebičů nebo soustav pro ohřívání teplé vody, vzduchu nebo jiné teplonosné látky. (RUBÍNOVÁ, 2002)

Tepelné soustavy rozdělujeme podle:

- a) Teplonosné látky
 - Parní,
 - Vodní,
 - Teplovzdušné

- b) Tlaku teplonosné látky
 - Podtlakové (do 100 kPa)
 - Nízkotlaké (do 150 kPa)
 - Středotlaké (od 150 do 900 kPa)
 - Vysokotlaké (od 900 kPa)

Tepelná soustava sestává:

- Zdroje tepla – zařízení pro výrobu tepla dodávajícího do systému. Může se jednat o kotelnu, centrální zásobování teplem nebo netradiční zdroje jako jsou tepelná čerpadla, sluneční kolektory, termální tepelná energie, biomasa, rekuperace.
- Rozvodů tepla – potrubní sítě, tepelné přípojky a úpravny parametrů
- Spotřebičů tepla – otopná tělesa článková, desková, trubková, konvektory.
- Dalších prvků – armatury, čerpadla, zařízení pro úpravu vody, doplňování vody, měřicí prvky, zabezpečovací zařízení, regulační systémy, ventily, pohony.

(VAVŘIČKA, 2008)

2.1.1 Zdroje tepla

Zdroje tepla jsou zařízení, ve kterých se získává teplo pro tepelnou soustavu. Teplo je získáváno buď spalováním paliv, nebo využíváním druhotného, případně prvotního (přírodního), tepla.

Spalovací kotle se dále dělí dle teplotních a tlakových poměrů, druhu použitého paliva, konstrukce a použití.

Druhotné teplo vzniká v procesech technologických činností. Například při výrobě elektřiny, chlazení zařízení a materiálů. Prvotní neboli přírodní teplo je teplem obnovitelným, je obsaženo ve vzduchu, vodě, zemi a ve slunečním záření. (VRÁNA, 2007)

2.2 Otopná soustava

Otopné soustavy lze dělit podle mnoha kritérií. Nejčastěji jsou děleny podle:

- a) materiálu rozvodu
 - Ocel
 - Měď
 - Plasty
 - b) oběhu otopné vody
 - Přirozený
 - Nucený
 - c) konstrukce expanzní nádoby
 - Otevřená
 - Uzavřená
 - d) nejvyšší pracovní teploty
 - Nízkoteplotní (do 65 °C)
 - Teplovodní (do 115 °C)
 - Horkovodní (od 115 °C)
 - e) vzájemného propojení těles
 - Jednotrubkové s průtočné nebo s obtokem těles
 - Dvoutrubkové protiproudé nebo souproudé
 - Vícetrubkové
 - f) umístění rozvodu
 - S horním rozvodem
 - Se spodním rozvodem
- (VRÁNA, 2007; snizujeme.cz, 2013)

2.2.1 Otopná soustava s přirozeným oběhem

Přirozený oběh pracuje na principu rozdílných hustot vratné (chladnější) a přívodní (teplé) topné vody v otopném systému. Topná voda ve vratné části má vyšší hustotu a tím vyšší hydrostatický tlak než voda přívodní. Přetlak způsobí pohyb topné vody v okruhu: kotel → otopné těleso → kotel, čímž dochází k přirozenému oběhu vody. Zdroj tepla musí být umístěn v nejnižším podlaží vytápěné budovy pod otopnými tělesy. Potrubní síť pro rozvod topné vody je zpravidla dvoutrubková a pro zajištění dostatečného vztlaku se volí teplotní spád 90/70 °C.

Tyto soustavy se dnes téměř nenavrhují. Jejich využití se uplatnilo v menších objektech s většími výškovými rozdíly a především s kotli na tuhá paliva. Výhodou této otopní soustavy je, že soustava není závislá na dodávce elektrické energie a zaručuje trvalý odběr tepla. Nevýhodou je nutnost většího průměru potrubí a s tím

spojený větší obsah vody v soustavě. Tyto soustavy nelze efektivně regulovat. (VRÁNA, 2007)

2.2.2 Otopná soustava s nuceným oběhem

Soustava s nuceným oběhem je nejrozšířenější otopnou soustavou. Aby nedocházelo k zavzdušnění soustavy, využívá uzavřenou expanzní nádobu. Nucený oběh s oběhovým čerpadlem je schopen překonat vyšší tlakové ztráty než okruh s přirozeným oběhem. Otopná tělesa mohou být ve stejné výšce jako zdroj tepla, nebo i níže. S tím souvisí nižší náklady na potrubní síť, neboť stačí potrubí s menšími průměry. Soustavy s nuceným oběhem mohou být dvoutrubkové nebo jednotrubkové. Nejčastěji je využíváno dvoutrubkové provedení s expanzní nádobou zajišťující vyplnění celé soustavy vodou a vyrovnávání změn objemu vody. Soustava je jištěna pojistným ventilem proti překročení přípustného tlaku. V jednotrubkové soustavě dochází k zapojení otopných těles průtočně za sebou na jedné větvi, což snižuje možnost účinné regulace.

Výhodou soustav s nuceným oběhem je možnost volby rychlosti proudění topné látky, s tím spojené nižší průměry potrubí a především možnost návrhu účinné regulace a rychlého zátoku v dané části systému. Nevýhodou je závislost na dodávce elektrické energie, a s tím spojené vyšší náklady na provoz. Tyto nevýhody jsou nahrazeny snížením spotřeby tepla vlivem vhodné regulace celého systému. (VRÁNA, 2007)

2.3 Dodávka tepelné energie

Hlavní činností v systémech tepelných soustav, je dodávka tepelné energie pro potřeby vytápění a dodávky teplé vody pro vzduchotechnická zařízení.

2.3.1 Centralizované zdroje tepla

Centrální zásobování teplem je dodávka tepelné energie pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody, kdy je teplo vyráběno centrálně ve vzdáleném zdroji a následně rozváděno teplotněsítěmi odběratelům ve větších územních celcích, městských oblastech, sídlištích nebo průmyslových zón.

Jako každý zdroj má i CZT (centralizované zásobování teplem) své výhody a nevýhody. Hlavními výhodami je komfort pro koncového uživatele, protože zdroj je mimo obytný objekt (bezpečnost), bezobslužnost (provoz obstarává dodavatel tepla), nevznikající ztráty při nabíhání technologie do provozu. Na druhou stranu vznikají ztráty při přenosu tepla na dlouhé vzdálenosti, cena za tepelnou energii je podstatně vyšší a při poruše zdroje CZT zůstane bez dodávky velké množství lidí a objektů. Mezi zdroje centrální dodávky tepla patří:

- Teplárny
- Elektrárny s odběrem tepla
- Okrskové kotelny

U CTZ rozdělujeme tepelnou síť na primární a sekundární rozvodnou síť. Primární síť propojuje zdroj výroby tepla s předávací stanicí – výměníkem, zatímco sekundární rozvodná síť spojuje předávací stanicí – výměníkem s konkrétními koncovými uživateli. (MATUŠKA a PURKERT, 2010)

2.3.2 Decentralizované zdroje tepla

Je opakem centrálního zásobování. V tomto případě je zdroj tepla umístěn přímo v místě spotřeby, ať už se jedná o bytové jednotky, dům nebo konkrétní místnost.

Za objekt s využíváním DZT je považován například byt vybavený plynovým kotlem s vytápěním a ohřevem TUV nebo objekt s vlastní kotelnou.

Výhodou oproti CZT je plná nezávislost v celé topné sezóně a nižší náklady na vytápění. Vznikají menší tepelné ztráty, neboť tepelnou energii není potřeba rozvádět tepelnou sítí na větší vzdálenosti. Mezi zdroje decentralizované dodávky tepla patří:

- Domovní kotelna
- Individuální zdroj tepla
- Lokální zdroj tepla
- Tepelná čerpadla

(mojeenergie.cz, 2009)

2.4 Možnosti regulace otopné vody

S postupným vývojem obvodů docházelo k rozvoji možností řešení, která v určité oblasti poskytovala lepší výsledky. Postupně tak vzniklo více způsobů regulace nebo jinak řečeno regulačních obvodů. Vhodné je využít tyto možnosti v rozsáhlejších objektech, které jsou vhodně orientované ke světovým stranám a s tím spojeným rozdílným osluněním. Zde je vhodné uplatnění zónové regulace. Základní a jednoduché rozdělení možností regulace lze podle:

1. Výstupní teploty vody ze zdroje tepla
2. Vnitřní teploty vzduchu
 - Přímo – regulace zdroje tepla
 - Nepřímo – regulace vstupní vody do otopné soustavy (zdroj regulován samostatně).
 - Místně – regulací výkonu otopných těles (zdroj regulován samostatně).
3. Venkovní teploty vzduchu – ekvitermně
 - Přímo – regulace zdroje tepla
 - Nepřímo – regulace teploty vstupující do soustavy (zdroj regulován samostatně).

Regulace podle vnitřní teploty vzduchu

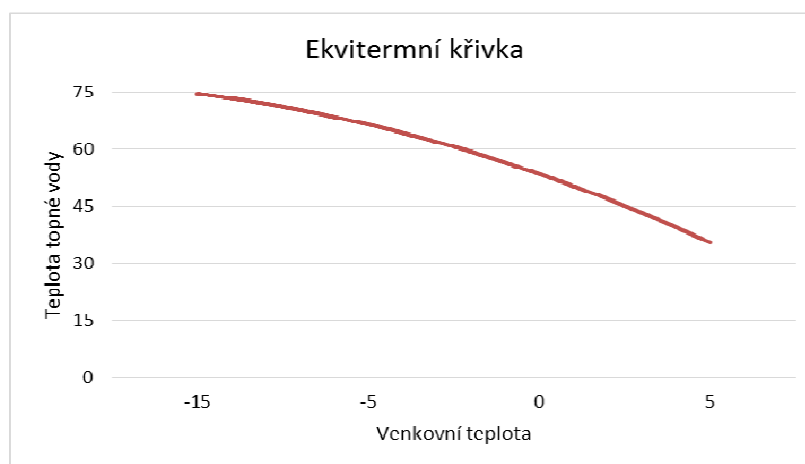
Snímanou veličinou je teplota vzduchu ve vytápěné místnosti, která je do regulátoru vysílána jako řídicí veličina. Vzniklá odchylka zapříčiní změnu teploty otopné vody, čímž se začne vyrovnávat teplota v místnosti. V případě snímání v jedné referenční místnosti může dojít k vytápění místností, u kterých to není nutné.

Tato regulace pracuje s dopravním zpožděním, které se musí udržovat co nejnižší, aby nedocházelo k rozkmitání regulačního obvodu. Používají se regulátory s P a PI chováním a měřící čidlo musí být umístěno tak, aby nebylo ovlivňováno jinými zdroji tepla nebo chladu.

Regulace podle venkovní teploty

Jedná se o proporcionální regulaci potřeb tepla k venkovní teplotě. Závislost je dána otopnou křivkou, která se dále upravuje dle použitých otopných těles respektive otopné ploše. Dnes je to nejběžnější typ regulace u většiny soustav s dalšími přídatnými funkcemi. Teplota otopné vody se reguluje řízením hořáku nebo řízením hořáku a třícestné či čtyřcestné armatury.

Regulace teploty přívodní vody podle venkovní teploty – otopná křivka. Tomuto způsobu regulace říkáme ekvitermní regulace. Potřeba tepla vytápěného objektu závisí na venkovní teplotě (**Obr. 1**), kterou poskytuje regulátoru čidlo umístěné na vnější fasádě budovy. Závislost ekvitermní křivky je na teplotním spádu otopných těles, druhu otopné soustavy a tepelně-technických vlastnostech objekt. K vytápění jednotlivých místností je ještě nutné použití TRV (termostatických regulačních ventilů). Další variantou této regulace je regulace teploty přívodní vody podle venkovní teploty s využitím směšovače.



Obr. 1 - Ekvitermní křivka

Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu

Z důvodu výše popsaných možných tepelných zisků (sluneční záření atd.) přidáváme do ekvitermní regulace zpětnou vazbu z prostoru, kde snímáme teplotu konkrétní místnosti. Měřená teplota poté koriguje systém ekvitermní regulace a to:

- Dlouhodobě – regulace dokáže přizpůsobit otopnou křivku vlastnostem vytápěného objektu. Jedná se o adaptivní regulaci.
- Krátkodobě – dle zjištěné teplotní odchylky v místnosti dochází k úpravě otopné křivky dle vzorce:

$$t_{i,wk} = t_{i,w} + \frac{K}{2} \cdot (t_{i,w} - t_{i,x})$$

$t_{i,wk}$ = žádaná teplota v prostoru

$t_{i,w}$ = korigovaná žádaná teplota v prostoru

$t_{i,x}$ = aktuální teplota v prostoru

K = faktor vlivu prostorové teploty

V případě, že měřená teplota odpovídá žádané teplotě, platí ve vzorci $t_{i,wk} = t_{i,w}$. V opačném případě dojde k posunu otopné křivky a s tím spojené změny teploty otopné vody. Pokud objekt má více otopných okruhů, kotel připravuje vodu dle nejvyššího požadavku s určitým navýšením teploty otopné vody oproti vypočtené ekvitermní křivkou.

Regulace podle zátěže

Představuje řízení teploty vody v závislosti na potřebě tepla, bez použití čidel teploty ať už prostorových tak venkovních. Využívá se křivky zátěže nebo křivky spotřeba tepla. Regulátor poté vypočítá potřebu jako podíl doby chodu hořáku ve spínacím intervalu a doby spínacího intervalu.

Tento typ řízení je vhodné použít:

- Dobře tepelně izolované stavby.
- Jednostupňový hořák zdroje tepla.
- Použití termostatických regulačních hlavic.
- Bez použití čidel teplot.

Ekvitermní regulace s vlivem zátěže

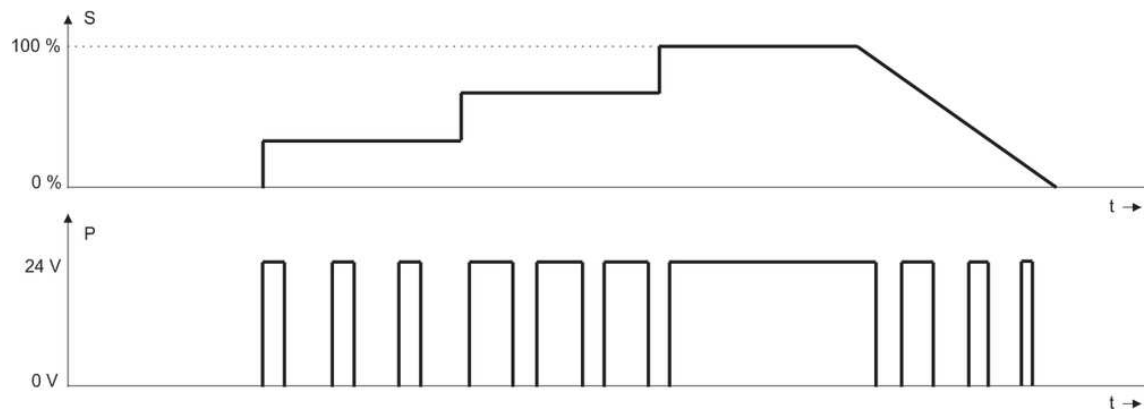
Je použití obvyklého způsobu ekvitermního řízení spolu s řízením podle zátěže. Požadovaná teplota otopné vody je pak vypočítána jako střední hodnota z otopné a zátěžové křivky. (BAŠTA, 2007)

2.5 PWM regulace

PWM (Pulse Width Modulation, pulsně šířková modulace) signál se využívá pro řízení ventilů s termickým pohonem. V principu se využívá dvoustavového řízení, kde signál nabývá hodnot (24 V st nebo 230 V st, dle typu) nebo 0 V, mající význam v ustáleném stavu pohonu buď zcela otevřen, nebo zcela uzavřen.

Oproti tomu řízení pulsně modulovaným signálem, někdy používáno kvazispojité řízení, je vlastně „blikání“ s proměnnou střídou. Střída je hodnota dvoustavového signálu napětí „zakódována jako poměr mezi stavy zapnuto/vypnuto. Je přenášena v cyklech nazývaných perioda (až mikrosekundy). Tím je pomocí PWM

signálu přenášena relativní hodnota od 0 do 100 % (**Obr. 2**). Při 100% signálu se doba pro zdvih ventilu pohybuje mezi 2,5 až 6 minutami. (VIDIM, 2014)



Obr. 2 - PWM signál, S: velikost signálu, P: výstupní napětí PWM pro 24 V st
Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/docu/clanky/0119/011990o1.png>

3 Technologická zařízení pro vytápění

3.1 Rozdělení kotlů

Kotel je zařízení, které slouží k ohřevu vody, výrobě páry z vody, případně k ohřevu jiného pracovního média např. oleje. Médium je ohříváno především za otopným účelem, ale může se využívat i pro jiné průmyslové účely. Obvykle se teplo získává spalováním paliva, ze kterého se teplo uvolňuje exotermickými chemickými reakcemi. V některých případech je k ohřevu možné využít odpadního tepla nebo elektřiny.

Rozdělení kotlů podle:

a) teplotních a tlakových parametrů

- Nízkotlaké (od 0 do 0,07 MPa)
- Středotlaké (od 0,07 do 6,4 MPa)
- Vysokotlaké (od 6,4 MPa a výše)

b) použitého paliva

- Kotle na tuhá paliva (dřevo, uhlí, koks, dřevěné pelety a brikety, štěpka, obilí), kotle na plynná paliva (zemní plyn, propan-butan).
- Kotle na kapalná paliva (lehký topný olej)
- Elektrokotle
- Na směsi paliv

c) konstrukce

- Člákové
- Válcové
- Skříňové
- Dvoutahové
- S přetlakovým spalováním
- Jiné

d) teplotní látky (pracovního média)

- Nízkoteplotní (do 65 °C)
- Teplovodní (do 115 °C)
- Horkovodní (od 115 °C)

e) typu kotle

- Stacionární
 - Závěsné
 - Kondenzační
- (TREUOVÁ, 2003)

3.1.1 Technologie, rozdělení a funkce kotle na plynná paliva

Konstrukce a provoz kotlů na plynná paliva je rozdílná oproti kotlům na tuhá paliva především ve vyšší výhřevnosti paliv, nižších ztrátách a nepatrném obsahu popelovin (odpadá nutnost odvádět tuhý zbytek po spalování). To umožňuje volit vyšší rychlost spalin a s tím spojený lepší přestup tepla.

Vyšší účinnost je dána nižšími ztrátami jak v procesu samotného spalování paliva, tak při odvodu spalin (nižší rosný bod spalin). Kotle na plynná paliva dosahují účinnosti v průměru 96-97 %. Další výhodou je jednodušší palivové hospodářství, jednoduchost startu (najíždění kotle) a lepší možnosti regulace. Plynové kotle se dělí podle použitého pracovního média:

a) Teplovodní plynové kotle

Pracovním médiem je teplotněstabilní látka, která se ohřívá maximálně na 115 °C a přetlak do 0,25 MPa u nižších výkonů, u vyšších výkonů až 0,6 MPa. Jsou určeny normou ČSN 07 0240.

b) Horkovodní plynové kotle

Pracovní médium se ohřívá na teplotu přes 115 °C a přetlak nad 0,17 MPa. Jsou určeny normou ČSN 07 0021.

c) Nízkotlaké parní plynové kotle

Slouží k výrobě vodní páry s pracovním přetlakem nejvýše 70 kPa. Jsou určeny normou ČSN 07 0240.

Parní plynové kotle

Základní parametry a typy jednotlivých kotlů určuje norma ČSN 07 0020. V závislosti na typu kotle a provozních parametrech se přetlak páry pohybuje od 0,9 do 25 MPa s teplotou páry od 210 až do 565 °C.

Pro účely vytápění objektů se nejčastěji využívají kotle teplovodní. Horkovodní kotle mají svoje zastoupení u centralizovaných zdrojů tepla. Parní vytápění se dnes využívá výjimečně. Najdeme ho v dosluhujících sítích nebo v průmyslu. Hlavní využití parních kotlů je především jako zdroj technologické páry v průmyslu. Hořáky v plynových kotlích dělíme především podle:

a) druhu spalovaného plynu:

- Hořáky na zemní plyn
- Hořáky na zkapalněný plyn
- Univerzální plynové hořáky

b) způsobu přívodu vzduchu:

- Atmosférické hořáky
- Přetlakové hořáky

c) tlaku plynu:

- Nízkotlaké hořáky s přetlakem paliva do 5 kPa.

- Středotlaké hořáky s přetlakem paliva od 5 do 300 kPa.
- Vysokotlaké hořáky s přetlakem paliva nad 300 kPa.

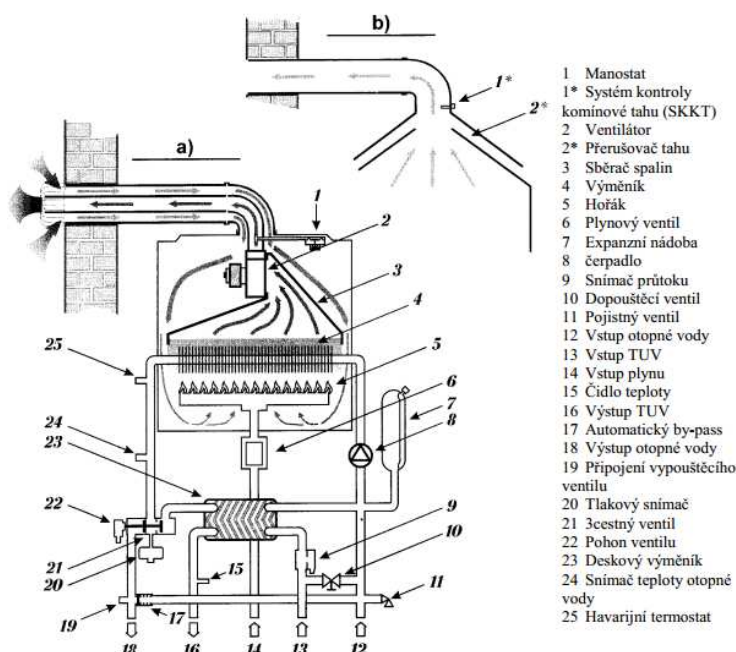
Závěsné kotle

Závěsné kotle jsou řešeny jako průtočné s měděným výměníkem tepla. Průtok topné látky je nucený. Standardně jsou kotle vybaveny expanzní nádobou, oběhovým čerpadlem, bezpečnostní plynovou armaturou a vlastním regulačním systémem pro ovládání, bezpečný a ekonomický provoz. Jedná se o prvky jako termostat, pojistný ventil, čidlo úniku spalin aj. Zapalování je piezoelektrické nebo elektronické pomocí vysokonapěťové jiskry. Plamen se po startu kotle hlídá termočlánkem nebo ionizační elektrodou. Běžně se kotle dodávají s vlastní diagnostikou provozních stavů či ekvitermní regulací. Zpravidla lze nastavit výstup topné látky v rozmezí 40-95 °C, kde je nutné respektovat provozní údaje výrobce. Účinnost závěsných kotlů bývá přes 90 %.

Obecně se skládají ze spalovacího zařízení, které je složeno z plynového ventilu, hořáku, zapalování, sběrače spalin a ze zařízení pro ohřev a distribuci otopné látky. Ohřev a rozvod topného média zajišťuje výměníková část se vstupem a výstupem otopné látky spolu se snímačem teploty, havarijním termostatem, čerpadlem atd. (viz **Obr. 3**).

Výměník obstarává proces výměny tepla mezi hořákem a otopnou látkou bez vzájemného kontaktu. Výměníky se liší dle své konstrukce. Nejběžnější jsou trubkové, deskové, spirálové a vzduchové.

Základem celého procesu je přeměna chemické energie uložené v palivu za přístupu kyslíku, na energii tepelnou. Spaliny jako nositele tepelné energie prostupují pomocí výměníku do otopné látky, která je dále distribuována v systému. Aby ohřev probíhal správně, je nutné zajistit průtok otopné látky, aby nedocházelo k přetopení kotle a jeho odstavení. Dále je nezbytný dostatečný přísun spalovaného paliva a vzduchu.



Obr. 3 - Schéma stacionárního plynového kotle

Zdroj: <http://fsinet.fsid.cvut.cz/cz/U207/U2072/projektII.pdf>, str. 38

Stacionární kotle

Existuje velké množství provedení stacionárních kotlů, které se zpravidla liší konstrukcí výměníku, který může být ocelový, litinový nebo měděný. Při použití ocelového výměníku mají omezenou životnost z důvodu nebezpečí koroze při studených startech, ale jsou levnější a lehčí než litinové popřípadě měděné.

Výstup spalin je odveden do komína a vzduch pro spalování se přivádí z prostoru kotelny. Hořáky většinou pracují na principu zapnuto - vypnuto, 0-50-100 % nebo jsou řízeny 0-10 V. Mohou pracovat jak s nuceným oběhem, tak s přirozenou cirkulací. Jsou zateplené pro minimalizaci tepelných ztrát. Expanzní nádoba a oběhové čerpadlo většinou nejsou součástí, ale jejich přítomnost závisí na výrobcu a typu kotle.

Stejně jako u závěsných kotlů tak i stacionární kotle obsahují prvky jako havarijní termostat, diagnostika provozních stavů, časové programy i regulační prvky.

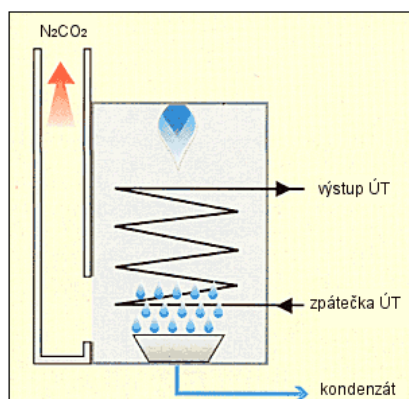
Možnosti řízení kotlů je několik. Modulace výkonu plamene, kdy je výkon kotle řízen dle požadavků systémů, nebo řízení ohřevu dle výstupní a vratné vody. Z hlediska účinnosti regulace je řízení výkonu hořáku (kotle) úspornější variantou. (FUČÍK, 2004; DLOUHÝ, 2012)

Kondenzační kotle

Kondenzační kotle umožňují využití tepelné energie, která by se u jiných typů kotlů odvedla komínem popřípadě kouřovodem do ovzduší. Tyto spaliny mají průměrnou teplotu 120 °C. Při spalování v plynovém kotli, vzniká voda, která se promění ve vodní páru. Ta se běžně bez využití odvede do ovzduší. Principem je odebrání tepla ze spalin a zpětné použití pro vytápění. Nejvíce tepla získáme ochlazením

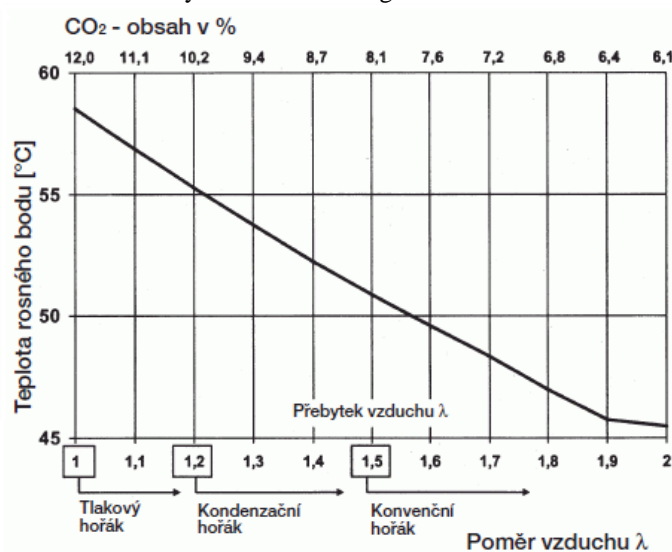
spalin, viz **Obr. 4**, kdy dochází ke kondenzaci těchto spalin při teplotách topné látky nižších, než je rosný bod spalin, který se pohybuje kolem 55 °C v závislosti na typu hořáku, poměru vzduchu a obsahu CO₂, což je patrné z **Obr. 5**.

