ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Inteligentní řízení budovy

2009 **Autor: Varga Rostislav**

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Rostislav Varga**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (magisterský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření, blok KM1 - Řídicí technika

Název tématu: **Inteligentní řízení budovy**

Pokyny pro vypracování:

1. Navrhněte způsob měření a regulace technologií rodinného domu. Technologie zahrnují vytápění a vzduchotechniku. Zdrojem tepla bude solární panel a plynový kotel.
2. Navrhněte algoritmus řízení a ověřte jej na realizované technologii pro vytápění.
3. Navrhněte využití tepelné energie v zásobníku pro dohřev vzduchu ve vzduchotechnice.
4. Zvažte možnost chlazení jednotlivých prostor.
5. Stav řízené technologie rodinného domu zobrazte pomocí vizualizačního SW.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Doc.Ing. Jan Bílek, CSc.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2009/10

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická

doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 5. 5. 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW, atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne: ……. Podpis: ……..……

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je vytvořit projektovou dokumentaci měření a regulace technologií rodinného domu. Technologie zahrnují vytápění, chlazení a vzduchotechniku. Zdroji tepla jsou solární panely a plynový kotel. Dále se práce zabývá vytvořením algoritmů pro řízení těchto technologií. Pro pohodlnější a jednodušší obsluhu je vytvořena vizualizace technologií pomocí web serveru.

Abstract

The aim of this thesis is to create design documentation of instrumentation and control of technologies in family house. Technologies include heating, cooling and ventilation systems. Heat sources are solar collectors and gas boiler. Thereinafter this thesis considers the creation of algorithms for managing these technologies. There is made visualization via web server for comfortable and easy operating.

Obsah

1 Úvodní seznámení s problematikou ..... - 2 -

1.1 Použité termíny a zkratky ..... - 2 -

1.2 Slovo úvodem ..... - 2 -

2 Řízení moderních budov ..... - 4 -

2.1 Charakteristika Inteligentní budovy a jejího řídicího systému ..... - 4 -

2.2 Datové komunikace v Inteligentních budovách ..... - 8 -

2.3 Tvorba aplikačního softwaru dle normy IEC EN 61131-3 ..... - 17 -

3 Automatická regulace tepelných soustav ..... - 23 -

3.1 Druhy regulace ..... - 24 -

4 Řízená technologie ..... - 28 -

4.1 Schéma technologie ..... - 28 -

4.2 Zdroje tepla ..... - 28 -

4.3 Sférický zásobník tepla ..... - 30 -

4.4 Tepelné spotřebiče ..... - 31 -

4.5 Chlazení ..... - 32 -

4.6 Vzduchotechnika ..... - 34 -

5 MaR technologií ..... - 36 -

5.1 Podklady pro zpracování projektu ..... - 36 -

5.2 Požadavky na regulaci ..... - 36 -

5.3 Požadavky na rozsah projektu ..... - 36 -

5.4 Požadavky na řídicí systém ..... - 38 -

6 Projektová dokumentace MaR ..... - 43 -

6.1 Popis řešení ..... - 43 -

7 Programové vybavení ..... - 45 -

7.1 Popis řešení ..... - 45 -

7.2 Vývojové prostředí ..... - 45 -

7.3 Popis algoritmu ..... - 46 -

7.4 Vizualizace ..... - 52 -

8 Implementace ..... - 56 -

8.1 Oživení řídicího systému a čidel ..... - 56 -

8.2 Odladění systému ..... - 56 -

9 Zhodnocení ..... - 57 -

A. Literatura ..... - 58 -

B. Použitý software ..... - 60 -

1 Úvodní seznámení s problematikou

1.1 Použité termíny a zkratky

1.1.1 Termíny

Ekvitermní regulace – regulace topné vody v závislosti na venkovní teplotě

Legionela (viz [14]) je infekce způsobená bakterií *Legionella pneumophila.* Tyto bakterie mohou být nalezeny v různých druzích vodních hospodářství. Nicméně, baktérie se nejlépe množí v teplé nečinné vodě o teplotě v rozmezí 32°C – 40°C. Jako taková byla nalezena i domovních instalacích teplé užitkové vody, zásobnících teplé užitkové vody a například i ve velkých klimatizačních systémech.

Přehled vlivu teploty na bakterie legionely

- nad 60 °C (140 °F) – umírá okamžitě
- při 55 °C (131 °F) – umírá přibližně 95%
- 50 až 55 °C (122 to 131 °F) – může přežít, ale nemůže se rozmnožovat
- 35 až 46 °C (95 to 115 °F) – ideální teplota pro rozmnožování
- 20 až 50 °C (68 to 122 °F) – rozsah teplot, kdy je schopna se rozmnožovat
- pod 20 °C (68 °F) – může přežít, ale je ve vegetačním klidu, dokonce i pod bodem mrazu

1.1.2 Použité zkratky

MaR - Měření a regulace

EZS - Elektronický zabezpečovací systém

TUV - Teplá užitková voda

VZT - Vzduchotechnika a klimatizace

IB - Inteligentní budova

1.2 Slovo úvodem

Inteligentní budovy existují již mnoho let a u různých lidí vyvolávají rozdílné představy. Obecně myšleno je inteligentní ta budova, která dovoluje beze zbytku vyhovět potřebám uživatelů a přitom udržet náklady za provoz na minimální výši při využití různých zdrojů energií.

Nároky na vybavení budov se postupně zvyšují s rozvojem techniky a technologických celků. V dnešní době je naprostou samozřejmostí, že každá místnost má elektrické osvětlení, každá obydlená místnost má vytápění, popřípadě i klimatizaci, každá veřejná prostora má vzduchotechniku s nucenou výměnou vzduchu, mnoho budov má bezpečnostní přístupový systém, kamerový systém, systém požární signalizace atp. Vzhledem k postupnému vývoji nároků na budovy byly a jsou tyto systémy řešeny samostatně. Z toho vyplývají mnohé duplicity, které zvyšují jak pořizovací náklady, tak náklady na provozní údržbu a v mnoha případech i nesoulad mezi jednotlivými systémy.

Budovy v dnešní době používají velké množství technologie nezbytné pro jejich provoz. Jsou to především :

- vzduchotechnika
- klimatizace
- vytápění
- zdroje tepla a akumulace
- zdroje chladu a akumulace
- zdroje elektrické energie
- osvětlení
- přístupové systémy
- výtahy
- kamerové systémy
- požární zabezpečení
- nouzové napájení
- slaboproudé rozvody a strukturovaná kabeláž
- další systémy pro specifické budovy (sportovní haly, kulturní zařízení atp.)

Pojmem inteligentní budovy rozumíme takové budovy, které mají jednotlivé systémy navzájem propojeny do jednoho komplexního celku tak, aby došlo jak k úsporám nákladů investičních , tak provozních (energie , personál).

2 Řízení moderních budov

2.1 Charakteristika Inteligentní budovy a jejího řídicího systému

Provoz moderních administrativních či jiných veřejných budov (viz [5]) zajišťuje řada systémů - řízení vytápění, chlazení a vzduchotechniky, řízení osvětlení, řízení energetické soustavy budovy včetně náhradních zdrojů, řízení výtahů a eskalátorů, požární signalizace (EPS), zabezpečovací systém (EZS), přístupový (kartový) systém, uzavřený televizní okruh, okruh odtahů dýmu a kouře, samozhášecí zařízení, ozvučení budovy, systém řízení osvětlení, jednotný čas a řada dalších systémů.

Z hlediska integrovaného řídicího systému je kladen důraz na několik vlastností, které by měl splňovat (viz [10]):

1) Využívání dat získaných z jednoho systému pro činnost ostatních systémů

Například při požárním poplachu vyhodnoceném systémem EPS (elektronická požární signalizace) dochází k využití informace o vzniklém požáru tak, že se spustí požární ventilace, vypne se ostatní vzduchotechnika, uvedou se do požárního režimu výtahy, osvětlí se evakuační trasy a odblokují se únikové východy. Dalším příkladem může být ovládání osvětlení nebo klimatizace jednotlivých prostorů podle stavu jejich obsazenosti, který je vyhodnocen přístupovým systémem. Stejně tak lze díky systému EZS (elektronický zabezpečovací systém) při narušení objektu přepnout na kameru systému CCTV snímací danou zónu, ovládat polohovací hlavice kamer nebo sepnout odpovídající režim videorekordéru, případně zapnout osvětlení daného prostoru.

2) Společná správa informací na jednom operátorském pracovišti

Data z jednotlivých systémů jsou zpřístupněna pro obsluhu v jednotném grafickém prostředí se stejným komfortem zobrazení, s využitím multimediálních technologií spojujících datovou, hlasovou a video komunikaci. Obsluha na velínu budovy nemusí přecházet mezi různými programy instalovanými zpravidla na několik PC, což usnadňuje práci zvláště při řešení nestandardních situací. Způsob presentace informací může být na vyšší úrovni než zpravidla nabízejí centrální jednotky dílčích systémů. Aplikace moderních způsobů monitorování stavu zařízení zvyšuje efektivitu práce řídicího personálu, informace o aktuálních stavech zařízení je organizována tak, aby obsluha nebyla zbytečně zatěžována množstvím rutinních hlášení, ale přitom byla včas varována při vybočení parametrů z normálního stavu. U rozsáhlejších

objektů je možné instalovat více operátorských pracovišť, na kterých bude ovládání a monitorování jednotlivých oblastí rozděleno podle kompetencí příslušných operátorů.

3) Nezávislost na konkrétním dodavateli

Řízení a ovládání velkých budov, které mají více strojoven vzdálených od sebe i stovky metrů, by mělo být realizovatelné z jednoho místa, neboť není možné, aby obsluha pravidelně obcházela rozvaděče a zjišťovala, není-li někde porucha. Další vlastností je snadné vyhodnocení z několika různých systémů na jednom operátorském pracovišti. V budově bývá instalováno více systémů od různých dodavatelů, které je zapotřebí zahrnout pod jednotný ovládací systém, což značně zjednodušuje orientaci v jednotlivých technologiích, zvyšuje účinnost práce, snižuje náklady na školení obsluhy a zvyšuje schopnost rychlého zásahu v krizových situacích tak, aby ovládací program nebyl jejich nepřítel, ale efektivní nástroj k ovládání a sledování technologií. Pro lepší pochopení dějů a optimalizaci spotřeby energií je výhodné mít možnost sledovat závislosti veličin, které jsou měřeny různými systémy.

4) Energetický management budovy

Zdánlivě je regulace spotřeby energie problémem ryze ekonomickým a organizačním. Určité úspory lze skutečně dosáhnout vhodnou organizací práce a časovým rozvrhem aktivit pracovišť a doby provozu energeticky náročných spotřebičů. K efektivnímu řešení této problematiky je však nezbytná technická podpora integrovaného řídicího systému budovy.

K důležitým funkcím řídicího systému budovy patří sledování hodnoty technického maxima, smluvně dohodnutého s dodavatelem elektrické energie. Systém zabezpečuje dodržování (nepřekročení) této hodnoty.

Regulační algoritmy umožňují odpínání zátěží nejen podle okamžité hodnoty, ale též podle jejího trendu, tj. podle očekávané spotřeby na konci čtvrthodiny.

Je nutné si uvědomit, že tato regulace nepřináší absolutní úsporu elektrické energie, krátkodobě odpojené spotřebiče odeberou většinou potřebnou energii později, ale úsporu na platbách při nižším sjednaném technickém maximu odběru.

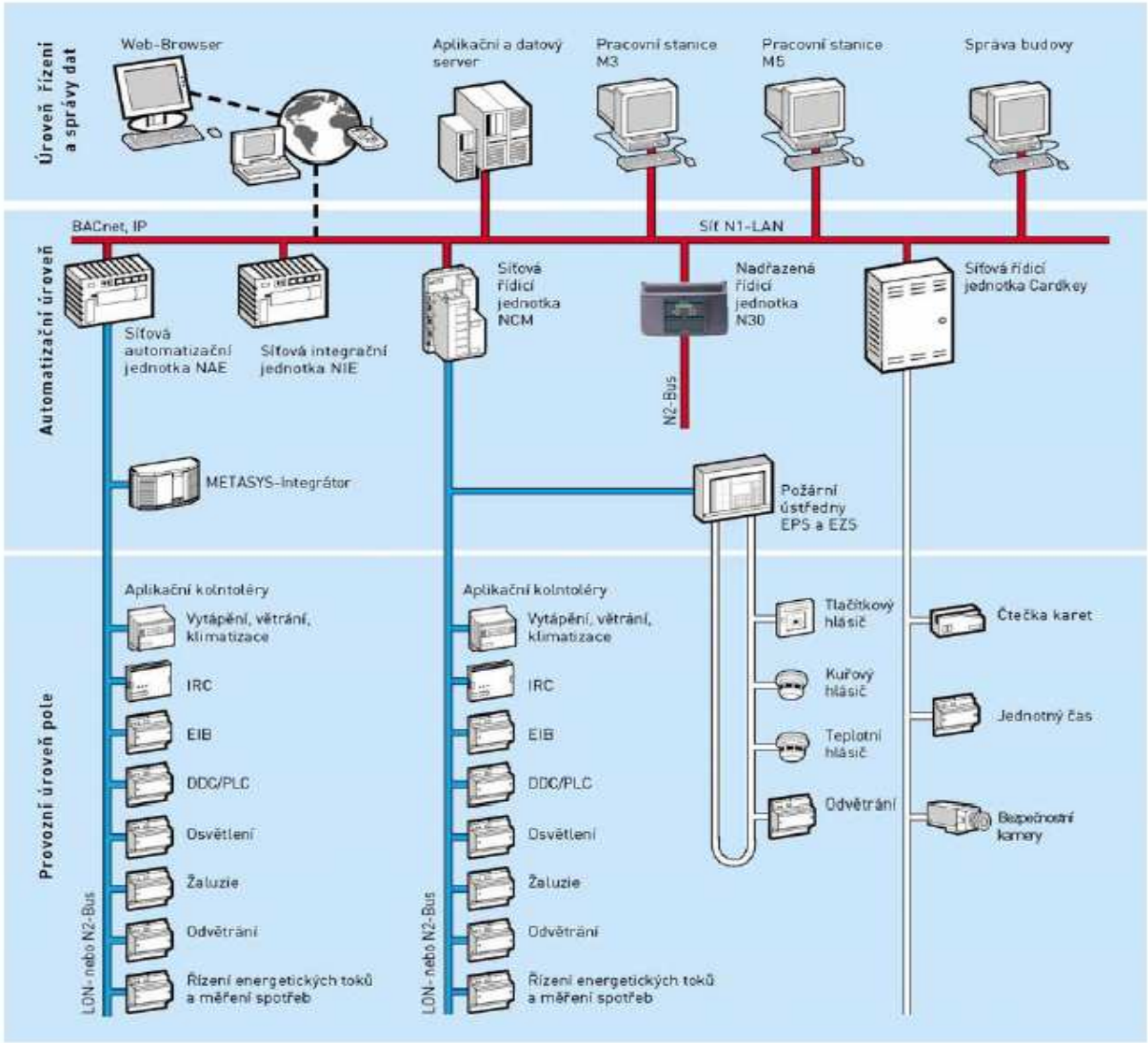
Vždy však nelze energetický manegement budovy zavést. Mezi tyto budovy patří administrativní budovy nebo průmyslové budovy, ve kterých je nutné upřednostnit technologii před případnou úsporou na platbách za spotřebu elektrické energie. Jako je tomu v našem případě.

5) Využívání informací při správě a údržbě budovy

V průběhu své činnosti řídicí systém budovy sleduje a archivuje řadu dat o provozu a funkčních stavech jednotlivých technologických zařízení To umožňuje provázat tuto databázi se systémem pro plánování a organizaci údržby, tzv. Maintenance Manager.

V systému jsou rozlišeny dva typy servisních činností: preventivní pravidelné prohlídky a vyžádané servisní zásahy (neplánované, zpravidla vyvolané poruchou či cizím zaviněním). Systém sestavuje časové plány preventivní údržby (např. na základě doby chodu jednotlivých zařízení), ve kterých specifikuje pracovní postupy, požadavky na profesi a kvalifikaci pracovníka a seznam náhradních dílů včetně případného speciálního nářadí. V případě vyžádaných servisních zásahů sestaví a vytiskne obdobný požadavek na servisní zásah, doplněný o seznam možných příčin dané závady.

Příklad integrované architektury řídicího systému inteligentní budovy je na Obrázku 2.1.



Obrázek 2.1: Architektura systému pro automatizaci a správu budov

Tato architektura se vyznačuje distribuovanou inteligencí řídicího systému, rozptýlenou po celé budově tak, aby jednotlivé kontroléry byly co nejblíže řízeným technologickým uzlům. Jednotlivé lokální kontroléry jsou v automatizovaném systému řízení propojeny datovou komunikační sběrnicí se zařízením na vyšších úrovních decentralizované struktury. Protokoly pro přenos dat a konkrétní topologie systému řízení se může v detailech lišit podle konkrétního zvoleného řídicího systému.

Nejvýše ve struktuře automatizovaného systému řízení je vždy dispečerská nebo operátorská pracovní stanice. Ta je realizována osobním počítačem, na kterém je implementováno příslušné firemní programové vybavení daného výrobce chráněné licencí. Uživatelským programovým vybavením zpracovaným dodavatelem řídicího systému je operátorská pracovní stanice přizpůsobena konkrétním požadavkům dané aplikace. Při dodržení decentralizované koncepce řídicího systému, ve které jsou řídicí algoritmy vyšší úrovně zabezpečovány v síťových řídicích jednotkách řešených jako mezistupeň mezi lokálními regulátory (řídicími např. jednotlivá vzduchotechnická zařízení) a dispečerskou úrovní, je operátorská pracovní stanice osvobozena od řídicích a dohlížecích funkcí a slouží pouze jako prostředek pro komunikaci obsluhy s řídicím systémem - k definování nebo zpracování databází, vypracování přehledů a jiné dispečerské funkce. Tato koncepce přispívá ke zrychlení komunikace a zvýšení spolehlivosti systému.

Jednotlivé systémy a zařízení mají své výrobce a dodavatele, kteří často vybavují tyto systémy autonomní automatikou zajišťující optimální provoz zařízení s rozsáhlými možnostmi diagnostiky provozních a poruchových stavů. Automatika systémů je zpravidla založena na mikroprocesové technice. Prakticky každý takový elektronický výrobek má své vlastní rozhraní pro připojení sériové sběrnice pro komunikaci s osobním počítačem na pracovišti obsluhy, odkud lze efektivně řídit a monitorovat činnost zařízení.

Pro funkci budovy jako celku je však nutný přenos informací mezi jednotlivými systémy. Vazba mezi systémy může být realizována různými způsoby, které se liší rozsahem a kvalitou přenášených informací. Nejjednodušší způsob je přenos diskrétních signálů mezi vstupním a výstupním zařízením jednotlivých systémů. Tyto signály nesou konkrétní informaci, jejíž význam je předem definován již v projektu. Počet takto přenášených informací je fyzicky omezen počtem vstupních a výstupních kanálů, které mají jednotlivé systémy k dispozici. Pozdější rozšíření je obtížné, z důvodu zásahu do hardware systémů včetně realizace nových

kabelových připojení. Pro komfortní komunikaci s každým ze systémů je pak nutné nasazení vlastního PC na pracovišti obsluhy.