Výhody kondenzačních kotlů jsou nejvýraznější, pokud provoz teplot topného systému je co možná nejnižší se zachováním vytápěcí schopnosti. Nejběžnější využití je u podlahového topení, kde je doporučeno ohřívat topnou látku na max. 50 °C. (thermona.cz, 2012)



Obr. 4 - kondenzační kotel

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0019/001912o1.gif>



Obr. 5 - rosný bod spalin

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0019/001912o3.gif>

3.2 Regulační orgány

Jsou prvky v regulovaném systému ovlivňující tok hmoty nebo energie a můžeme je rozdělit na speciální regulační orgány a orgány pro všeobecné použití.

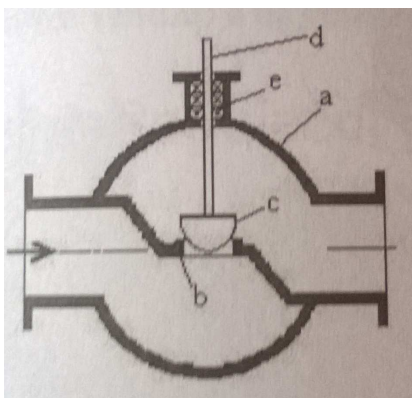
Speciální regulační orgány, jak už název napovídá, jsou konstruovány výhradně pro jeden účel, pro regulaci tepelného systému jsou důležitější regulační orgány pro všeobecné použití, kterými se v této práci budeme dále zabývat.

Orgány pro všeobecné použití jsou určeny pro ovládání průtoků plynů, par a kapalin a rozdělujeme je dle jejich konstrukce:

- Ventily
- Kohouty
- Šoupátka
- Klapky
- Žaluzie

Konstrukce ventilů je složena ze sedla, kuželky nebo jiného škrťacího prvku, dřívku ventilu a těsnění (**Obr. 6**). Prvním rozlišovacím znakem je způsob upevnění do potrubního vedení a to svařováním, závitem nebo přírubovým spojem. Dalším dělením je dle funkce ventilu:

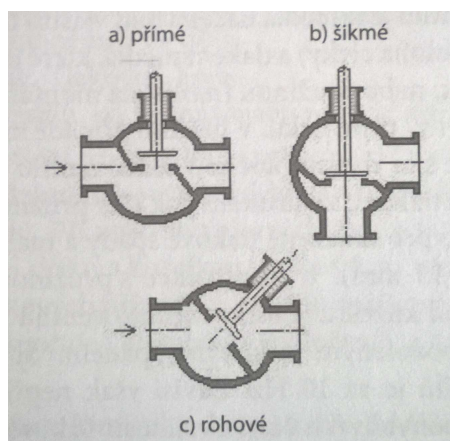
- Uzavírací
- Regulační
- Třícestné (směšovací nebo rozdělovací)
- Pojistné
- Zpětné
- Škrťací



Obr. 6 - Konstrukce ventilu a) těleso, b) sedlo, c) kuželka d) dřív, e) těsnění
Zdroj: BENEŠ, 2012, str. 155

Uzavírací ventil

Hlavní funkce těchto ventilů je těsnost, jsou konstruovány tak, aby byl v otevřeném stavu umožněn maximální požadovaný průtok. Těsnosti ventilu se dosahuje nejčastěji měkkými těsnícími vložkami, u kterých se musí dbát na teplotu a agresivitu protékajícího média. Nejčastější konstrukce využívá talíř (disk), který má rychlou otevírací charakteristiku. Konstrukčně jsou ventily vyráběny jako přímé, šikmé nebo rohové (**Obr. 7**).



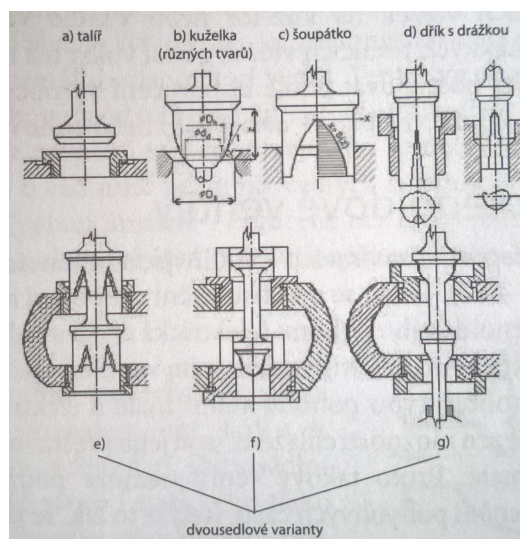
Obr. 7 - Konstrukční provedení ventilů
Zdroj: BENEŠ, 2012, str. 155

Solenoidový ventil

Solenoidové ventily tvoří vlastní kategorii uzavíracích ventilů, které jsou zároveň jedny z nejčastěji používaných. Konstrukčně se jedná o propojení uzavíracího ventilu a elektrického solenoidového pohonu (cívka s pohyblivým magnetickým jádrem). Z důvodu malé představné síly a zdvihu není možné použít ucpávky k těsnění jednotlivých částí. Řešením je oddělení jádra magnetu pracujícího přímo v médiu od cívky nemagnetickým pouzdrem. K ochraně jádra v pouzdře se používá ochranné sítko, které zachytává případné nečistoty v potrubí a chrání tak jádro proti zadření v pouzdru.

Regulační ventil

Dle konstrukce se dělí na jednosedlové a dvousedlové (**Obr. 8**). Dvousedlové provedení má sice horší těsnící schopnosti než jednosedlový ventil, ale díky minimalizaci vlivu tlakové diference a statického tlaku v potrubí umožňuje snížení nároku síly na pohon a přesnější nastavení polohy ventilu v závislosti na ovládací síle. Hlavními parametry ovlivňujícími volbu regulačního ventilu jsou pevnostní, tepelné a materiálové charakteristiky a velikost, kde poddimenzovaná kapacita ventilu není schopná pokrýt rozsah regulace a předdimenzovaná vede k nepřesné nebo až nestabilní regulaci.



Obr. 8 - Konstrukce škrtcích ventilů
Zdroj: BENEŠ, 2012, str. 155

Třícestný ventil

Třícestné ventily nazývané též ventily Y se rozdělují podle funkce na rozdělovací a směšovací. Je důležité nezaměňovat tyto ventily mezi sebou, protože se liší konstrukcí sedla a rozdělovací ventily jsou řešeny pouze pro definovaný směr. Směšovací ventily používají šoupátkový rozvod na rozdíl od rozdělovacích, které mají sedlo s kuželkami, kde bývá znázorněn směr toku schématickou značkou na těle ventilu definující vstupy a výstupy.

Pojistný ventil

Pojistný ventil slouží k omezení maximálního tlaku v systému pro zajištění bezpečnosti. Odpouštění se realizuje do volného prostoru, do nádrže nebo do odpadní jímky dle použitého média. Síla tlaku v systému musí překonat vnější sílu nastavenou stlačením pružiny, aby došlo k odpouštění média. Pojistné ventily musí být cejchovány a zajištěny plombou, aby nedošlo k jejich úmyslnému přenastavení. Zpravidla jsou vybaveny pákou pro kontrolu funkčnosti, zda nedošlo k přilepení kuželky k sedlu. V případě, že je ventil používán pro přenos přebytečného tlaku do jiného prostoru, nazývá se přepouštěcí.

Zpětný ventil

Zpětné ventily jsou také nazývány jednosměrné, protože propouští průtok pouze v jednom směru a v druhém jsou těsné. Často jsou kombinovány se škrtcím ventilem pro propustnost v jednom směru bez odporu a v druhém dle nastavení škrtcího ventilu. Pro větší průřezy je důležité dbát na předepsanou polohu ventilu. U velkých průřezů jsou někdy zpětné ventily nahrazeny zpětnými klapkami.

Škrtcí ventil

Škrtcí ventily jsou konstrukčně velmi malé, a proto jsou určeny převážně do různých přístrojů. Jejich určení je obdobné jako u elektrických odporových děličů.

Vyžadujeme u nich lineární charakteristiku, které se dosahuje především pomocí jehlové kuželky. V kombinaci se zpětným ventilem, plní škrtkovací ventil svou funkci pouze v jednom směru průtoku. Použití této kombinace nalezneme u pneumatických a hydraulických motorů.

Kohouty

Kohouty patří mezi uzavírací armatury, které konstrukčně dělíme na přímé nebo rohové. Podle uzavírací části se dále rozlišují na kohouty válcové, kuželové a kulové. K uzavření dochází po otočení kohoutu o 90°. Protože charakteristika kohoutů je nelineární, nejsou příliš vhodné pro přesnou regulaci ani v případě úpravy kulových kohoutů pomocí tvarovaných výřezů.

Šoupátka

Šoupátka jsou uzavírací armatury, které jsou velmi podobné stavidlu. Uzavírací částí je deska ve tvaru klínu (nejčastěji pogumovaná), která je ovládána kolmo k ose potrubí a dosedá do klínového sedla. Uplatnění nalezne obvykle jako uzávěr vodovodních řádů.

Klapky

Podobně jako u šoupátka je i u klapky k regulaci použita deska, která svým otáčením mění průřez potrubí. Využívají k regulaci průtoku plynů o maximálním tlaku několika barů. Jejich hlavní výhodou je konstrukční jednoduchost. Naopak nevýhodou je zpravidla jejich netěsnost, kdy jen výjimečně se vyrábí s těsnící manžetou. Speciálním typem jsou žaluziové klapky, které jsou tvořeny více listy. V uzavřeném stavu jsou vždy netěsné a nejčastěji se využívají v klimatizačních jednotkách.

(BENEŠ, 2012)

3.3 Pohony

Pohony jsou zařízení (motorické jednotky), na které navazují regulační orgány. Převádí signály z ústředních členů regulačních obvodů a provádí požadovanou práci s požadovaným výkonem. Musíme brát v potaz, že ne vždy lze rozdělit akční člen na regulační orgán a pohon. Například u elektrických veličin, kde se používají zesilovače, se nepoužívá motorická jednotka a zesilovač nahrazuje celý akční člen.

Pohony můžeme rozdělit na pohony pro ovládání regulačních orgánů a na pohony speciální, které jsou konstruovány přímo pro danou úlohu. Dle energie, kterou využívají ke svému pohonu, je dále rozlišujeme:

- Elektrické
- Pneumatické
- Hydraulické
- Mechanické

Dalším dělením pohonů je podle výstupního signálu na spojitě (proporcionální) a nespojitě (dvoupolohové) a podle dráhy pohybu jejich výstupní části na posuvné, kyvné a rotační. Podle chování v čase na statické a astatické. (BENEŠ, 2000)

3.4 Senzory

Je zařízení, které je umístěné přímo v měřeném prostředí, kde měří fyzikální, většinou neelektrické veličiny, pro jejich následné zpracování nezbytné pro správné řízení soustavy.

Senzory můžeme rozdělit do několika kategorií podle:

- Měřené veličiny – teplota, tlak, průtok, zrychlení, poloha, posunutí, elektrické a magnetické veličiny a podobně.
- Fyzikálního principu – odporové, indukčnostní, indukční, kapacitní, magnetické, piezoelektrické, optoelektronické, optické vláknové a jiné.
- Styku senzoru – bezdotykové a dotykové.
- Tvaru výstupní veličiny – spojitě (analogové) a diskrétní (nespojitě).

Senzor se skládá z několika částí, kde nejdůležitějším prvkem je čidlo. Je to vstupní část, která je v přímém styku s prostředím. Sledovanou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu převádí většinou na elektrický signál napětí, proudu nebo odporu.

Indukčnostní senzory

Tyto senzory jsou pasivní. Měřená veličina je převáděna na vzájemnou indukčnost nebo na změnu indukčnosti. Indukčnost je připojena do měřícího obvodu se střídavým napětím (nejčastěji můstkové nebo rezonanční zapojení). Bezdotykové senzory polohy reagují pouze na kov a při měření využívají vířivé proudy pro měření polohy a posunu. Základem senzoru je oscilátor (nejčastěji LC), pracující s kmitočty běžně 0,1 až 1 MHz. Procházející střídavý proud vytváří magnetické pole. V případě, že se zde nachází elektricky vodivý kovový materiál, indukují se vířivé proudy, které s přibližujícím se předmětem zmenšují amplitudu oscilací. Při snížení pod přípustnou hranici dojde ke změně stavu klopného obvodu, který sepne nebo rozezne spínač. Dotykové indukčnostní senzory jsou vysoce spolehlivé i za ztížených podmínek s kvalitním signálem a teplotní stabilitou.

Kapacitní senzory

Základem je deskový kondenzátor, který může mít dvě nebo více elektrod, u něhož se mění kapacita prostřednictvím měřené neelektrické veličiny. Vlivem změny například polohy dojde ke změně mezery mezi deskami, plochy desek nebo dielektrika a tím výsledná kapacita. Jako měřící obvod se používají střídavé můstky, zpětnovazební obvody, diferenční můstky nebo rezonanční obvody. Používají se při měření síly materiálu, polohy, deformace, hladiny vlhkosti apod. Bezdotykové kapacitní senzory využívají opět oscilátor, který reaguje na změnu kapacity při přiblížení snímaného objektu.

Optoelektronické senzory

Ve velké míře se v průmyslové automatizaci uplatňují optoelektronické senzory, protože mají stále rostoucí výkony, zmenšující se rozměry a široký rozsah detekční vzdálenosti. To je vykoupeno na úkor vyšší citlivosti na vlhkost, vnější světlo a infračervené záření.

Existuje velké množství druhů, mezi které stojí za zmínku:

- Inkrementální senzory (princip clonění nebo reflexe světelného toku).
- Triangulační senzory (princip optické triangulace).
- Absolutní senzory (princip číselné hodnoty pro každou úhlovou polohu).
- Laserové difuzní senzory (princip vysílání a příjmu krátkých světelných impulzů s měřením času).

Jsou senzory pracující s infračerveným světlem o vlnové délce 880 nm, 950 nm nebo ve viditelném spektru o vlnové délce 660 nm. Oproti klasickým optoelektronickým sensorům jsou odolné vůči rušení elektromagnetickými poli a hlukem. Dle principu je můžeme rozdělit:

- Jednocestné světelné závory – vysílač je umístěn naproti přijímači v ose.
- Reflexní světelné závory – vysílač a přijímač ve stejném pouzdře (k odrazu využít reflektor).
- Difuzní senzor – vysílač i přijímač opět v jednom pouzdře (odraz od reflexní folie přímo od detekovaného předmětu).
- Vláknové senzory – využívají optická vlákna s využitím v náročnějších podmínkách (vyšší teplota, stříkající voda, špatně přístupná místa).

Magnetické senzory

Konstrukce využívá změny indukce magnetického pole. Pokud je čidlo magnetorezistor dochází ke zvyšování odporu. V případě použití Hallovy sondy, vzniká Hallovo napětí, které závisí na několika dalších veličinách. Hlavní využití magnetických sensorů je pro detekci koncových poloh pohonů.

Ultrazvukové senzory

V praxi se používají pro měření vzdálenosti. Senzor nejprve vyšle krátkou sekvenci zvukových impulzů a poté se přepne do přijímacího režimu pro zachycení odrazu. Dojde k porovnání obou signálů a v případě shody, na základě časového intervalu mezi vysíláním a příjmem, vypočte vzdálenost sledovaného objektu.

Odporové senzory

Patří mezi dotykové absolutní senzory, kde jako čidlo je využíván regulovatelný napěťový dělič – potenciometr. Měřená veličina je převedena na změnu odporu a ta je vyhodnocena pomocí můstkové nebo výchylkové metody. Potenciometry rozdělujeme podle tvaru pohybu běžce na rotační nebo posuvné.

Senzory mechanického napětí, síly a tlaku

K měření mechanického napětí se používají tenzometry, které při zkracování nebo prodlužování mění svůj odpor. Ke konstrukci se nejčastěji používají principy kapacitní, rezonanční a odporové. Pro konstrukci kovových odporových tenzometrů se používá slitiny Chromu a Niklu (80 % a 20 %). U polovodičových tenzometrů se využívá křemíku.

V kapalných a plynných médiích se nejčastěji měří tlak. Měření probíhá přímo nebo nepřímo s deformačním členem (nejčastěji membrána). U přímého měření se využívá piezoelektrického principu, kde při mechanickém napětí dochází k přesunu elektrického náboje a vzniklé elektrické napětí pak určuje velikost deformace.

Senzory teploty

V řízení tepelných soustav patří teplota k nejčastěji měřené veličině, která nejvíce ovlivňuje proces řízení a regulace. Samotné měření je nepřímé a využívá se závislost určitých fyzikálních veličin na teplotě. Přesně řečeno porovnává se teplota tělesa s definovanou stupnicí (ITS 90 – The International Temperature Scale of 1990). Dle principu senzory teploty dělíme:

- Odporové
- Termoelektrické
- Polovodičové monokrystalické a termistory
- Dilatační
- Optické
- Radiační
- Chemické
- Magnetické

Podle styku s měřeným prostředím:

- Dotykové
- Bezdotykové

Dále se dělí na aktivní (generátorový typ), termoelektrické a pasivní (měření teploty nepřímo transformací na jinou fyzikální veličinu).

- **Odporové senzory**

Podle druhu materiálu, na kterém dochází v závislosti na teplotě k úbytku napětí, je dělíme na kovová a polovodičová monokrystalická (křemíkové a termistory). Nejčastěji používaným kovem je platina nebo nikl. Senzory vyrobené na jejich základu mají měřící rozsah -200 až 850 °C (1000 °C).

Polovodičová čidla využívají teplotní závislost polovodičových materiálů, které mají mono nebo polykrystalickou strukturu. Velice rozšířenými jsou polykrystalická čidla známá jako termistory. Dělí se na skupinu s negativním součinitelem odporu NTC termistory (negastory) a skupinu s pozitivním součinitelem odporu PTC termistory (pozistory). Hodnota termisto-

rů se většinou vztahuje k teplotě 25 °C ($R_{25} = 20 \text{ k}\Omega$). Jejich měřicí rozsah se pohybuje od -50 do +350 °C.

Odporová křemíková čidla jsou tvořena monokrystalickým křemíkem. Princip spočívá ve snižující se schopnosti elektronové vodivosti v závislosti na vzrůstající teplotě. Měřicí rozsah se pohybuje od -55 až +150 °C.

- **Termoelektrické senzory**

Využívají Seebeckova jevu, kdy u dvou různých kovů vzniká termoelektrické napětí, které je úměrné rozdílu teploty mezi měřeným a referenčním koncem. Dle použitého materiálu dělíme termočlánky na termočlánky z obecných a drahých kovů. Veškeré vlastnosti jsou definovány v normě ČSN 60 584. V praxi se využívá úpravy výstupního signálu na analogový proudový signál 4-20 mA nebo číslicový signál podle komunikační sběrnice. (KRÁL, 2012)

3.5 Čerpadla

Čerpadla, nebo jinak řečeno hydrogenerátory nebo pumpy, jsou zařízení sloužící k přeměně mechanické energie rotačního pohybu na kinetickou a tlakovou energii kapaliny. Charakteristickou veličinou čerpadel je geometrický objem V_g udávající objem kapaliny, který za ideálních podmínek proteče během jedné otáčky. Vynásobenno otáčkami získáme teoretický průtok čerpadlem nezohledňující tlakové ani jiné ztráty.

V tepelné soustavě se využívají k přesunu otopného média v topné větvi. Důležité je zvolit správné čerpadlo, abychom v okruhu zajistili dostatečný průtok k napájení všech spotřebičů v plném zatížení.

Podle konstrukce rozlišujeme:

- Zubové
- Lamelové
- Pístové
- Šroubové (šnekové)
- Membránové

Podle principu rozlišujeme:

- Hydrostatická
- Hydrodynamická
- Čerpadla dalších principů

Podle pracovních vlastností:

- Neregulační (s konstantním průtokem)
- Regulační (plynule měnitelný průtok)

Podle směru proudění kapaliny:

- Bez rezervace (jednosměrné)
- S rezervací (obousměrné)

Podle způsobu využití:

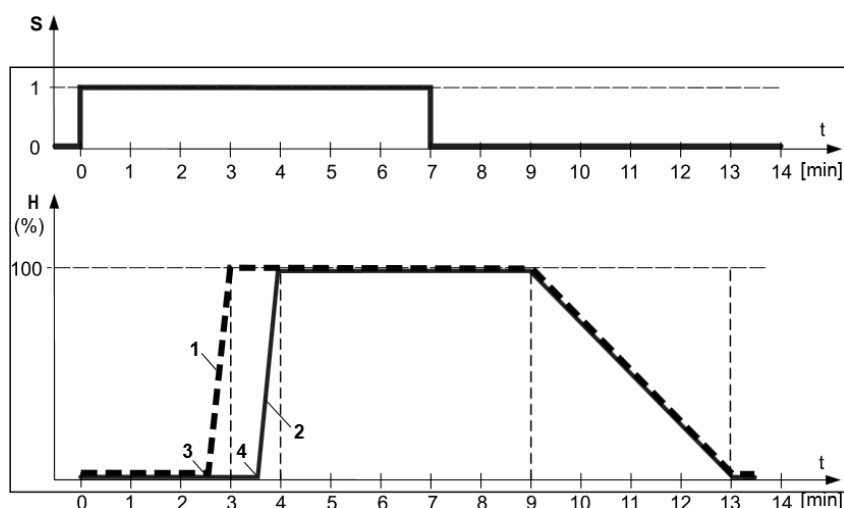
- Ponorná
- Odstředivá
- Oběhová - teplovodní

Právě poslední zmiňovaný typ, oběhová teplovodní čerpadla, se využívají v tepelné soustavě nejvíce. Slouží k čerpání kapaliny v systémech ústředního nebo podlahového vytápění, rozvodu teplé užitkové vody nebo v dopouštění (na požadovaný tlak) systému otopným médiem. V klimatizačních jednotkách se využívají pro dopravu otopné vody do vodních ohříváčů. Pracují s rozsahem teplot +10 až +110 °C. (PALÁT, 2011; cerpadla-cerpadla.webnode.cz, 2012)

3.6 Termické ventily

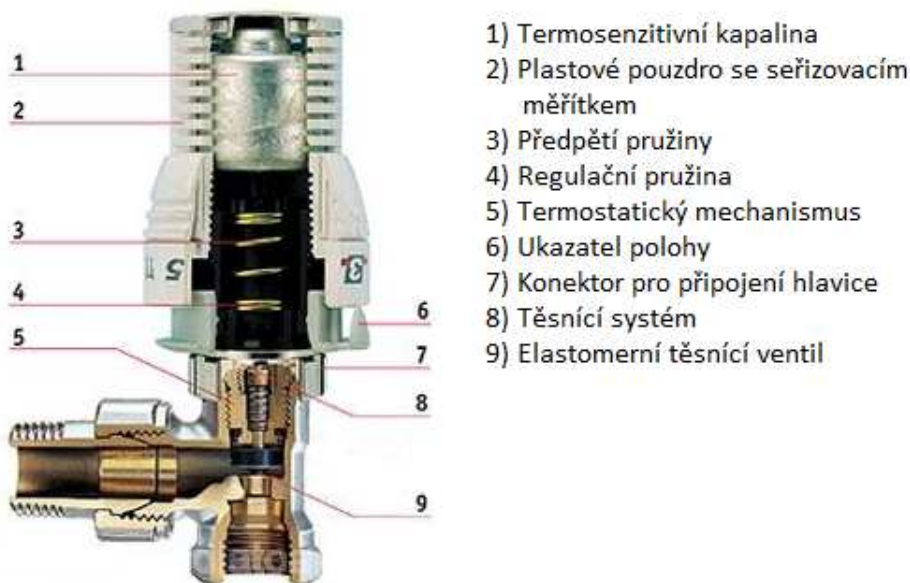
Funkce termických ventilů nebo též termostatických hlavic je jednoduchá a v regulačních systémech přispívá ke snížení nákladů na vytápění v interiérech v době, kdy se do prostoru dostávají tepelné zisky (např. sluneční záření).

Princip je založen na ohřevu topného prvku proudem z řídicího signálu PWM. Teplo působí na materiál s vysokou teplotní roztažností (zpravidla termostatická kapalina), která mění svůj objem dle dosažené teploty a tlačí na dřík ventilu. Změnou střídy pak v podstatě můžeme měnit míru otevření ventilu a s tím spojeného průtoku otopné látky do topného tělesa nebo v případě chlazení chladicí kapaliny. Nesmíme zapomenout na zpoždění termického ventilu při otevírání ze studeného stavu. Reakce po připojení napájecího napětí je jednu až dvě minuty. Až poté dojde k pohybu pohonu jak je vidět na **Obr. 9**. V praxi je možné buď ventil pravidelně přehřívát i v případě útlumového režimu, nebo pokud se jedná o topné konvektory, zavést zpožděný start ventilátorů, aby nedošlo k dodávce studeného vzduchu.



Obr. 9 - Zdvih ventilu vůči napájecímu napětí pohonu v čase. S: napětí pohonu, H: zdvih ventilu, 1: pohony na 230 V st., 2: pohony na 24 V st., 3, 4: začátek otevírání ventilu
Zdroj: http://domat-int.com/wp-content/uploads/obr2_zpozdeni.png

V regulačních systémech bývá zpravidla možnost řídit termické ventily dvěma způsoby a dvěma možnostmi nastavení počáteční polohy ventilu. Nastavení počáteční polohy, ve smyslu otvírání/zavírání, je možné jako „bez napětí zavřeno“ (NC, normally closed) nebo „bez napětí otevřeno“ (NO, normally opened). Z regulačního hlediska se využívá řízení zapnuto/vypnuto, kdy dochází buď k plnému otevření nebo zavření ventilu dle nastavené počáteční polohy nebo řízení 0-100 % pomocí pulsně šířkové modulace (PWM, Pulse Width Modulation, viz odstavec 2.5).



Obr. 10 – Průřez termostatickou hlavici

Zdroj: upraveno z: http://img19.olx.ro/images_mercadorro/47880025_2_644x461_cap-termostatic-comap-fotografii_rev001.jpg

Řešení napojování více pohonů na jeden regulátor má několik variant.

1. Zapojení master – slave, pokud to regulátory umožňují. Pak dochází k zapojení tolika regulátorů, kolik je v zóně konvektorů nebo fancoilů a konfigurace regulátorů je taková, že jeden je řídicí (master) a řídí výstupy všech ostatních. Nevýhodou je vyšší cena tohoto řešení.
2. Další variantou je použití triakových zesilovačů nebo polovodičových relé. Dostatečná pozornost se musí věnovat dimenzování vodičů, aby nedocházelo k vyšším úbytkům napětí jak 10 %. Následně by otevření ventilů bylo nižší, což by sice kompenzoval PI algoritmus, ale ve špičkách, kde je nutné maximální otevření, by pokles výkonu na ventilech klesal s druhou mocninou napětí.
3. Použití ventilů na 230 V st., které mají menší pracovní proud a je jich možné na jeden triak připojit více. Pozor musíme věnovat opět ve špičkách, kdy u některých ventilů je trvalý proud 10 mA, ale počáteční proud činí až několik stovek miliampér, tedy desetinásobky trvalé hodnoty.

(VIDIM, 2014)

3.7 Programovatelný automat – PLC

Programovatelné automaty (PLC, Programmable Logic Controllers) je malý průmyslový počítač, který patří mezi nejrozšířenější prostředky pro automatické řízení strojů a procesů v reálném čase, zpracovávající vstupy a výstupy komunikující po průmyslových sběrnících, nejčastěji sériové komunikace. Na rozdíl od běžných počítačů jsou periferie PLC automatů uzpůsobeny přímo pro napojení na technologické procesy pro zpracování buď spojitých (analogových) vstupů/výstupů nebo diskrétních (digitálních) vstupů/výstupů. Pro připojení ve větších systémech se hojně používají další přípojné moduly pro rozšíření dle konkrétního systému.