Skutečné propojení činností jednotlivých systémů v rámci „Inteligentní budovy" lze realizovat integrací, tj. propojením systémů prostřednictvím komunikačních kanálů. Tuto propojitelnost lze dosáhnout několika způsoby:

- využitím brány (gateway), tj. jednotek, které překládají komunikační protokol a data jednoho dodavatele do protokolu a dat jiného dodavatele,

- sdílenými protokoly, které jsou výsledkem spolupráce dvou nebo více dodavatelů vyvíjejících společný protokol umožňující obousměrnou komunikaci jejich zařízení,

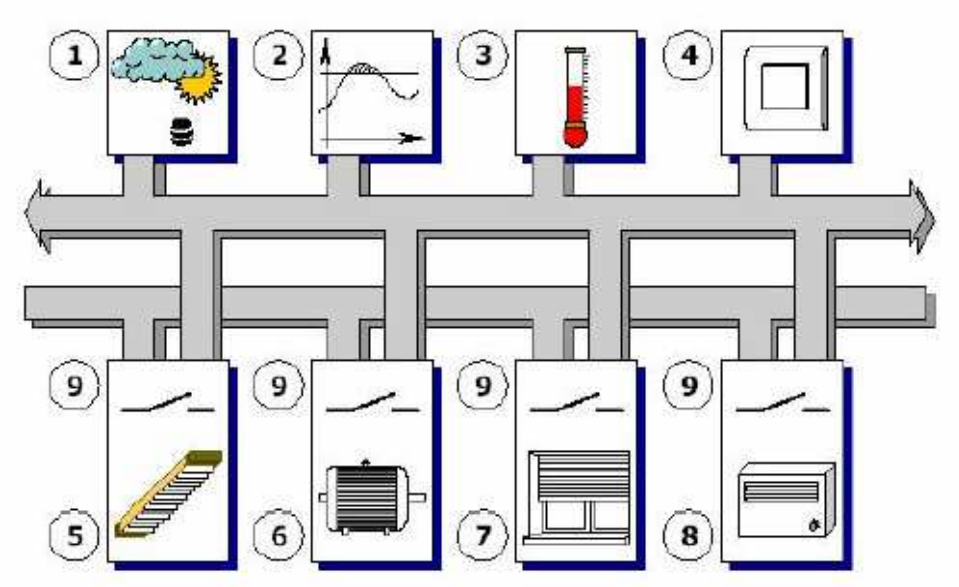
- aplikací standardů, univerzálních protokolů, vyvinutých sdruženími výrobců a normotvornými organizacemi výrobce, které jsou ve shodě s daným standardem. V současné době je rozpracována řada takových standardů, například BACnet (Building Automation and Control Network), LON (Local Operating Network), EIB (European Installation Bus) a podobně.

2.2 Datové komunikace v Inteligentních budovách

2.2.1 Sběrnicový systém EIB

Sběrnicový systém EIB (viz [4]), někdy označovaný též jako i-bus nebo instabus, vychází ze společného evropského konceptu Evropské instalační sběrnice (standard EN 50 090). Pro projektování a uvádění do provozu se používá software ETS (EIB Tool Software). Sběrnice EIB vytváří jednotnou platformu pro ovládání systémů a zařízení zajišťujících provoz budov (osvětlení, zastiňovací technika, vytápění, klimatizace, zabezpečovací a přístupové systémy, audio/video systémy ...) viz Obrázek 2.2.

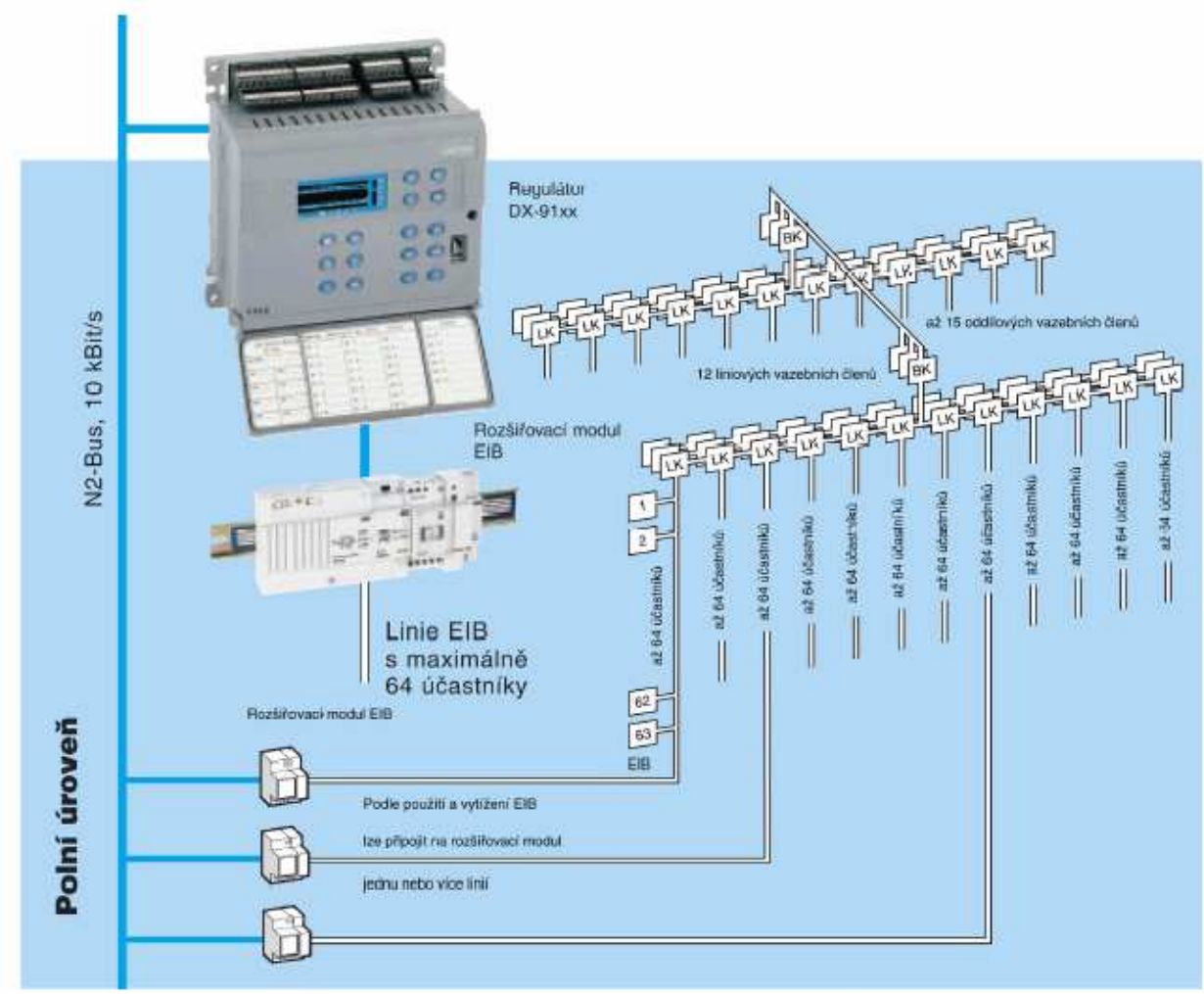
Systém založený na sběrnici EIB je programovatelný a rozšiřitelný. Jedná se o decentralizovaný automatizační systém s rozprostřenou inteligencí (jednotliví účastníci mají vlastní mikroprocesor a komunikují spolu bez použití centrální jednotky). Páteří zařízení je dvouvodičová datová sběrnice, po níž se přenášejí jednotlivé telegramy.



1 Čidlo jasu	2 Prahová detekce	3 Teplotní čidlo
4 Monitorování	5 Osvětlení	6 Řízení motoru
7 Žaluzie a rolety	8 Vytápění	9 Spínací kontakty 230V

Obrázek 2.2: Distribuovaná architektura sběrnicového systému EIB

Standard EIB je vytvářen nezávislou organizací EIBA se sídlem v Bruselu. Jednotlivé komponenty systému EIB vyrábí desítky výrobců z celé Evropy. Výhodou standardizovaného systému je možnost kombinování komponentů různých výrobců. Někteří „tradiční" výrobci elektroinstalačního materiálu vyrábějí široký sortiment tlačítek, spínacích prvků a systémových prvků. Menší firmy naopak dodávají speciální prvky jako LCD ovládací panely, řídicí moduly, moduly pro integraci do jiných systémů a podobně. K těmto výrobcům se postupně přidávají výrobci ostatních zařízení pro budovy, kteří doplňují sortiment o zařízení přímo připojitelná na sběrnici EIB, například žaluzie, pohony ventilů topení ....



Obrázek 2.3: řídicí systém se začleněnou architekturou sběrnice EIB

Komunikační protokol

Komunikační zásobník EIB je strukturován v souladu se sedmivrstvým komunikačním modulem ISO/OSI. Fyzická a linková vrstva je závislá na typu použitého média. Pro řízení přístupu k médiu je předepsán mechanismus Carrier Sense Multiple Access (CSMA) s optimalizovaným antikolizním přístupem (Collision Avoidance). Příznak cílové adresy (DAF) rozlišuje mezi telegramy orientovanými skupinově a na zařízení.

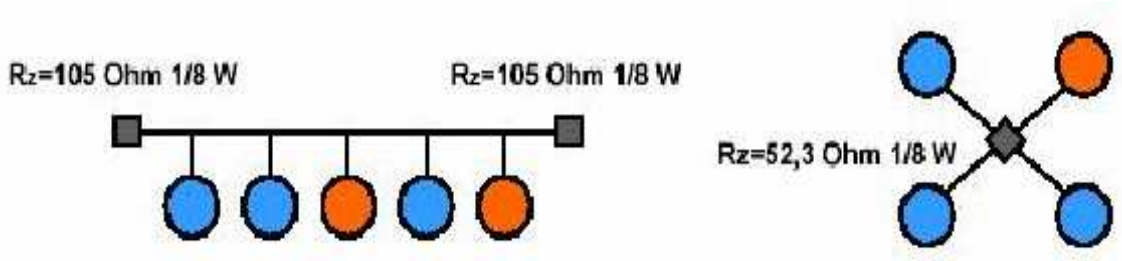
Síťová vrstva řídí přenosy pomocí NPCI řídicí informace (Network Protocol Control Information). Transportní vrstva se stará o logické komunikační vazby, které mohou mít několik forem:

* jeden pro několik (one-to-many), bez spojení (vysílání pro skupinu),
* jeden všem (one-to-all), bez spojení (vysílání),
* jeden jednomu (one-to-one), bez spojení,
* jeden jednomu (one-to-one), se spojením.

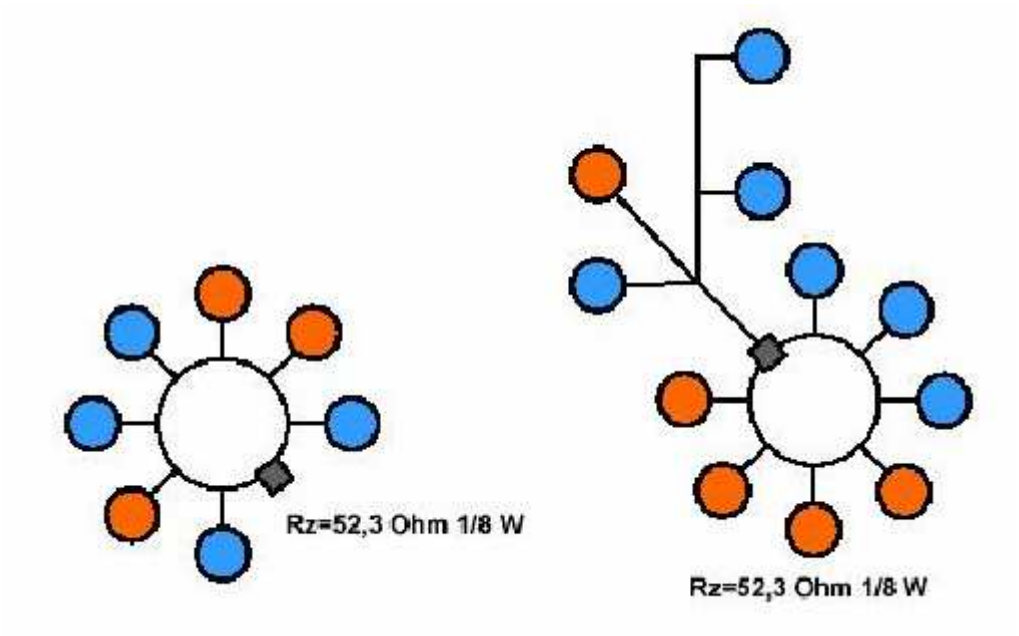
Všechny služby transparentně vedené napříč relační a prezentační vrstvou jsou rezervovány. Aplikační vrstva obsahuje aplikační rozhraní pro klient/server správu EIB sítě.
Informace vyměňované mezi dvěma zařízeními jsou formovány do paketů. Každý vyslaný paket je pak následován potvrzením tvořeným znakem EOF. EIB systém umožňuje přiřadit vysílaným datovým paketům prioritu, což může být výhodné například při zasílání urgentních nebo chybových hlášení. Alarmní zpráva má prioritu vyšší než jakákoli jiná zpráva vyslaná v normálním operačním módu.

2.2.2 LonWorks technologie

LonWorks technologie (viz [1]) je kompletní platforma pro implementaci distribuovaných řídicích systémů. Tyto systémy se skládají z inteligentních zařízení nebo nodů, které jsou ovlivňovány okolním prostředím a které mezi sebou navzájem komunikují přes rozličná komunikační media pomocí obecného komunikačního protokolu.



Obrázek 2.4: Sběrnicová a hvězdicová topologie



Obrázek 2.5: Kruhová a kombinovaná topologie

Technologii LonWorks vyvinuly laboratoře firmy Echelon, která je v této oblasti stále vedoucí silou - zajišťuje technickou podporu, vyvíjí a ověřuje nové typy fyzických médií a stará se o propagaci standardu a jeho podporu velkými výrobci a je použitelná pro průmyslovou automatizaci v aplikacích se dvěma až 32 000 propojenými zařízeními (uzly) tam, kde postačuje doba odezvy sítě řádově jednotky až stovky milisekund. Primárně nachází uplatnění v oblasti automatizace budov, dále se používá v domácích a kancelářských strojích, průmyslu a metropolitních sítích. Zde se jedná především o sledování a řízení spotřeby energií, zabezpečovací zařízení, požární ochranu, řízení klimatizace, domácích spotřebičů, výtahů apod.. LonWorks network se skládá z inteligentních zařízení, označovaných jako nody. Tyto nody jsou navzájem propojeny. Komunikace probíhá pomocí tzv. protokolu LonTalk.

Základní komponenty sítě LonWorks: viz. Obrázek 2.6

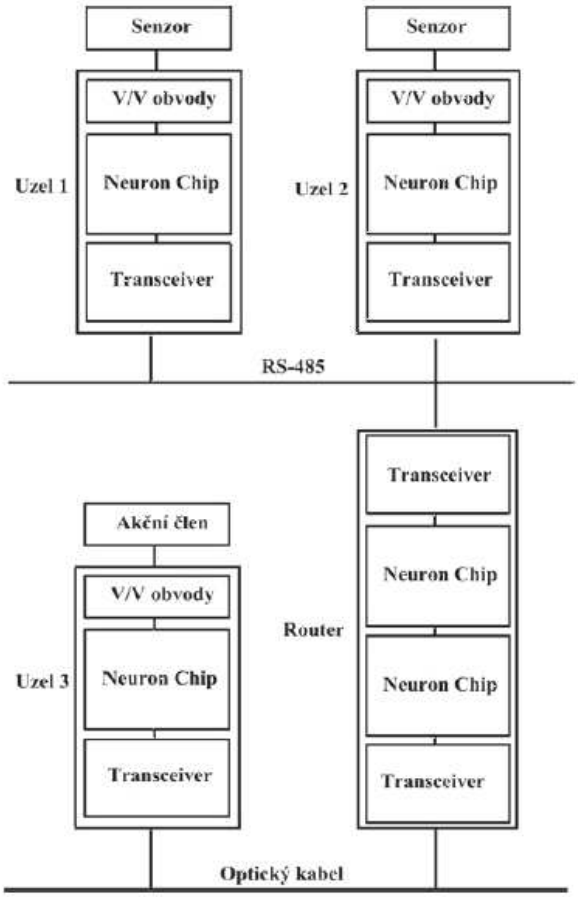
1. Node - je to inteligentní zařízení na síti, senzor, akční člen nebo kontrolér. Všechny nody tvoří společně síť. Nody jsou propojeny příslušným komunikačním mediem, jako např. kroucenou dvojlinkou, IF linkou, silovým vedením apod. Po tomto vedení spolu komunikují protokolem LonTalk. Node typicky obsahuje Neuron Chip, tranceiver a I/O obvody.

2. Neuron Chip - je srdcem běžných LonWorks nodů. Je to VLSI (Very Large Scale Integration) obvod, který má implementován LonTalk protokol jako část firmware. Může vykonávat uživatelský program a obsluhovat I/O zařízení.

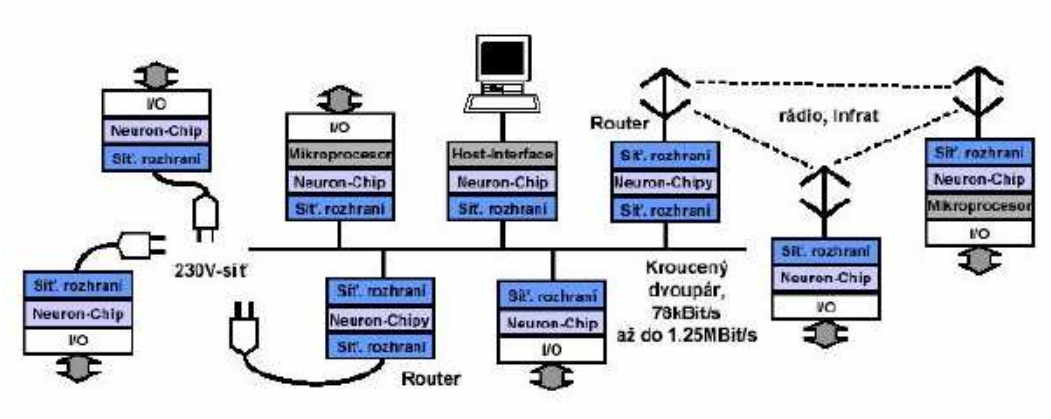
3. Transceiver - je to obvod (zařízení), které realizuje elektrické a mechanické spojení Neuron Chipu s fyzickým komunikačním médiem.

4. Host Processor - používá se pro komfortní vykonávání uživatelského programu. Neuron Chip potom slouží jen jako komunikační co-procesor realizující síťové připojení. Síťové interfejsy - takto se označují zařízení umožňující připojit PC do sítě LonWorks. Jsou to obvykle ISA nebo PCI zásuvné karty do PC.

5. Vývojové prostředky - jsou to nástroje umožňující vývoj nodů, vytváření a údržbu sítě LonWorks.



Obrázek 2.6: Základní komponenty sítě LonWorks



Obrázek 2.7: Fyzická topologie sítě LonWorks

Pro projektování a uvádění do provozu se používá např. software LonBuilder nebo LonMaker. K zajištění vzájemné kompatibility LON zařízení různých výrobců byla zřízena asociace LonMark Interoperability Association, která vydává pravidla pro standardizaci a přiděluje kompatibilním zařízením značku LonMark.

Protokol LonTalk

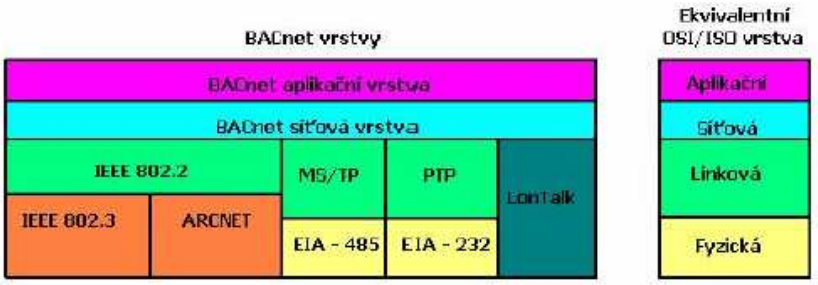
Protokol LonTalk má některé specifické vlastnosti, kterými se odlišuje od protokolů ostatních průmyslových sítí. Všechny vrstvy jsou definovány podle standardu ISO/OSI. Síť LonWorks nevyžaduje ke své činnosti řídicí zařízení. Jednotlivá zařízení komunikují navzájem mezi sebou, jedná se tedy o síť typu peer-to-peer.

2.2.3 Komunikační protokol BACnet

BACnet (viz [2]), (viz [3]) (Building Automation and Control Network) je standardní komunikační protokol pro sítě automatizace a řízení budov vyvinutý americkým sdružením ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers). Hlavním cílem bylo vytvořit protokol, který by umožňoval integraci systémů různých výrobců primárně určených pro automatizaci budov do jediného kooperujícího celku.

Protokol BACnet stanovuje standardní způsoby jak reprezentovat funkce (data) libovolného zařízení jako např. analogové a binární vstupy a výstupy, časové programy, řídicí smyčky a alarmy. BACnet nedefinuje interní konfiguraci, datové struktury nebo řídicí logiku zařízení. Informace poskytované na síti BACnet jsou definovány jako standardizované abstraktní objekty. Vazba těchto objektů na reálně naměřené hodnoty je definována výrobcem. Stejné pravidlo platí i pro implementaci řídicích algoritmů zařízení - standardizováno je rozhraní vzhledem k síti BACnet, vnitřní architektura není pro standard BACnet podstatná.

Specifikace BACnetu je složena v zásadě ze tří hlavních částí. První část popisuje metody jak reprezentovat jakékoli zařízení standardním způsobem (tj. objekty). Druhá část definuje zprávy zasílané počítačovou sítí pro monitoring a řízení takového zařízení (tj. služby). Třetí část definuje množinu přístupných lokálních sítí (LAN) použitelných pro přenos zpráv.
Vlastní architektura BACnetu je založena na modelu ISO/OSI, viz. Obrázek 2.8



Obrázek 2.8: Architektura komunikačního protokolu BACnet

BACnet rovněž umožňuje směrovat zprávy skrze existující IP sítě a Novell IPX sítě. Oba tyto protokoly jsou schopny zapouzdřit BACnet zprávy a přenést je pomocí tzv. tunelování (BACnet/IP Packet-Assembler-Disassembler: B/IP PAD).

2.2.4 Komunikační sběrnice CIB

Sběrnice CIB (viz. 20) se vyznačuje snadnou instalací. Práce elektroinstalatéra při propojování jednotek akčních členů a senzorů je omezena na zavedení dvouvodičového kabelu, pouze s nutností dodržet polaritu vodičů. Z hlediska topologie si sběrnice poradí s libovolným větvením, jen zapojení do kruhu je nutné vyloučit.

Současně se minimalizuje počet vodičů nutných pro napájení, protože napájecí napětí a data jsou vedena společně po dvou vodičích. Tím odpadá starost s řešením samostatného vedení napětí pro napájení jednotek na sběrnici CIB.

Sběrnice CIB má velký dosah a je snadno rozšiřitelná. Systém založený na sběrnici CIB je modulární a konfigurovatelný. Komunikace probíhá v modelu *master−slave*. Na jednu větev může být připojeno až 32 jednotek, a je-li třeba více větví, než má příslušná centrální jednotka rozhraní CIB, lze systém rozšiřovat pomocí externích modulů *master* obsahujících dvě větve CIB. To umožňuje nejen rozšířit počet připojených akčních členů a senzorů, ale i významně zvětšit rozlehlost systému, protože modul *master* lze umístit až do vzdálenosti 300 m od řídicí

jednotky při připojení metalickým kabelem nebo až 1,7 km při připojení optickým kabelem, a to bez snížení rychlosti odezvy.

Komunikační systém je odolný proti výpadkům a poruchám napájení. Ačkoliv sběrnice má nominální napájecí napětí 24 V DC, doporučuje se použít napětí 27 V DC. Díky tomu je možné trvalé dobíjení připojených akumulátorů 2 × 12 V, které potom při výpadku sítě zajistí trvalý chod centrální jednotky včetně všech jednotek na sběrnici CIB. Samozřejmě nebudou fungovat spotřebiče napájené ze sítě 230 V, ale systém je i nadále schopen vykonávat zabezpečovací a komunikační funkce.

Odezva systému je do 150 ms i při plném zatížení, tj. osazení maximálního počtu jednotek na všech připojených větvích sběrnice CIB. Tato hodnota je hluboko pod 300 ms, tedy pod hodnotou, kterou člověk ještě vnímá jako okamžitou reakci. Pro regulaci tepelných procesů je to rychlost zbytečná, ale umožňuje systém bez problému využít i v osvětlovacích soustavách. Garantované rychlosti odezvy sběrnice je dosaženo přenosovou rychlostí 19,2 kb/s a optimalizovaným přenosovým protokolem.

Pro to, aby byly minimalizovány činnosti spojené se správnou adresací jednotek, má každá jednotka svoji vlastní unikátní šestnáctibitovou adresu, vyjádřenou jako čtyři hexadecimální číslice uvedené na krytu každé jednotky. Zároveň je tuto adresu možné přečíst v centrální jednotce elektronicky. Programátor automaticky načte elektronické adresy všech připojených jednotek a vygeneruje z nich tabulku, kterou vyplní elektromontér při jediné obchůzce již nainstalovaných jednotek. Programátor se pak již odkazuje na jednotky pouze pod jejich názvy podle projektu.

Systém je odolný proti výpadku nebo odpojení jedné i více jednotek. Zároveň má všechny větve sběrnice pod neustálou kontrolou, takže je informován o tom, že některá jednotka přestala komunikovat. S touto informací může dále nakládat − vyhlásit alarm apod.

Občas a z nejrůznějších důvodů je třeba aktualizovat firmware jednotek v síti CIB. To, že tato aktualizace je po určité době nevyhnutelná, v současnosti dobře vědí nejen odborníci, ale i laici používající elektronické fotoaparáty, mobilní telefony apod. Sběrnice CIB je vybavena komunikační funkcí, která aktualizaci umožňuje, a tak pro ni není třeba jednotku demontovat, stačí pouze v parametrizačním programu IDM zmáčknout příslušné tlačítko.

2.3 Tvorba aplikačního softwaru dle normy IEC EN 61131-3

(viz [15]) V ČR byla tato norma přijata, nikoliv však přeložena, pod označením ČSN EN 61131-3 Programovatelné řídicí jednotky – Část 3: Programovací jazyky. Také byla přijata jako směrnice většinou významných světových výrobců PLC.

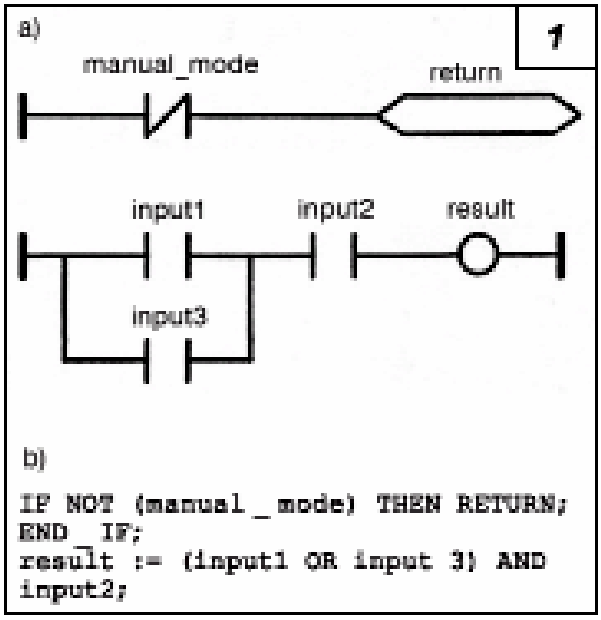
Kodifikované označení v angličtině		Označení obvyklé v němčině		Vhodný název v češtině
zkratka	**název**	**zkratka**	**název**	
LD	Ladder Diagram	KOP	Kontaktplan	reléové schéma
FBD	Function Block Diagram	FUP	Funktionplan	jazyk funkčních bloků
IL	Instruction List	AWL	Anweisungsliste	jazyk mnemokódů
ST	Structured Text	ST	Strukturierter Text	strukturovaný text
SFC	Sequential Function Chart	AS	Ablaufsprache	jazyk sekvenčního programování

Tab. 2.1: Jazyky pro programování řídicích jednotek specifikované v normě IEC EN 61131-3

2.3.1 Úloha normy IEC EN 61131-3

Úlohou normy je sjednotit syntaxi (formální pravidla, gramatiku) i sémantiku jazyků pro programování řídicích jednotek (PLC). Lze říci, že jazyky specifikované v této normě jsou jakýmsi esperantem, které nahrazuje dosavadní množství různorodých jazyků. Uživatelé a programátoři PLC zde najdou typy jazyků, které jsou zvyklí používat, které vycházejí z jazyků používaných světovými výrobci, a bez větších problémů jim porozumějí. Jde především o grafické jazyky kontaktních schémat (LD, obr. 2.9) a blokových schémat (FBD, obr. 2.10) nebo o textové jazyky – jazyk mnemokódů (IL, obr. 2.11), který je obdobou jazyků typu assembler, a strukturovaného textu (ST, obr. 2.12), patřící do kategorie vyšších programovacích jazyků podobně jako jazyk C, Pascal atd.

Součástí normy je i definice společných prvků, mezi něž patří především deklarace proměnných a datových typů, funkcí a funkčních bloků, vytváření speciálních uživatelských funkcí a funkčních bloků a jejich aktivace, ale i způsob aktivace úloh programu a grafický aparát pro sekvenční aktivaci úloh (SFC, obr. 2.13). Podrobnější informace lze najít přímo v originálu normy [16] nebo v publikaci [17], v češtině v [18], [19]. Vhodné je připomenout, že o rozšíření a popularizaci normy IEC EN 61131-3 se stará organizace PLCopen (http://www.plcopen.org).



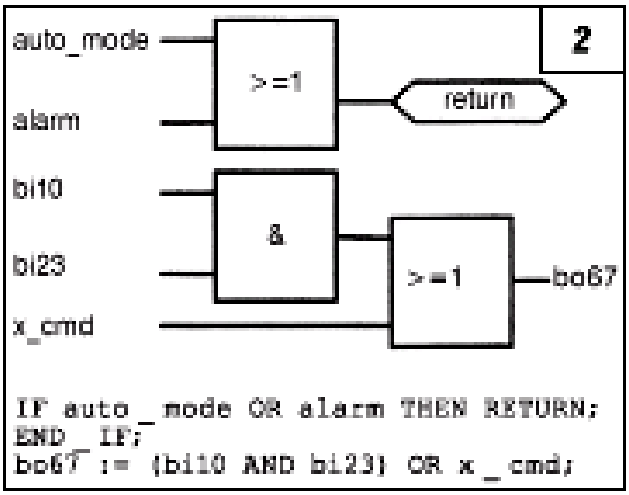
Obrázek. 2.9: Příklad zápisu programu v jazyce pomocí LD: a) zápis v LD, b) ekvivalentní zápis v ST

2.3.2 Jednotné prostředí a jazyky

Zavedení normy IEC EN 61131-3 je obdobou kodifikace spisovného jazyka, který sjednotil různorodá nářečí do jedné spisovné formy. Jednotlivá nářečí tím nezanikla, ale nadále zůstala pouhými lokálními dialekty. Stejně tak zavedením normy IEC EN 61131-3 nezaniknou dosavadní firemní programovací jazyky. Důvodem jsou především ohledy výrobců PLC na tradiční uživatele jejich produktů, kteří jsou na původní firemní jazyky zvyklí a nejsou ochotni se učit syntaxi nového jednotného jazyka – nezbytně odlišnou a mnohdy komplikovanější. Novým uživatelům a programátorům se vyplatí naučit se přímo programovat podle normy IEC EN 61131-3, stejně jako se při výuce cizímu jazyku učí jeho spisovná forma, nikoliv dialekt. Programování podle normy IEC EN 61131-3 uvítají především programátoři ve firmách, které jsou nuceny kompletovat své zakázky pokaždé s jinou značkou PLC. Jednotná syntaxe programovacích jazyků jim ušetří ztrátový čas a mnoho programátorských chyb, které jsou průvodními jevy situace, v níž je nutné naučit se a používat současně několik různých jazyků a převádět stejné či podobné bloky programu do různých jazykových mutací.

Přínos normy IEC EN 61131-3 je ale podstatně větší než jen náhrada početné množiny různých jazyků několika málo standardizovanými jazyky. Jazyky podle normy IEC EN 61131-3 a jejich společné prvky jsou podstatně systematičtěji a obecněji definovány, než

tomu je u dosavadních jazyků. Navíc všechny navzájem sdílejí společné prvky. Přechody mezi různými typy jazyků jsou tak snazší. Patrně nerozšířenější jsou jazyky nejnižší úrovně – grafický jazyk LD a textový jazyk IL. Na periferii zájmu programátorů dosud jsou, alespoň v ČR, dva prostředky nejvyšší úrovně – jazyk strukturovaného textu ST a grafický prostředek SFC.



Obrázek 2.10: Příklad zápisu programu: a) v jazyce FBD, b) ekvivalentní zápis v ST

2.3.3 Program – víc než soubor příkazů

Častým omylem je tvrzení či pocit, že programování je jen psaní programu ve zvoleném jazyce, že stačí naučit se vhodný programovací jazyk a po zadání úlohy sednout k počítači a psát program. Program pro PLC není ale samoúčelná kombinace znaků, grafické schéma nebo sled instrukcí či příkazů vyššího jazyka. Je to ucelený produkt a přitom neoddělitelná součást automatizačního projektu. Právě program oživuje celý automatizovaný systém – stroj nebo technologické zařízení. Kvalita programu rozhoduje o kvalitě řízení systému, o úspornosti a spolehlivosti provozu i o pohodlí obsluhy a spokojenosti koncového uživatele – a výsledně o úspěšnosti celé zakázky.

```
Label: LD        in2                                          3
       ANA                (* result := ana (in2) *)
       MUL       2        (* result := 2*ana (in2) *)
       ST        temp     (* temp := result *)
       LD        in1
       ANA
       ADD       temp     (* result := 2*ana (in2) + ana (in1) *)
       MUL       2        (* 4*ana (in2) + 2*ana (in1) *)
       ST        temp     (* temp := result *)
       LD        in0
       ANA
       ADD       temp     (* 4*ana (in2) + 2*ana (in1) + ana(in0) *)
       ST        SUBPRO   (* return the current result *)
                          (* to the calling program *)
```

Obrázek 2.11: Příklad zápisu programu v jazyce IL

Je chyba se domnívat, že okamžitě po zadání úlohy je třeba neprodleně začít s psaním instrukcí programu. Program lze sice tímto způsobem vytvořit, vynechání analytické a přípravné fáze se však projeví – a vymstí – později, ve fázi ladění programu a při uvádění řízeného celku do provozu. Tedy ve fázi, kdy je mezi zúčastněnými nejvíce stresu a nervozity a prostředí je nejméně vhodné k soustředění se a ke hledání chyb, logických mezer a nesystematičností v řídicím programu.

Nesystematicky vytvořený a nedostatečně odladěný program je trvalým zdrojem problémů, reklamací a dodatečných nákladů. Proto se i při tvorbě programu vyplatí respektovat obvyklé vývojové fáze, obdobné jako u celkového projektu, především úvodní analýzu požadavků, zadání úlohy a její algoritmizaci, a dále navázat systematickým návrhem koncepce a struktury programu, definováním podsystémů, modulů a funkčních bloků, které budou v programu použity, a rozhraní mezi nimi. Přitom je důležité zvolit programovací jazyk vhodný pro danou úlohu. Teprve pak má smysl začít vytvářet vlastní program. Podobně jako při tvorbě hmatatelných produktů je i u softwaru základním požadavkem důsledné prověřování kvality v průběhu i na závěr celého procesu.

Ne všechny programovací jazyky definované v normě IEC EN 61131-3 jsou rovnocenné a vhodné pro všechny typy úloh. Jen některé z nich jsou vhodné ve fázi analýzy a zápisu algoritmů. Použitelnost a úroveň jednotlivých jazyků podle IEC EN 61131-3 je patrná z obr. 6, kde jsou na vodorovné ose naznačeny vývojové fáze tvorby programu pro PLC od analýzy, přes návrh programu po samotné psaní kódu programu (sestavování programu z modulů a příkazů jazyka) a svisle je vynesena úroveň abstraktních možností popisu vlastní jazyku nebo programovacímu prostředku (ve smyslu jazyk nižší/vyšší úrovně).

Z obr. 6 je např. patrné, že tolik rozšířený jazyk kontaktních schémat (LD) je jazyk nejnižší úrovně, vhodný až pro fázi psaní kódu programu (kreslení liniového schématu). Omezený počet příkazů a výlučná orientace prvků jazyka na základní logické úlohy jej předurčují k zápisu nepříliš komplikovaných úloh logického typu.