Postupným vývojem začali automaty pronikat tam, kde to pro ně nebylo typické, díky možnosti rychlé realizace celého hardwaru řídicího systému. Programově je dnes možné řešit i složité úlohy a funkce neboť výpočetní výkon a komunikační možnosti výrazně převyšují obvyklý standard. V počátcích fungovaly automaty převážně v konfiguraci, kterou tvořily binární vstupy a výstupy. Dnes už téměř většina technologií zpracovává analogové signály, které se nejčastěji převádí na jinou měřenou veličinu a vyhodnocují v PLC pomocí převodníků analog - digitál nebo digitál - analog (označované A/D nebo D/A).

Nejdůležitější částí je však stále lidská složka, přesněji řečeno programátor. Na jeho zkušenostech a znalostech řešené úlohy leží výsledek celého řídicího programu, který ve výsledku může být chybový a těžce odladitelný. Většina PLC se programuje výhradně dle mezinárodní normy IEC EN 61131-3, která definuje formální požadavky na programy (syntaxi). (ŠMEJKAL, 2012)

3.8 PLC a průmyslová komunikace

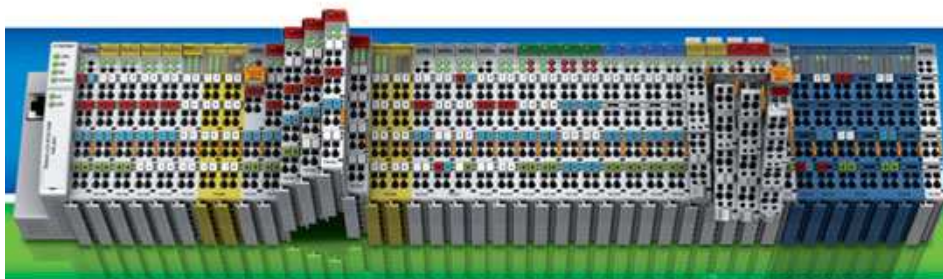
Obecně se jedná o stejný princip jako ve výpočetní technice a to přenos informace z jednoho zařízení (bodu) do zařízení druhého. Nejběžnější a zároveň nejstarší je sériová komunikace.

Využívá se v případě rozlehlejších objektů nebo alespoň u vzdálenějších prvků systému. V sériové komunikaci probíhá celý proces postupně a to tak, že veškeré přístroje, akční členy apod. a z nich získané údaje jsou předávány sériovým způsobem bit po bitu. Postupně se provádí též zápis nebo čtení dat. Od vzniku první průmyslové sběrnice se možnosti rapidně rozšířili a dnes existuje velké množství typů, ze kterých může programátor vybírat. Mezi nejznámější a nejpoužívanější patří průmyslový Ethernet, Modbus, Modbus TCP, Profibus, M-bus, CAN, CAN Open, Modbus RTU, Interbus a mnohé další. Každá průmyslová sběrnice je charakterizována technickými a komunikačními prostředky (počtem a typy vodičů, elektrickým rozhraním) a komunikačním protokolem (pravidla pro strukturování zpráv a formátování dat, poskytované služby apod.). Nejčastěji využívaným rozhraním je RS485, optické kabely a Ethernet. Některé sběrnice mají přímo určené své prostředí a do jakých technologických procesů jsou nejvhodnější jako například CAN (automobilový průmysl, vlaky, metro), HART (potrubní rozvody) nebo KNX (pro osvětlovací techniku). (ŠMEJKAL, 2012)

3.9 Kategorie PLC

Modulární PLC

Jsou využívána tam, kde velikost strojů nebo objektů vyžaduje velké množství vstupů a výstupů. PLC s tímto provedením mají většinou velký výpočetní výkon s množstvím funkcí, která se promítá na jejich cenové relaci. Konstrukce modulárních automatů (**Obr. 11**) je taková, že se dají jednoduše rozšiřovat o další vhodné moduly. Od vstupně-výstupních modulů, komunikačních jednotek, napájecích zdrojů až po speciální moduly. Současný trend směřuje spíše k řešení pomocí distribuovaných systémů, kdy místo centrálního modulárního systému se stovkami vstupy a výstupy se systém rozdělí na několik menších (modulárních případně kompaktních) a vytvoří se distribuovaný systém.



Obr. 11 - Modulární systém WAGO

Zdroj: http://www.wvmmmonitor.eu/files/4013/5496/0166/io_750_feldbusknoten.jpg

Kompaktní PLC

Jsou určeny převážně pro řízení malých objektů. Oproti modulárním systémům je kompaktní PLC tvořeno centrální jednotkou, ke které lze připojit menší množství vstupů a výstupů nebo několik modulů v omezeném množství. Pomocí integrovaných sériových sběrnic lze připojit moduly vzdálené, senzory, akční členy nebo jiné přístroje komunikující po stejném protokolu a sběrnici jako automat. Díky tomu je dnes možné kompaktní automaty podstatně více rozšířit než tomu bývalo kdysi.

Průmyslové počítače a SoftPLC

Mimo PLC se k řízení technologických procesů používají průmyslové počítače (IPC, Industrial PC). Jedná se teprve o rozšiřující se typ automatů, který je postaven na bázi běžných stolních PC se sériovým připojením periférií až po varianty průmyslových počítačů v modulárním provedení. Samotné řešení obsahuje veškeré prostředky pro programování, vizualizaci, sběr a ukládání dat a odladování programu v simulačním režimu. (ŠMEJKAL, 2012)

3.10 Vývojový software a programování

Od dob prvních počátků PLC a podpory programování, urazila dnešní vývojová prostředí dlouhou cestu. Od podpory základních funkcí jako je vytvoření řídicího

programu, jeho odladění a diagnostiky, poskytují pro zvýšení komfortu programátora mnohé další volby jako například výběr typu a konfigurace PLC, popis vstupů a výstupů na automatu i přídatných modulech apod. V případě distribuovaných systému, o kterém byla řeč výše, je nutné vytvořit program pro každý podsystém zvlášť spolu se sdílenými proměnnými a vyřešit jejich vzájemnou komunikaci. Celkově dnešní podpora je a možnosti spolu se simulovaným během PLC pro jeho lepší odladění poskytují programátorům nebyvalý komfort.

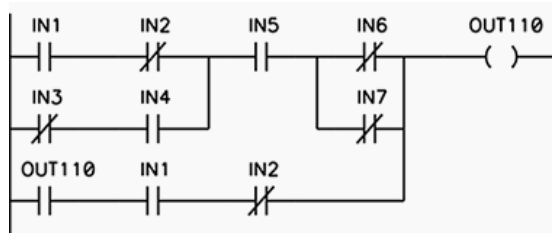
3.10.1 Normy pro programování

Mezinárodní normou, která řeší jednotné programování automatů, je norma IEC/EN 61131-3, která je velmi obsáhlá a zaměříme se na její třetí část, která popisuje syntaxi čtyř programovacích jazyků.

3.10.2 Programovací jazyky

Jazyk kontaktních schémat, LD

Je podobný liniovému schématu v elektrotechnice. Schéma je ohraničeno zleva a zprava svislými čarami, sběrnicemi, kde jednotlivé funkce jsou realizovány pomocí vodorovných kontaktních obvodů v sério-paralelní kombinaci (**Obr. 12**). Kontakty reprezentují vstupní, výstupní nebo vnitřní proměnné, které mohou být doplněny o funkční bloky.

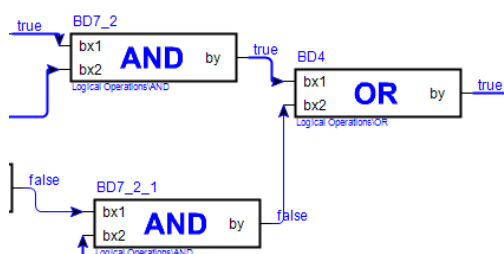


Obr. 12 - Schéma jazyka LD

Zdroj: <http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/plc-ladder-diagram-example.gif>

Jazyk funkčního blokového schématu, FBD

Jazyk funkčních bloků FBD (Function Block Diagram, **Obr. 13**), je grafický jazyk využívající obdélníkové značky (bloky) funkcí a funkčních bloků, které jsou navzájem propojeny spojnicemi, spojovacími vodiči.



Obr. 13 - Schéma v jazyce FBD

Jazyk seznamu instrukcí, IL

Je jazyk, kde se program sestavuje z textových zkratk několika základních instrukcí (mnemokódů) a svojí strukturou připomínají jazyk typu assembler. Převážná většina operací má tvar:

$$\text{výsledek} := \text{výsledek OPERATOR operand}$$

Požadované operace zpracovávají poslední hodnotu výsledku (aktuální stav střadače). Výsledek se opět uloží do střadače.

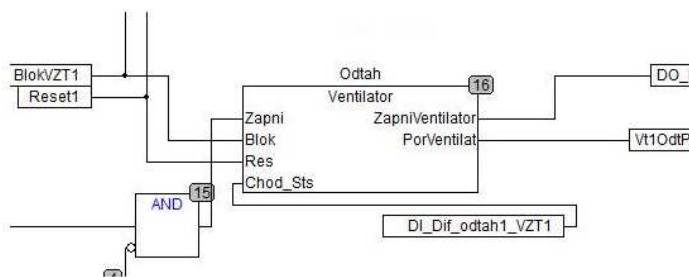
Strukturovaný text, ST

Je velice výkonný objektově orientovaný jazyk, který má své kořeny v jazycích typu Pascal, Ada, C. Díky prvkům jako mají moderní programovací jazyky lze vytvářet složité algoritmy a komplexní funkční bloky (**Obr. 14**). Program používá výrazy a příkazy, které jsou tvořeny operátory a operandy. Při vyhodnocení výrazu se nejdříve provádí operace s operátory s vyšší prioritou.

```

0001 FUNCTION_BLOCK Ventilator
0002 VAR_INPUT
0003   Zapni: BOOL;
0004   Blok: BOOL;
0005   Res: BOOL;
0006   Chod_Sts: BOOL;
0007 END_VAR
0008 VAR_OUTPUT
0009   ZapniVentilator: BOOL;
0010   PorVentilat: BOOL;
0011 END_VAR
0012 VAR
0013   T1: TON;
0014 END_VAR
0015 VAR_RETAIN PERSISTENT
0016 END_VAR
0017

```



Obr. 14 - Vlevo: Strukturovaný kód, Vpravo: Funkční blok vytvořený pomocí strukturovaného jazyka

Ostatní jazyky

Dalšími možnostmi pro vytváření řídicích programů je nástroj sekvenčního programování (SFC), kde program má formu přechodového grafu objektu a modeluje sekvenční chování. Je možné použít formu jazyka CFC, který je podobný blokovým schémátům, ale doposud není modifikován normou. (ŠMEJKAL, 2012)

3.11 Dispečerská stanoviště a panely

3.11.1 SCADA/HMI systémy

Je zkratka z anglického výrazu „Supervisory Control And Data Acquisition“, které v překladu znamená „dispečerské řízení a sběr dat“. Jedná se o software, který centralizuje řídicí, monitorační a sběrné místo dat v průmyslových a jiných technických zařízeních. Umožňuje zpracovávat procesy a ovládat technologii jako jsou:

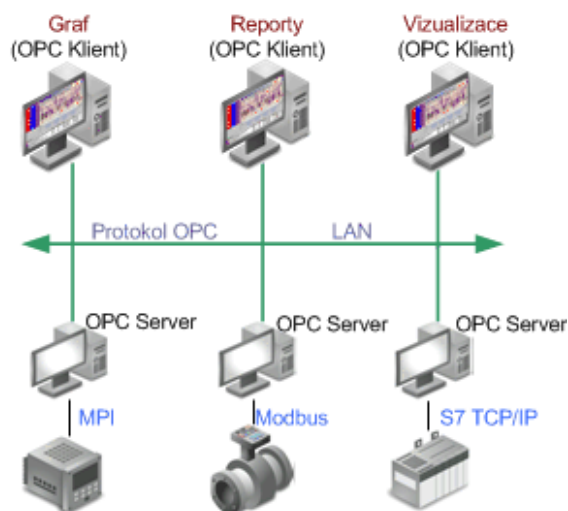
- Průmyslové procesy ve strojní a procesní výrobě.
- Technické procesy v distribučních (voda, plyn, elektřina), dopravních (řízení dopravní signalizace, větrání tunelů) a komunikačních sítích.
- Řízení technických zařízení objektů (vytápění, chlazení, zabezpečení).

- Monitorování spotřeby elektřiny (průmyslové závody, obchodní centra apod.).

Zpravidla se jedná o software, který pracuje nad řídicím systémem, založeném většinou na PLC nebo jiných HW zařízeních. HMI je zkratka „Human Machine Interface“, což v překladu znamená rozhraní mezi člověkem a strojem. Volně vysvětleno se běžně jedná o operátorské a průmyslové panely a dispečerská stanoviště, která graficky prezentují probíhající procesy v technologii a umožňují jejich monitorování a ovládaní v reálném čase. (reliance.cz, 2015)

3.11.2 OPC server

„OLE for Process Control“ je komunikační protokol pro výměnu dat mezi HW zařízeními pro řízení technologií. Jedná se o jednotné komunikační rozhraní mezi hardwarem a softwarem v průmyslové automatizaci bez ohledu na výrobce zařízení. V praxi to umožňuje přenášet data mezi různými zařízeními například Siemens Simatic, PLC Mitsubishi, případně tyto data zapisovat do různých vizualizačních programů jako například Control Web, Reliance (**Obr. 15**). Zařízení, která spolu takto chtějí komunikovat, musí podporovat komunikační standard – OPC protokol.



Obr. 15 - Příklad OPC aplikace

Zdroj: http://www.foxon.cz/images/OPC/OPC_architektura_komunikace_protokol.gif

Komunikační protokol je založen na architektuře Klient – Server, a proto v OPC standardu existují dva druhy OPC komponent a to:

- **OPC klient** – je software, který přijímá data z OPC serveru a dále je zpracovává pro uživatele ve formě vizualizace, grafů, reportů apod. Zpravidla se jedná o SCADA/HMI systémy (programy pro monitoring a řízení procesů v průmyslové automatizaci).

- **OPC server** – je program, který komunikuje s připojenými zařízeními s jeho protokolem (např. Modbus) a získaná data převádí do formátu OPC, která dále poskytuje dalším aplikacím nebo zařízením.

Z důvodu zachování celistvosti a jednotnosti tohoto standardu, vyhovujícímu většině průmyslových aplikací, zabývá se a spravuje jeho další celosvětový vývoj organizace OPC Foundation. Ta je pověřena jeho tvorbou, rozšiřováním, ale i prezentací a šířením OPC specifikací. (foxon.cz, 2014)

4 Metodika

4.1 Tvorba projektu v SoftPLC IDE

Implementace řídicího programu bude realizována pomocí schémat s funkčními bloky. Jednotlivá schémata budou vytvořena pro části subsystému nebo případně dále rozdělena na menší do více schémat pro lepší přehlednost a případnou úpravu a ladění ve fázi testování aplikace. Implementace proběhne v software RcWare SoftPLC IDE, který je přímo určen k programování vybraných regulátorů a umožňuje komunikaci po většině známých a používaných typech protokolů. Tvorba celého řídicího projektu sestává z několika částí:

- Analýza technologie a návrh řídicích algoritmů
- Studium nastavení projektu a regulátoru s moduly
- Studium sériové komunikace s rozhraním RS 232/RS485 (ModBus, M-Bus)
- Vytvoření řídicí logiky pro jednotlivé části systému
- Připojení předpovědi počasí přes DNCH
- Testování a ladění programu, nasazení systému

4.2 Tvorba vizualizace v RcVision pro dispečerské stanoviště

Dispečerské stanoviště bude časově a graficky nejnáročnější částí celého projektu. Na jeho přehlednosti a korektnosti nastavení závisí správný monitoring a ovládání obsluhou. Jednotlivé obrazovky budou tvořeny paralelně s řídicím programem, ale samotné adresování proměnných na objekty až po vytvoření prvotní verze řídicí aplikace. Základem bude důkladná analýza a slovní popis návrhu centrály, ze kterého bude výsledná aplikace vycházet. Důležitou částí bude rozdělení celé technologie na dílčí části (subsystémy), které usnadní následné testování a úpravy aplikace do finální podoby. Tvorba vizualizace byla rozdělena do několika kroků:

- Analýza technologie a jejích subsystémů
- Návrhy obrazovek ovládacích funkcí
- Vytvoření projektu a nastavení komunikačních parametrů s PLC
- Vytvoření databáze s datovými body
- Tvorba vizualizačních obrazovek
- Napojení datových bodů na objekty vizualizace
- Testování, úpravy a uvedení do provozu

4.3 Tvorba vizualizace v HMI Editoru pro operátorský panel

Operátorský panel bude určen převážně pro proces informování o aktuálním dění s minimálními možnostmi nastavení a ovládaní technologie.

Tvorba vizualizace byla rozdělena do několika kroků:

- Návrh zjednodušených obrazovek
- Nastavení komunikačních parametrů

- Tvorba databáze s datovými body
- Tvorba vizualizačních obrazovek
- Napojení datových bodů na prvky vizualizace
- Testování, úpravy a uvedení do provozu

Programovací jazyk SoftPLC je jedinou možností jak programovat regulátory od firmy Domat. Prostředí není ideální, neboť neumožňuje psaní strukturovaného kódu, případně vytvoření vlastních programových bloků. Tyto možnosti mají přijít s novou verzí v průběhu léta 2015.

Vizualizační software je tvořen v jiném programu, protože software pro logiku řízení neobsahuje moduly pro její vytvoření. Pro dispečerské stanoviště byl vybrán program RcWare Vision určený pro systémy Domat spolu s HMI Editorem od stejné firmy, který je primárně určen ke tvorbě webových vizualizací. U tohoto projektu bylo HMI využito k vytvoření zjednodušených obrazovek odvozených od centrálního programu a nasazených na dotykovém panelu v prostoru strojovny.

Celý postup realizace se skládá z několika částí, které na sebe úzce navazují a probíhají paralelně, neboť jsou nezbytné pro další postup. Jak řídicí program, tak vizualizace budou prvotně odzkoušeny v simulačním módu a až poté nasazeny a doladěny na systému v provozu.

5 Vlastní práce

5.1 Zadání projektu

Kotelna bude vybavena dvěma plynovými teplovodními kotli s plynulým řízením hořáků. Výstup topné vody bude napojen na stávající rozvody, které jsou rozděleny do šesti samostatných regulovaných okruhů a dvou okruhů přímého ohřevu VZT. Teplá užitková voda bude ohřívána přes deskový výměník s řízením jak teplé, tak topné vody. Pro zvýšení účelnosti regulace bude systém doplněn o řízení vytápění v jednotlivých místnostech, které bude zajišťovat požadovanou teplotu v jednotlivých částech budovy v závislosti na časovém programu definovaném pro každou místnost.

Celý systém měření a regulace je pojat jako samostatně pracující systém s cílem dosažení plně automatického provozu jednotlivých zařízení a to především:

- Automatické kaskádní řazení plynových kotlů
- Automatické regulace teploty výstupní vody primárního okruhu
- Automatické regulace průtoku primárním okruhem
- Automatické regulace teploty topné vody pro jednotlivé větve UT
- Automatické regulace ohřevu teplé vody
- Automatické regulace topné vody pro VZT zařízení

Automatické „ošetření“ a zaznamenání poruchových stavů:

- Teplota vody primárního okruhu nad 95 °C
- Teplota vzduchu v prostoru kotelny nad 40 °C
- Pokles tlaku v topném systému resp. jeho překročení
- Únik plynu do prostoru kotelny
- Zaplavení prostoru kotelny
- Poruchy čerpadel, kotlů a systému dopouštění

5.1.1 Plynová kotelna

Teplovodní kotelna je vybavena dvěma kondenzačními plynovými kotli s plynulým řízením hořáků, topná voda z kotlů je dopravována pomocí dvou řízených čerpadel.

Vytápění je dále regulováno pomocí směšovacích uzlů s třicestnými ventily na každé regulovatelné topné větvi. Větve VZT jsou bez regulace teploty.

Doprava a řízení TUV je pomocí třicestného ventilu, deskového výměníku a primárního a sekundárního čerpadla. Cirkulační čerpadlo je řízeno dle vlastního časového programu.

Doplňování vody do systému je řízeno na základě údajů ze snímače tlaku umístěného v kotelně. Řízené je jak dopouštění vody do systému z nádrže upravené vody, tak odpouštění vody ze systému do vyrovnávací nádrže.

Řízení vytápění jednotlivých místností je realizováno pomocí regulátorů topení s časovým plánem a možností korekce požadované teploty ± 2 °C. Přívod teplé

vody do otopných těles je zajištěn ovládním termických pohonů v závislosti na skutečné (měřené) prostorové teplotě.

5.1.2 Systém měření a regulace

Pro měření a regulaci systému je použit plně automatický mikroprocesorový řídicí systém založený na volně programovatelném regulátoru s vestavěným web serverem. Jako ovládací panel v prostoru plynové kotelny je použit malý dotykový panel s vizualizací jednotlivých UT, TUV, systému doplňování a provozu kotlů. Dispečinkem je běžné PC zapojené do počítačové sítě podniku spolu se systémem vizualizace celého topného systému budovy a vzdáleným přístupem k operátorské obrazovce v prostoru strojovny.

5.2 Analýza a výběr řídicího systému

Z hlediska hodnocení řídicí části systému je posuzován samotný programovatelný automat spolu se vstupně-výstupními moduly. Dále se uvažuje dostupnost operátorského panelu spolu se softwarem pro vizualizaci a sběr dat pro dispečerské stanoviště. Ostatní prvky, jako pokojové regulátory, převodníky, napájecí zdroje, čidla teploty, tlaku apod., jsou zahrnuty v parametru hodnocení „Kompletnost dodávky“. Celý systém potřebuje komunikační porty pro:

- M-BUS měřící zařízení
- Připojení pokojových regulátorů
- Připojení I/O modulů
- Komunikaci s předpovědí počasí (je možné pomocí RJ45 TCP/IP)

Stanovené kritéria pro rozhodování:

- Cena
- Velikost (prostor zabírající v rozvaděči)
- Rozšiřitelnost systému (možnosti připojení dalších PLC, modulů a prvků při případném rozšiřování systému).
- Vizualizace a sběr dat (vlastní software výrobce)
- Kompletnost dodávky (množství externích dodavatelů částí systému)
- Servis a podpora (pobočky výrobce v ČR apod.)

Posuzovanými dodavateli jsou Domat Control System, Honeywell (CentraLine) a Wago. Pro chod celého systému a jeho vizualizaci je nutné zpracovávat 24 analogových vstupů (z toho 22 odporových teplotních čidel a 2 čidla 0-10 voltů), 8 analogových výstupů, 30 digitálních vstupů a 30 digitálních výstupů.

Domat Control System

Při použití komponent od firmy Domat by bylo nutné použít pouze jeden programovatelný automat spolu s modulem analogových vstupů jak je patrné z **Tab. 1**. Velikostně je z důvodu vysokého počtu I/O prvků v základní sestavě PLC MXIO

spjata i vyšší prostorová náročnost v rozvaděči. Avšak MXIO samo o sobě téměř pokrývá veškeré požadavky na vstupy a výstupy v systému a nabízí 2 porty RS232 a 2 porty RS485 pro sériovou komunikaci.

Tab. 1 - Sestava Domat Control System

	AI	AO	DI	DO	Cena
PLC MXIO	16	8	32	32	28000
Modul M560	8	-	-	-	10500
SUMA	24	8	32	32	38500

Honeywell (CentraLine)

Zvolená sestava prostorově zabere nejvíce místa z vybraných systémů. Je možné zvolit jinou sestavu, která by I/O modul CLIP931A a PLC CLEA2014B31 nahradila dražším typem PLC, ale došlo by k navýšení ceny. Sestava zbytečně poskytuje o 12 analogových vstupů více než je nutné jak je vidět z **Tab. 2**.

Výrobce též nabízí vlastní software pro vizualizaci a sběr dat pod názvem AX Arena. Ve výběru se nachází dva regulátory a to z důvodu, že každý regulátor má pouze dva komunikační porty RS485 a výrobce neposkytuje rozšiřující komunikační moduly.

Tab. 2 - Sestava Honeywell (CentraLine)

	AI	AO	DI	DO	Cena
CLEA2014B31	4	2	4	4	21600
CLEA2014B31	4	2	4	4	21600
CLIOP831A	8	8	12	6	17500
CLIOP831A	8	8	12	6	17500
CLIOP824A	-	-	-	6	5400
CLIOP824A	-	-	-	6	5400
SUMA	24	20	30	34	89000

Wago

Sestava od firmy Wago (viz **Tab. 3**) nabízí nejlepší rozšiřitelnost, ať už co se systémů tepelného hospodářství týče, tak měření energetických odběrů i práci s elektrickými pohony. Možnosti rozšíření pomocí „karet“, kterých je k jednomu PLC možné připojit až 64, nabízí širokou škálu využití při minimální zátěži prostoru. Nevýhodou je nutnost komunikačních karet, protože základní PLC nabízí pouze dva vstupy RJ45. To je důvod, proč je karta 750-652 zvolena dvakrát.

Wago nenabízí vlastní software pro vizualizaci, pokud nepočítáme jednoduché webové rozhraní. Je tedy nutný externí dodavatel.

Tab. 3 - Sestava Wago

	AI	AO	DI	DO	Cena
PLC 750-881	-	-	-	-	13950 x 1
750-550	2 (0-10V)	-	-	-	6050 x 1
750-463	4	-	-	-	5950 x 6
750-553	-	4	-	-	5770 x 2
750-431	-	-	8	-	1670 x 4
750-530	-	-	-	8	1890 x 4
750-652	-	-	-	-	8450 x 2
SUMA	26	8	32	32	98385

Celkové hodnocení

Hodnocení jednotlivých kritérií je pomocí stupnice 1-5, kde vyšší hodnota znamená lepší hodnocení produktu v dané oblasti. Výsledek je zpracován v **Tab. 4**.

Tab. 4 - Hodnocení kritérií výběru řídicího systému

	Domat	Honeywell	Wago
Cena	4	3	2
Kompletnost systému	4	4	3
Rozšiřitelnost	3	3	4
Velikost	3	2	4
Servis a podpora	4	3	4
Vizualizace/dispečink	3	2	1
SUMA	21	17	18

Zvoleným systémem dodávky pro řízení budovy byl vybrán systém od firmy Domat Control System. I přes slabší podporu komunikačních protokolů, menší rozšiřitelnost a velikost sestavy, je nejlepší variantou neboť na rozdíl od konkurentů je nutné pouze jedno PLC a jeden přídatný I/O modul. Nabízí vlastní software pro sběr a vizualizaci dat spolu s jednodušším, ale celkově propracovaným webovým zobrazením. V základu není nutné rozšíření dalšími PLC nebo komunikačními moduly a jedná se o českého dodavatele s centrálním sídlem na území České republiky s dobrou a rychlou podporou a případným servisem.

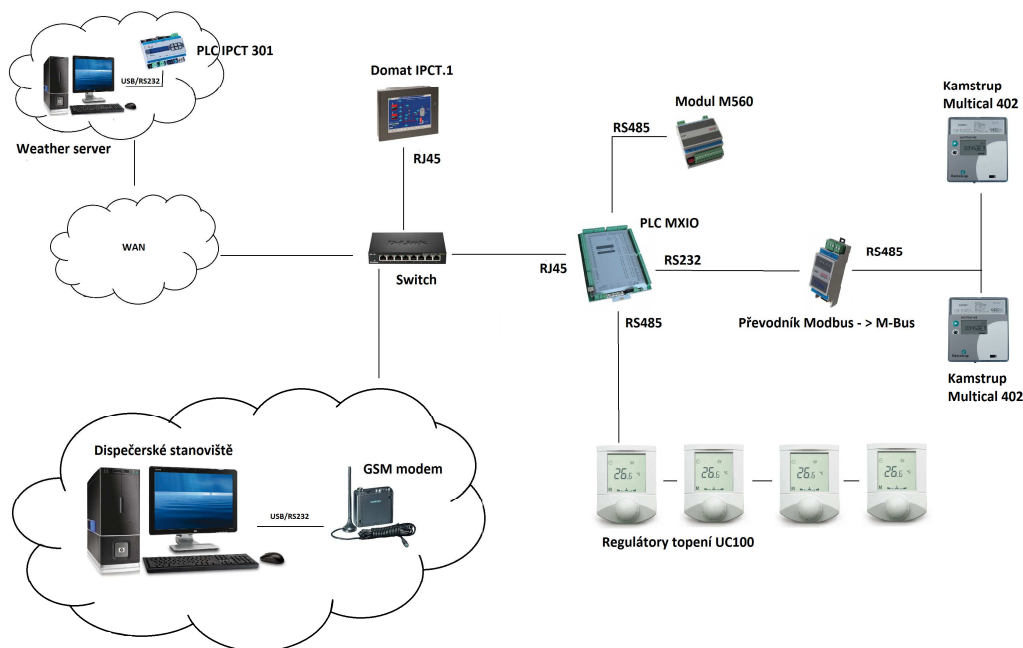
5.3 Návrh řízení regulace budovy

Stručné požadavky na řízení jednotlivých technologií určuje projektová dokumentace. Jedná se o souhrn automatické regulace jednotlivých subsystémů spolu s teplotními/tlakovými požadavky. Přesnější pokyny a algoritmy regulace určují zařízení, která jsou dodána pro řízení celé technologie a zkušenosti programátora s regulací tepelného hospodářství.

Podle vybraného řídicího systému byla navržena topologie zapojení celé technologie (**Obr. 16**) zvažující prvky pro měření a regulaci:

- PLC regulátor MXIO

- Modul M560
- M-BUS měřiče Kamstrup Multical 402
- Operátorský panel IPCT.1
- Dispečerské stanoviště s RcVision
- GSM modem
- Regulátory topení UC100



Obr. 16 - Topologie systému měření a regulace

5.3.1 Predikce počasí a adaptivní topná křivka

V technologii se nachází dodávka tepla a její měření pro dva externí odběratele. V programu a vizualizaci se jedná o větev UT_decathlon a UT_autoservis. Na každé regulované větvi je připojen kalorimetr a teplota otopné vody je regulována třícestným ventilem. Žádaná teplota je vypočítána ekvitermní regulací s teplotní úpravou podle předpovědi počasí.

Předpověď je odebírána z meteorologického serveru pro územní oblasti ČR (kraje) programem v jazyce Java spuštěným na firemním serveru. Program aktualizuje hodnoty předpovědi každých 5 minut a ukládá je po sériové lince RS232, pomocí převodníku USB na RS232, do regulátoru Domat IPLC301. Zde jsou uloženy hodnoty pro jednotlivé kraje České Republiky, jak teplota aktuální, tak teplota za 5 hodin a teplota za 24 hodin. Veškeré hodnoty jsou uloženy pomocí knihovny Jamod (Java Modbus), která je ukládá do OPC (odstavec 3.11.2) proměnných v regulátoru. Ten je přes síť WAN poskytuje veškerým regulátorům Domat připojeným do sítě internetu využívajícím komunikačního protokolu Domat Native Channel a mají importovaný projekt zdrojového PLC s předpovědí počasí a nastavené přístupové údaje.

Proces získávání a ukládání dat do regulátoru je možné rozdělit na několik kroků:

1. Připojení aplikace k meteorologickému serveru.
2. Aktualizace nebo stažení hodnot předpovědi počasí.
3. Nastavení komunikačních parametrů sériové linky a otevření spojení.

```
SerialParameters params = new SerialParameters();
    params.setPortName(portname);
    params.setBaudRate(9600);
    params.setDatabits(8);
    params.setParity("None");
    params.setStopbits(1);
    params.setEncoding("RTU");
    params.setEcho(false);
con = new SerialConnection(params);
    con.open();
```

4. Nastavení hodnot počasí pro uložení do OPC proměnných v PLC.

```
WriteMultipleRegistersRequest req = null;
SimpleRegister actT = new SimpleRegister(T[0]);
SimpleRegister futT = new SimpleRegister(T[1]);
MyReg[0] = actT;
MyReg[1] = futT;
req = new WriteMultipleRegistersRequest(0, MyReg);
```

5. Provedení transakce dat do PLC a ukončení spojení.

```
ModbusSerialTransaction trans = null;
trans = new ModbusSerialTransaction(con);
trans.setRequest(req);
trans.execute();
res = (WriteMultipleRegistersResponse) trans.getResponse();
con.close();
```

Teploty předpovědi regulátor využívá k úpravě hodnoty požadované otopné vody tak, že v případě předpovídajícího oteplení, dojde ke snížení žádané teploty otopné vody o hodnotu, kterou lze jednoduše vyjádřit vzorcem.

$$t_e = t_v + (t_{4h} - t_{akt})$$

t_e = vypočítaná teplota vstupující do ekvitermy

t_v = měřená venkovní teplota

t_{4h} = předpověď teploty za 4 hodiny

t_{akt} = aktuální předpověď teploty

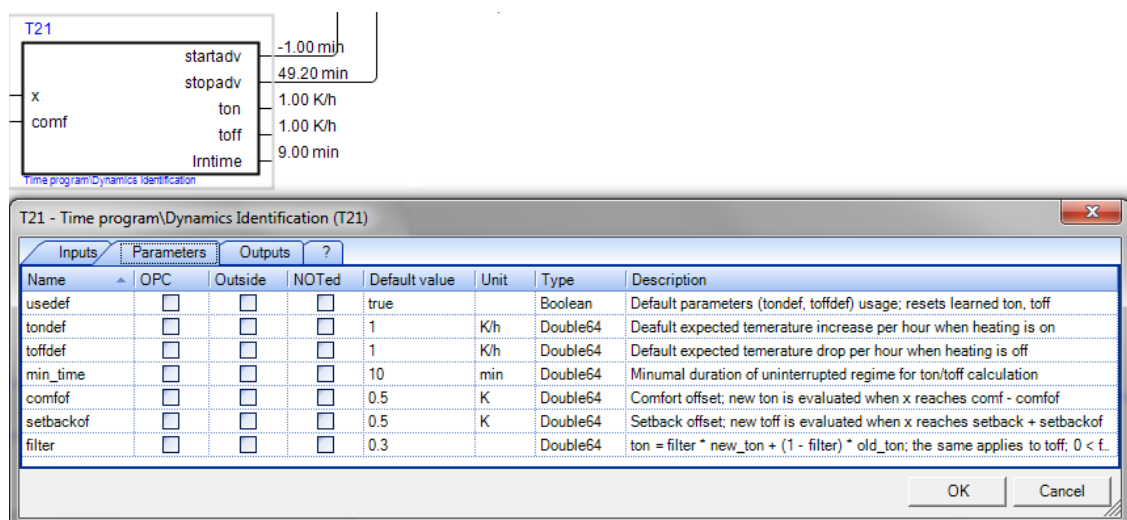
V případě předpovědi určující ochlazení v následujících pěti hodinách se neprovádí žádná úprava žádané teploty otopné vody a teplotu určuje přímo výstup bloku ekvitermní regulace.

5.3.2 Regulace místnosti

Bude použita PWM regulace (odstavec 2.5) neboli pulsně šířková modulace v každém pokojovém regulátoru pro řízení ventilů termopohonů. Každý pokojový regulátor obsahuje PI regulátor a algoritmus řízení dle aktuální měřené a žádané teploty v místnosti. V případě ovládní více než dvou termických pohonů topení bude použit triakový výkonový modul ME210 (jeden triak) nebo ME220 (dva triaky).

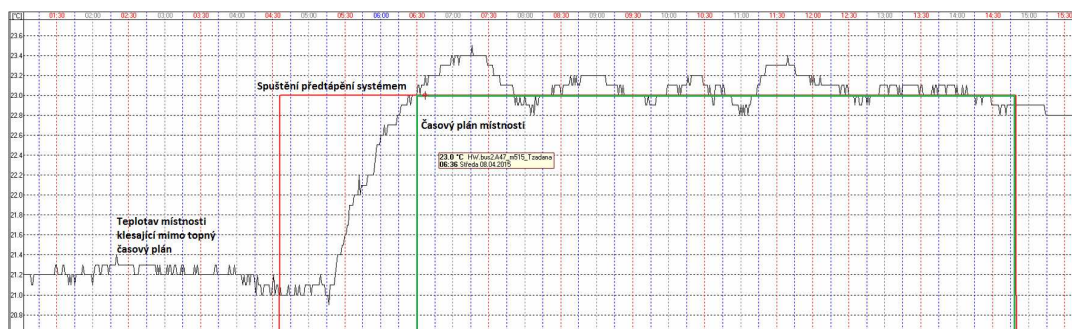
5.3.3 Systém předtápění místnosti

Každá místnost, kromě řízení podle vlastního časového plánu, bude obsahovat blok T21 (**Obr. 17**), který zapíná a vypíná vytápění tak, aby v době začátku časového plánu pro režim DEN, byla teplota v místnosti shodná jako žádaná teplota.



Obr. 17 - Blok předtápění místnosti s parametry nastavení

Jednoduše řečeno blok vypočítává, o jakou dobu dříve je nutné topit a vyslat požadavek na ohřev otopné vody, aby místnost dosáhla v začátku časového plánu požadované teploty v prostoru. Jak je vidět na **Obr. 18**, kde je zeleně znázorněn nastavený časový plán, blok předtápění zapíná režim den s žádanou teplotou 23 °C kolem 4:30 hodin ráno, aby dosáhl požadované teploty v místnosti v začátku časového plánu – tedy v 6:30. Následně regulace PWM udržuje teplotu v místnosti mírnými překmity převážně nad žádanou teplotou s diferencí $\pm 0,5$ °C.



Obr. 18- Graf předtápění, časového plánu a měřených teplot

5.4 Technologická zařízení pro regulaci

Procesní stanice Domat MXPLC

Je kompaktní PLC s integrovaným I/O modulem se skladbou optimalizovanou pro aplikace VVK (větrání, vytápění, klimatizace) a domovní techniky. Dále je vybavena dvěma sběrnicemi RS485 a RS232 a jedním rozhraním Ethernet. Stanice umožňuje webovou vizualizaci a obsahuje OPC server. I/O modul obsahuje:

- 32 digitálních vstupů (24 V)
- 32 digitálních výstupů (relé)
- 16 analogových vstupů (softwarově přepínatelné, napětí, proud, odpor)
- 8 analogových výstupů (0-10 V DC)

Pomocí sběrnice RS485 lze rozšířit o další I/O moduly. Stav vstupů a výstupů spolu s komunikací (TX) jsou signalizovány indikačními LED diodami na čelní konstrukci regulátoru. (domat-int.com,2015)

Modul M560

Jedná se o přídatný modul s osmi univerzálními analogovými vstupy s volitelným rozsahem (napětí, odpor, teplota, 4x proudová smyčka), který je k řídicímu regulátoru připojen pomocí sběrnice RS-485 a komunikuje po protokolu Modbus RTU. (domat-int.com,2013)

Pokojevé regulátory Domat UC100

Je regulátor topení s jedním výstupem. Umožňuje autonomní režim nebo napojení na primární regulátor, vizualizaci nebo webové rozhraní. Provádí měření teploty v prostoru, kde je umístěn, a umožňuje ovládání termostatických ventilů nebo spínání členu elektroohřevu. (ies.sk, 2010)

GSM modul

Je použit GSM modem Cinterion MC55i Terminal. Patří mezi nejběžnější GSM/GPRS zařízení pro M2M aplikace. Sestává s terminálu, napájecího zdroje, GSM antény a sériového kabelu pro připojení, v našem případě, na centrální dispečink. (paoli.cz, 2013)

Průmyslové PC s dotykovou obrazovkou Domat IPCT.1

IPCT.1 je řídicí a regulační jednotka standardu PC s možností připojení I/O modulů Domat. Je složena z 8" dotykové obrazovky, dvou sériových portů (připojení modulů), dvou USB (připojení tiskárny, kamer, modemu atd.) a jednoho portu Ethernet (připojení na technologickou síť). Jedná se o provedení s pasivním chlazením – bez ventilátoru. (domat-int.com, 2014)

Dispečerské pracoviště – PC

Jedná se o stolní počítač od firmy Dell pracující pod systémem Windows 7 Professional 64 bit, s integrovanou grafickou kartou Intel HD 4000, která plně postačuje pro plynulý provoz vizualizačního softwaru. Kapacita HDD 500 GB je dostatečná pro veškerý potřebný software i jako uložení měřených veličin v technologii. Zobrazovací jednotkou je monitor Dell o úhlopříčce 23 palců s Full HD rozlišením. Pro připojení GSM modulu do počítače je použit převodník USB -> RS232.

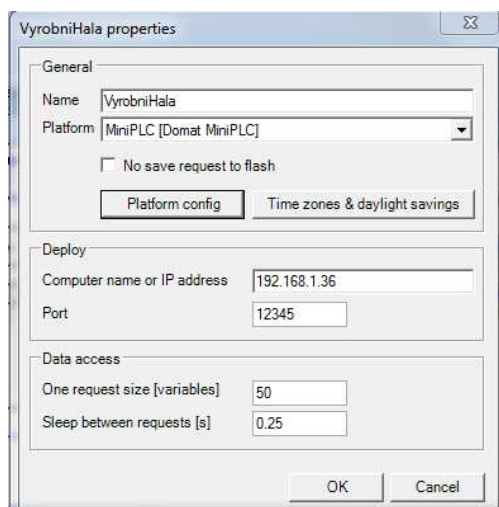
5.5 Vytvoření projektu a konfigurace PLC

Pro tvorbu řídicího systému byl využit program SoftPLC od společnosti Energocentrum Plus s.r.o., který je určen pro programování regulátorů od firmy Domat Control System. Zahrnuje v sobě pouze modul pro programování regulátorů a jejich přídatných modulů.

Po spuštění je automaticky vygenerován projekt se základním nastavením, kde je nutné specifikovat platformu a celkové nastavení PLC. Vhodné je upravit název projektu tak, aby byl lehce identifikovatelný v případě pozdějšího návratu k programu.

5.5.1 Konfigurace PLC

Prvním krokem je zvolení platformy z Full SoftPLC na MiniPLC (viz **Obr. 19**) a následné nastavení samotného regulátoru. Pro tuto část je nutné mít přidáný samotný hardware v projektu a připojené PLC.



Obr. 19 - Nastavení platformy

Pro přidání se používá záložka HW nacházející se ve stromové struktuře v levé části programovacího softwaru, jak je vidět na **Obr. 20**. Nejdříve přidáme komunikační kanál (v našem případě MODBUS RTU TCP (sériová linka)) a následně můžeme přidat samotná zařízení. K tomu slouží volba „Add device“, která umožňuje přidání různých druhů regulátorů a modulů Domat Control System (dále jen DCS). Pro náš projekt a řešení to jsou:

- MXIO [Maxi multi IO (32 Do, 32 DI, 16 AI, 8 AO)]
- Modul M560 [8 AI (Ohm, V, mA)].

Jednotlivým regulátorům a modulům je nutné nastavit vlastní adresu zařízení. K tomu je nutné fyzicky připojit jednotlivý hardware, aby došlo k zápisu adresy do samotného zařízení.

Dále je nutné přidat další komunikační linky.

Komunikační kanál 2:

MODBUS RTU TCP/Seriál (RS232/RS485)

- Pro připojení regulátorů topení (UC100) v jednotlivých místnostech

Komunikační kanál 3:

M-BUS (RS232/RS485)

- Pro připojení dvou kalorimetrů (Kamstrup Multical 402)

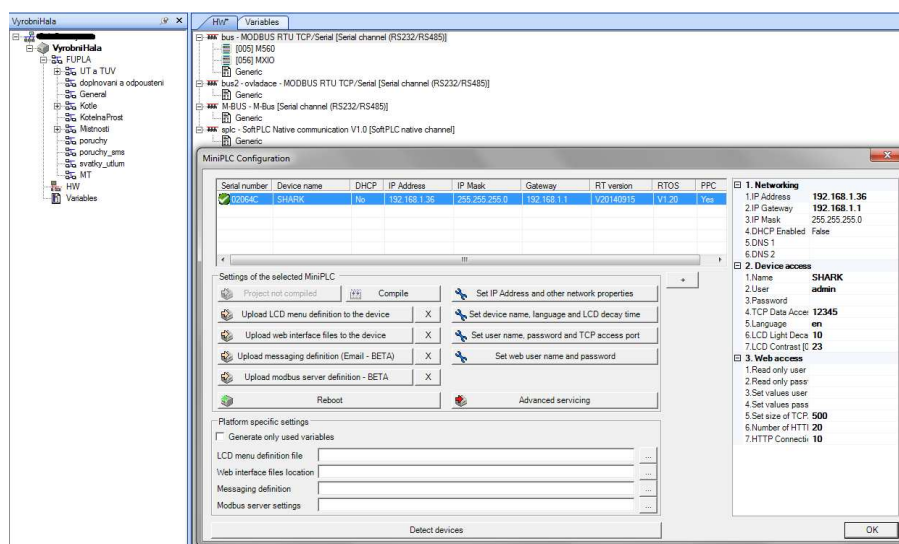
Komunikační kanál 4:

SoftPLC Native communication V1.0 (SoftPLC native channel)

- Kanál pro vzájemnou komunikaci mezi regulátory DCS. Slouží pro čtení/zápis do OPC proměnných.

Po přidání všech komunikačních kanálů a zařízení je nutné nakonfigurovat samotný regulátor. Přes nabídku „Platform config“ se zobrazí panel s nastavením, kde po

výběru regulátoru (je nezbytné mít PLC připojené v síti nebo k PC) je možné nastavit síťové parametry, zabezpečení regulátoru spolu s komunikačním portem a LCD (v případě, že PLC má displej) a webový přístup k vizualizaci (viz **Obr. 20**). Jednotlivá nastavení se musí nahrát do regulátoru a následně provést restart PLC. Pomocí tohoto panelu nastavení se provádí samotné nahrání programu do zařízení spolu s nastavením LCD displeje, webového rozhraní, definice alarmových SMS a Modbus mapy.



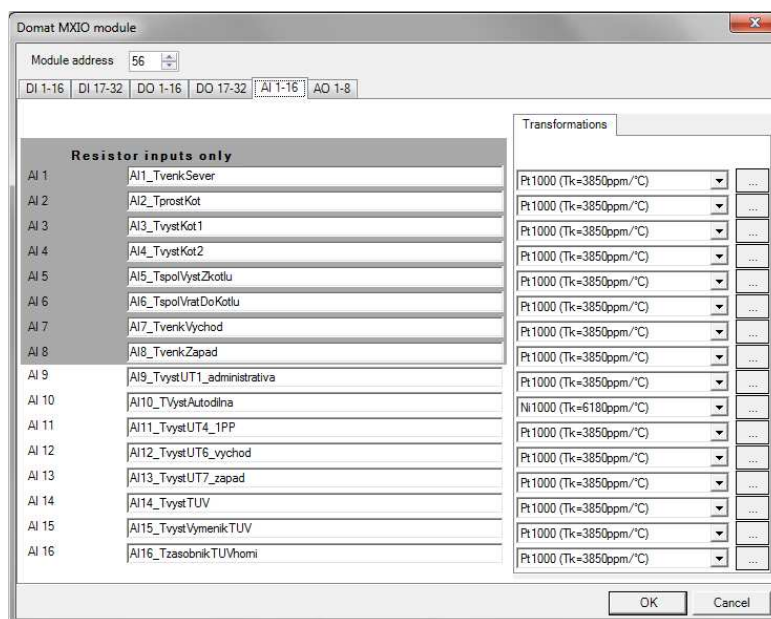
Obr. 20 - Nastavení PLC

5.5.2 Tvorba proměnných dle datových bodů pro PLC a I/O modul

Na zařízeních obsahujících vstupně-výstupní prvky je nutné přidat a nastavit jednotlivé I/O dle datových bodů, které jsou určeny projektem a přísluší na konkrétní I/O na daném hardwaru. V případě analogových vstupů je nezbytné upřesnit typ snímače. To se provádí přímo na zařízení, kde přes nabídku „Edit“ otevřeme okno pro nastavení vstupů a výstupů.

V našem případě definujeme na regulátoru digitální vstupy/výstupy (DI/DO) a analogové vstupy/výstupy (AI/AO). Na **Obr. 21** je možné vidět už nadefinované I/O dle projektové dokumentace s udanými názvy podle jejich příslušného použití. U snímačů teploty definujeme typ Pt 1000 nebo Ni 1000. Prvních osm AI je pouze odporových. Na tyto I/O nepřipojujeme a nedefinujeme snímače pracující s výstupem ve voltech nebo miliampérech. K tomu slouží následujících 8 AI.

Stejný postup aplikujeme i pro modul M560, kde se nachází pouze analogové vstupy. Kromě výše uvedených typů snímačů Pt 1000 a Ni 1000 jsou použity snímače s výstupem 0–10 voltů a to pro měření hladiny vody v zásobníku a tlaku v systému.



Obr. 21 - Datové body regulátoru

5.5.3 Tvorba proměnných pro regulátory topení

Vytvoření datových bodů pro regulátory topení místností se provádí přes položku „Generic“ u příslušného komunikačního kanálu. Přes nabídku „Edit“ dojde k otevření okna se seznamem aktuálních proměnných, které je možné upravovat. U regulátorů topení v místnosti je nutné nakonfigurovat následující proměnné:

- Měřená teplota v místnosti
- Žádaná teplota místnosti
- Žádaná teplota ve dne
- Žádaná teplota v noci
- Žádaná teplota ve dne pro zápis (při změně požadované teploty)
- Žádaná teplota v noci pro zápis (při změně požadované teploty)
- Aktuální nastavení topného módu (den/noc)
- Aktuální požadovaný stav ventilu 0-100 %

Při vytvoření se nastavuje datový typ proměnné, název, případně jednotku měřené veličiny, a zda je určena pouze pro čtení nebo zápis. V RcWare SoftPLC se používají tyto typy proměnných:

Boolean: binární proměnná, nabývá hodnot False nebo True.

Double: reálná čísla s dvojitou přesností - 64 bit floating point.

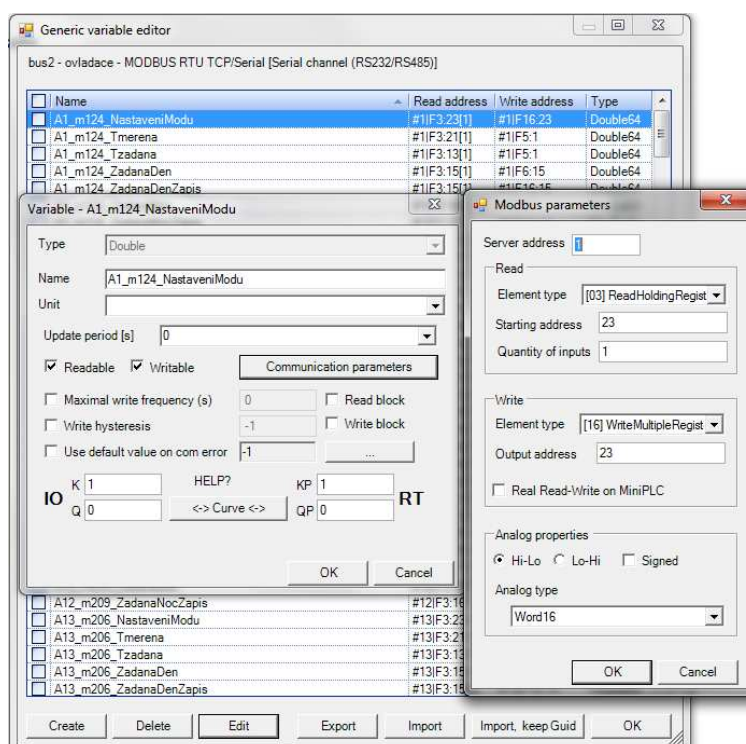
Int64: 64 bit integer se znaménkem.

String: textová hodnota.

DateTime: pro operace s datem a časem.

TPG: pro operace s časovými plány.

V položce „Communication parameters“ nastavíme adresu pokojového regulátoru, ze kterého chceme číst případně zapisovat hodnoty, a do kterého registru (položky „Starting a output address“). Zde je důležité správně uvést veškeré hodnoty, aby nedošlo k čtení/zápisu chybných dat a tím ovlivnění regulace v dané místnosti. Pracovní okna pro nastavení datového bodu pro jednotlivé ovladače jsou zobrazena na **Obr. 22**, kde je v pozadí vidět seznam již vytvořených proměnných. Název sestává s částí m + číslo, dle patra a místnosti, ve které se nachází a části A + číslo, udávající adresu regulátoru. Usnadňuje to práci a zpřehledňuje program.



Obr. 22 - Datové body regulátorů topení

5.5.4 Konfigurace kanálu M-BUS pro kalorimetry

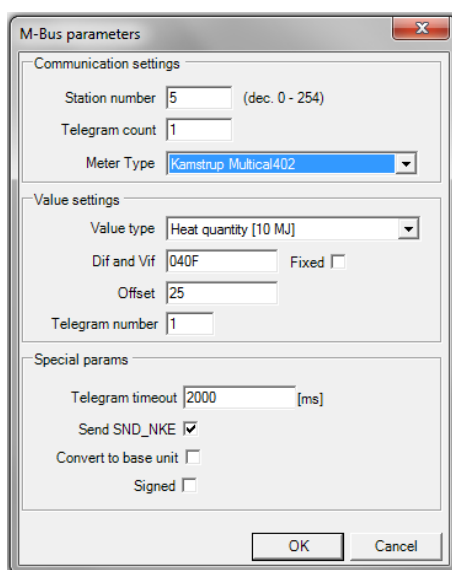
V systému jsou zapojeny 2 kalorimetry Kamstrup Multical 402, komunikující po sběrnici M-BUS. Nastavení samotného komunikačního kanálu se provádí přes nabídku „Edit“ a následně „Channel properties“.

Parametry nastavíme na hodnoty:

- 300, 2400 nebo 9600 baud rate
- 8 data bits
- 1 parity bit (even)
- 1 stop bit
- None handshake

Nastavení modulační rychlosti (baud rate) pro měřiče KAMSTRUP MULTICAL 402 má tři varianty. Při uvedení zařízení do provozu dochází k autodetekci nastavené modulační rychlosti. Přesněji řečeno, pokud dojde k dotazu na měřenou hodnotu, dojde poté k odpovědi se stejnou rychlostí, s jakou byl odeslán dotaz k měřicímu zařízení.

Pro potřeby měření je nutné vytvořit proměnné pro čtení měřených hodnot z kalorimetrů. Opět přes položku „Generic“ u komunikačního kanálu M-BUS přidáme proměnné pro oba kalorimetry. Zajímají nás hodnoty celkového dodaného tepla do topné větve a aktuální průtok vody. Z **Obr. 23** je patrné nastavení komunikačních parametrů měřiče. Vybereme typ kalorimetru a hodnotu, kterou chceme číst ze zařízení. Program automaticky doplní položku Dif a Vif které definují adresu hodnoty uložené v paměti kalorimetru.



Obr. 23 – nastavení hodnot pro čtení

5.5.5 Konfigurace komunikačního kanálu SoftPLC Native

Je komunikační protokol pro vzájemnou výměnu dat mezi regulátory Domat. Zde slouží pro přenos hodnot aktuální teploty a teploty za 5 hodin z regulátoru připojeného do sítě WAN, který je nakonfigurován a připojen k firemnímu serveru a komunikuje s programem v jazyce Java, který stahuje z meteorologického webu aktuální a budoucí stavy počasí pro jednotlivé oblasti České republiky. Program pomocí knihovny JAMOD, která umožňuje v Javě komunikaci přes sériovou linku, ukládá do OPC proměnných přes sériovou linku hodnoty do regulátoru, který je poskytuje přes zabezpečené rozhraní a SoftPLC Native komunikační kanál. Regulátor je zabezpečen přístupovým loginem s heslem a je dále chráněn hraničním routerem s firewalllem.

Aby mohl regulátor stahovat aktuální hodnoty počasí z OPC serveru, je nezbytné importovat vytvořené OPC proměnné ze SoftPLC projektu, který je spuštěn na firemním PLC tzv. Weather serveru. Díky tomu je kromě přístupových údajů

dále zabezpečeno, že hodnoty OPC nemůže neoprávněná osoba využívat. Bez zdrojového projektu pro regulátor s předpovědí není možné uskutečnit připojení a využívat Weather server.