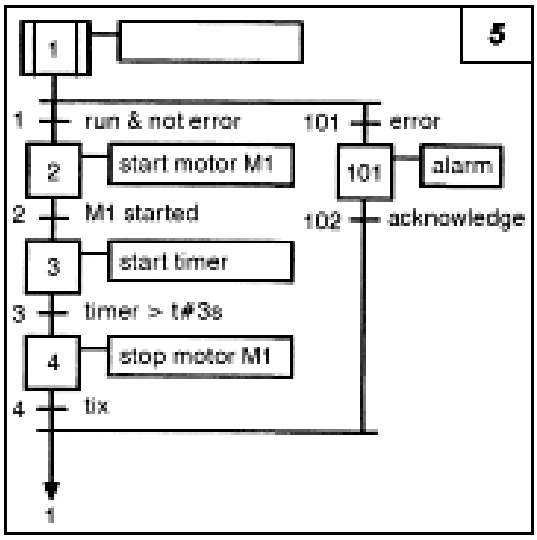
Na poněkud vyšší úrovni abstrakce popisu se nacházejí jazyky FBD a IL. Grafický jazyk funkčních bloků (FBD) je umístěn více doleva, k etapám návrhu koncepce programu. Vděčí za to své názornosti a možnosti sestavovat program formou blokových schémat z modulů a funkčních bloků. Na stejné úrovni jako jazyk FBD je umístěn jazyk mnemokódů (IL), ovšem zcela vpravo. Svou úrovní abstrakce popisu je výš než LD, protože s použitím jeho příkazů (základních instrukcí) lze realizovat i poměrně komplikované algoritmy, ovšem za cenu dlouhého a nepřehledného zápisu. Je vhodný až pro konečnou fázi tvorby programu (kódování).

```
FUNCTION_BLOCK fbStartStop                    4
  VAR_INPUT
    start : BOOL R_EDGE ;
    stop : BOOL R_EDGE ;
  END_VAR
  VAR
  END_VAR
  VAR_OUTPUT
    vystup : BOOL ;
  END_VAR
  Vystup := (vystup OR start) and
not stop ;
END_FUNCTION_BLOCK
```

Obrázek 2.12: Příklad deklarace funkčního bloku v jazyce ST

Jazyku strukturovaného textu (ST) je právem přiřazena výrazně vyšší úroveň než předchozím jazykům. Jeho příkazy dovolují zapsat i složité algoritmy poměrně názorně a přehledně. Přesto se nejvíc uplatňuje až v závěrečných etapách tvorby programu. Je ale vhodné připomenout, že jazyk ST je vhodný i pro popis funkce uživatelských funkčních bloků a jejich knihoven, které pak může využívat grafický jazyk FBD.

Nejvyšší úroveň abstrakce popisu a nejširší použitelnost jsou hlavními rysy grafického programovacího prostředku SFC. V normě sice není označen jako jazyk, přesto jej lze považovat za prostředek vhodný jak k popisu činnosti programu již v počátečních fázích analýzy a zadávání požadavků na řídicí program, tak k zápisu algoritmu řízení technologické soustavy. Kdyby si tento nepříliš komplikovaný grafický prostředek osvojili již konstruktéři a projektanti, mohli by své požadavky na řízení formulovat podstatně přesněji a komplexněji než při dosud nejobvyklejším slovním popisu.



Obrázek 2.13: Příklad deklarace funkčního bloku v jazyce ST

Metodika celého návrhu programu pro PLC je velmi pěkně popsána v [17], odkud jsou také převzaty ilustrační obrázky k tomuto článku. Vzhledem k tomu, že v českém jazyce dosud nebylo publikováno příliš mnoho knižních titulů na toto důležité téma, určitě by stál za zvážení i český překlad této knihy. Projektantům, programátorům i uživatelům řídicích systémů, zejména PLC, ji lze než doporučit.

2.3.4 Co říci závěrem k normě IEC EN 61131-3

Sama existence jednotné syntaxe programovacích jazyků podle normy IEC EN 61131-3 nezaručuje bezchybné a efektivní programování PLC. Norma IEC EN 61131-3 a především její programové prostředí společných prvků, grafického prostředku SFC a jazyka strukturovaného textu ST ale vytvářejí předpoklady pro systematický postup nejen při vlastním psaní programu, ale i v počátečních etapách jeho tvorby. Je pouze na programátorech, jaké metody zvolí a zda jejich program bude srozumitelným zápisem dobře fungujícího algoritmu řízení, který řízené soustavě vdechne život.

3 Automatická regulace tepelných soustav

V administrativních částech průmyslových budov má smysl uvažovat pouze automatickou regulaci teplotního komfortu, která přináší tyto výhody (viz [5]):

• udržuje požadovanou teplotu v řízených místnostech, tím zajišťuje příznivé podmínky pro tepelnou pohodu člověka,

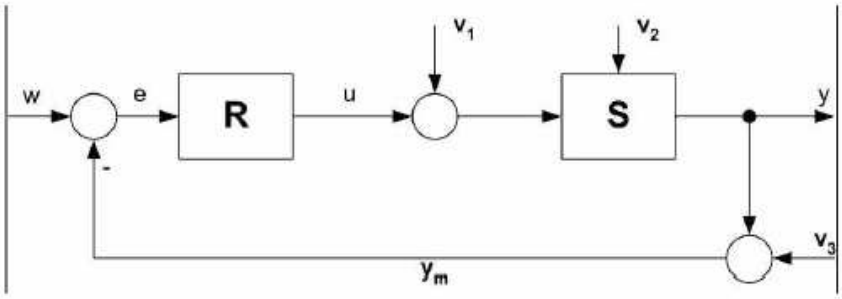
• zabraňuje přetápění (přechlazování) místnosti,

• komfortnější obsluha zajišťuje bezpečnost provozu vytápění (chlazení),

• umožňuje programování a dálkové spouštění.

Blokové schéma regulačního obvodu

Na obrázku 3.1 je znázorněno základní blokové schéma regulačního obvodu, které použiji k vysvětlení základních pojmů. (viz [7])



Obrázek 3.1: Základní blokové schéma regulačního obvodu

S	regulovaná soustava
R	regulátor
w	žádaná hodnota
y	regulovaná veličina (skutečná hodnota)
$\mathbf{y_m}$	výstup čidla regulované veličiny
u	akční veličina
e	regulační odchylka
$\mathbf{v_1}$	porucha na vstupu regulované soustavy
$\mathbf{v_2}$	porucha vstupující do regulované soustavy v libovolném místě
$\mathbf{v_3}$	chyba měření

Regulátory můžeme rozdělit (viz [5]):

- **přímé regulátory** - nepotřebují pro svou funkci žádnou vnější energii, ale odebírají všechnu potřebnou energii pro svůj provoz přímo ze soustavy. Přímý regulátor teploty je například termostatický ventil,

- **nepřímé regulátory** - pracují vždy s pomocnou energií. Používají se hlavně při vyšších nárocích na přesnost regulace. Podle druhu pomocné energie se regulátory dělí na elektrické, pneumatické, hydraulické a kombinované.

3.1 Druhy regulace

Rozlišujeme tyto základní druhy (viz [5]):

- **nespojitá regulace** - je regulace, při níž alespoň jeden člen regulačního obvodu pracuje nespojitě (např. přenáší signál jen v určitých časových okamžicích nebo po dosažení určité hodnoty),

- **spojitá regulace -** je regulace, při níž všechny členy regulačního obvodu pracují spojitě, tj. výstupní signály jsou spojitými funkcemi vstupních signálů,

- **regulace na konstantní hodnotu** - je druhem automatické regulace, při níž je žádaná hodnota regulované veličiny konstantní,

- **programová regulace** - je druhem automatické regulace, při níž je žádaná hodnota regulované veličiny funkcí času podle předem známého programu,

- **vlečná regulace** - je druhem automatické regulace, při níž se žádaná hodnota regulované veličiny mění v závislosti na jiné důležité veličině.

3.1.1 Nespojitá regulace

Pro regulaci vytápěcích soustav (viz [5]) jsou velmi rozšířené nespojité regulátory, z nichž nejčastějšími jsou dvoupolohové regulátory s hysterezí.

Tento regulátor se používá většinou tak, že dolní mezní hodnota akční veličiny nabývá hodnoty 0 (rozepnuto - tepelný zdroj je od otopné soustavy odpojen) a horní mezní hodnota akční veličiny nabývá hodnotu 1 (sepnuto - tepelný zdroj dodává do otopné soustavy plný výkon).

Jelikož vytápěné objekty jsou soustavami kapacitními, někdy navíc s nezanedbatelným dopravním zpožděním, překračuje regulovaná veličina T mezní hodnoty T_1 a T_2 a v soustavě dochází k oscilacím kolem žádané hodnoty. Amplituda těchto oscilací je tím větší, čím větší je setrvačnost a dopravní zpoždění soustavy.

3.1.2 Spojitá regulace

Při vyšších požadavcích na kvalitu regulace tepelných soustav (viz [5]) se používají spojité regulátory, u kterých akční veličina **u** je spojitou funkcí regulační odchylky **e**.

Při měření tepelných jevů se obvykle používají regulátory typů:

• **P** - proporcionální regulátor - je charakterizován konstantním poměrem výstupní a vstupní veličiny v každém okamžiku činnosti regulátoru. Nevýhodou regulátoru typu P je, že regulační odchylka v ustáleném stavu je nenulová,
• **PI** - proporcionálně integrační regulátor zajišťuje, aby regulační odchylka v ustáleném stavu byla nulová,
• **PID** - proporcionální integračně derivační regulátor má navíc oproti předchozímu typu regulátoru blok, který umožňuje reagovat na intenzitu změny regulační odchylky.

3.1.3 Vlečná regulace

Ve vytápěcí technice (viz [5]) je velmi rozšířena regulace podle určité vztažné teploty. Regulovanou veličinou zde však není teplota prostředí, ale teplota otopné vody vstupující do otopné soustavy. Podle toho, jakou vztažnou teplotu uvažujeme, můžeme rozdělit vlečnou regulaci na dva typy:
• regulace podle teploty referenční místnosti - teplota náběhové vody je úměrná rozdílu mezi požadovanou a skutečnou teplotou referenční místnosti,
• regulace podle teploty venkovního vzduchu (ekvitermní regulace) – teplota náběhové vody je nastavována v závislosti na teplotě venkovního vzduchu.

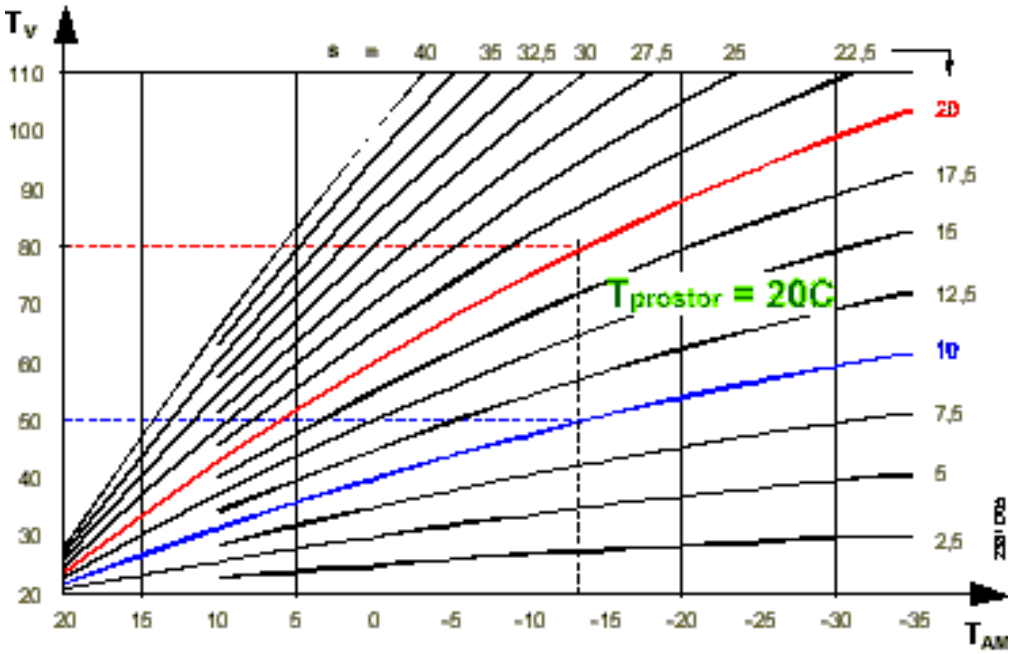
3.1.4 Příklad Vlečné regulace (Ekvitermní regulace)

Princip činnosti

Regulátory (viz [12]) obecně regulují (snižují) výkon tak, že snižují teplotu topné vody, a tím také výkon topné soustavy. Hlavní snahou regulátorů je najít rovnováhu mezi dodávaným výkonem a tepelnou ztrátou objektu, tj. snažit se najít optimální teplotu topné vody. Prostorová teplota je potom důsledkem cirkulující teploty topné vody. Protože tepelná ztráta objektu není zatím měřitelná veličina, musí se nahradit jinou veličinou. Pokud ji nahradíme venkovní teplotou, na které je závislá, mluvíme o regulátoru s ekvitermním řízením.

Venkovní teplota (topná křivka)

Výsledek regulace s ekvitermním řízením (viz [12]) je závislý na topné křivce. Topná křivka je závislost mezi venkovní teplotou a teplotou topné vody a fyzikálně popisuje vytápěný prostor a topný systém. Existuje množství topných křivek, které jsou charakterizovány svou strmostí. Ta se potom zadává regulátoru. Pokud je zadaná strmost topné křivky vyšší než vyžaduje vytápěný prostor, dochází k trvalému přetápění vytápěného objektu. Tato vlastnost se používá u předregulace pro větší počet uživatelů, přičemž prostory jsou dodatečně doregulovány, např. termostatickými ventily na topných tělesech.



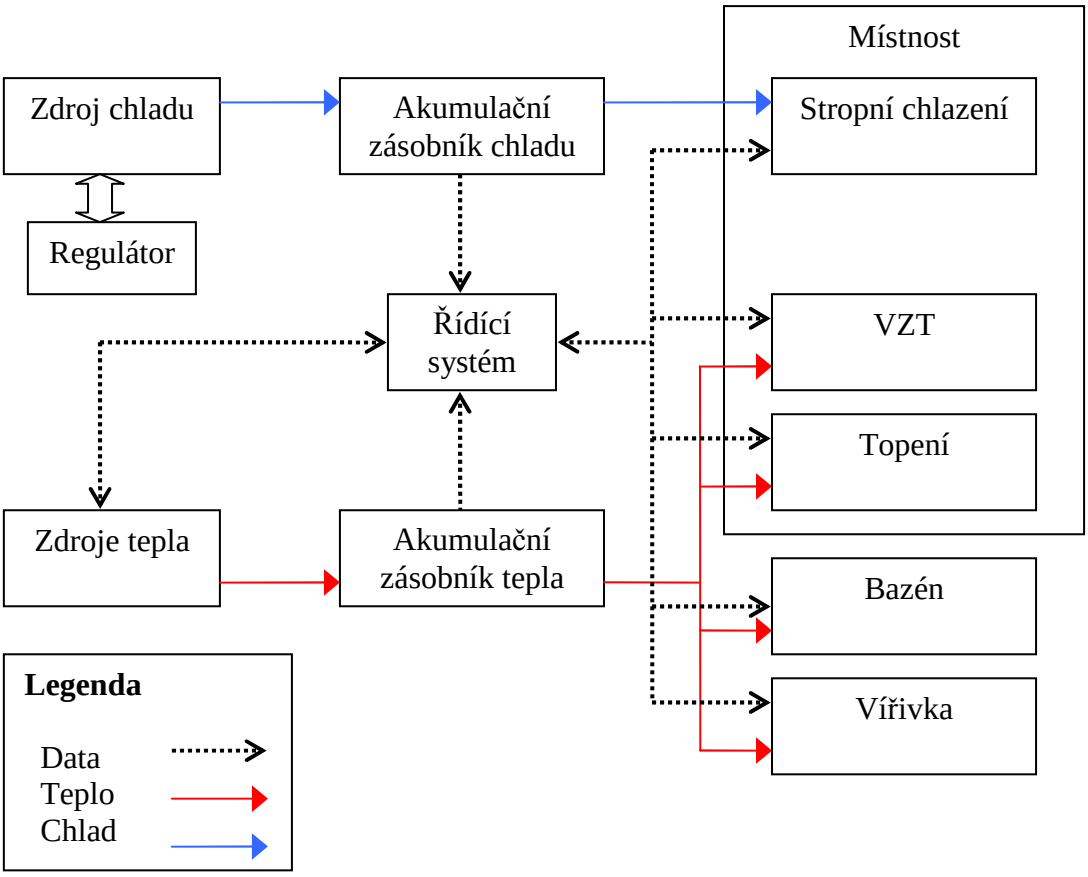
T_{AM} - Venkovní teplota [°C] T_V - Teplota topné vody [°C]

Obrázek 3.2: Průběhy topných křivek s různou strmostí

Průběhy topných křivek podle předchozího obrázku (viz [12]) jsou platné pouze za předpokladu, že uživatel své prostory vytápí na 20°C. Jakmile uživatel nastaví jinou prostorovou teplotu nebo podle topného programu nastane útlum, dojde k posunu vybrané topné křivky. Výsledkem posunu topné křivky je změna teploty topné vody při stejných venkovních podmínkách a tím i změna teploty v místnosti. Volba topné křivky se provádí s ohledem na návrhovou venkovní teplotu (např. -12°C) a topný systém (radiátory 80/60°C nebo podlahové výtápění 50/40°C). Postup je vidět z obrázku, tj. červená křivka se strmostí 20 pro topný systém s radiátory a modrá křivka se strmostí 10 pro podlahový systém.

4 Řízená technologie

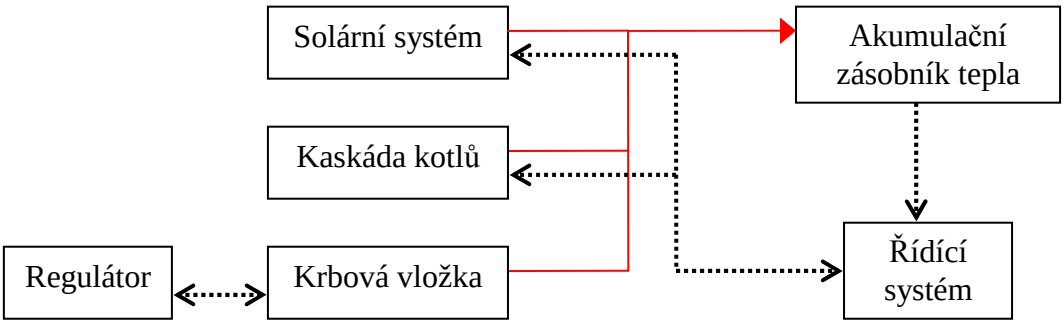
4.1 Schéma technologie



Obrázek 4.1: Blokové schéma řízené technologie

4.2 Zdroje tepla

Jako primární zdroj tepla je navržen solární systém. Pro případ nedostatečného výkonu solárního systému je do topného systému připojena kaskáda dvou plynových kotlů. Jako vedlejší zdroj tepla je do systému napojen teplotní výměník krbové vložky.



Obrázek 4.2: Blokové schéma zdrojů tepla

4.2.1 Solární systém

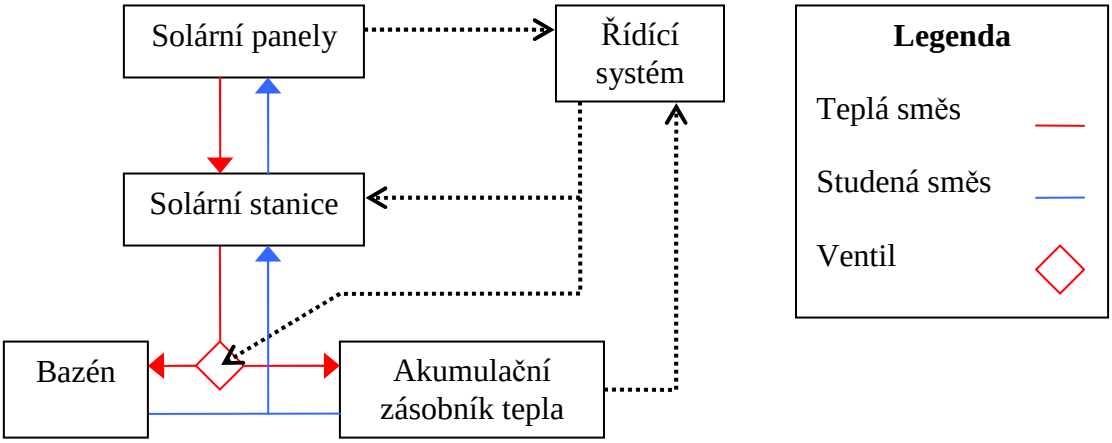
Zdrojem tepla pro využití sluneční energie jsou navrženy dva ploché velkoplošné sluneční kolektory TISUN typ FAI 3/6 o ploše 18 m^2/ks. Celková instalovaná plocha je tedy 36 m^2. Kolektory jsou umístěny na nosné konstrukci a osazeny teplotním čidlem.