5.6 Implementace řídicího programu

5.6.1 Kaskádní řízení kotlů

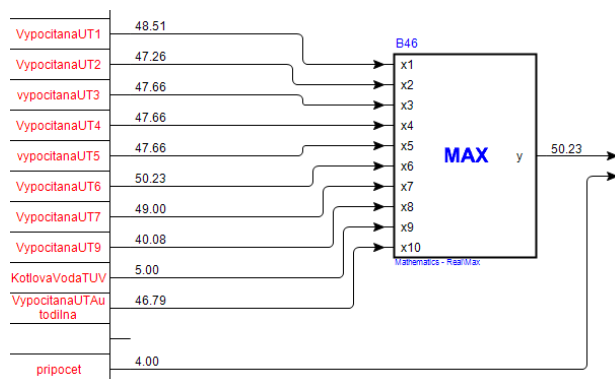
Pro kaskádní řízení dvou teplovodních kondenzačních kotlů s regulovaným hořákem byly vytvořeny 4 řídicí schémata a to:

- Kotle a kotelna
- Rizeni_kotlu
- Stridani kotlu
- Pripnuti kotle2
- Vypnuti kotle2

Princip spouštění a vypínání druhého kotle je patrný z diagramu (**Obr. 35**), který zjednodušeně popisuje princip řízení kotlové kaskády. Nezahrnuje však střídání kotlů v pozici startovacího kotle ani některé další okolnosti potřebné ke správné funkci systému. Převážně obecně popisuje průběh programu se zaměřením na zapínání druhého kotle.

Kotle

Jednoduchá část programu, která obsluhuje výpočet teploty výstupní vody z kotlů do otopného systému. Blok B46 (**Obr. 24**) zpracovává požadavky jednotlivých topných větví s přesností na dvě desetinná místa a vybírá maximum ze vstupních hodnot a následně k výstupní hodnotě „y“ je přidán přípočet 4 °C pro vyrovnání případných ztrát vzniklých při distribuci otopné vody systémem.



Obr. 24 - Výběr teploty topné vody

Kotelna Prostor

Schéma zpracovává signál z teplotního čidla umístěného v prostoru kotelny a porovnává s nastavenou maximální přípustnou teplotou v kotelně. V případě překro-

čení přípustné teploty s hysterezí 1 °C, dojde ke spuštění ventilátoru a odvětrávání prostoru strojovny tak dlouho, než teplota klesne pod maximální přípustnou hodnotu. Schéma lze popsat pseudokódem:

```
if (TeplotaStrojovna > (30 °C + hystereze);  
    then Ventilator ON;  
    else Ventilator OFF;  
end;
```

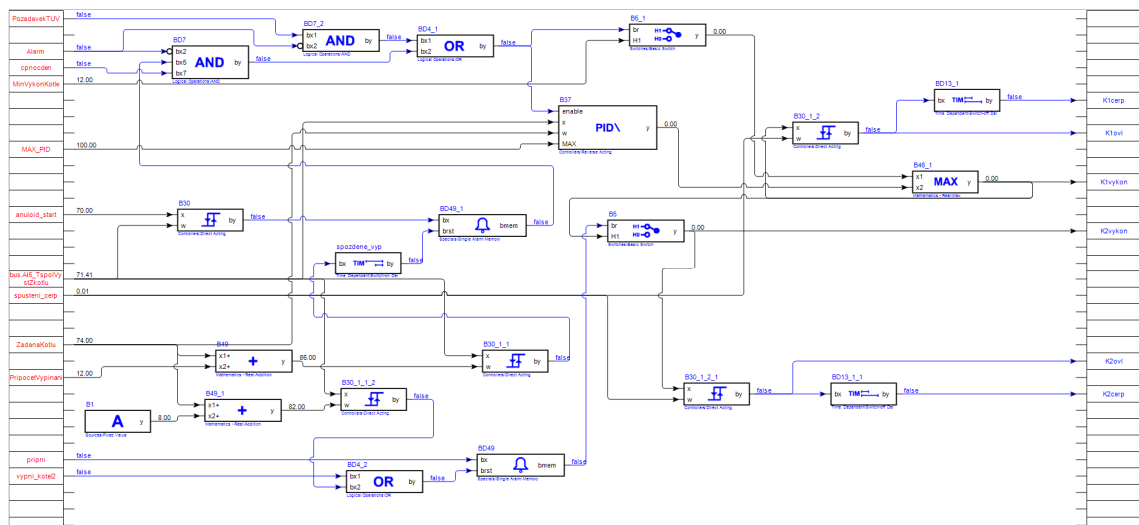
V případě, že teplota ve strojovně překročí hodnotu 35 °C, dojde k signalizaci poruchy a to, přetopení prostoru strojovny.

Řízení kotlů

Výkon kotlů je řízen PID regulátorem s maximální a minimální hranicí výkonu. PID blok je povolován v případě, že je požadavek na ohřev TUV a není porucha v systému (proměnná alarm) nebo je žádaná teplota otopné vody vyšší než měřená teplota otopné vody na společném výstupu z kotlů. V případě, že při ohřevu nastane situace, při které je výstup otopné vody z kotlů vyšší než žádaná teplota, dojde k odstavení kotle/ů se zpožděním 120 sekund. K žádané teplotě je přidáván přípočet, který eliminuje tepelné ztráty v systému při rozvodu topné vody od kotlů k otopným tělesům.

V případě startu kotle (kotel není v provozu ani na minimální výkon) upravuje počáteční hodnotu maximálního výkonu kotle schéma *Vypnutí kotle 2*, které povoluje výkon první čtvrt hodiny na 12 % (více viz schéma *Vypnutí kotle2*). Po uplynutí nastaveného času je povoleno přímé řízení výkonů hořáků přes PID blok a to v rozmezí 12-100 %.

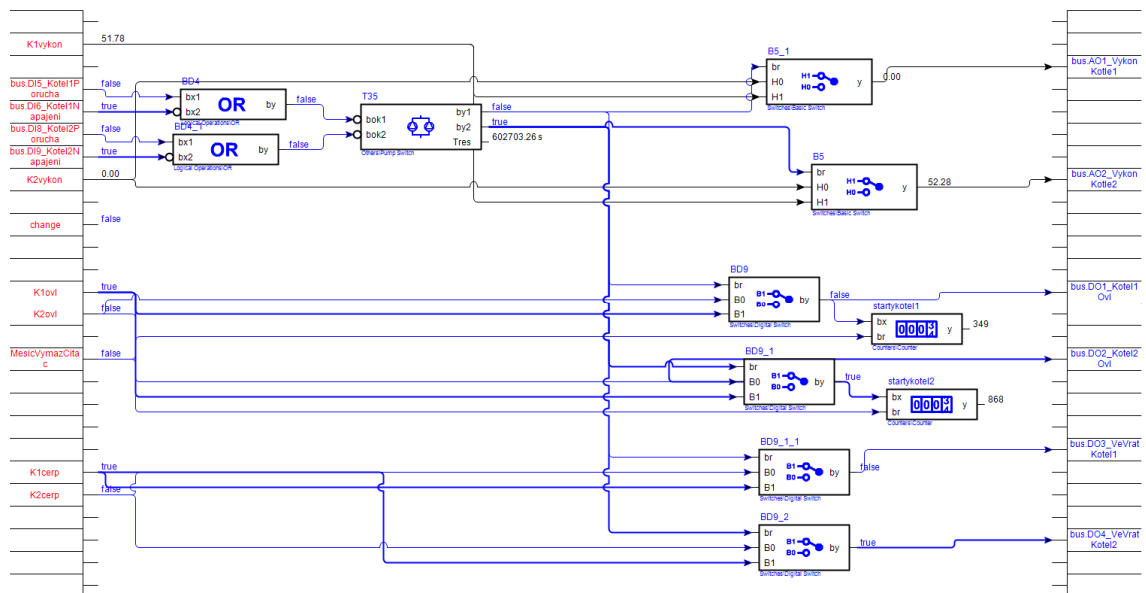
Dojde-li k vyhodnocení, že primární kotel nestačí na ohřev otopné vody na žádanou teplotu po stanovenou dobu (15 minut) a program spustí druhý kotel, jsou výkony obou kotlů řízeny stejným PID blokem (B37) a to tak, že po startu druhého kotle nastaví výkon oběma kotlům na 41 % a postupně zvyšuje jejich výkon dle průběhu teploty topné vody na výstupu se závislostí na aktuální hodnotu požadované teploty. Spuštění čerpadel pod proměnnými K1ov1 a K2ov1 se provádí v situaci, kdy je minimální výkon kotle vyšší jak 0,01 %. Jelikož je minimální výkon stanoven výrobcem na ±8-10 %, je vždy zaručeno, neuvažujeme-li poruchu akčního členu nebo technologie vytápění, že dojde ke spuštění příslušného čerpadla.



Obr. 25 - Schéma řízení kotlové kaskády

Střídání kotlů

Schéma obsahuje řízení pro pravidelné střídání kotlů. Dochází ke změně primárního kotle, který startuje v případě potřeby dodávky tepla jako první, na druhý kotel. Nastavení dle projektové dokumentace bylo uskutečněno na 7 dní. Poté dochází k prohození pozic kotlů. V případě poruchy primárního kotle, dojde k vyhodnocení poruchy a program automaticky spustí sekundární kotel, i když ještě neuplynula doba pro jejich výměnu. Vyhneme se tak případnému odstavení systému při poruše startovacího kotle.



Obr. 26 - Schéma střídání kotlů

Změna pozice primárního startovacího kotle za sekundární, se provádí pomocí bloku T35, který po uplynutí nastaveného času aktivuje výstup, který nabýval

hodnoty FALSE, na hodnotu TRUE a naopak. Tím dojde k přiřazení proměnných **K1vykon** a **K2vykon** v blocích B5, což jsou jednoduché switche, tak, že na analogový výstup posíláme hodnotu požadovaného výkonu pro startovací kotel (**K1vykon** nebo **K2vykon**). Program dále využívá čítače k počítání startů jednotlivých kotlů. Počet startů slouží k případné kontrole, protože obě hodnoty by měli teoreticky ležet blízko sebe, pokud nedochází k velkým výkyvům v dodávce tepla nebo poruchám jednoho z kotlů. Resetování čítačů se provádí v měsíčních intervalech.

Připnutí kotle

Slouží k připojení a startu druhého kotle, v případě, že první kotel nedosáhl svým provozem žádané teploty topné vody ve stanoveném časovém intervalu a zároveň byl v provozu na více jak 80 % svého výkonu. Časová prodleva určující připnutí druhého kotle je dle projektové dokumentace žádaná po 15 minutách. V programu byla doba pro zapnutí druhého kotle zvýšena, z důvodu odstranění mírných zpoždění měřených veličin, které by mohli mít ve výsledku zbytečné připnutí druhého kotle. S tímto schématem úzce souvisí schéma vypnutí kotle 2.

Vypnutí kotle

Schéma je možné rozdělit na tři části, které spolu úzce souvisí a dají se rozdělit:

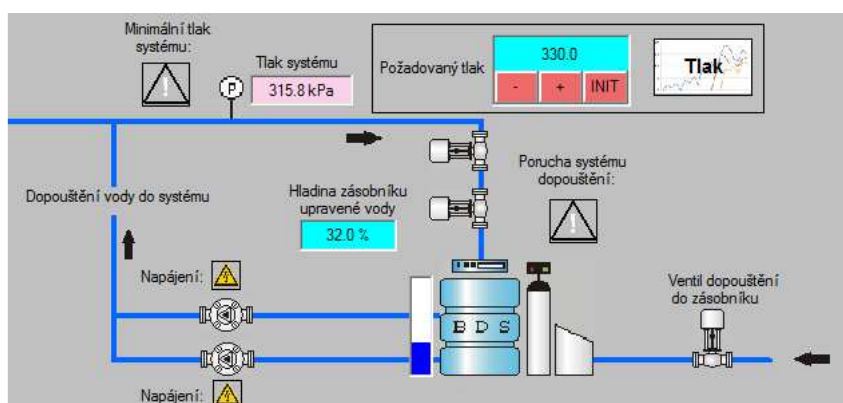
- Vypínání druhého kotle v kaskádě
- Nastavení maximální teploty výstupní vody z kotlů
- Nastavení maximálního výkonu kotlů

K vypnutí druhého kotle dojde v případě, že výkon obou kotlů klesne pod hranici 40 % a to po dobu delší než třicet sekund. Tato mezní hodnota určuje, kdy k ohřevu otopného média plně postačuje výkon pouze primárního kotle.

Aby nedocházelo ke zbytečným startům při nízkých požadavcích na dodávku tepla, udržuje třetí část bloků (viz schéma) maximální výkon startovacího kotle po jeho spuštění na 12 % po dobu prvních asi 15 minut. Kotel by zbytečně po sepnutí zvyšoval svůj výkon a vypnul se po krátkém časovém intervalu i několikrát za hodinu. Tyto výkyvy odstraňuje výše zmíněný provoz v první čtvrtině, eliminuje zbytečně velké množství startů, a tím prodlužuje životnost kotlové soustavy.

5.6.2 Doplnování a odpouštění vody do/ze systému

Systém dopouštění a odpouštění vody do/z systému je sestaven ze dvou ventilů pro odpouštění (100% jištění), dvou čerpadel pro dopouštění do systému a vyrovnávací nádrže, do které se přes úpravnu vody pomocí jednoho ventilu dopouští demineralizovaná voda pro doplňování do systému.



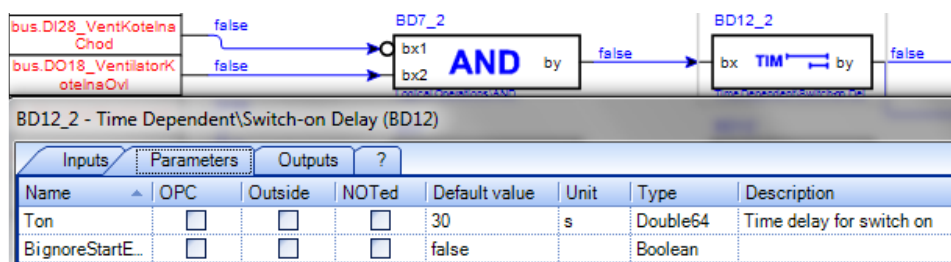
Obr. 27 - Systém dopouštění a odpouštění

V zásobníku demineralizované vody se udržuje konstantní hladina ve výšce 30-40 % jejího objemu. V případě poklesu je obsluha upozorněna na nízký stav hladiny a automaticky se spustí dopouštění demineralizované vody pomocí ventilu ovládaného otevřeno/zavřeno. V případě vysokého tlaku v systému dochází k odpouštění vody do nádrže. Výška hladiny v nádrži je jištěna proti překročení 95% hranici objemu. Pokud by překročení limitu nastalo, došlo by k zastavení odpouštění ze systému a varování obsluhy o překročení maximální přípustné výšky hladiny.

K odpouštění vody slouží dva sériově zapojené ventily s ovládáním otevřeno/zavřeno. V případě překročení tlaku nad 340 kPa, program automaticky otevře vypouštěcí ventily pro snížení tlaku, aby bylo dosaženo požadované hodnoty 330 kPa (žádaný tlak je možné měnit obsluhou přes centrálu nebo operátorský panel ve strojovně). S tlakem v soustavě úzce souvisí výše popsaná maximální výška hladiny v nádrži. Dojde-li k poklesu tlaku pod hodnotu 310 kPa, spustí program čerpadla pro doplnění vody do systému ze zásobníku. Dopouštění do systému i do nádrže z úpravny vody může probíhat paralelně, tedy souběžné doplňování vody jak do systému, tak do zásobní nádrže. V situaci, kdy čas dopouštění překročí hranici 800 sekund, dojde k zastavení činnosti tohoto systému a vyhlášení poruchy dopouštění.

5.6.3 Poruchové stavy

Požadavek pro regulaci zahrnuje snímání poruchových stavů, pokud to umožňuje samotný akční člen nebo prvek systému, nebo snímání chodu daného zařízení, pomocí kterého se vyhodnocuje případná porucha. U akčních členů, u kterých je snímán chod daného zařízení, je v programu vyhlášení poruchy ošetřeno zpoždovacím blokem BD12 (**Obr. 28**), aby nedošlo k signalizaci poruchy, v případě, že zpětný signál o provozu zařízení při větším vytížení komunikační linky dorazí do regulátoru s časovou prodlevou.



Obr. 28 - Zpoždovací blok s nastavením

V systému jsou vyhodnocovány poruchy na těchto akčních členech nebo pomocí snímačů na technologických zařízeních:

- Nízký tlak systému při poklesu pod 150 kPa
- Přetopení prostoru strojovny při překročení teploty 35 °C
- Únik plynu 1. stupně
- Únik plynu 2. stupně
- Porucha ventilátoru v prostoru strojovny
- Porucha systému doplňování a odpouštění
- Porucha čerpadel TUV – primární, sekundární
- Porucha čerpadel větví UT 1-9 a UT autodílna
- Porucha čerpadel doplňování demineralizované vody do systému
- Zaplavení prostoru kotelny
- Uzavření bezpečnostní plynové armatury
- Poruchy kotlů

Poruchy jsou rozděleny do dvou skupin v závislosti na tom, zda jejich stav ohrozí provoz celé technologie nebo jen její části (např. konkrétní větve ústředního vytápění). Nastane-li porucha, systém vyčká 15 sekund a až poté rozsvítí signalizační světlo v rozvaděči ve strojovně a spustí zvukovou signalizaci havárie systému. Zpoždění je zavedeno z důvodu možné chyby v komunikaci nebo jejího opoždění, aby se předešlo zbytečnému zastavení provozu.

Veškeré poruchové stavy jsou zobrazovány ve vizualizaci na centrálním dispečinku, kde je mimo jiné připojen GPS modul, pomocí kterého jsou na určená mobilní čísla odesílány SMS zprávy o vzniku poruchového stavu.

Struktura SMS:

<Místo vzniku> Pctim: čas události

AA: X

DB: číslo datového bodu + název proměnné: stav (ZAP/VYP)

AKT: datum + čas

TC: místo vzniku (aktivní stanice ve vizualizaci)

SK: číslo skupiny.

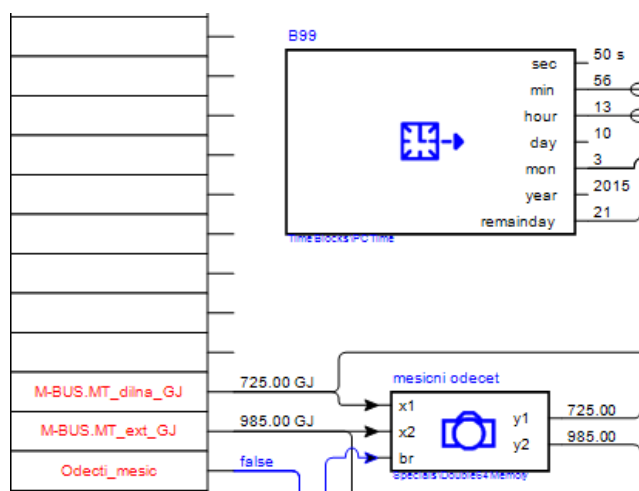
Odesílání SMS provádí SCADA/HMI software v dispečerském stanovišti, který má v databázi nastavený seznam proměnných, u kterých se vyhodnocuje poruchový

stav. Mimo jiné upozorní obsluhu vytvořením varovného okna o vzniku poruchy v systému s popisem daného zařízení s poruchou.

5.6.4 Měření dodávky tepla

Dvě větve ústředního topení (UT Decatlon a UT autodílna) mají nainstalovány kompaktní ultrazvukové měřiče tepla. Jedná se o kombinaci kalorimetru a ultrazvukového průtokoměru. Měřiče komunikují po protokolu M-BUS a dodávají údaje o dodaném teple a aktuálním průtoku z důvodu fakturace externího subjektu.

Pro zpracování dat z měřičů a zobrazení naměřených hodnot slouží schéma „MT“, které využívá paměťové bloky a čas regulátoru k pravidelným odečtům hodnot. Paměťové bloky B105 pracují s datovým typem „Double64“ s přesností na 2 desetinná místa. V programu uchovávají celkovou dodávku tepla a zpětně 12 měsíčních odečtů. Uložení hodnoty napojené na vstupy x_1 až x_{12} nastane v okamžiku, kdy proměnná Odecti_mesic (Obr. 29) nabude hodnoty TRUE. Situace se opakuje každý měsíc a vyhrazený čas pro odečet, případně reset hodnot jiných čítačů, je nastavena na čas posledního dne v měsíci od 23:59:00 do 23:59:59. Poté nabývá hodnoty FALSE a systém zpracuje měřené odečty a zobrazí hodnoty v příslušné obrazovce dispečerského stanoviště.



Obr. 29 - Systémové hodiny a paměťový blok

5.6.5 Regulátory topení

Celá budova disponuje celkem 51 regulátory topení rozmístěnými dle zadavatele v požadovaných místnostech. Každý regulátor řídí v místnosti pomocí jednoho digitálního výstupu termický pohon (ventil) radiátoru s počátečním nastavením „bez napětí zavřeno“ (NC - Normally closed). Regulátory obsahují vlastní PI algoritmus, který řídí ventil v rozmezí 0-100 %, dle vývoje měřené teploty v prostoru s návazností na požadovanou teplotu pomocí pulsně šířková modulace (viz odstavec 25).

K požadavku na ohřev topné vody a zapnutí čerpadla pro její dodávku do topné větve dochází ve chvíli, kdy regulátor požaduje otevření ventilu na více jak 45 %

(viz přílohy **Obr. 49**). Výpočet požadované topné vody se provádí pomocí venkovní teploty a ekvitemní křivky. Vypočtená hodnota je zařazena mezi již figurující hodnoty v programu „Kotle“ a v případě, že tato hodnota bude nejvyšší, bude vyhodnocena jako nová požadovaná teplota otopné vody.

Ke spuštění čerpadla ústředního topení a regulaci trojcestného ventilu stačí povel jednoho pokojového regulátoru v daném topném okruhu. Některé prostory s ovladačem zahrnují více jak jeden topný okruh. V situaci, kdy ovladač řídí více než dva termické pohony, jsou využity triakové výkonové zesilovače (moduly ME210 a ME220), které umožňují ovládání až 6 termických hlavíc jedním zesilovačem.

Každý regulátor topení má vlastní časový plán nastavitelný z dispečerského stanoviště. Uživatel má pouze možnost korigovat žádanou teplotu v rozmezí ± 2 °C. Opatření je z důvodu, aby nenastal rapidní rozdíl žádaných teplot v sousedních místnostech a s tím spojený přestup tepla do vedlejších místností. Pro zápis teploty s korekcí jsou opět použity paměťové bloky B105.

Každé patro zahrnuje pomocné schéma „Zápis XNP“ (X = číslo patra), které se stará o uložení žádané teploty pro pokojové regulátory ve stejném podlaží. Nastavení se provádí opět pouze přes vizualizaci na dispečerském stanovišti.

5.6.6 Útlumy topných okruhů

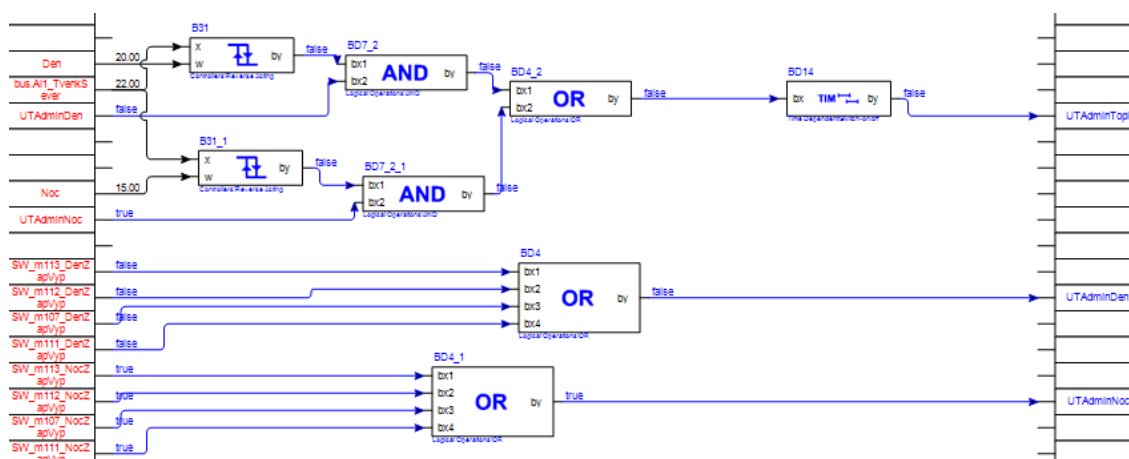
Schémata útlumů topných okruhů východ, západ a administrativa zpracovávají proměnné určující aktuální stav časového plánu (den/noc) v dané místnosti. Dle jejich stavu (TRUE/FALSE) se vyhodnocuje, zda je nutné topit dle denních hodnot ekvitemní křivky a adaptivitou nebo má být teplota otopné vody utlumena o 10 stupňů Celsia. Programové schéma obsahuje výstup tří proměnných a to:

- UTtopi
- UTden
- UTnoc

Proměnná UTtopi, ve schématu pro řízení vytápění, se využívá v konkrétním okruhu pro povel k ohřevu topné vody. Parametrem pro nabývání pravdivosti hodnoty je venkovní teplota. Je nutné, aby přes den nepřesáhla 20 °C nebo v noci 15 °C. Poté by povel k ohřevu v daném okruhu mohl nastat jen v případě aktivního časového plánu a výpočtu hodnoty otopné vody vyšší než 30 °C.

Druhá proměnná UTden určuje, zda má být vypočtená hodnota otopné vody snížena, tedy utlumena o 10 °C, neboť žádný z regulátorů topení nemá aktivní časový plán DEN a okruh je v režimu nočního topení. Není tedy nutné dodávat otopnou vodu o takové teplotě jako při dodávce v denním provozu, kdy požadavky ohřevu a žádané teploty v místnostech jsou vyšší.

Třetí proměnná je pouze informativní a lze ji například zobrazit ve vizualizaci.



Obr. 30 - Schéma řízení útlumu topné větve UTAdministrativa

5.6.7 Dodávka otopné vody vzduchotechnickým zařízením

Technologie regulace zabezpečuje otopnou vodu pro ohřívače vzduchotechnických jednotek instalovaných v 1. - 3. nadzemním patře. Řízení dodávky obstarávají programová schémata:

- UT2_VZT 2NP
- UT3_VZT 3NP
- UT5_VZT 1.PP

VZT zařízení jsou umístěna převážně ve výrobních a skladovacích prostorech. Teplovodním ohřívačům je dodávána pouze otopná voda o teplotě výstupní vody z kotlů pomocí čerpadla na každé větvi VZT. Čerpadla jsou spouštěna dle časového plánu nebo v případě požadavku na ohřev z autonomního systému vzduchotechnického zařízení. Teplota otopné vody je vypočítána dle teploty z venkovního čidla a ekvitermní regulace. PMO (protimrazová ochrana) nebyla součástí dodávky měření a regulace. Zabezpečuje ji systém VZT samostatně.

5.6.8 Dodávka otopné vody ústředního vytápění

Topný okruh administrativa, východ a západ

Tři schémata pro tři větve ústředního topení. Popsána budou dohromady neboť princip jejich řízení a fungování je téměř stejný, pouze pracují s jinými vstupy a výstupy, případně softwarovými proměnnými (schéma UT_administrativa viz příloha **Obr. 47**).

Okruh je řízen časovými plány jednotlivých regulátorů topení, u kterých se z jejich registrů čte hodnota určující požadavek na topení. Tyto požadavky spouští topnou větev v případě režimu ZIMA, žádné poruchy v systému a povoleného chodu (denní teplota nižší jak 20 a noční jak 15 °C). Teplota žádané otopné vody je řízena ekvitermní regulací s adaptivitou, která upravuje požadovanou hodnotu podle:

- Rozdílu měřené a žádané teploty v místnostech

- Požadavků jednotlivých regulátorů topení
- Množství termických ventilů řízených regulátory topení
- Procentuální otevřeností termických ventilů

Adaptivní křivky jsou použity dvě (viz přílohy **Obr. 36**) a to pro vstupní hodnotu $-x$ až 1 nebo 1 až $+x$. Schéma počítá rozdíly měřených a žádaných hodnot v místnostech, kde bere do výpočtu právě tu hodnotu, u které je rozdíl teplot nejvyšší.

$$Vys1 = MAX(\Sigma(T_{zad} - T_{mer}))$$

Vys1 = výsledek výpočtu

T_{zad} = teplota žádaná

T_{mer} = teplota měřená

Druhá varianta implementovaná ve schématu **Ventily** sleduje požadavky regulátorů topení a v případě sepnutí ovladače s žádostí o ohřev místnosti a otevření ventilu na více jak 45 %.

$$Vys2 = \frac{\Sigma(PocV * PV)}{PocV} * 0,01$$

Vys2 = výsledek výpočtu

PocV = počet ventilů řízených regulátorem topení

PV = procento otevření ventilu

Obě hodnoty (Vys1, Vys2) vstupují do bloku MAX, kde na výstupu jsou připojeny k adaptivním křivkám, které jsou aktivovány dle aktuální hodnoty výstupu. V případě, že je hodnota nižší jak 1, dochází ke snížení požadované teploty otopné vody vypočítané ekvitermní křivkou a to proto, že jsou místnosti vytopeny nebo dochází k jejich přetápění. Pokud je hodnota vyšší jak 1, je teplota otopné vody vypočítaná ekvitermní křivkou navýšena dle hodnoty vstupu a to o 0-20 °C.

Pokud by nastalo, že požadovaná teplota otopné vody by byla nižší jak 30 °C, okruh vytápění by nebyl spuštěn z důvodu nízké žádané teploty, která by mohla mít za následek ochlazování místností.

Dále je ekvitermní výstup korigován podle aktuálních módů časových plánů. Je-li ve všech regulátorech topení aktivní mód NOC, je větev vytápění v režimu útlumu a v případě požadavku na dodávku tepla je teplota otopné vody snížena o 10 °C, protože není nutné vytápět místnosti na požadovanou teplotu v co nejkratším časovém intervalu, ale pouze udržovat minimální teplotu v prostoru.

Schéma zahrnuje proměnné z funkčních bloků pro předtápění místností, které počítají čas, kdy má regulátor topení vyslat požadavek na ohřev topné vody, aby byla dosažena požadovaná teplota v místnosti nastavená pro mód DEN. Umožňuje to nastavení časového plánu pouze po dobu přítomnosti osoby a není nutné nastavovat dřívější čas. Blok pracuje i v opačném směru a to uzavírání termických hlavice a vypínání ohřevu tak, aby byla žádaná teplota módu DEN udržena pouze do konce časového plánu a nedocházelo ke zbytečnému vytápění.

Topný okruh Decathlon (schéma UT9_decathlon)

Schéma pro řízení ústředního vytápění externímu subjektu UT9_decathlon (viz přílohy **Obr. 48**) používá stejný princip regulace jako následující schéma UT_autodílna. Povel spuštění je pomocí dvou termostatů, které obdobně jako regulátory topení Domat UC100 mají jeden digitální výstup. Požadovaná teplota otopné vody je vypočítávána pomocí ekvitermní regulace a údajů z předpovědi počasí (odstavec 5.3.1) využívající OPC proměnných (odstavec 3.11.2) komunikujících protokolem Domat Native Channel. Jedná se pouze o ohřev ústředního vytápění řízeného časovým plánem, případně manuálně povelům z termostatu.

Žádaná teplota je upravována v případě kladné předpovědi počasí (oteplení) podle vzorce:

$$t_e = t_v + (t_{4h} - t_{akt})$$

t_e = vypočítaná teplota vstupující do ekvitermy

t_v = měřená venkovní teplota

t_{4h} = předpověď teploty za 4 hodiny

t_{akt} = aktuální předpověď teploty

Je patrné, že v případě předpovídajícího se oteplení dojde k úpravě měřené venkovní teploty a do bloku ekvitermní regulace vstupuje vyšší hodnota, než je skutečná měřená. Při předpovídajícím ochlazení se reguluje dle skutečné měřené venkovní teploty.

Topný okruh autodílna (schéma UT_Autodilna)

Schéma zajišťuje dodávku otopné vody externímu subjektu pro vytápění a ohřev teplovodních ohřivačů zařízení VZT. Spuštění větve ústředního vytápění je realizováno pomocí termostatu, který vysílá povel s požadavkem ohřevu. Výpočet požadované teploty otopné vody vypočítává blok ekvitermní křivky spolu s korekcí dle předpovědi počasí. Pokud je předpověď kladná, do ekvitermní křivky se zavede upravená hodnota, popsána vzorcem výše. Pokud očekáváme ochlazení, reguluje se dle měřené venkovní teploty a korekce se neprovádí.

V případě požadavku teplé vody do vzduchotechnických zařízení je instalováno samostatné dvoupolohové tlačítko. Pokud dojde k požadavku ohřevu u VZT i UT, je žádaná teplota pro dodávku nastavena standardně na 70 °C a nevyužívá se ekvitermní regulace s předpovědí počasí, která by měla za následek nízkou teplotu otopné vody nedostačující pro správný ohřev ve vzduchotechnickém zařízení.

5.6.9 Ohřev TUV

O ohřev otopné vody pro deskový výměník dodávky TUV se stará samostatný okruh regulovaný třícestným ventilem a dvěma čerpadly (schéma **Obr. 46**, soustava ohřevu viz **Obr. 31**). Otopná voda, zabezpečující ohřev TUV ve výměníku, je řízena směšovacím ventilem a distribuována primárním čerpadlem. Spuštění ohřevu se provádí v případě aktivního časového plánu, když zprůměrovaná hodnota všech tří snímačů tepla umístěných v zásobníku teplé užitkové vody je nižší než teplota žádaná. U požadované teploty zvažujeme určitou hysterezi několika stupňů. Sekun-

dární čerpadlo (nabíjecí) je spuštěno až ve chvíli, kdy otopná voda dosáhne teploty vyšší než je nejvyšší měřená teplota na jednom ze tří snímačů umístěných v zásobníku TUV. Tím je zabráněno ochlazování TUV nedostatečně ohřátou topnou vodou.

Žádanou teplotu užitkové vody nastavuje uživatel sám pomocí dispečerského stanoviště nebo operátorského panelu v prostoru strojovny. Cirkulační čerpadlo je ovládáno časovým plánem, který je společný s ohřevem TUV. Běžná žádaná teplota TUV je v rozmezí 50-55 °C a v praxi nepřekračuje hodnotu 60 °C. Druhým časovým plánem probíhá jednou za měsíc v čase 23:00 – 23:59 periodické přehřívání TUV na hodnotu 75 °C. Opatření je z důvodu ochrany zdraví osob využívajících teplou vodu, ve které v případě nedostatečné cirkulace nebo ohřevu teplé užitkové vody může dojít ke vzniku a šíření bakterií *Legionella Pneumophylis*. V systému nedochází k desinfekci potrubí chemickými látkami ani zde není instalace úpravny TUV a proto bylo zvoleno toto represivní opatření.

```

while ((CP = TRUE OR LegionellaCP = TRUE) AND (Tzadana > AVG
(T1, T2, T3))) DO
  PID blok ENABLE; //řízení třicestného ventilu
  čerpadlo1 ON;
  if ((TvstupVymenik + hystereze) > MAX (T1, T2, T3));
    then čerpadlo2 ON;
    else čerpadlo2 OFF;
  end;
end;
end;

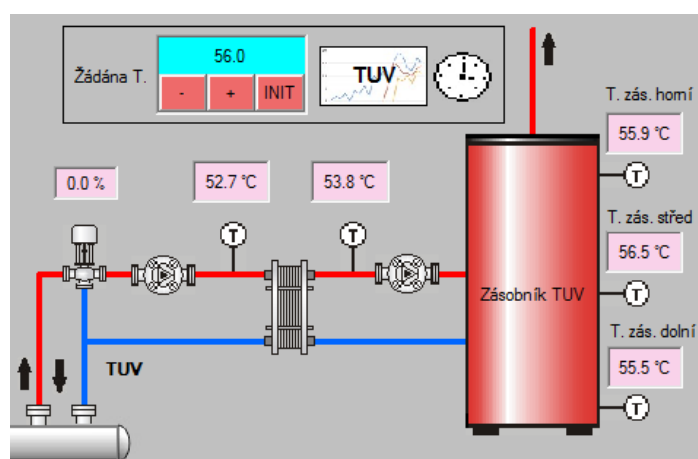
```

CP – časový plán

AVG – average (průměr)

MAX – maximální hodnota z proměnných

T₁, T₂, T₃ – snímače teploty v zásobníku TUV



Obr. 31 – Vizualizace a znázornění technologie TUV

5.7 Operátorský panel ve strojovně

Spolu s prvotní verzí neodladěného řídicího programu se vytvářela vizualizace pro operátorský panel ve strojovně. Požadavky na obrazovky byly z důvodu použití RcWare HMI Editoru odvozeny a zjednodušeny od obrazovek dispečerského stanoviště. Jejich počet také klesl z původního návrhu a ustálil se na počtu čtyř panelů. Původní návrh:

- Kotelna (strojovna)
- TUV (ohřev teplé užitkové vody)
- UT (všechny větve ústředního vytápění)
- VZT (větve dodávky teplé vody vzduchotechnickým zařízením)
- Dopouštění a odpouštění demineralizované vody v systému
- Nastavení ekvitermních teplot

Jak se měnil samotný algoritmus řízení během jeho tvorby a ladění, došlo i ke změně vizualizačních obrazovek. Jelikož operátorskému panelu není přisuzována taková váha jako dispečerskému stanovišti, slouží tento panel převážně pro rychlý přehled ve strojovně. Po úpravách a změnách se ustálil počet obrazovek na následujícím počtu a jejich uspořádání:

- Kotelna (strojovna)
- TUV (ohřev teplé užitkové vody)
- UT + VZT (všechny větve ústředního vytápění + vzduchotechnika)
- Dopouštění a odpouštění demineralizované vody v systému

Jako operátorský panel je použita průmyslová obrazovka Domat IPCT.1, která pracuje se systémem Windows XP Embedded a obsahuje vlastní sadu nástrojů pro tvorbu, spouštění a odladění programů pro systémy Domat Control System.

Nastavení a komunikace

Základním nastavením a prvotní záležitostí po vytvoření jednotlivých obrazovek v HMI editoru je import RcWare SoftPLC projektu. Samotný import se provádí přes položku „Variable manager“, která z řídicího programu importuje veškeré proměnné, které je poté nutné adresovat na jednotlivé objekty (Gadgets) v obrazovkách vizualizačního programu. Dle druhu zobrazovacího tlačítka se mění i možnosti jeho nastavení. V případě číselných hodnot je nejdůležitější nastavení jednotek proměnné a formát zobrazení samotného čísla. U proměnných typu boolean (true/false, 0/1) se používají digitální indikátory, u kterých je důležité nastavení tzv. kolekce. To umožňuje každému ze dvou stavů přiřadit jiné parametry zobrazení. V případě tlačítek pro vykreslení hodnot do grafu, je možné do kolekce přidat více proměnných a ukládat měřené hodnoty do souboru pro historické zobrazení naměřených dat.

Komunikace se nastavuje programem HMI Configuratoru, který je součástí celého instalačního balíčku RcWare SoftPLC IDE. Zde je důležité vybrat správný projekt vizualizace z HMI Editoru, vytvořit přihlašovací údaje pro přístup do pane-

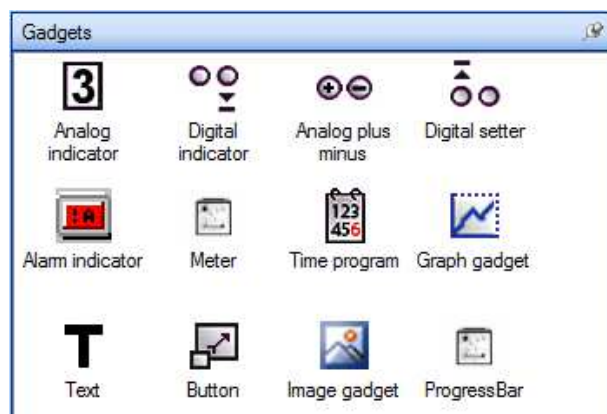
lu, jak pro běžného uživatele, tak pro správce a nastavit síťovou komunikaci s regulátorem. Parametry komunikace:

- IP adresa regulátoru (pro čtení a zápis proměnných)
- Port regulátoru
- Přístupové údaje regulátoru (login a heslo)
- Platformu projektu (v našem případě Mini PLC)

V případě správného nastavení se po spuštění programu na operátorském panelu zobrazí stav „Connected“ a dojde k načtení všech datových proměnných.

Obrazovky panelu

Obrazovky se tvoří přes volbu „File -> New -> Panel“. Kromě nového okna obrazovky s prázdným projektem jsou zde ještě volby MiniPLC LCD Menu definition pro vytvoření menu nabídky pro regulátory s LCD panelem nebo HT100 menu definition pro vytvoření menu nabídky pro externí přípojné displeje Domat HT100. Každé obrazovce přidělíme název, který ji bude bezpečně identifikovat. V levé části programu v panelu „Gadgets“ (**Obr. 32**) lze pak jednotlivým obrazovkám přidávat objekty a vytvořit tak obrazovku dle zadání nebo návrhu programátora.



Obr. 32 - Objekty HMI Editoru pro tvorbu obrazovek

V našem případě byly použity jak objekty pro zobrazení číselných hodnot a hodnot stavů, tak textové popisy, tlačítka grafů a tlačítka pro povely a nastavování některých hodnot.

V případě hotových obrazovek zbývá pouze přiřadit jednotlivým objektům dynamické vlastnosti vyplývající z datového typu objektu a vlastnosti napojené proměnné. Většinu objektů lze přiřazovat vlastnosti typu změny barvy, názvu nebo obrázku v určitém stavu proměnné. V případě digitálních „setterů“ lze nastavit dobu, po jakou má být tlačítko stisknuto a provádět žádanou operaci. Tohoto jevu využíváme u tlačítka RESET v případě potřeby restartu systému způsobeného poruchou v technologii.

Úvodní obrazovka panelu (viz příloha **Obr. 37**) je přehled stavu kaskády kotlů s měřenými výstupními a vratnými teplotami otopné vody, aktuálním topným re-

žimem, měřených venkovních teplot na jednotlivých fasádách a aktuální teplota v prostoru strojovny s případným chodem/poruchou ventilace. Tlačítko „RESET“ umožňuje kvitaci poruch. Pokud došlo k odstávce systému a opravení poruchy v technologii, dojde k uvedení systému do provozu.

Další obrazovkou, kterou panel nabízí je dopouštění a odpouštění demineralizované vody z/do systému (viz příloha **Obr. 38**). Obrazovka poskytuje přehledné údaje o stavu tlaku v systému s možností volby zvýšení nebo snížení požadované hodnoty. V případě poruchy dopouštění nebo odpouštění nebo ztráty tlaku pod hranici 100 kPa dojde k varovné signalizaci.

Obrazovka ústředního topení (viz příloha **Obr. 39**) podává celkový přehled nad dodávkou otopné vody do jednotlivých topných okruhů. Kromě dodávky do otopných zařízení v místnostech budovy se stará o dodávku topné vody do ohříváčů vzduchotechnických zařízení. Tato obrazovka je pouze přehledová, tudíž obsluha zde nemůže provádět žádný fyzický zásah, ale pouze monitorovat stav jednotlivých větví UT (chod čerpadel, poruchy čerpadel, teplota žádaná a vstupní do větve, procento otevření směšovacího ventilu).

Poslední volbou je obrazovka ohřevu TUV (viz příloha **Obr. 40**). Podobně jako u pohledu na ústřední topení i zde bylo použito řešení téměř pouze monitorovací. Jedinou funkcí nastavitelnou obsluhou je žádaná teplota vody v zásobníku TUV.

Vzdálený přístup na operátorský panel

Jelikož je panel připojen do podnikové sítě, je možné se připojit přes centrální dispečink na jeho vizualizaci, ovládat ho a v případě programátora s přístupovými údaji provádět změny a úpravy na jednotlivých obrazovkách. K tomu slouží program Ultra VNC Viewer, který umožňuje ovládání panelu pomocí vzdáleného přístupu.

5.8 Dispečerské stanoviště

Pro dispečerské stanoviště byl použit software s většími možnostmi nastavení, vizualizací jednotlivých objektů a funkcí pro práci s daty. Jedná se o RcWare Vision, který je přímo určený a vyvinutý pro integraci různých technologií se zaměřením na regulační a řídicí systémy. Nabízí širokou škálu ovladačů od standardních protokolů, jako jsou Modbus, BACnet, LonWorks, tak PLC protokoly Domat, Simatic, SAIA, C-Bus, až k měření energií například M-Bus, Multical, Ultraheat apod.

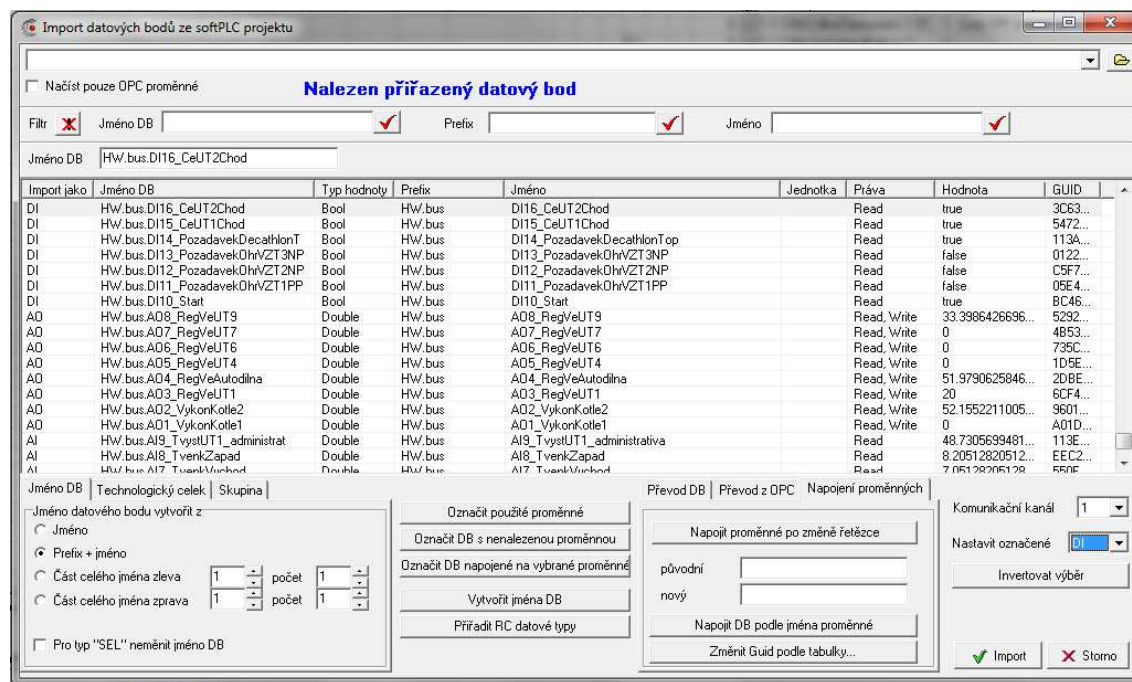
Modularita systému poskytuje možnost vytvářet skriptové datové body pro složitější zpracování dat pomocí standartního jazyku RcWare nebo JScript.NET. Jako další moduly, které stojí za zmínku, byly použity při tvorbě grafické centrály moduly alarmů, záznamů událostí, historických dat a editor datových bodů.

Prvním krokem pro tvorbu základny grafické centrály je vytvoření nového projektu, kde zadáme název pracovní stanice a protokol, po kterém bude centrála komunikovat s regulátorem.

Konfigurace projektu a datové body

Přes položku „Nastavení -> Prostředky počítače“, upřesníme parametry projektu. Vytvoříme nový profil pro uživatele obsluhy centrály s omezenými pravomocemi, který bude přihlašován primárně po spuštění programu. V záložce „Porty“ vybereme pro logický kanál 1 u položky „Zařízení“ možnost „SW ovladače, obecné zařízení“. V záložce „Hlášení alarmů“ zatrhneme políčko pro zobrazování hlášení zpráv dialogovým oknem, tak v případě poruchy dojde k vytvoření dialogového okna. Dialogové okno bude obsahovat popis vzniklé poruchy a čas vzniku. Takto vzniklou zprávu je nutno potvrdit obsluhou centrály.

Pro vytvoření datových bodů, které se budou adresovat na objekty obdobně jako v HMI Editoru, slouží funkce importu z řídicího projektu. V dolní části okna vybereme záložku „Import/Export“ a přes tlačítko „Vytvořit DB z .splcproj souboru“ pomocí průzkumníku souborového systému zvolíme správný zdrojový soubor z projektu RcWare SoftPLC IDE. V novém okně (**Obr. 33**) se nám zobrazí seznam všech proměnných, které je možné importovat. Nyní musíme každé proměnné, kterou budeme používat v centrále, přiřadit správné nastavení dle toho, zda se jedná o digitální nebo analogový vstup/výstup nebo časový plán (**Obr. 33**).



Obr. 33 - Import a nastavení proměnných

Návrh a obrazovky

Začátek návrhu se odvíjel od projektové dokumentace, která stručně popisovala jednotlivé technologie. Vytvořili jsme si tak prvotní návrh vizualizace a technologických zařízení, které by měla vizualizace obsahovat. Původní návrh obrazovek, který vznikl průběžně s řídicím programem:

- Technologie kotlů, větvě UT, ekvitermní nastavení větví

- Teplá užitková voda – TUV
- Měření dodaného tepla
- Vizualizace pater budovy s měřenými teplotami pokojových regulátorů (5x)
- Obrazovka pro každý regulátor topení (51x)
- Signalizace poruchových stavů

Původní návrh celkem počítal s 60 obrazovkami. Postupnými úpravami a použitím lepších řešení se ustálil počet obrazovek centrály na 58, a to především díky použití většího monitoru s vysokým rozlišením. Uvažujeme-li, že obrazovky pro regulátory topení jsou téměř totožné a liší se pouze připojenými datovými body, dalo by se říci, že původní návrh počítal s 10 obrazovkami a finální podoba s 8:

- Technologie kotlů, větve UT, TUV a poruchové stavy
- Měření dodaného tepla a ekvitermní nastavení
- Vizualizace pater budovy s měřenými teplotami pokojových regulátorů (5x)
- Obrazovka pro každý regulátor topení (51x stejná obrazovka s napojením na jiné datové body).

Jednotlivé obrazovky se vytvářejí obdobně jako v programu HMI Editor pro operátorský panel, ale graficky jsou na vyšší úrovni a umožňují vytváření přehlednějších, a pro obsluhu přívětivějších vizualizačních panelů. Podobně jako v programu pro řídicí logiku technologie, tak i zde se jednotlivé obrazovky vytváří v tzv. schématech. Seznam objektů, které může programátor použít, nalezneme v menu nabídky pod položkou „Nový objekt“.

Výhodou centrály je větší rozlišení s lepší přehledností a možností monitoringu a řízení celé technologie.

Úvodní obrazovka (viz příloha **Obr. 41**) centrály sdružuje většinu subsystému v jeden celek. Nachází se zde kaskáda kotlů, větve ústředního topení, ohřev teplé užitkové vody, dopouštění a odpouštění do/z systému, ventilace kotelny v případě přetopení a systém bezpečnostní armatury plynu. V pravé části je stručný přehled aktuálních měřených teplot ve strojovně a všech třech venkovních teplot spolu se signalizací poruchových stavů, které mají zásadní vliv na provoz celé technologie. Z obrazovky je možné nastavovat žádané teploty a časové plány větví UT, TUV a zobrazení měřených hodnot v grafu. Z horní lišty nabídky se lze navigovat do ostatních pater budovy a obrazovky nastavení ekvitermní křivky a měření spotřeby.

Celá budova obsahuje pět pater, ve kterých jsou instalovány pokojové regulátory s měřením teploty. Přehled o stavu naměřených a žádaných teplot, případně časových plánů jednotlivých místností, dávají obrazovky pod položkami 1. - 5. NP. Jelikož obrazovky pater jsou téměř stejné, až na rozdělení prostoru, uvádím ukázkou pouze dvou z nich a to skladovacích prostorů a administrativních místností (viz příloha **Obr. 42**, **Obr. 43**). Každé patro obsahuje volbu nastavení stejné žádané teploty pro den a noc pro všechny regulátory topení v daném patře.

Mimo přehledové obrazovky jednotlivých pater jsou pro každý regulátor topení vytvořeny vlastní schémata (viz příloha **Obr. 44**), která i když jsou graficky

totožná, mají značný rozdíl a to v použití napojených proměnných na jednotlivé objekty. Obsluha má možnost nastavit žádané teploty (den/noc) pro aktuálně otevřenou místnost, měnit časový plán a monitorovat vývoj teplot v prostoru.

Poslední obrazovkou je nastavení ekvitermní křivky pro jednotlivé dodávky UT (viz příloha **Obr. 45**). To umožňuje v jednotlivých topných okruzích měnit teplotu otopné vody v závislosti na venkovní teplotě. Ve spodní části je ucelený přehled o aktuálním stavu obou měřičů tepla s údaji naměřených hodnot za jednotlivé měsíce v roce.

Vizualizační program nabízí velké množství dalších funkcí, které však byly zbytečné pro tento typ technologie nebo nebyly požadovány.

Konfigurace uživatelských účtů

Defaultně jsou v RcVision nakonfigurovány dva uživatelé. „Rc_admin“ s plnými pravomocemi a „rc_nobody“ s pravomocemi pouze na monitoring systému. Pro naše potřeby vytvoříme dalšího uživatele s názvem „Obsluha“, kterému nastavíme pouze část z výčtu privilegií:

- Zobrazovat schémata technologií
- Grafické vyhodnocení průběhů měřených veličin
- Zobrazení událostí systému
- Zobrazení přehledových panelů
- Potvrzování alarmů
- Zadávání příkazů tlačítka
- Nastavování časových programů

Uživatel „Rc_admin“ má navíc možnosti:

- Nástroje pro správce systému a editaci
- Textové zobrazení datových bodů
- Zastavování a spouštění komunikací
- Navazování dálkových komunikací
- Povolení ukončit program
- Povolení měnit fullscreen režim

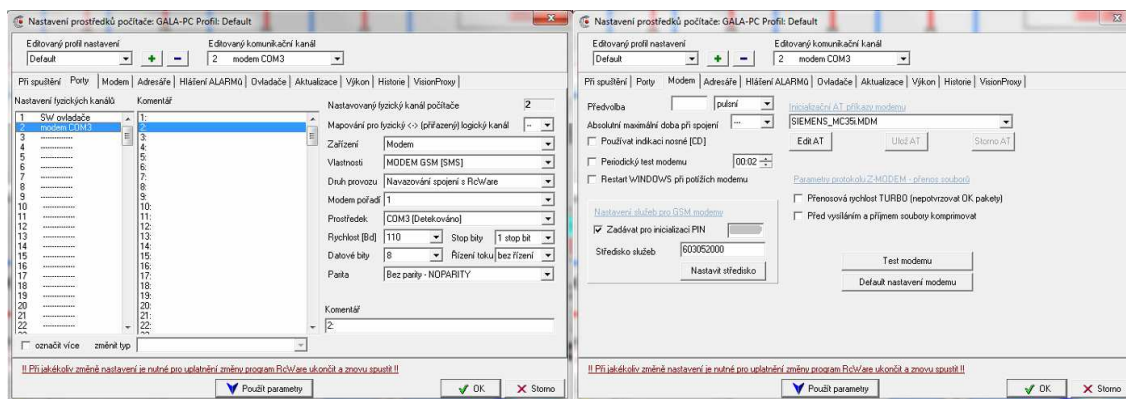
Nastavení a vytváření jednotlivých profilů se provádí přes položku „Nastavení -> Definice uživatelů“ v záložce „Uživatelé“ a „Práva uživatelů na funkce“. Přes položku menu „Nastavení -> Prostředky počítače“ přímo na úvodní záložce nastavíme uživatele „Obsluha“ jako výchozí uživatelský profil, který má být automaticky spuštěn po startu počítače a vizualizačního softwaru.