Přenosovým médiem tepla ze solárních panelů je nemrznoucí směs FWF. Je to koncentrát, který je naředěn na teplotu - 30 °C. Provoz solárního zařízení je tedy celoroční.

Ohřátá směs je ze solárních kolektorů vedena do:

- sférického výměníku TISUN typ ST40, který je součástí zásobníku ProClean 2000
- deskového výměníku ohřevu bazénové vody

Přepínání mezi ohřevem zásobníku a ohřevem bazénové vody zajišťuje trojcestná přepínací armatura. Ochlazená směs je čerpadlem, které je součástí solární stanice TISUN typ SD 25, vedena zpět do solárních panelů.



Obrázek 4.3: Blokové schéma Solárního systému

4.2.2 Kaskáda kotlů

Kaskáda kotlů je navržena tak, aby pokryla veškerou spotřebu tepla v soustavě. Skládá se ze dvou kusů nástěnných kondenzačních kotlů s atmosférickým hořákem pro spalování zemního plynu od firmy VAILLANT, typ VU 466-7 ecoTEC. Maximální výkon kotle je 44,1 kW (rozsah výkonu 12,3 - 44,1 kW). Celkový instalovaný výkon kotlů tedy činí 88,2 kW.

Jedná se o kotle s nuceným odtahem spalin a přívodu vzduchu z venkovního prostředí. V každém kotli jsou prvky vytápěcího zařízení - oběhové čerpadlo, regulační a pojistné prvky.

4.2.3 Krbová vložka

Krbová vložka s teplovodním výměníkem o výkonu cca 20,4 kW (voda) / 6 kW (vzduch) je doplňkovým zdrojem tepla. Je vybavena autonomní bezpečnostní smyčkou, která zajistí odvod přebytečného tepla a ochrání ji tak před poškozením. Vložka je dále vybavena samočinnou směšovací armaturou, ta zajišťuje ochranu proti kondenzaci.

Krbová vložka má vlastní regulaci, která ovládá oběhové čerpadlo. Čerpadlo se spíná po dosažení teploty 65°C na výstupu z krbové vložky. Jelikož jeho funkce není blokována, je nutné, aby řídící systém zajistil odběr tepla ze zásobníku například odpouštěním tepla do topných větví, případně do bazénu.

4.3 Sférický zásobník tepla

Veškeré výše uvedené zdroje tepla jsou svedeny do akumulačního nádoby o objemu 2000 litrů. Projektantem topenářské části byla navržena akumulační nádoba TISUN typ PROCLEAN 2 000. Součástí akumulační nádoby je integrovaný trubkový výměník pro průtokový ohřev TV. Na akumulační zásobní je připojen sférický výměník TISUN ST 40. . Přes sférický výměník je napojena solární stanice SD25, tím je zajištěno postupné vrstvení teplé vody v akumulačním zásobníku při ohřevu zásobníku solárním systém.

Obrázek 4.4: Akumulační nádoba TISUN typ PROCLEAN

Vzhledem k možnosti ohřátí zásobníku solárním zařízením na vyšší teplotu než předepisuje norma pro TUV, je na výstupním potrubí z trubkového výměníku, který je, jak bylo výše uvedeno, součástí zásobníku, umístěn termostatický směšovací ventil fy. TISUN. Ten směšováním studené vody a výstupní vody z trubkového výměníku umožní nastavení teploty TUV vedené do jednotlivých odběrných míst na teplotu předepsanou normou. Rozsah nastavení teplot směšovacího ventilu je 35 - 60 °C. Tímto řešením je umožněno nahřívat zásobník na vyšší teplotu a současně zabráněno opaření horkou vodou.

4.4 Tepelné spotřebiče

Jelikož veškeré zdroje tepla odevzdávají své teplo do akumulačního zásobníku, spotřebiče jsou tak napojeny na tento zásobník. Zásobník tedy zajišťuje průtokový ohřev TUV a jsou z něho vyvedeny tyto topné větve.

4.4.1 Topná větev č.1

Tato větev je určena pro podlahové vytápění místnosti s bazénem. Větev je osazena trojcestným směšovacím ventilem pro regulaci teploty topné vody v této větvi a objemovým čerpadlem. Na této větvi je dále umístěn rozdělovač. Na vývodech z rozdělovače do jednotlivých místností jsou osazeny termoelektrické pohony. Systém MaR bude na základě naměřených prostorových teplot a požadovaných časových plánů udržovat v místnostech požadovanou teplotu.

4.4.2 Topná větev č.2

Topná větev č.2 zajišťuje vytápění RD. Je také vyzbrojena trojcestným směšovacím ventilem pro regulaci teploty topné vody objemovým čerpadlem. Z této větve jsou napojeny tři rozdělovače podlahového vytápění. Z rozdělovačů jsou taktéž, jako u topné větve č.1, vyvedeny vývody do jednotlivých místností. Vývody jsou také osazeny termoelektrickými pohony pro řízení prostorové teploty v jednotlivých místnostech.

4.4.3 Topná větev č.3

Na tuto větev jsou napojeny radiátory a aktivní podlahové konvektory. Větev je také osazena trojcestným směšovacím ventilem pro regulaci teploty topné vody a objemovým čerpadlem. Radiátory v obytných místnostech jsou osazeny termoelektrickými ventily. V šatnách a úklidových místnostech jsou osazeny termostatickými hlavicemi. V obytných místnostech

bude tedy systém MaR termoelektrické ventily ovládat a tím regulovat prostorovou teplotu, zatímco v šatnách a úklidových místnostech ne.

4.4.4 Topná větev č.4

Větev není vyvedena, pouze zazátkována a ponechána jako rezerva.

4.4.5 Topná větev č.5

K této větvi jsou připojeny teplovodní ohřívače vzduchotechnických jednotek. Větev je vyzbrojena pouze objemovým čerpadlem.

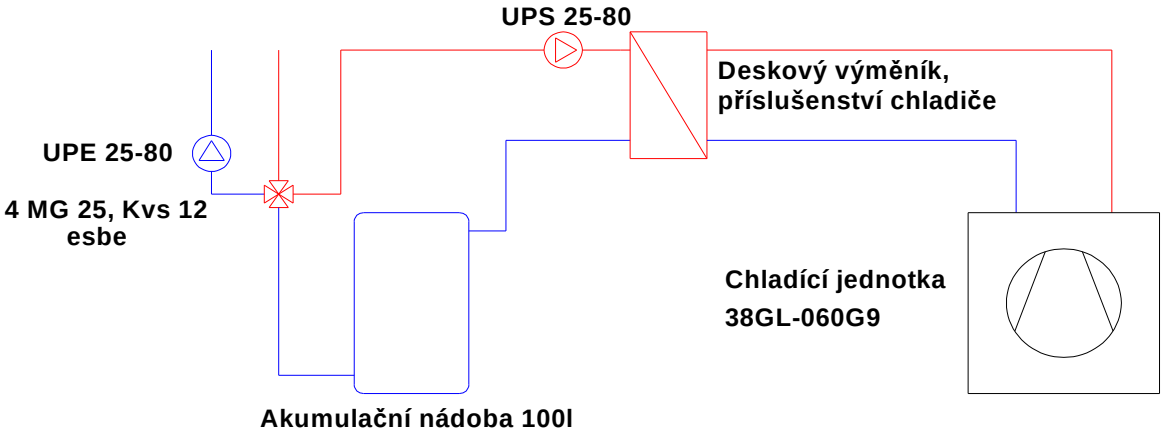
4.4.6 Topná větev č.6

Tato větev je určena pro ohřev bazénové vody a vody ve vířivce. Větev je osazena jedním objemovým čerpadlem a dvěma solenoidovými ventily. MaR bude ovládat tyto ventily dle požadavku na ohřev od bazénových automatik, které zodpovídají za regulaci teploty vody v bazénu a vířivce.

4.5 Chlazení

Pro chlazení požadovaných místností byl zvolen systém stropního chlazení. Tento systém pracuje na principu ochlazování stropní konstrukce, která následně odebírá teplo z prostoru místnosti. Stropní konstrukce je ochlazována chladícím médiem proudícím v trubkách, tyto trubky jsou součástí stropních sádrokartonových desek..

Zimní zahrada (místnost 1.14) je chlazena samostatnou jednotkou.



Obrázek 4.5: Technologické schéma chlazení

Zdroj chladu

Jako zdroj chladu je navržena bloková chladící jednotka CARRIER 38GL-060G9 s odděleným výměníkem chladivo/voda o chladícím výkonu 13,49 kW. Vlastní chladící jednotka je umístěna na fasádě v zadní části domu a oddělený výměník je umístěn ve strojovně.

Parametry jednotky CARRIER 38GL-060G9:

Hrubý-plný výkon	13,49	kW
Počet výkonových stupňů	1	
Chladivo	R410A	
Jmenovité napětí	400 V	
Počet fází	3	
Frekvence	50 Hz	
Max.startovací proud	64 A	
Rozsah napětí	360 - 440 V	
Rozměry (délka/šířka/výška)	800/300/1264mm	
Hmotnost	94	kg
Hladina akustického tlaku	52	dB/A (ve vzdálenosti 4m)
Hladina akustického výkonu	72	dB/A

4.5.1 Strojovna

Za výměníkem je akumulační nádoba o objemu 100 litrů pro zajištění plynulého chodu chladící jednotky. Na výstupu z akumulační nádoby je chladící voda směšována na požadovanou teplotu čtyřcestným směšovacím ventilem, ten je osazen servopohonem s řízením 0-10V. Automatické nastavením požadované teploty chladící vody řídí systém MaR. Za směšovacím ventilem je osazeno elektronické oběhové čerpadlo, které zajišťuje dostatečný průtok chladící vody v jednotlivých větvích stropního chlazení.

4.5.2 Rozdělovače chladících okruhů

Chladící voda je vedena do hlavní větve, která zásobuje rozdělovače chlazení. Rozdělovače jsou typu UNITOP s termostatickými ventily na výstupních větvích rozdělovače a

s průtokoměrem do 8 l/min na sběrači. Rozdělovač je napojen na opačné straně oproti sběrači. Tím docílíme lepšího rozdělení tlakových ztrát při zvýšeném průtoku. Rozdělovač pro II.NP je umístěný pod stropem a je přístupný montážním otvorem. Rozdělovač pro I.NP je umístěn ve skříňce ve stěně v místnosti 2.07. Přívody od rozdělovačů k chladícím plochám jsou vedeny stropem až k chladícím panelům.

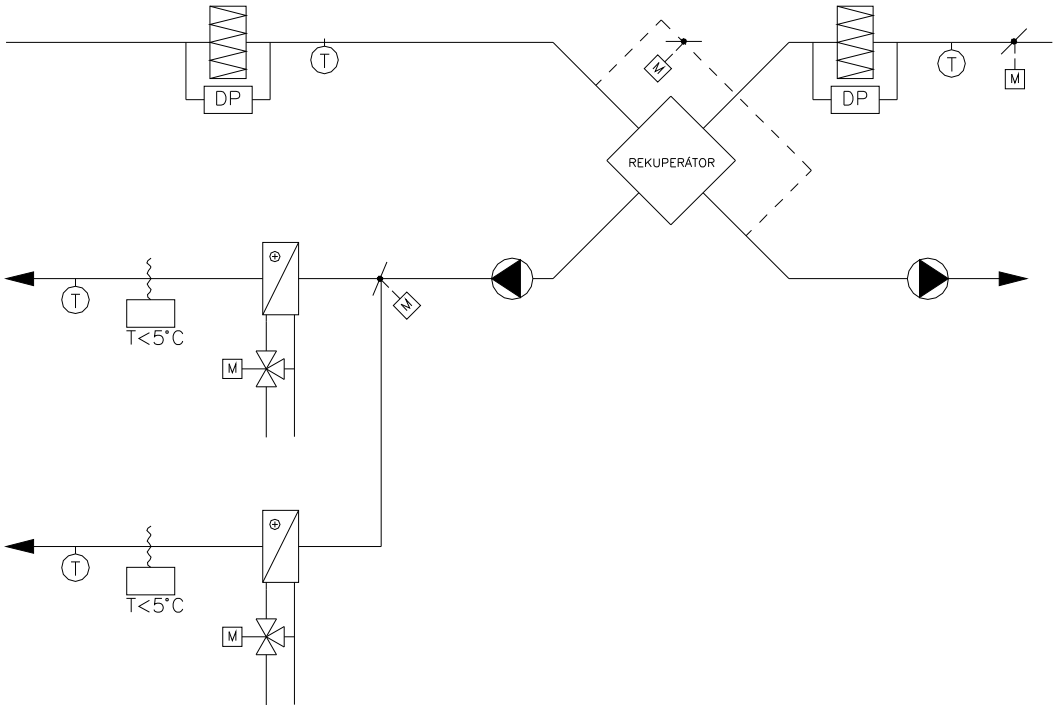
4.5.3 Chladící plochy

Chladící plochy jsou tvořeny sádrokartonovou deskou se zafrézovanými trubkami 8x1mm. Plocha je vždy rozdělena na několik okruhů, které jsou napojeny do sběrného potrubí DN 16. Napojení na sběrné potrubí je řešeno dle Tichelmanna. To znamená, že první okruh na přívodním potrubí je posledním na zpátečce. Jak již bylo výše zmíněno, zde to řešíme napojením sběrače z opačné strany než je napojen rozdělovač.

4.6 Vzduchotechnika

V této práci se budeme věnovat pouze vzduchotechnickým jednotkám, které ovládá systém MaR. Malými odtahovými ventilátory v kuchyni a na sociálních zařízeních se nebudeme zabývat.

V tomto objektu jsou dvě vzduchotechnické jednotky. Jedna slouží k větrání prostoru rodinného domu a druhá zajišťuje větrání a odvlhčení prostoru krytého bazénu.

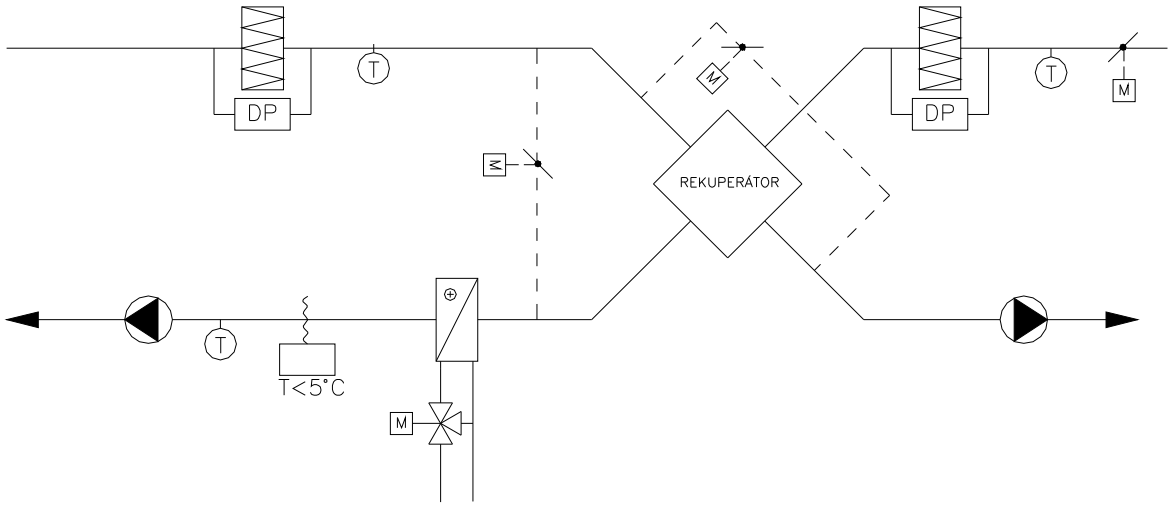


Obrázek 4.6: Technologické schéma VZT1

4.6.1 VZT 1 – Větrání rodinného domu

Pro nucené větrání rodinného domu je navržen centrální přetlakový vzduchotechnický systém. Dopravu a úpravu vzduchu zajišťuje centrální VZT jednotka se zpětným získáváním tepla umístěná v technické místnosti v 1.PP objektu. Jednotka na přívodu obsahuje klapku, filtr venkovního vzduchu a ventilátor pro přívod vzduchu. Dále obsahuje ventilátor pro odvod vzduchu, deskový rekuperátor, by-passovou klapku, filtr odsávaného vzduchu. Vzduchotechnické zařízení bude zabezpečovat potřebné množství čerstvého vzduchu dle hygienických předpisů.

Kvůli požadavkům na různé teplotní režimy v obytných prostorách a v místnosti pro fitness je přívodní trasa rozdělena na dvě samostatné větve pro tyto prostory. Do každé potrubní trasy jsou navrženy ohřívače voda/vzduch pro ohřev větracího vzduchu.



Obrázek 4.7: Technologické schéma VZT2

4.6.2 VZT 2 – Odvlhčování bazénové haly

Pro odvlhčení a větrání bazénového prostoru je navržena centrální vzduchotechnická jednotka DUPLEX RDH 2200/700 se zpětným získáváním tepla deskovým rekuperátorem. Jednotka slouží pro větrání, odvlhčování a dohřívání daných prostor. Jednotka je částečně z nerezového plechu, obsahuje cirkulační a odsávací ventilátor, deskový rekuperační výměník tepla, cirkulační a by-passovou klapku, filtr cirkulačního vzduchu. Pro ohřev vzduchu je navržen teplovodní ohřívač umístěný v přívodním potrubí v technické místnosti.

Tato jednotka bude umístěna jako předchozí v 1.PP v technické místnosti.

5 MaR technologií

5.1 Podklady pro zpracování projektu

Podkladem pro zpracování projektu MaR je zadání technických požadavků na plně automatický provoz řízené technologie a technická dokumentace vytápění domu, vzduchotechniky a chlazení. Dále je požadována komunikace s nadřazeným systémem, domovní instalací NIKOBUS od fy Moeller.

5.2 Požadavky na regulaci

Technické řešení musí být navrženo tak, aby svou funkcí splňovalo ustanovení ČSN a vyhlášek o tepelných zdrojích. Všechny potřebné regulační, měřicí, signalizační a zabezpečovací okruhy musí být provedeny v souladu s platnými normami a předpisy.

5.3 Požadavky na rozsah projektu

Z projektů vytápění, chlazení a vzduchotechniky vyplývají požadavky na řídící systém a tedy i na samotný projekt.