Nastavení GSM modemu pro alarmové SMS

Nejdříve připojíme k počítači pomocí převodníku USB -> RS232 modem GSM pro odesílání alarmových SMS v případě poruchy a přes správce zařízení v systému Windows zjistíme, jaký COM port byl modemu přiřazen.

Následně ve vizualizačním programu nastavíme správné parametry pro komunikaci softwaru s modemem (**Obr. 34**). Opět přes nabídku „Nastavení -> Pro-

středky počítače“ vybereme záložku „Porty“, kde pro druhý fyzický kanál zvolíme zařízení modem s vlastnostmi MODEM GSM(SMS). Nastavíme správný port, na kterém je modem připojen. V případě správného připojení k počítači software sám detekuje veškeré COM porty a v nabídce zobrazuje, na kterých bylo zaznamenáno připojené zařízení. V záložce „Modem“ už jen upřesníme typ připojeného modemu a nastavení SIM karty, v našem případě Siemens MC35i, PIN kód karty SIM a číslo střediska zpráv dle zvoleného operátora.



Obr. 34 - Nastavení a konfigurace GSM modemu

Nyní máme úspěšně připojen a nastaven GSM modem. Zbývá pouze vytvořit uživatele pro odesílání SMS zpráv. Přes menu „Nastavení -> Definice uživatelů“ v záložce „Uživatelé GSM“ vytvoříme jednotlivé profily (název, mobilní číslo). Následně přiřadíme profilům komunikační nastavení. Přes položku „Komunikace -> Nastavení a kontrola zpětných volání“ přiřadíme jednotlivým kanálům (maximálně 5) nadefinované uživatele, a jako typ reakce vybereme „SMS zpráva“. Zvolíme zpoždění jednu minutu a to z důvodu možného dopravního zpoždění komunikace centrály s řídicím regulátorem.

Vzdálený přístup

Pro potřeby kontroly bezporuchového chodu technologie byly vneseny požadavky na možnost monitoringu dispečerského stanoviště využitím vzdáleného přístupu. Pro pověřené zaměstnance firmy připojené do podnikové sítě LAN je možné použít připojení ke vzdálené ploše, tedy běžné funkce operačního systému Windows. Pro připojení mimo podnikovou síť je na centrále nainstalován software Team Viewer pro vzdálené ovládání počítače. Je také možné použít program Kerio VPN, přes který se připojuje údaje od systémového integrátoru.

5.9 Uvedení systému do provozu

Zprovoznění celé technologie si vyžaduje osobní přítomnost v prostorách strojovny a rozvaděče, kde je umístěn řídicí automat a moduly. Celý postup lze rozdělit do několika kroků:

- Instalace PC dispečerského stanoviště a vizualizačního programu

- Nahrání vizualizační aplikace do operátorského panelu
- Nahrání řídicí aplikace do regulátoru
- Kontrola tzv. „jedna k jedné“ (manuální zkouška ovládaných prvků v systému pomocí řídicího programu).
- Kontrola vizualizací (funkčnost ovládacích tlačítek, signalizačních prvků atd.).

Je velmi důležité důkladně provést funkčnost všech prvků v systému, aby nedošlo nesprávnému chodu technologie a jejímu odstavení z provozu. Každý programátor souhlasí, že z počátku nasazení programu se vždy objeví chyby v kódu a je nutné doladit některé části. Zpravidla dochází k dalším drobným úpravám během chodu technologie.

Pro řízení tepelné regulace budovy je hlavní částí roku provozu zimní období. Ukáže se, jak dobře funguje algoritmus řízení a k jaké úspoře došlo nasazením moderních technologií a přístupů. Právě zima je ideální čas pro ladění veškerých algoritmů, neboť dochází k velkému odběru tepla a je možné sledovat chování celého programu v reálných podmínkách.

6 Diskuze a závěr

6.1 Shrnutí práce

Práce pojednává o technických zařízeních a technologiích k vytápění a tepelnému hospodářství budov. Zaměřuje se na konkrétní případ s použitím regulátorů a zařízení od firmy Domat Control System a využívá programovacího jazyk SoftPLC IDE založeného na funkčních blocích. Díky této práci jsem se mnohem hlouběji seznámil s možnostmi programovacího jazyka a všech jeho funkčních bloků a rozšířil si znalosti o možnostech regulace objektů. S novou verzí softwaru, která by se měla objevit v průběhu letošního roku, se jistě rozšíří schopnosti a zjednoduší některé implementační varianty. Případná podpora strukturovaného kódu by zpřehlednila složitější programová schémata.

V teoretické části jsou popsány nejpodstatnější druhy otopných soustava dělení jejich částí spolu se zařízeními a principy používanými pro regulaci tepelného hospodářství. Jejich využití není pouze v tepelných soustavách, ale celkově nejen v průmyslu, ale i domácnostech, automobilech, zdravotnictví apod. Spektrum použití je opravdu široké, vyjma výroby členu pro konkrétní aplikaci.

Ve vlastní části práce je popsán celkový postup při řešení dané problematiky úlohy a použitá implementační řešení subsystému technologie vytápění. Některá řešení nenalezla požadované přesnosti a efektivnosti a byla upravena nebo nahrazena lepší variantou.

6.2 Zhodnocení výsledného řešení

V práci byly popsány použité technologické zařízení a regulační principy, které byli použity k úspěšnému splnění zadání. Avšak ne všechny prvotní návrhy byly použity a v průběhu ladění programu při běhu technologie došlo ke změnám v použitých principech řízení termických ventilů, ekvitermní regulace a ovládacích možnostech dispečerské vizualizaci. Musíme však brát v úvahu přesněji stanovené cíle už v samotném začátku práce.

Prvotní ovládání termických ventilů signály otevřeno/zavřeno při poklesu nebo nárůstu měřené teploty oproti žádané teplotě o 0,5 °C způsobovalo časté překmity. Při snížení pod hranici 0,5 zase časté otevírání a zavírání ventilu a s tím spojeného požadavku na ohřev topné vody. PWM regulace umožnila snížení překmitů na únosnou hranici a vyřešila rychlé poklesy teploty v místnosti díky tomu, že ventil zůstává částečně otevřený, i když místnost je vytopená a není požadavek na ohřev vody. Ohřátá voda v systému stále minimálně proudí do otopného tělesa a udržuje stabilnější žádanou teplotu v prostoru.

Původní záměr využít pouze ekvitermní regulaci byl pozměněn a byla přidána adaptivita a předpověď počasí. Předpověď počasí umožňuje zvýšit úsporu energie a zbytečně nevytápět prostory při předpovídajícím oteplení. Dle zdrojů se uvádí úspora až ±15 %, která v takto velkém objektu není zanedbatelná. Přidaný

algoritmus na adaptivitu pro místnosti s regulátorem topení se ukázali jako správný tah, protože regulace teploty otopné vody dle konkrétních měřených hodnot v místnostech zvýšila rychlost vytápění prostorů a v druhém případě ušetření energie na vytápění neboť hodnota žádané teploty otopné vody pružně reaguje na aktuální stav v systému.

Nevhodným konstrukčním řešením je rozdělení některých prostorů na menší místnosti pouhým přehrazením sádkartonovou a částečně prosklenou stěnou, která bohužel neodděluje nově vzniklé místnosti plnohodnotně a stěna končí asi 1 metr od stropu. V takto vzniklých místnostech dochází k prostupu tepla z vedlejších teplejších místností a ohřevu prostoru, kde to aktuálně nevyžadujeme. V takových případech částečně ztrácí význam regulátorů topení.

S ohledem na omezené možnosti jednotlivých prvků systému a v určitých případech i špatné konstrukce budovy (neúplné rozdělení místností) je regulace a měření celého objektu vyřešeno nad rámec požadavků s využitím moderních principů a přístupů k tepelnému hospodářství a vytápění objektů.

6.3 Možné další rozšíření systému

Celá technologie je konstruována pro případné další rozšíření. Díky použití procesní stanice IPCT.1, která může pracovat autonomně a má dva porty RS232, je možné systém rapidně rozšířit a nezatěžovat více stávající PLC. Jednotky VZT mohou být napojeny na nový systém řízení a dodávka topné vody by mohla být regulována dle aktuálního požadavku třícestnými ventily. Dále by mohla být zařízení VZT rozšířena o chladicí jednotky, protože budova je z velké části prosklená a v letním období zde vstupuje velké množství druhotného tepla a teplota v místnostech dosahuje skoro 30 °C. V případě prvního přízemního patra je možné přidat regulátory topení spolu s termickými ventily a regulovat tak teplotu automaticky systémem jako je tomu v ostatních patrech.

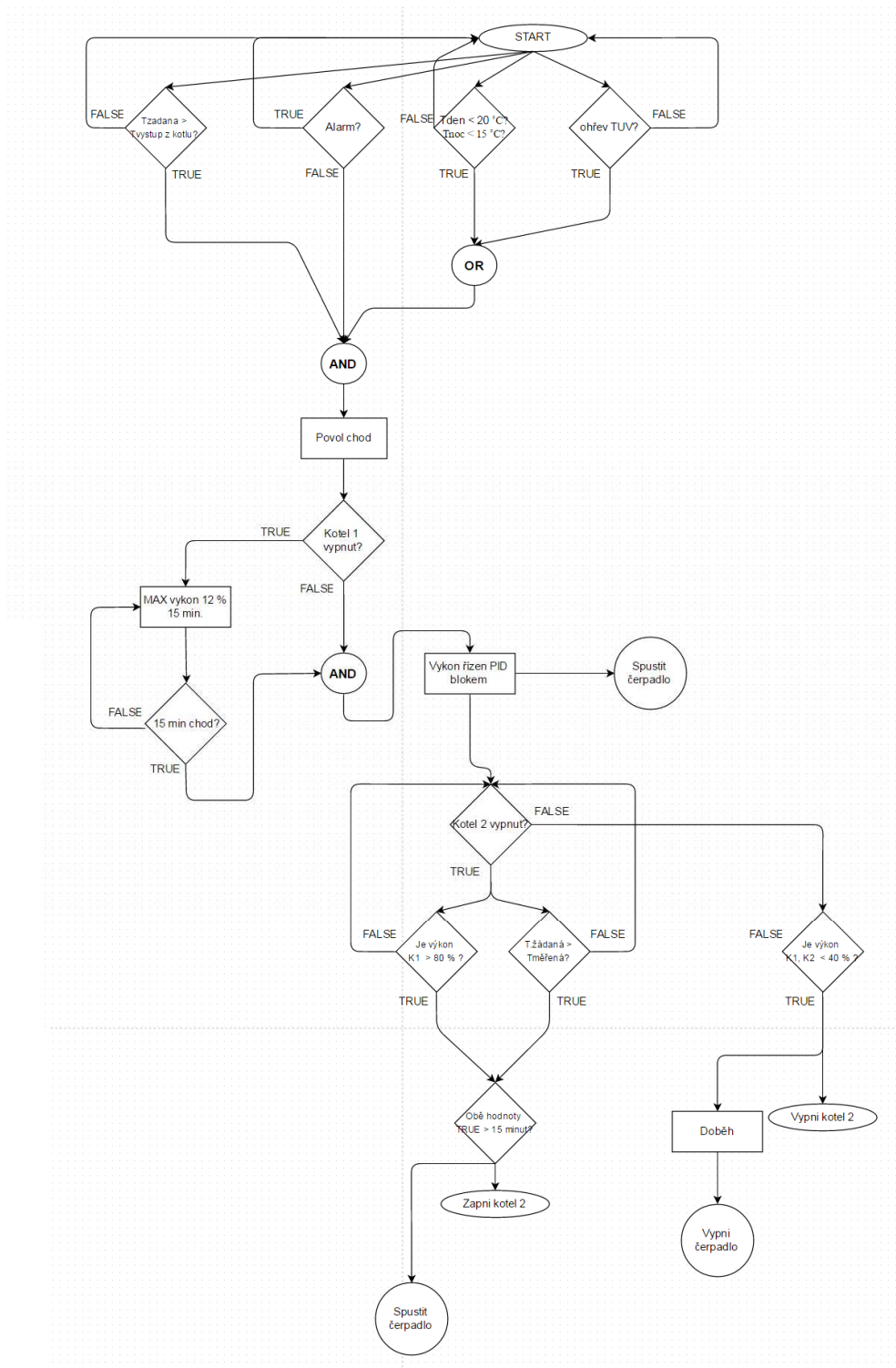
7 Literatura

- BAŠTA, Jiří. *Možnosti moderních způsobů regulace* [online]. 2007 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4360-moznosti-modernich-zpusobu-regulace>
- BENEŠ, Pavel. Pohony. In: *Automatizace a automatizační technika 3: Prostředky automatizační techniky*. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-248-3.
- BENEŠ, Pavel. Regulační orgány. In: *Automatizace a automatizační technika: Systémové pojetí automatizace 1*. Brno: Computer Press, 2012, s. 155-163. ISBN 978-80-251-3628-7.
- Cinterion MC55i Terminal - sada* [online]. 2013 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.paoli.cz/terminaly/cinterion-mc55i-terminal-sada.html>
- CO JE OPC? OPC SERVER? OPC KLIENT?* [online]. 2014 [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.foxon.cz/cs/blogs/80-co-je-opc-opc-server-opc-klient-.html>
- Co znamená SCADA/HMI?* [online]. 2015 [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.reliance.cz/cs/products/what-does-scada-hmi-mean>
- Druhy a rozdělení čerpadel* [online]. 2010 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://druhy-cerpadel.cz/>
- Druhy čerpadel* [online]. 2012 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://cerpadla-cerpadla.webnode.cz/druhy-cerpadel/>
- FUČÍK, Zdeněk. *Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů* Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu> [online]. 2004 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- IPCT.1: Průmyslové PC s dotykovou obrazovkou 8"* [online]. 2014. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://domat-int.com/wp-content/uploads/KL/CZ/domat_IPCT.1_cz.pdf
- Jaké jsou druhy otopných soustav* [online]. 2013 [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/clanky/druhy-otopnych-soustav/>
- KRÁL, Jindřich. Automatizační prostředky. In: *Automatizace a automatizační technika: Systémové pojetí automatizace 1*. Brno: Computer Press, 2012, s. 65-82. ISBN 978-80-251-3628-7
- M560: Modul univerzálních analogových vstupů* [online]. 2013. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://domat-int.com/wp-content/uploads/KL/CZ/domat_M560_cz.pdf
- MATUŠKA, Tomáš a Miroslav PURKERT. *Centrální Systémy přípravy a dodávky teplé vody* [online]. 2010 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/41-centralni-systemy-pripravy-a-dodavky-teple-vody>
- MXPLC: Kompaktní procesní stanice* [online]. 2015. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://domat-int.com/wp-content/uploads/KL/CZ/domat_MXPLC_cz.pdf

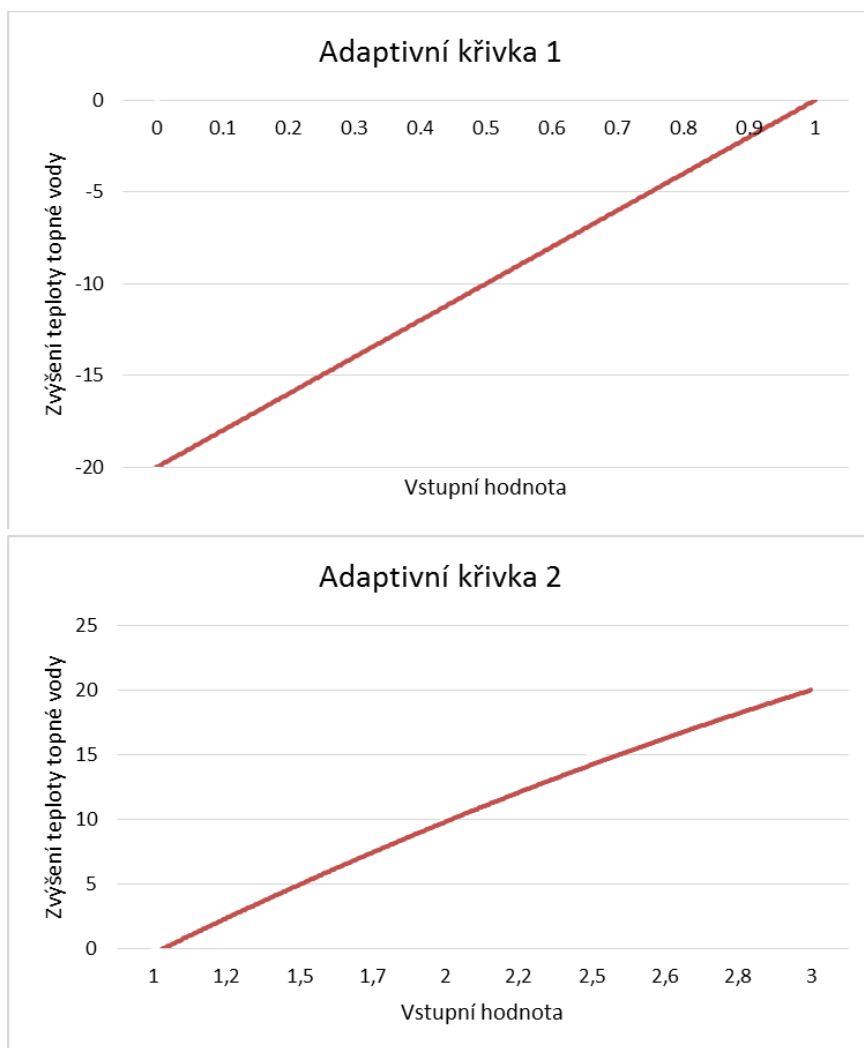
- PALÁT, Hynek. 2011. *Hydromotory a hydrogenerátory* [online]. [cit. 2015-04-26]. Dostupné také z:
http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablony/SPS_III/VY_32_INOVA_CE_C-08-19.pdf
- PLYNOVÉ KOTLE PRO VYTÁPĚNÍ [online]. 2008 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z:
<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/12.html#1210>
- Princip kondenzačního kotle a jeho výhody [online]. 2012 [cit. 2015-03-015]. Dostupné z:
<http://www.thermona.cz/princip-kondenzacniho-kotle-jeho-vyhody>
- RUBÍNOVÁ, Olga. Tepelná soustava [online]. 2002 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z:
http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A_UT%2002_09.pdf
- ŠMEJKAL, Ladislav. Programovatelné automaty. In: *Automatizace a automatizační technika: Systémové pojetí automatizace 1*. Brno: Computer Press, 2012, s. 165-207. ISBN 978-80-251-3628-7.
- Teplárenství - Dodávka energie [online]. 2015 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z:
<http://www.mojeenergie.cz/cz/teplarenstvi-dodavka-energie>
- TREUOVÁ, Lea. Zdroje tepla [online]. 2003 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z:
http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/BT03_S/4_kotelny_bt03.pdf
- UC100: Regulátor topení, komunikativní [online]. 2010. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z:
<http://www.ies.sk/sk/images/stories/downloads/datasheets/Domat/UC100.PDF>
- VIDÍM, Jan. *PWM signál a práce s ním* [online]. 2014 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z:
<http://domat-int.com/produkty/online-navody/pwm-signal>
- VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 331 s. ISBN 978-80-247-1588-9
- Základní pojmy v zásobování teplem. [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z:
<http://www.ptas.cz/cs/dodavky-tepla/prakticke-informace-pro-zakazniky/zakladni-pojmy-v-zasobovani-teplem/>

Přílohy

A Diagramy a grafy

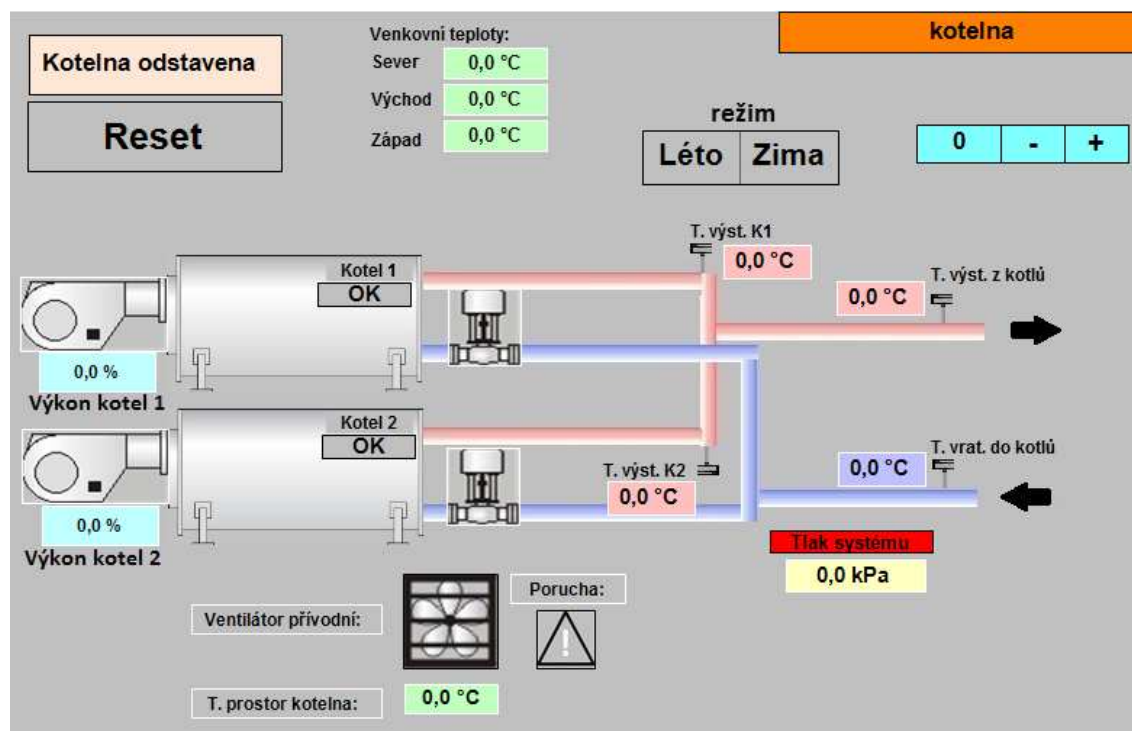


Obr. 35 - Diagram zjednodušeného řízení kotlů

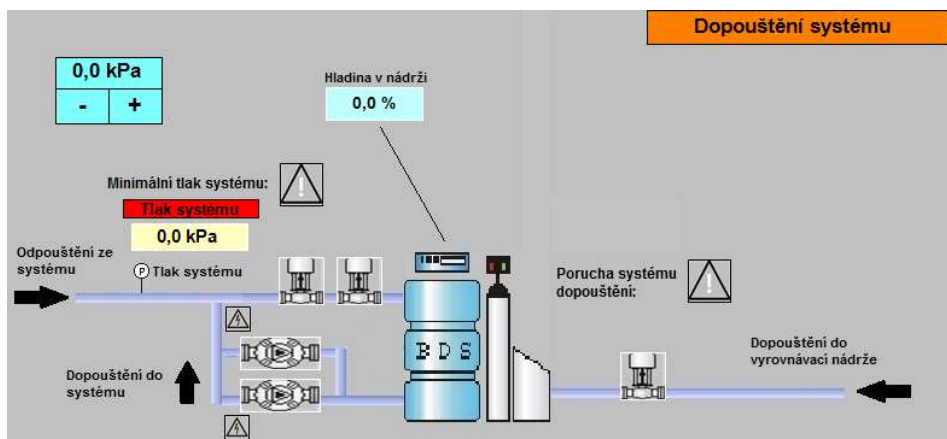


Obr. 36 - Adaptivní křivky

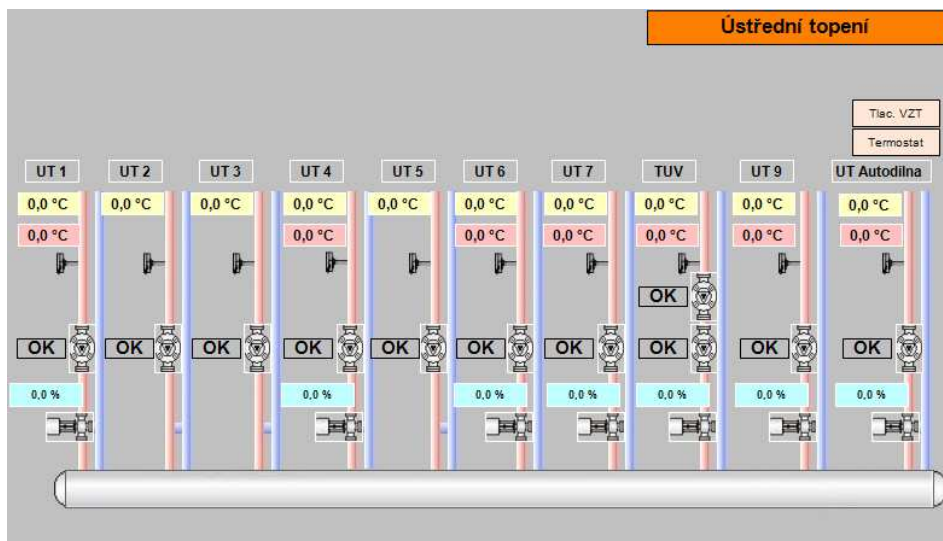
B Obrazovky operátorského panelu



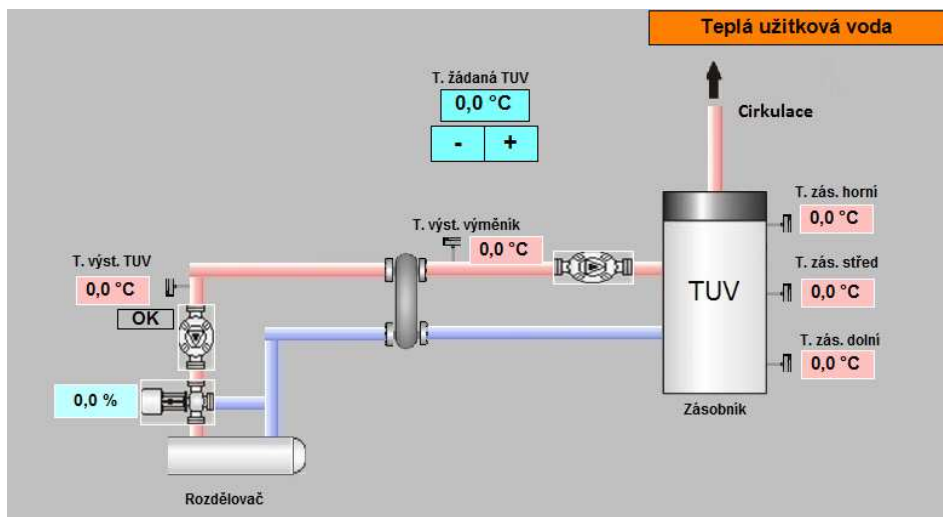
Obr. 37 - Obrazovka řízení kaskády kotlů s měřeními teplotami



Obr. 38 - Obrazovka dopouštění a odpouštění demineralizované vody do/z systému

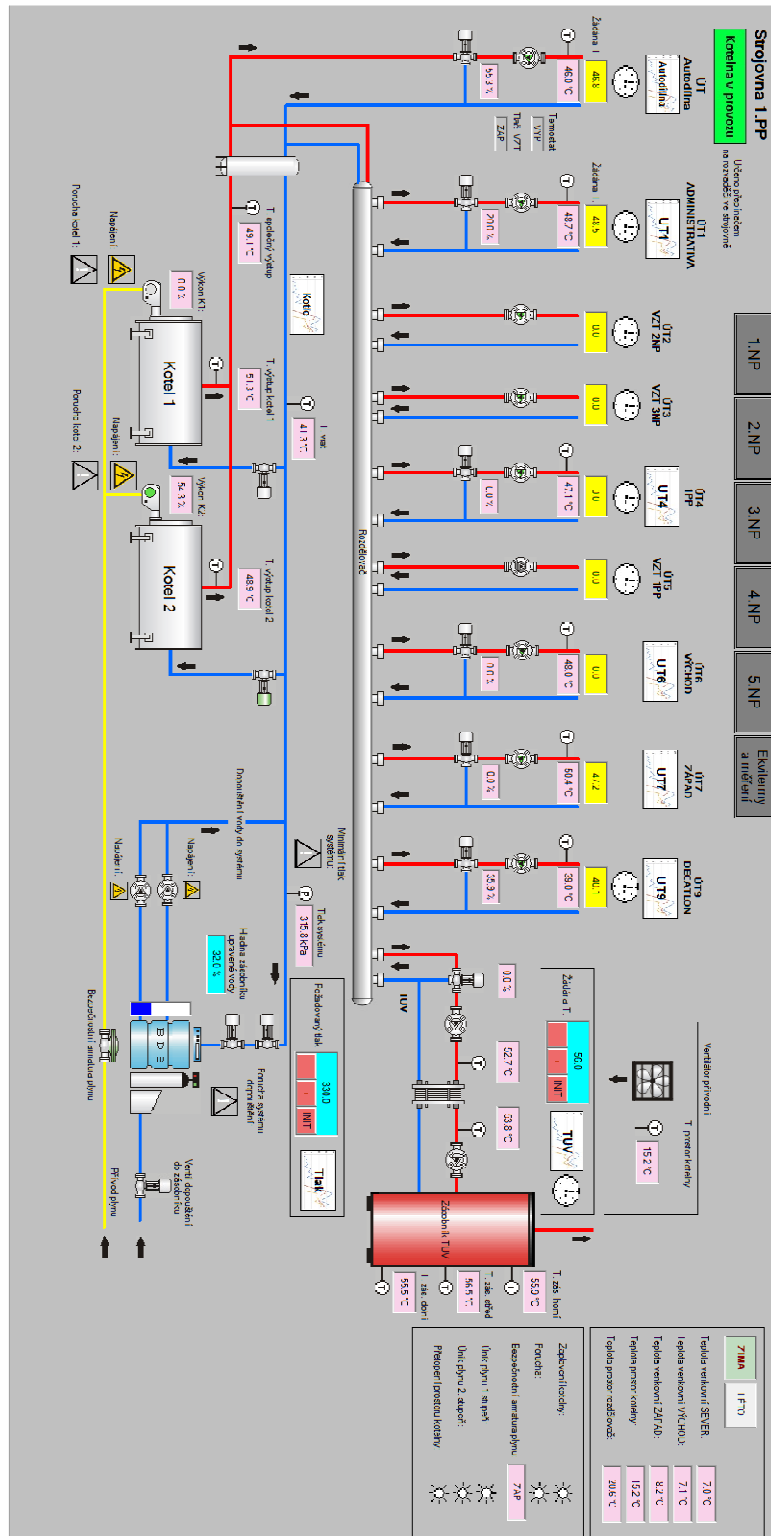


Obr. 39 - Přehled větví ústředního vytápění a dodávky otopné vody do zařízení VZT

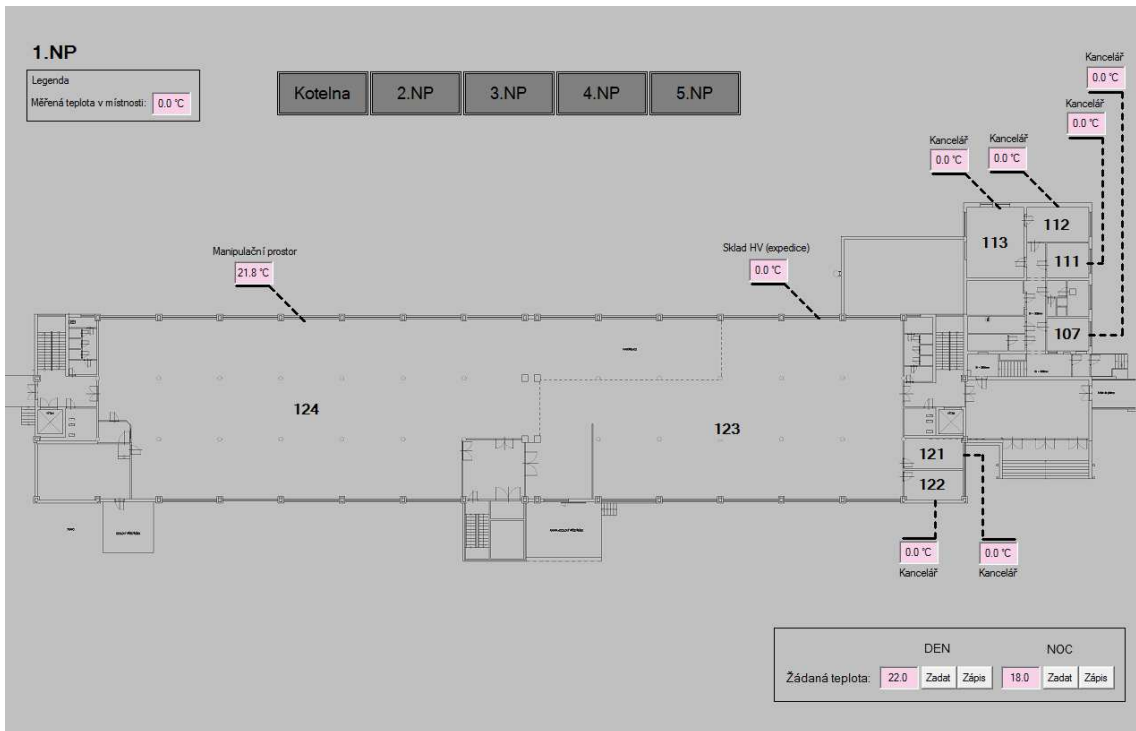


Obr. 40 - Obrazovka dodávky teplé užitkové vody

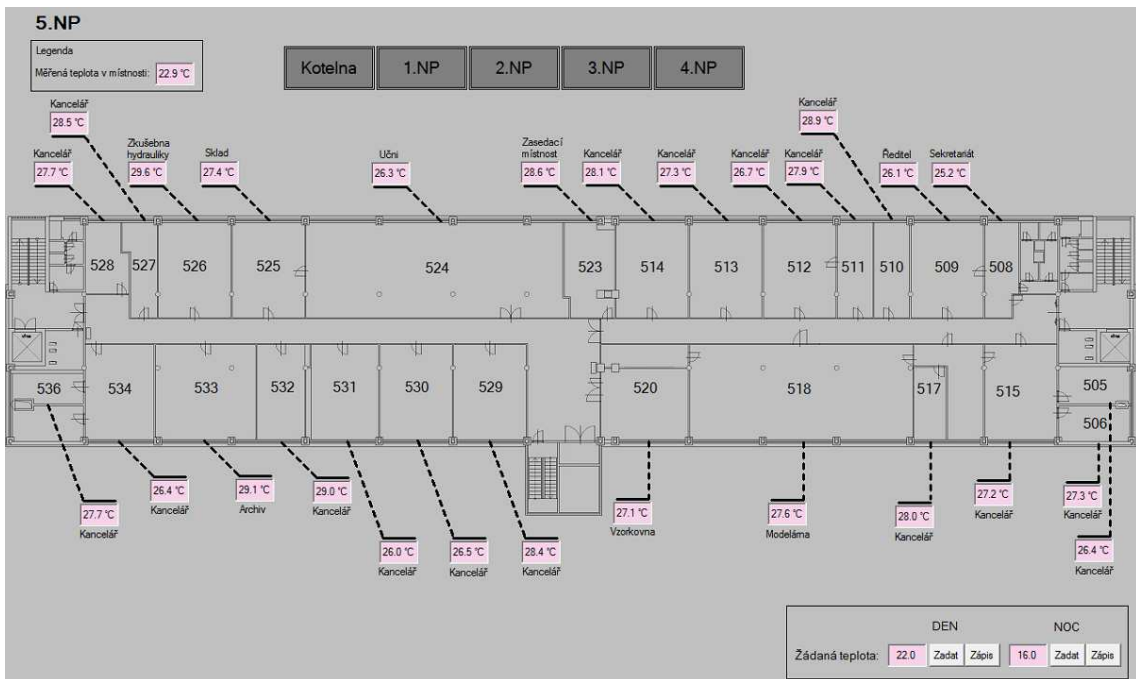
C Obrazovky dispečerského stanoviště



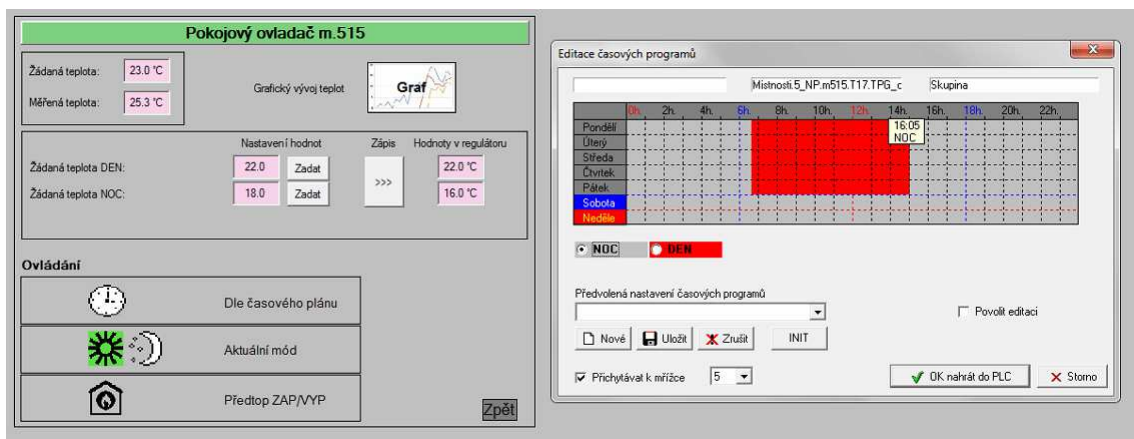
Obr. 41 - Hlavní obrazovka dispečerského stanoviště s pohledem na technologii vytápění budovy



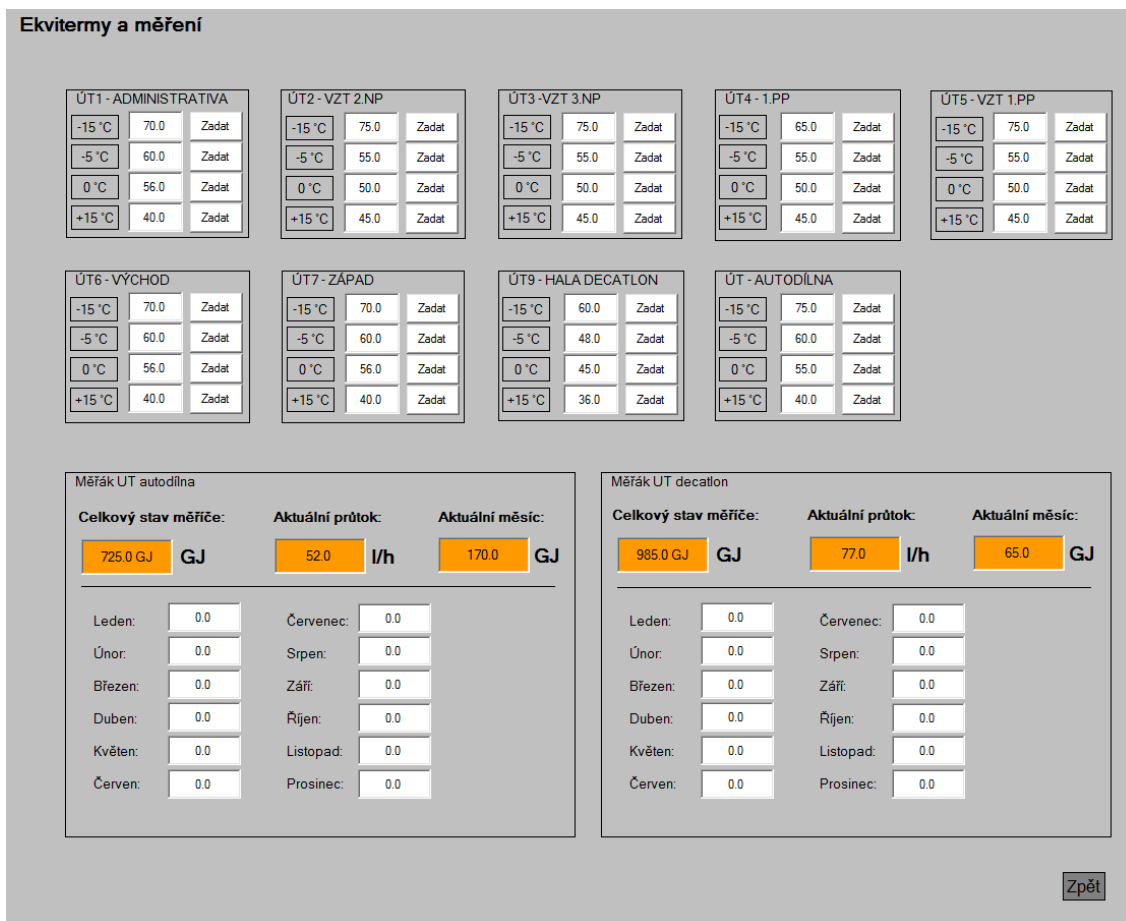
Obr. 42 - první nadzemní patro budovy s měřeními teplotami



Obr. 43 – páté nadzemní patro budovy s měřeními teplotami

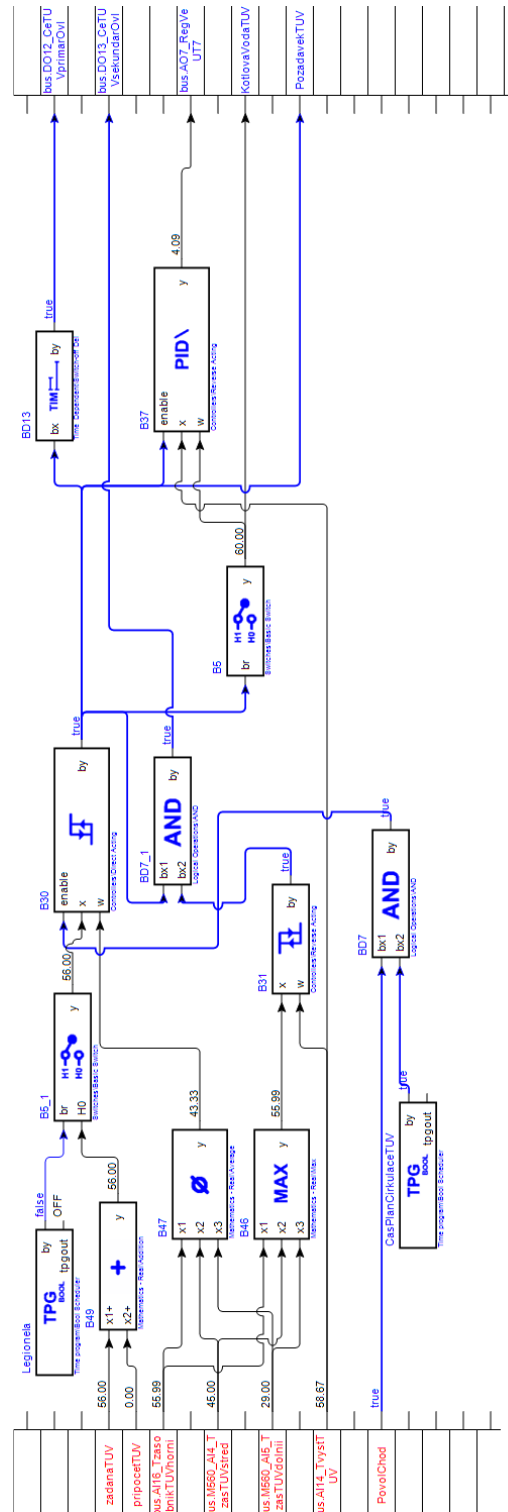


Obr. 44 - Obrazovka regulátoru topení místnosti 515 s oknem nastavení časového plánu

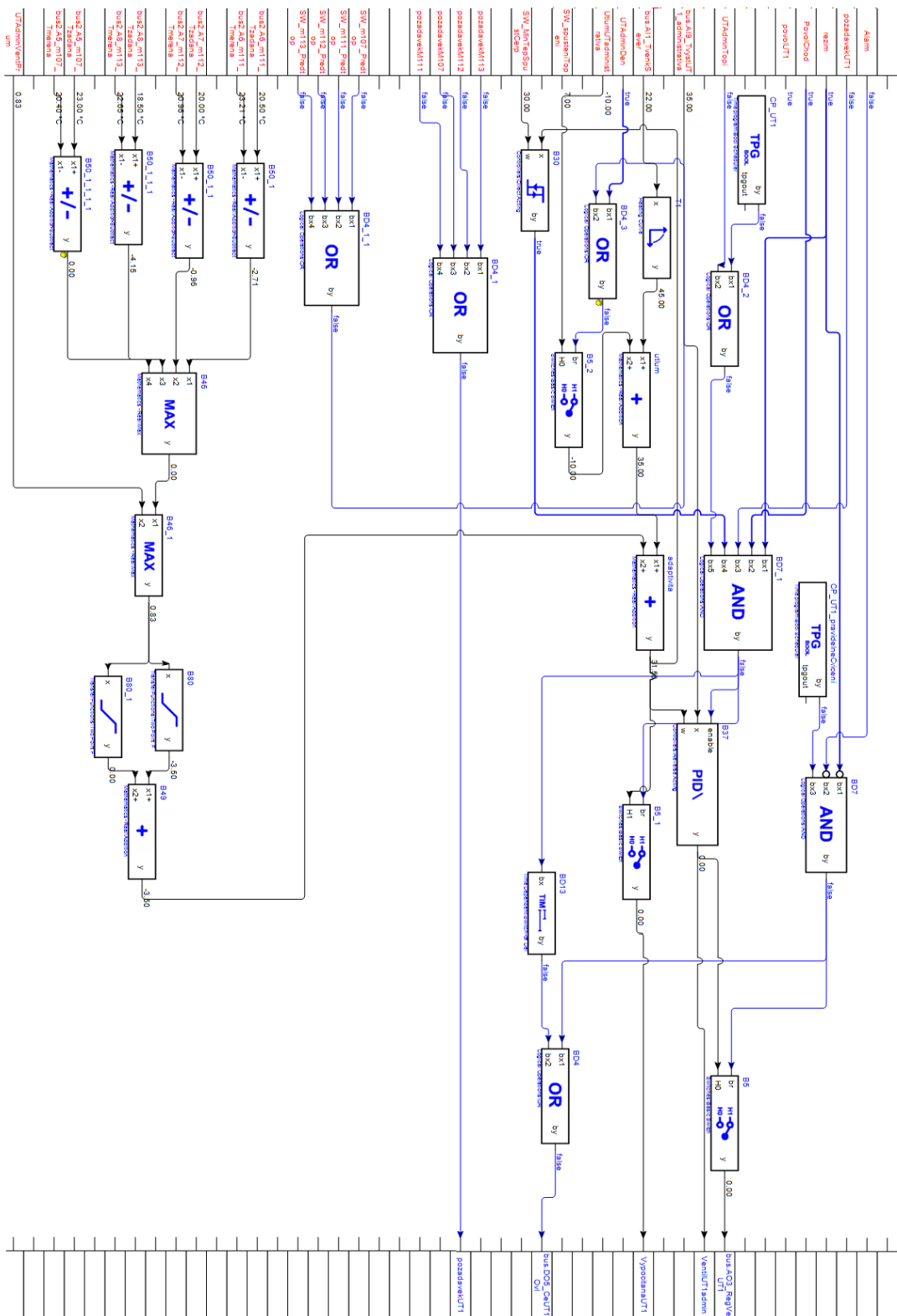


Obr. 45 - Obrazovka nastavení ekvitermních teplot a měření tepla

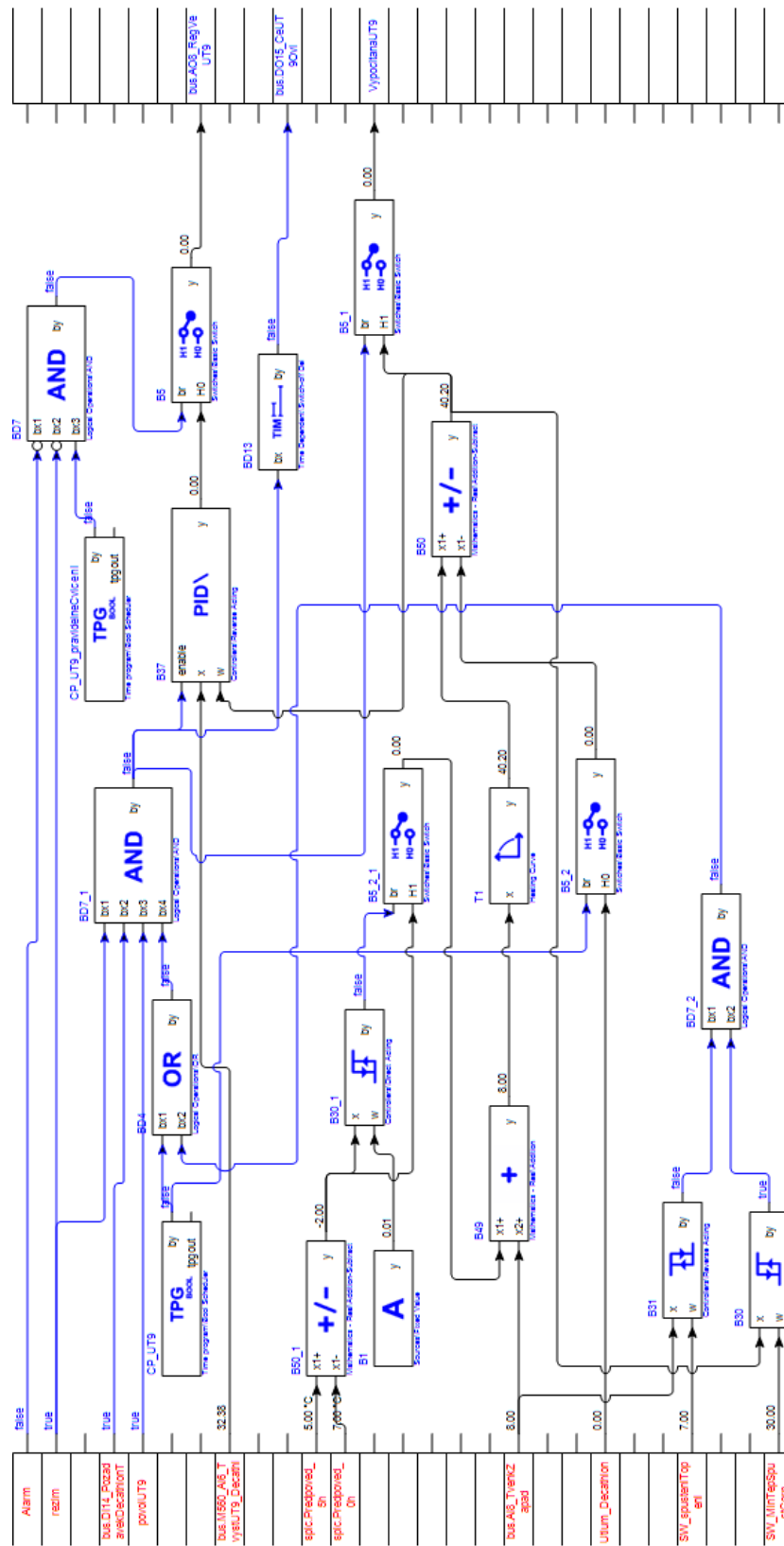
D Programová schémata



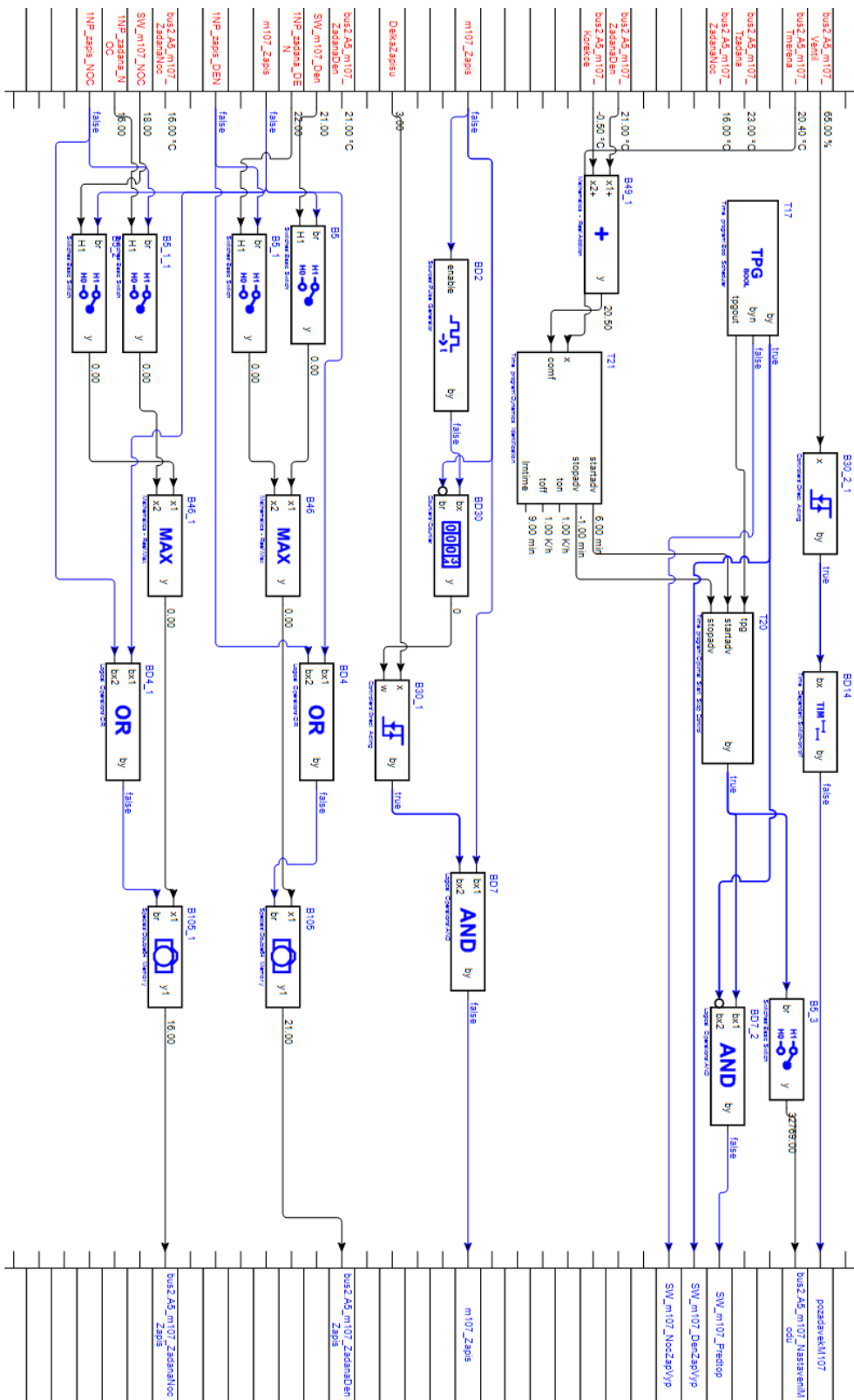
Obr. 46 - Schéma řízení ohřevu TUV



Obr. 47 - Schéma řízení UT_administrativa



Obr. 48 - Schéma řízení UT_decathlon



Obr. 49 - Schéma řízení pokojového regulátoru

E Obsah CD

Přiložené CD obsahuje:

- zdrojové kódy řídicí aplikace,
- zdrojové kódy vizualizace operátorského panelu,
- zdrojové kódy vizualizace dispečerského stanoviště
- elektronické vydání této práce.