Projekt měření a regulace řeší:

Požadavky vznesené projektem vytápění:

- Řízení provozu kotlů
- Řízení provozu technologie kotelny (čerpadla, ventily, …)
- Ohřev TV a vody pro přitápění solárním zařízením
- Ohřev bazénové vody
- Přepínání mezi jednotlivými okruhy solárního ohřevu
- Regulace prostorové teploty v místnostech
- Měření a zaznamenávání provozních hodnot
- Ošetření poruchových stavů s návazností na odstavení technologického zařízení

Požadavky vznesené projektem chlazení:

- na základě teploty v místnosti bude ovládat přívod chladící vody do místnosti prostřednictvím osazených termopohonů
- při riziku povrchové kondenzace v místnosti bude ovládat přívod chladící vody do místnosti prostřednictvím osazených termopohonů
- bude ovládat směšovací ventil a oběhové čerpadlo ve strojovně

- bude spouštět zdroj chladu, eventuálně využívat další servisní a obslužné funkce dostupné v chladiči

Požadavky vznesené projektem vzduchotechniky:

- silové napojení ventilátorů
- ovládání a regulace bazénové jednotky
    - regulace teploty vzduchu v prostoru - teplovodní ohřev
    - regulace vlhkosti v bazénovém prostoru, možnost nastavení požadované vlhkosti
    - nastavení otáček cirkulačního a odsávacího ventilátoru
    - ovládání směšovací klapky
    - protimrazová ochrana ohřívače
    - protinámrazová ochrana rekuperátoru
    - ovládání servoklapek
    - hlídání chodu ventilátorů
    - hlídání zanesení filtrů
    - režimy – ruční, časový program
    - signalizace poruchových stavů
- ovládání a regulace jednotky pro RD
    - regulace teploty vzduchu v prostorách (fitness, RD) - teplovodní ohřev
    - regulace průtoku vzduchu – 2st. otáček ventilátoru
    - protimrazová ochrana ohřívačů
    - protinámrazová ochrana rekuperátoru
    - ovládání servoklapek pro fitness – plný/ poloviční průtok
    - hlídání chodu ventilátorů
    - hlídání zanesení filtrů
    - ovládání zařízení (centrální, vzdálené, ze soc. zázemí a pod.)
    - režimy – ruční, časový program
    - signalizace poruchových stavů

5.4 Požadavky na řídicí systém

Systém MaR pro řízení celé technologie je třeba umístit do rozvaděče RM, který je umístěn v technické místnosti. V této místnosti je také většina řízené technologie. Dále je požadována možnost ovládání technologie pomocí textového displeje umístěného na dveřích tohoto rozvaděče a dvou grafických displejů umístěných v obytných prostorách domu, každý v jednom patře domu.

Řídící systém je zvolen automat TECOMAT FOXTROT od firmy TECO. Tento automat je doplněn přídavnými moduly vstupů a výstupů. Pro získávání informacích o teplotách v jednotlivých místnostech jsou navrženy teploměry WSB2 od firmy ELKO , tyto teploměry komunikují s automatem pomocí sběrnice CIB.

5.4.1 Požadavky na řízení zdrojů tepla

Zdroje tepla musí zajistit dostatečné množství teplé vody v akumulačním zásobníku tepla. Z obrázku 4.2 je patrné, že řídící systém má možnost ovlivnit pouze kaskádu kotlů. Zisk tepla z ostatních zdrojů je závislý na vnějších vlivech. Ze solárního systému můžeme získávat teplo pouze pokud jej dodává sluneční záření a z krbové vložky pouze v případě, že se v krbu topí. Zároveň však pokud tyto zdroje teplo dodávají, musí se odebírat, aby nedošlo k přehřátí zdroje (solárních panelů, krbové vložky). Proto si systém MaR musí ponechat v zásobníku tepla takové množství teplé vody, aby dostatečně pokryl spotřebu a zároveň měl volnou kapacitu pro odběr tepla z těchto „neovlivnitelných zdrojů“.

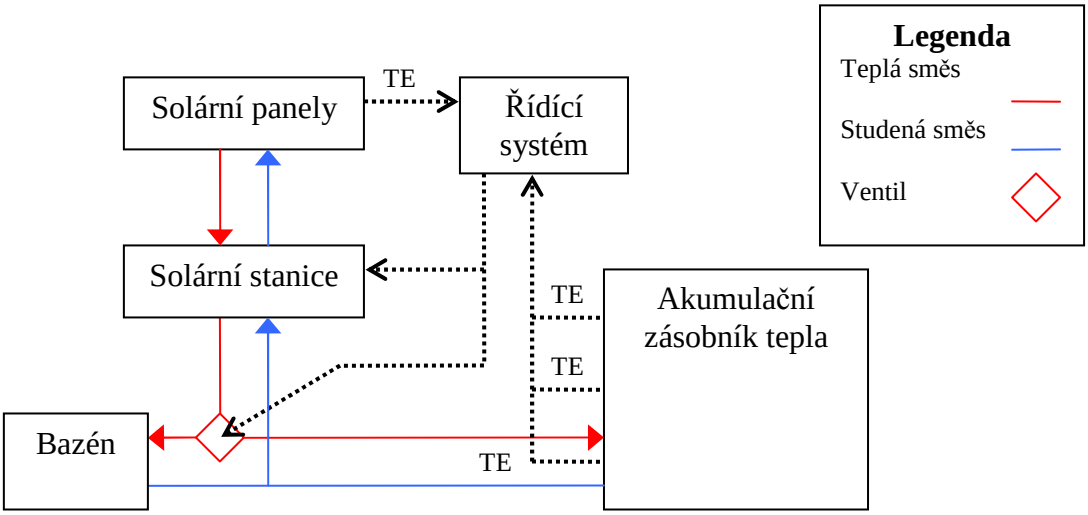
Požadavky na provoz solárního systému

V solárním kolektoru (panelu) je umístěno teplotní čidlo, které snímá teplotu směsi v solárním panelu. V akumulačním zásobníku jsou umístěna tři teplotní čidla, která snímají teplotu v jednotlivých vrstvách zásobníku (horní část, prostřední část a spodní část). Úkolem řídícího systému je porovnávat teplotu solárního kolektoru a teplotu ve spodní části zásobníku, kde je nejnižší teplota. V případě, že je teplota kolektoru vyšší než teplota v zásobníku o 5°C, spustí čerpadlo v solární stanici, čímž dojde k přenosu tepla do akumulačního zásobníku. Čerpadlo se vypne pokud je rozdíl těchto teplot menší než 3°C. Hodnoty těchto teplo je nutné zvolit s ohledem na přesnost teplotních čidel, aby nedošlo k tomu, že budeme akumulační zásobník vybíjet přes solární panel.

Součástí solárního systému je také trojcestný ventil pro přepínání mezi akumulačním zásobníkem a bazénem. Pokud dostane řídící systém informaci o požadavku na ohřev bazénové vody, bude solárním systémem přednostně ohřívat bazén.

Řídící systém musí zajistit, aby nedošlo k přehřátí solárních panelů. Proto pokud bude plně ohřátý akumulační zásobník, nebude požadavek na ohřev bazénu a současně bude solární panel ohřátý na více než 120°C, musí upustit teplo z akumulačního zásobníku například do topných větví, aby mohl ochladit solární panely. Ochlazovat panely je však možné pouze do teploty panelů menší než 130°C, po překročení této teploty by mohlo dojít k poškození součástí solární stanice (zpětné klapky). Pokud dojde k překročení této teploty, musí se solární systém odstavit a ponechat dokud sám nezchladne pod tuto teplotu (např. během noc).

Při přehřátí panelů nad 130°C by nemělo dojít k mechanickému poškození, jelikož jsou panely osazeny přetlakovým ventilem. Přehřátí panelů nad 170°C je však nevhodné pro nemrznoucí směs, která má při této teplotě bod varu a každým převařením se zkracuje její životnost.



Obrázek 5.1: Blokové schéma Solárního systému

Požadavky na řízení kaskády kotlů

ŘS musí pomocí kaskády kotlů zajistit dostatečné množství tepla v akumulačním zásobníku pro všechny stavy domu (signál od „Inteligentní instalace domu“, více v požadavcích na řízení sférického zásobníku). Počet běžících kotlů je nutné přizpůsobit aktuálnímu odběru tepla ze zásobníku.

Požadavky na řízení krbové vložky

Krbová vložka má vlastní autonomní regulátor, který zajišťuje sepnutí oběhového čerpadla při ohřátí krbové vložky. Řídící systém tedy musí zajistit, aby nedošlo k přehřátí akumulačního zásobníku a v případě nutnosti přebytečné teplo odpustit do topných větví.

5.4.2 Požadavky na řízení sférického zásobníku tepla

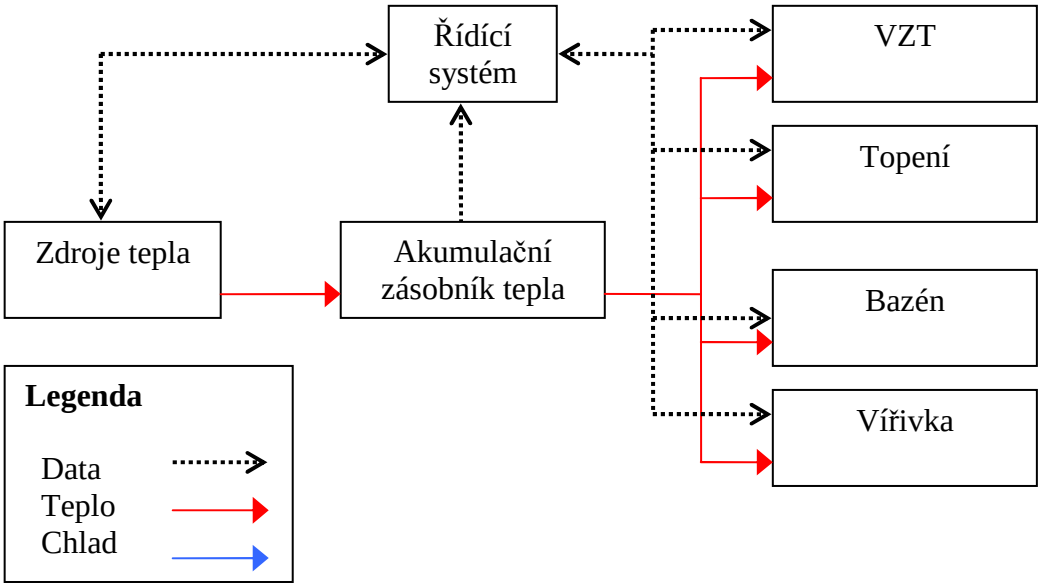
Řízení množství předpřipraveného množství tepla v zásobníku je různé pro jednotlivé stavy domu (signál od „Inteligentní instalace domu“).

Obsazený dům – v akumulační nádrži musí být dostatečné množství teplé vody pro průtokový ohřev TUV, pro případný nárazový ohřev vířivky a pro vytápění. Na schůzce se zástupci jednotlivých profesí, bylo domluveno, že zásobník bude do poloviny ohřátý na 65°C

Prázdný dům I – jedná se o krátkodobé opuštění domu (během dne). Akumulační nádrž se vyhřívá kotli pouze v případě vytápění domu a to na teplotu o 5°C vyšší než je největší teplota topných větví (teplotu topných větví určuje ekvitermní křivka).

Prázdný dům II – tento stav nastává při odjezdu na delší dobu (dovolená). Kotle se spínají pouze v případě temperování domu a teplota, na kterou se vyhřívá akumulační nádrž je určena jako v předešlém případě.

Maximální povolená teplota v akumulačním zásobníku udávaná výrobcem je 110°C při tlaku 3 bary. ŘS musí zajistit, aby teplota v zásobníku nepřekročila 95°C. Pokud by došlo k dosažení této teploty, musí dojít k odpouštění tepla do topných větví domu. Při překročení teploty 97°C dojde k vyhlášení poruchového stavu.



Obrázek 5.2: Akumulační nádoba TISUN typ PROCLEAN

Dále musí řídící systém zajistit, že jednou týdně se bude akumulační zásobník ve sféře pro přípravu TUV přehřívat na 65°C až 70°C z důvodu preventivního odstraňování bakterií legionely na dobu stanovenou dle hygienických předpisů.

5.4.3 Požadavky na regulaci tepelných spotřebičů

Topné větve

ŘS musí zajistit regulaci teploty topné vody jednotlivých topných větví pomocí trojcestného směšovacího ventilu (tím jsou vyzbrojeny všechny regulované větve). Teplotu na kterou bude regulovat určí pomocí ekvitermní křivky z venkovní teploty. Ekvitermní křivky musí být různé pro větve podlahového vytápění a pro větve radiátorů. Jelikož se řídí teplota v každé místnosti jednotlivě pomocí termopohonů na rozdělovačích pro jednotlivé místnosti případně pomocí termopohonů na radiátorech, může být teplota topné vody vyšší a tím i ekvitermní křivka posunuta výše. Je však nutné brát ohled na to, že kondenzační kotle mají větší účinnost při nižší topné teplotě, a tedy není vhodné posunovat ekvitermní křivku příliš vysoko.

Bazén

Pokud řídící systém dostane požadavek na ohřev bazénové vody a současně nebude možné k ohřevu bazénové vody použít solární systém, použije ŘS teplo z akumulačního zásobníku. Otevře příslušný solenoidový ventil a spustí objemové čerpadlo větve č.6.

Vířivka

V případě signálu na ohřev vířivky ŘS zajistí přednostní ohřev vířivky. Sepne čerpadlo větve č.6 a otevře příslušný solenoidový ventil. Ohřev bazénové vody a vytápění je v tuto dobu blokován.

5.4.4 Požadavky na řízení technologie chlazení

Chladící jednotka má svůj vlastní regulátor, který udržuje požadovanou teplotu na primárním okruhu (okruh mezi chladící jednotkou a deskovým výměníkem). Řídící systém tak v případě potřeby udržuje nachlazený zásobník chladu v rozmezí teplot 14 - 16°C.

Řídící systém dále udržuje na chladící větvi pomocí čtyřcestného směšovacího ventiluje teplotu 16°C. Takto připravené médium dále přechází do rozdělovačů stropního chlazení.

Řídící systém udržuje pomocí technologie chlazení tepelnou pohodu v jednotlivých obytných místnostech ovládáním termopohonů na rozdělovačích chladu. Tím pouští chladící médiu do

chladících stropních sádrokartonových desek. Chladné sádrokartonové desky pak odebírají teplo z místnosti a tak udržují tepelnou pohodu v domě.

5.4.5 Požadavky na regulaci VZT

Řídící systém musí zajistit kompletní ovládání vzduchotechnických jednotek a ovládat přívod topné vody do ohřívačů vzduchotechnických jednotek. Vzduchotechnické jednotky budou zajišťovat výměnu vzduchu v obytných prostorách domu a tím jej provětrávat pouze v době , kdy bude dům ve stavu „Obsazený dům“. Pokud v tomto nebude dům v tomto stavu, může být v provozu pouze vzduchotechnická jednotka určená pro větrání bazénu a to v době , kdy překročí vlhkost povolenou hodnotu.

Řídící systém dále zajistí plynulou regulaci výkonu ventilátorů pomocí frekvenčních měničů. Aktuální výkon pro ventilátory si bude volit obsluha pomocí ovládacích panelů.

5.4.6 Havarijní stavy

Automatika zajistí vyhodnocování těchto havarijních stavů:

- Zaplavení kotelny
- Havarijní minimální tlak topné vody
- Havarijní maximální tlak topné vody
- Havarijní teplota zásobníku TUV > 97°C
- Přetopení prostoru kotelny > 45°C
- Minimální teplota prostoru kotelny < 5°C
- Přetopení topné větve radiátorové > 95 °C
- Přetopení topné větve pro podlahové topení > 45 °C
- Zanesení filtrů VZT jednotek
- Zámraz ohřívače VZT jednotek
- Havarijní tlačítko C-STOP

V případě, že nastane alespoň jeden z havarijních stavů, zajistí automatika odstavení daného okruhu případně celé technologie kotelny a aktivuje akustickou signalizaci. Při havarijním stavu zámrazu ohřívače VZT jednotek, uzavře klapku sání, vypne ventilátory a naplno otevře regulační ventil na ohřívači vzduchotechniky. Následné spuštění odstavených částí bude možné až po odstranění poruchy a odblokování poruchy (stisknutí tlačítka KVIT obsluhou).

6 Projektová dokumentace MaR

6.1 Popis řešení

Na základě znalostí sytému (viz. kapitola 4), požadavků na regulaci (viz. Kapitola 5) a projektové dokumentace souvisejících profesí jsem vytvořil prováděcí dokumentaci Měření a regulace. Jelikož se jedná o prováděcí dokumentace, je nutné, aby obsahovala veškeré informace nutné pro realizaci díla.

Projekt MaR řeší:

- Rozvaděč RM – návrh kompletního rozvaděče a tvorbu dílenského výkresu pro výrobu rozvaděče
- Umístění a volbu čidel pro měření fyzikálních veličin ovládaných technologií
- Umístění a volbu kabelů a kabelových tras pro propojení čidel a řídícího systému
- Komunikaci se systémem NIKOBUS
- Zodpovídá za funkčnost celého systém jako celku

Dokumentace obsahuje tyto texty a výkresy:

- Technická zpráva
- Specifikace materiálu a prací
- Kabelová listina
- Schéma kotelny
- Schéma chlazení
- Schéma VZT1
- Schéma VZT2
- Schéma linky CIB
- Dispozice 1. PP
- Dispozice 1. NP
- Dispozice 2. NP
- Rozvaděč RM
- Certifikát TECO

Jak je ze seznamu dokumentace vidět, součástí je také kopie certifikátu od firmy TECO o absolvování školení, který mě opravňuje k projektování, programování a instalaci systémů Tecomat od tohoto výrobce.

Jelikož je projektová dokumentace poměrně rozsáhlá a výkresy dispozic jednotlivých pater jsou připraveny pro tisk na papír o velkém formátu, není projektová dokumentace součástí tohoto textu.

7 Programové vybavení

7.1 Popis řešení

Pro zabezpečení všech regulačních a řídicích funkcí systému je použit digitální regulátor TECOMAT FOXTROT od firmy TECO a.s. doplněný přídavnými moduly AI, DI, AO, DO. Tyto moduly jsou připojeny na systémové sběrnici TCL2. Dále je k systému připojeno přes komunikační linku CIB několik přídavných modulů vstupů/výstupů a čidla prostorové teploty. Grafické displeje jsou přes web server, který je součástí centrální jednotky.

Řízení je zabezpečeno volně programovatelným mikroprocesorovým regulátorem, k jehož vstupům jsou zapojeny jednotlivé snímače a čidla regulovaných a měřených veličin spolu se signály provozních, poruchových a havarijních stavů technologického zařízení. Výstupními signály jsou ovládány akční členy a řízena jednotlivá zařízení. Uživatelské programové vybavení regulátorů řeší algoritmy řízení dané technologie. Regulátor obsahuje modul reálného času pro definování časových plánů ovládání technologie, paměť regulátoru je zálohována proti ztrátě dat při výpadku napájení. K regulátoru je dále připojen textový displej, který umožňuje na základní provozní úrovni sledovat hodnoty všech parametrů a případě potřeby měnit hodnoty požadovaných veličin a také přímo ovládat jednotlivé výstupy. Tento ovládací prvek je úrovní hesel zabezpečen proti neoprávněnému zásahu neoprávněnou osobou.

7.2 Vývojové prostředí

Pro vývoj softwaru jsem používal originální software MOSAIC od firmy TECO a.s. MOSAIC je integrované vývojové prostředí, které umožňuje vytvářet aplikační programy jak pro PLC TECOMAT, tak pro regulátory TECOREG. Prostředí umožňuje programování v jazyce instrukcí (mnemokód), systémy s 32 bitovými procesory (TECOMAT TC650 a TC700) lze programovat také v jazycích podle IEC EN 61131-3 (IL, ST, LD, FBD). Součástí prostředí MOSAIC je i řada nástrojů usnadňujících vývoj a ladění aplikací. Obsahuje tedy i nástroje „Panel Maker“, jak název napovídá, jedná se o nástroj na vytvoření uživatelských obrazovek textových ovládacích panelů, a nástroj „Web Maker“, nástroj pro vytvoření webového serveru.

Zdrojový kód jsem napsal v jazyku ST (structured text), pro takto rozsáhlou aplikaci je dle mého názoru přehlednější než například LD (ladder diagram), či jiné jazyky podporované tímto vývojovým programem.

7.3 Popis algoritmu

7.3.1 Rozdělení algoritmu

Vzhled k tomu, že technologie domu se skládá z několika „samostatných technologických celků, lze také algoritmus jejího řízení rozdělit na jednotlivé části (samostatné funkční bloky), které je pak následně nutné spojit v jeden funkční celek.

Funkční bloky algoritmu:

- funkční blok pro řízení solárního systému
- funkční blok pro řízení topných větví
- funkční blok pro řízení větve chlazení
- funkční blok pro řízení strojovny chlazení
- funkční blok pro řízení místností
- funkční blok pro řízení vzduchotechnické jednotky
- funkční blok pro změnu žádaných teplot pomocí graf. panelu
- funkční blok pro dopuštění vody do systému vytápění

Tyto funkční bloky jsou v hlavní rutině „prgMain“ volány s patřičnými proměnnými, které prezentují vstupy a výstupy řídícího systému (teplotní čidla, ventily, atd.). V této hlavní rutině se také vyhodnocují havarijní a poruchové stavy. Dále se budeme zabývat popisem jednotlivých funkčních bloků.

7.3.2 Funkční blok pro řízení solárního systému

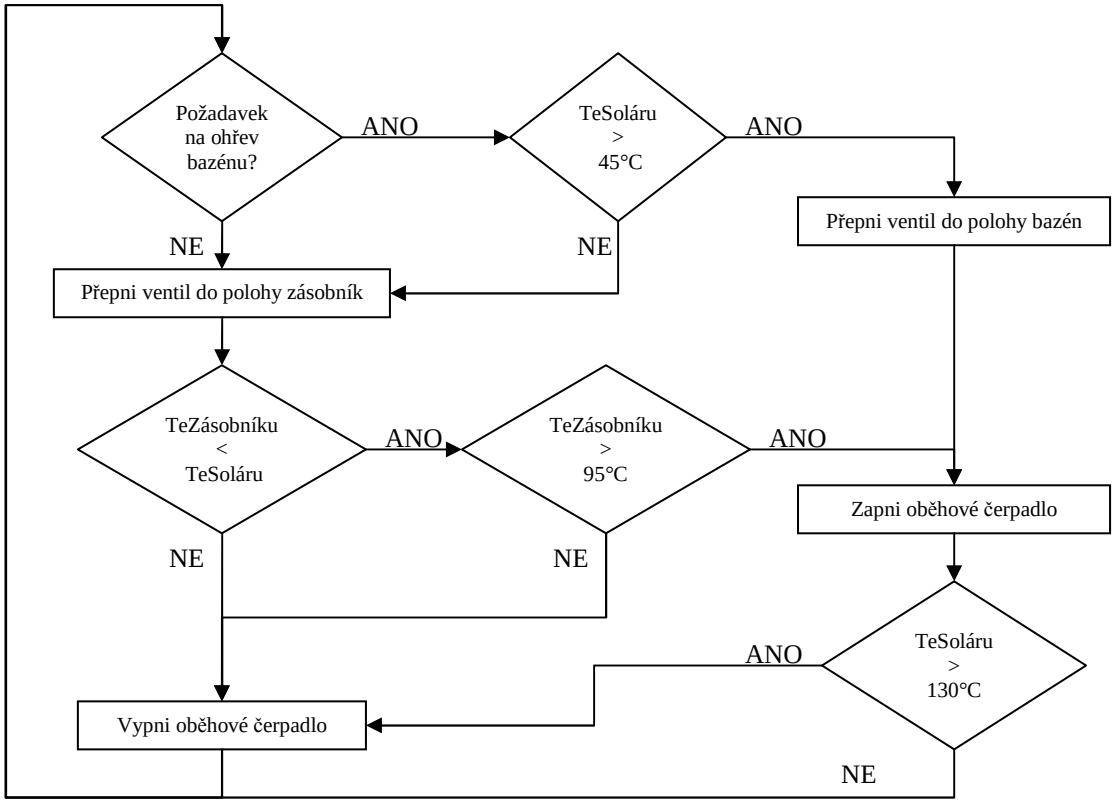
Jelikož teplo získané solárním systémem se předává akumulačnímu zásobníku tepla, zahrnuje tento blok i řízení teploty v akumulačním zásobníku. Zastřešuje tak i ohřev TUV a přípravu teplé vody pro vytápění, ohřev bazénu a vířivky. Také zde vzniká požadavek pro ohřev zásobníku plynovými kotli. Dále popíši jednotlivé části tohoto bloku.

Řízení solárního systému

Jelikož je požadován prioritní ohřev bazénové vody, algoritmus nejprve otestuje požadavek bazénové technologie na ohřev bazénové vody. Pokud dostane tento signál a současně je teplota solárního panelu vyšší než 45°C, přepne ventil solární technologie do polohy „bazén“ a spustí čerpadlo bazénové technologie. V opačném případě přepne ventil do polohy „zásobník“ a dále porovnává teplotu solárního panelu s teplotou v akumulačním zásobníku. Pokud je teplota solárního panelu větší než teplota v zásobníku a zásobník není plně ohřátý,

spustí čerpadlo. Algoritmus dále blokuje chod čerpadla v případě překročení teploty solárního panelu nad 130°C.

Aby nedocházelo k rychlému spínání a vypínání čerpadla v okolí mezních teplot, je v algoritmu zakomponován hysterezní regulátor chodu čerpadla. Pro přehlednost jsem ho ve vývojovém diagramu nezobrazil.

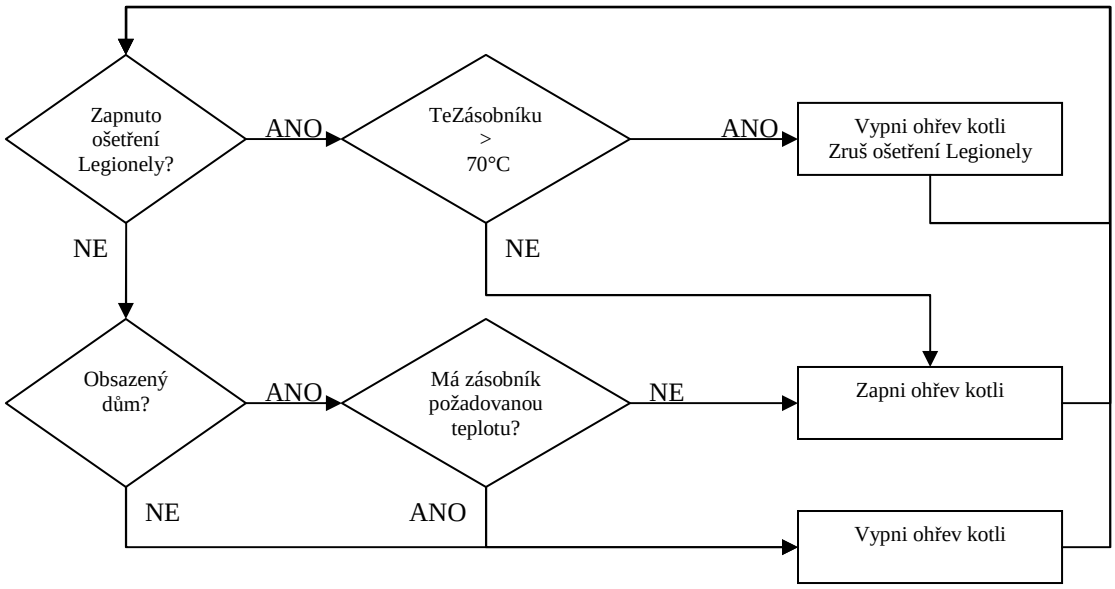


Obrázek 7.1: Algoritmus pro řízení solárního systému

Řízení ohřevu zásobníku plynovými kotli

V tomto funkčním bloku je algoritmem řešen pouze požadavek na ohřev akumulačního zásobníku z pohledu ohřevu TUV. Samotné řízení kotlové kaskády a tyčení střídání preferovaného kotle je řešeno v hlavní rutině.

Algoritmus zde nejprve testuje, zda není dle týdenního harmonogramu nutné přehřátí zásobníku na 70°C, jako ochrano proti Legionele. Pokud ano, dá požadavek na ohřev zásobníku, dokud teplota v zásobníku nepřekročí tuto teplotu. V opačném případě testuje, zda je dům ve stavu „Obsazený dům“ (signál od EZS), pokud je dává požadavek na chod kotlů, dokud nedocílí požadované teploty v akumulační nádrži. Pokud je dům prázdný zásobník se kotli neohřívá. K ohřevu může dojít pouze solárním systémem.



Obrázek 7.2: Algoritmus spouštění kotlů

7.3.3 Funkční blok pro řízení topných větví

Tento blok je napsán pro jednu topnou větev a v hlavní rutině je pak volán pro každou větev samostatně s odpovídajícími proměnnými. Algoritmus v tomto funkčním bloku ovládá směšovací ventil a čerpadlo dané topné větve.

V případě požadavku na vytápění danou topnou větví, algoritmus spustí čerpadlo a ovládáním směšovacího ventilu signálem 0-10V reguluje teplotu topné vody v této větvi. Požadovaná teplota dané větve je funkčnímu bloku předána při volání jako jeden z parametrů.

Signál 0-10V a tedy i poloha ventilu je vypočítán funkčním blokem PID regulátoru z regulační knihovny „RegoLib“, která je součástí vývojového prostředí MOSAIC, dle vzorce (7.1). Konstanty PID regulátoru jsem dle zkušeností z předešlých podobných instalací přednastavil, při zprovoznění systému však bude nutné tyto konstanty nastavit přesněji, například pomocí metody Zieger-Nikolse (viz [13]). Nastavení regulátoru touto metodou je totiž pouze přibližné, pro tento případ však naprosto dostačující.

$$u(t) = K \cdot \left(e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(\tau) d\tau + Td \cdot \frac{de(t)}{dt} \right), \tag{7.1}$$

kde **e** je regulační odchylka, K proporcionální konstanta, **Ti** integrační konstanta **Td** derivační konstanta, u(t) je výstupní signál.

7.3.4 Funkční blok pro řízení větev chlazení

Algoritmus tohoto funkčního bloku je obdobný jako v předešlém případě. Jelikož v tomto případě otevíráním ventilu teplotu chladící vody snižujeme a nezvyšuje, musíme výstupní signál pro ovládání trojcestné směšovacího ventilu invertovat (0-10V budeme ventil vládat 10-0V).

7.3.5 Funkční blok pro řízení strojovny chlazení

V tomto funkčním bloku algoritmus nejprve volá funkční blok pro řízení chladící větve. Následně obstarává řízení zásobníku chladu hysterezím regulátorem. Tento hysterezí regulátor spíná objemové čerpadlo mezi zásobníkem chladu a teplotním výměníkem. Spuštění provozu chladící větve a tedy i strojovny chladu je podmíněno požadavkem na ochlazování alespoň jedné místnosti.

7.3.6 Funkční blok pro řízení místností

V domě je několik druhů místností. Liší se obsazeností technologií, některých místnostech například stropní chlazení je v jiných ne. Podle toho, které technologie daná místnost obsahuje, se mění i algoritmus pro její ovládání.

V domě jsou místnosti tohoto typu:

- pouze podlahové topení
- podlahové topení a stropní chlazení
- podlahové topení a radiátory (například koupelny)
- pouze radiátory
- radiátory a stropní chlazení

Pro každý z těchto typů místností jsem vytvořil samostatný funkční blok. Přestože by se mohlo zdát, že mezi místností s podlahovým topením a místností s radiátory není rozdíl, musíme vzít v úvahu fyzikální vlastnosti podlahového topení. Podlahové topení má mnohem větší teplenou setrvačnost než radiátory a proto je možné, že takovou místnost nebude možné řídit jako ostatní hysterezím regulátorem a bude nutné do algoritmu implementovat PID regulátor. Toto bude nutné otestovat ve zkušebním provozu.

Algoritmus funkčního bloku nejprve dle stavu domu určí na jakou teplotu se bude místnost vyhřívat a při překročení jaké teploty se sepne stropní chlazení (v případě místností s chlazením). Dle těchto požadovaných teplot je hysterezním regulátorem, který je také obsažen v již zmíněné regulační knihovně, řízen ventil na rozdělovači podlahového topení, na radiátorech či v případě ochlazování místnosti na rozdělovači stropního chlazení.

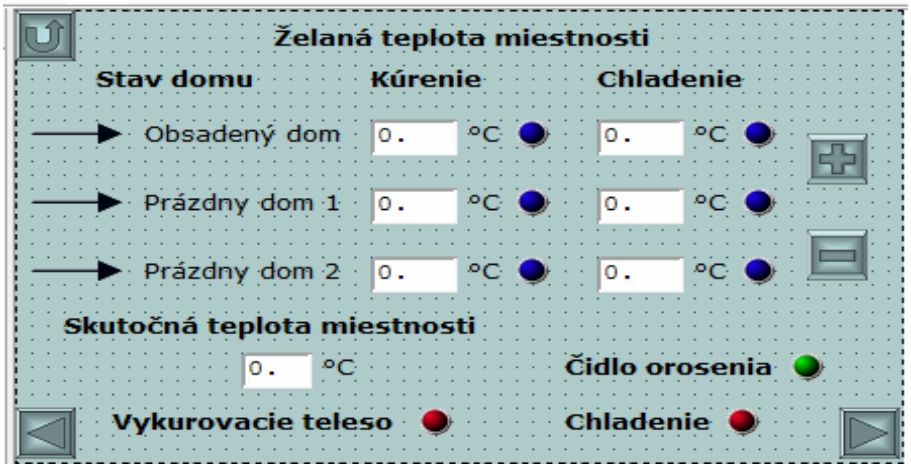
7.3.7 Funkční blok pro řízení vzduchotechnických jednotek

Tyto funkční bloky jsem doposud nevytvořil, jelikož jsem doposud od projektanta technologie VZT neobdržel podrobný popis funkcí vzduchotechnických jednotek určených pro tento dům. Pro vytvoření algoritmu je nutné vědět v jakých poměrech se má míchat čerstvý vzduch se vzduchem cirkulačním a závislost tohoto poměru na teplotě v místnosti a venkovní teplotě. Toto se bohužel i přes několikeré upomínání nepodařilo získat. Dodavatelem VZT části je přislíbeno, že tyto informace předá při oživování na místě, proto jsem nucen tuto část algoritmu vytvořit až při oživování systému.

7.3.8 Funkční blok pro řízení změnu teplot pomocí grafického panelu

Jelikož grafický panel není vybaven ovládacími tlačítky, musí být tlačítka pro ovládání panelu a změnu uživatelsky volených hodnot vytvořena graficky. To však s sebou přináší nepříjemnost, jak softwarově vyřešit funkci tlačítka. Pokud použijeme proměnnou, tak stiskem grafického tlačítka na panelu se její hodnota změní, ale po uvolnění se nevrátí zpět. Ale i kdyby se po uvolnění opět vrátila na původní hodnotu, rychlost automatu, který provádí přibližně 10 programových cyklů za vteřinu, by způsobila, že by se hodnoty na displeji měnily tak rychle, že bychom nebyli schopni nastavit požadovanou hodnotu. Funkci softwarového tlačítka vytvoříme, tak že na konci programového cyklu testujeme, zda je proměnná v log1 a pokud ano přepíšeme ji na log0. To způsobí, že stisknutí grafického tlačítka se projeví vždy jen v jednom programovém cyklu.

Algoritmus tohoto funkčního bloku tedy tímto způsobem řeší změnu žádaných hodnot na grafickým panelu. Na stisk grafického tlačítka přičte, případně odečte 0,5°C k žádané teplotě v místnosti. Tento funkční blok je pak v hlavní rutině volán vícekrát pro každou obrazovku, ve které je to nutné.



Obrázek 7.3: Obrazovka grafického panelu s tlačítkem pro změnu hodnot

7.3.9 Funkční blok pro řízení změnu teplot pomocí grafického panelu

Tento funkční blok zajišťuje dopouštění vody do topného sytému. Vyhodnocuje hodnotu tlaku v systému a hysterezím regulátorem ovládá solenoidový ventil pro dopouštění vody. Dopouštění je ošetřeno časovačem a čítačem počtu dopouštění za 24h jako ochrana v případě rozsáhlejší havárie, aby sytém MaR dále nedopouštěl vodu do systému, a tak nevytopil celý dům. Dopouštění do systému je omezeno třemi dopouštěními za den a dopouštět se smí po dobu maximálně 300s.

7.3.10 Hlavní funkční blok „prgMain“

Je hlavní rutinou, ze které se obsluhuje základní algoritmus pro chod celého systému. Odtud se také volají ostatní funkční bloky.

Nejprve se volá funkční blok pro dopouštění vody do systému vytápění. Následně se vyhodnocují signály o stavu domu a převádí na číselnou hodnotu, se kterou se pracuje dále v algoritmu. Dalším krokem je výpočet ekvitermních teplot samostatně pro podlahové vytápění a pro vytápění radiátory. Následuje volání funkčních bloků pro ovládání jednotlivých místností. Po tom, co proběhnou všechna volání místností, algoritmus již má informaci o tom, zda je potřeba vytápět některé místnosti, pokud ano vyhodnotí z jakých rozdělovačů a tedy i větví jsou tyto místnosti napojeny a může tak tyto informace při volání funkčních bloků topných větví předat.

Nyní když algoritmus ví, které větve má vytápět, může také určit teplotu, které je nutné docílit v akumulačním zásobníku tepla. Porovnáním požadované a aktuální teploty v zásobníku algoritmus určí, kolik je nutné spustit plynových kotlů. Následně algoritmus jednou za týden zamění preferovaný kotel, aby se rozložilo opotřebení na oba plynové kotle.

Další částí algoritmu je vyhodnocení požadavku od technologie bazénové části na ohřev bazénové vody a na ohřev vířivky. Pokud je požadavek na ohřev bazénové vody a současně není bazén ohříván řídícím systémem je spuštěn ohřev bazénu plynovými kotli. Dojde ke spuštění čerpadla a otevření solenoidového ventilu. Pokud algoritmus vyhodnotí požadavek na ohřev vířivky, algoritmus blokuje ohřev bazénové vody plynovým kotlem, dále spustí čerpadlo a otevře solenoidový ventil.

Dalším krokem algoritmu je volání funkčního bloku pro řízení strojovny chlazení, funkčního bloku pro řízení solárního systému a funkčních bloků pro změnu žádaných hodnot pomocí grafického panelu.

Poslední částí této rutiny je vyhodnocení poruchových a havarijních stavů. V případě, že dojde k vyhodnocení havarijního stavu, rozbliká se kontrolka sumární poruchy na dveřích

rozvaděče. Aktivní poruchu lze deaktivovat pouze v případě, že odezní příčina poruchy a provádí se stisknutím tlačítka KVITACE. Po deaktivaci poruchy se vypne kontrolka sumární poruchy.

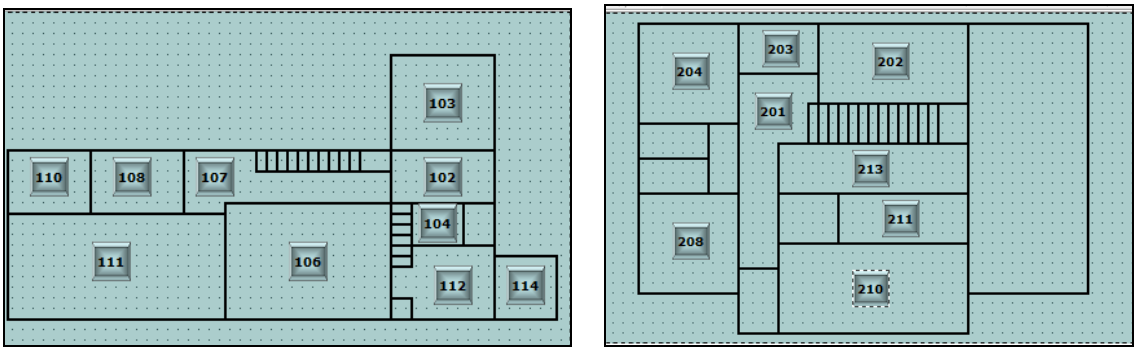
7.4 Vizualizace

Vizualizace je zde řešena web serverem, který je součástí digitálního regulátoru Tecomat Foxtrot použitého při této aplikaci. K tomuto web serveru se následně pomocí sítě Ethernet připojí grafické panely, na kterých běží webový prohlížeč.

Web server jsem nakonfiguroval pomocí aplikace „WebMaker“, která je součástí vývojového prostředí Mosaic.

7.4.1 Vizualizace místností

Pro vizualizaci místností jsem vytvořil dvě hlavní obrazovky (viz. Obrázek 7.4) , ze kterých se dále odkazuje na jednotlivé místnosti.

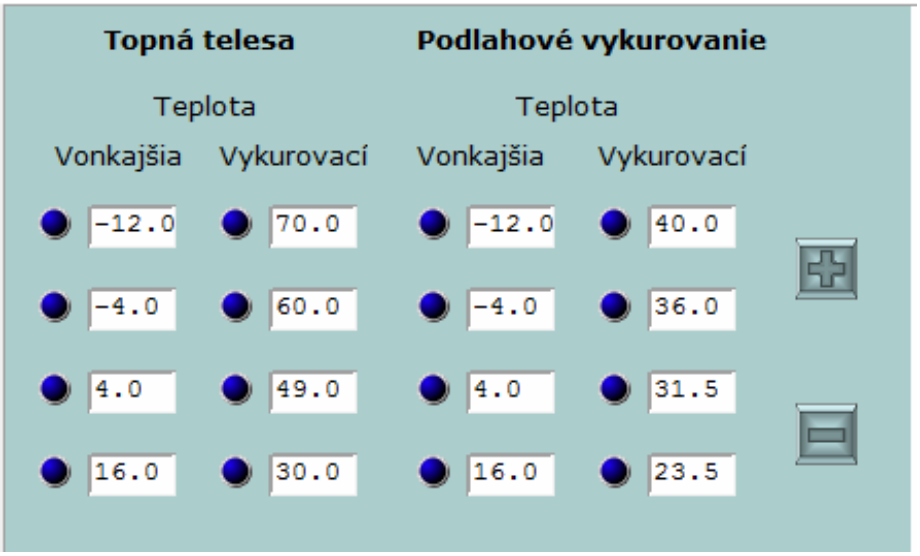


Obrázek 7.4: Obrazovky grafického panelu pro výběr místnosti v 1.NP a 2.NP

Obrázek 7.5: Obrazovka grafického panelu pro nastavení jedné z místností

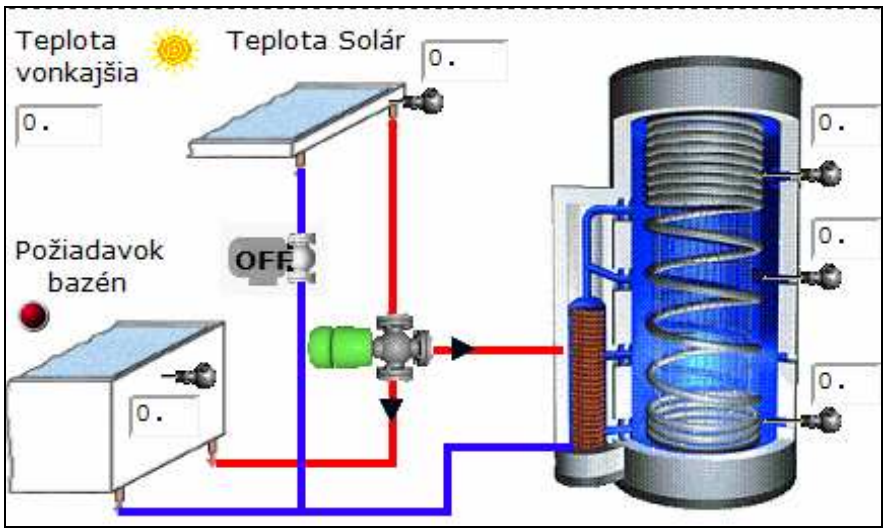
Na obrazovce jednotlivých místností (příklad viz. Obrázek 7.5) může obsluha pomocí tlačítek „+“ a „-“ volit požadované teploty pro všechny tři stavy domu samostatně. Dále je zde zobrazena skutečná teplota v místnosti a zobrazení stavu topení a chlazení v místnosti.

Další obrazovka grafického panelu (viz obrázek 7.6) je určena pro nastavení ekvitermních křivek. Ekvitermní křivka se nastavuje ve čtyřech bodech a tyto body jsou spojeny úsečkou. Funkce je tedy po částech lineární. Takto vypočtené teploty topné vody jsou z hora i z dola omezeny. Pro radiátorové vytápění jsou meze 80°C a 30°C, pro podlahové vytápění pak 45°C a 20°C.

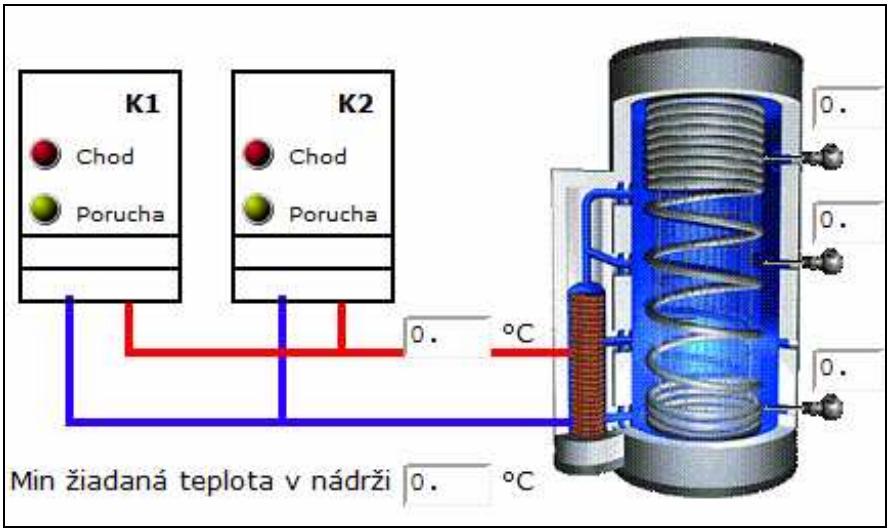


Obrázek 7.6: Obrazovka grafického panelu pro ekvitermních křivek

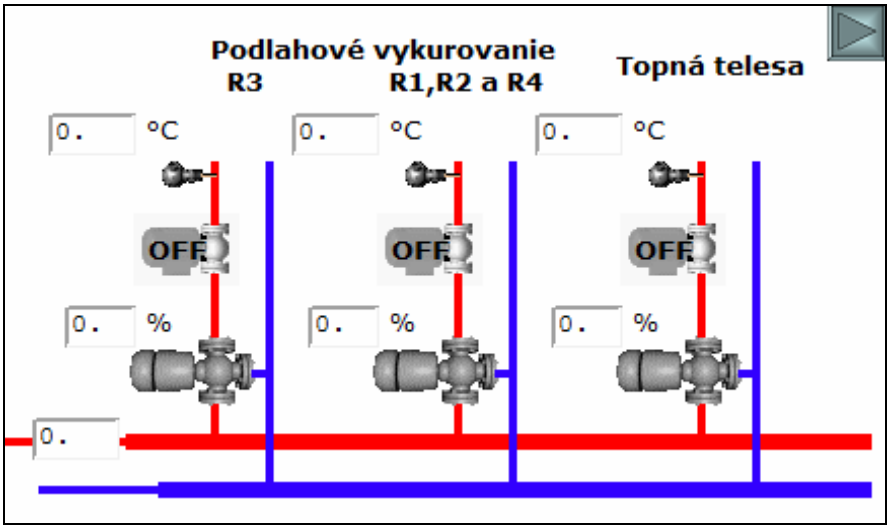
Další částí vizualizace je zobrazení technologie kotelny, skládá se z obrazovky solárního systému, obrazovky plynových kotlů a dvou obrazovek topných větví. Viz obrázky 7.7 - 7.10.



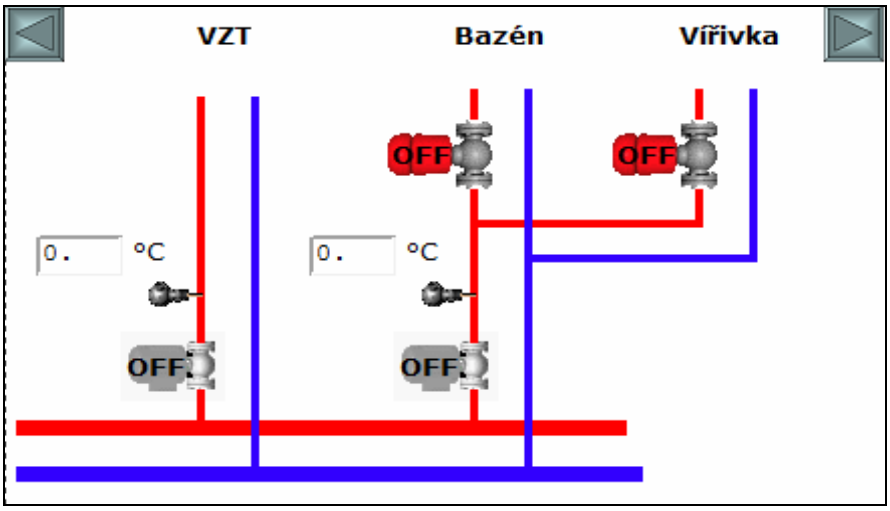
Obrázek 7.7: Obrazovka grafického panelu pro ovládání solárního systému



Obrázek 7.8: Obrazovka grafického panelu pro zobrazení stavu plynových kotlů



Obrázek 7.9: Obrazovka grafického panelu s topnými větvemi

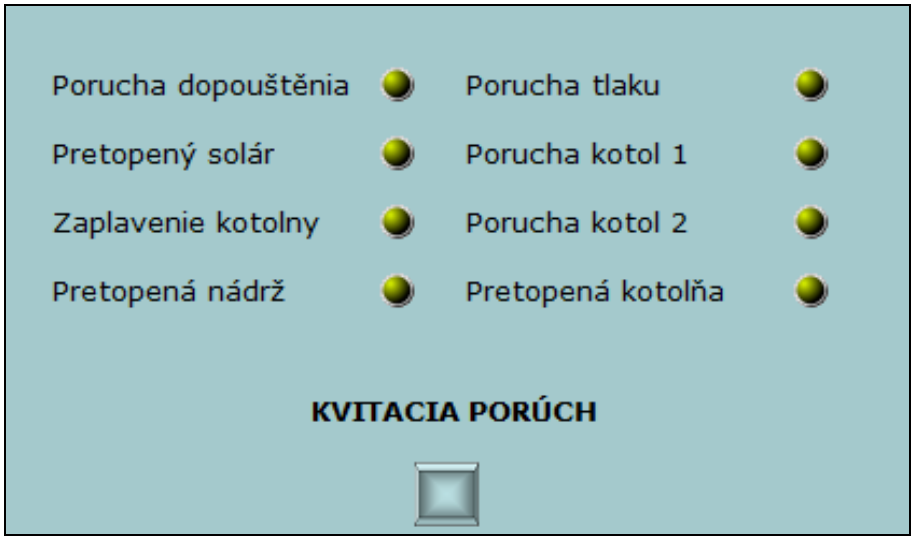


Obrázek 7.10: Obrazovka grafického panelu s větvemi pro ohřev VZT a technologie bazénu

Poslední technologií, která se pomocí vizualizace ovládá je dopoučtění vody do topného systému (viz obrázek 7.11). Na této obrazovce se nachází také informace o stavu signálů od systému NIKOBUS.

Obrázek 7.11: Obrazovka grafického panelu pro ovládání dopouštění vody do systému

Zbývá už pouze obrazovka pro zobrazení a kvitaci poruchových stavů, kterou můžeme vidět na obrázku 7.12.



Obrázek 7.12: Obrazovka grafického panelu pro zobrazení a kvitaci poruch

8 Implementace

Z důvodu opoždění realizace hrubé stavby a následné zpoždění i navazujících profesí, doposud nemohl být systém MaR zhotoven kompletně a tedy ani implementaci navrženého a neprojektovaného systému jsem nemohl dokončit. Realizace systému MaR byla pozastavena do doby, než budou do domu nainstalovány veškeré ovládané technologie. Dle posledních informací ze stavby se nyní čeká už jen na nainstalování vzduchotechnických jednotek.

V domě jsou však profesí MaR nainstalovány veškeré kabelové trasy, které zasahují do obytných prostor. Ty bylo nutné nainstalovat před zabetonováním podlah a před natažením omítek.

Jelikož nebyla implementace dokončena, popíši alespoň co je při ní nutné provést.

8.1 Oživení řídicího systému a čidel

Nejprve bude nutné dokončit kabelové trasy a natáhnout kabely v technologické místnosti. Osadit řízení technologie čidly a akčními členy. Následně bude nutné oživit řídicí systém, otestovat funkčnost všech čidel a akčních členů. Pokud se ukáže, že je vše v pořádku nebo v případě nalezení nějaké chyby po její opravě, může se přejít k odladění řídícího systému.

8.2 Odladění systému

Nahrajeme algoritmy do řídicího systému a přejdeme k nastavování konstant PID regulátorů. K tomu můžeme použít například metodu Zieger-Nikolse (viz [13]). Dále otestujeme správnost ovládání a řízení veškerých řízených technologií. Jako poslední ověříme, zda je systém schopen správně regulovat teplotu v jednotlivých místnostech nebo zda bude nutné místnosti s podlahovým topením řídit PID regulátory místo hysterezními.

9 Zhodnocení

Na základě informací o technologii domu, které jsem získal z technické dokumentace profesí vytápění, chlazení a vzduchotechniky a popsal v kapitole 4, a na základě požadavků vznesených v projektech těchto profesí (popsáno v kapitole 5), jsem vytvořil kompletní projektovou dokumentaci pro realizaci stavby profese měření a regulace. Projektová dokumentace obsahuje nezbytné součásti pro realizaci technologie MaR jako například výkres pro výrobu rozvaděče, dispoziční schémata, schémata technologií, atd.. Tvorbě projektu se věnuje kapitola 6.

Ve chvíli, kdy byl hotov projekt MaR, jsem přistoupil k návrhu algoritmů pro řízení technologií, které dle projektu systém MaR řídit. Tyto navržené algoritmy jsem popsal v kapitole 7. Následně jsem pomocí vývojového prostředí MOSAIC tyto algoritmy zapsal dle normy IEC EN 61131-3 v jazyce ST (strukturovaný text) a tak vytvořil aplikační software pro PLC Tecomat Foxtrot.

Pomocí aplikace WebMaker, která je součástí již zmíněného vývojového prostředí MOSAIC, jsem vytvořil vizualizační software, pomocí kterého se zobrazují stavy řízených technologií a lze tyto technologie také ovládat. Vizualizace je podrobněji popsána v kapitole 7.

Jelikož se stavba domu velice zpozdila, nebylo na ní doposud možné ověřit funkčnost navržených algoritmů. Nicméně správnost návrhu jednotlivých algoritmů jsem si ověřil na podobných projektech, které jsem mezitím realizoval a vyžil jsem na nich tyto algoritmy. Po dokončení instalace vzduchotechnických jednotek jsem připraven nainstalovat systém MaR.

A. Literatura

[1] Echelon corporations: *„Introdusion to the LON WORKS System“*, Palo Alto, USA, 1999.

[2] Bushby, Steven T.: *„BACnet – A Standard Communications Infrastrukture for Intelligent Buildings“*, Automation in Construktion, vydání 6., č.5-6, str.529-540, 1997

[3] Newman H. M.,: *„BACnet - The New Standard Protocol“*, Electrical Contractor, číslo 9., str. 119-122, září 1997

[4] Toman, K., Kunc, J.:*„ Systémová technika budov - Elektroinstalace podle standardu EIB“*, FCC Public spol. s r.o., 1998

[5] Pivoňková, A.: *„Optimalizační algoritmy řídicích systémů inteligentních budov“*, Praha, 2005

[6] Doc. Ing Koukal J., Ph.D.: *„O volbě parametrů PI a PID regulátorů“*, Automatizace, ročník 49, číslo 1, str. 16-20, leden 2006

[7] Horáček P.: *„Systémy a modely“*, Vydavatelství ČVUT, 2001

[8] Motýl P.: *„Kompletní řešení společnosti Schneider Electric pro automatizaci budov“*, Automatizace, ročník 47, číslo 9, str. 572-573, září 2004

[9] Ing. Hyniová K.,CSc.: a Doc. Ing. Stříbrský A., CSc. *„Instrumentace procesů, Návody ke cvičení“*, vydavatelství ČVUT, 1996

[10] Bojanovský J.: *„Inteligentní budova - Sborník konference vytápění“, Třeboň*, 2003, str 235-240, STP 2003

[11] John J.: *„Systémy a řízení“* ,Vydavatelství ČVUT, 1998

[12] Jeleň J.: „Ekvitermní regulace“ ,[online] 22.8.2007, [cit. 2007-08-22]
< http://www.ijelen.cz/krivka.htm>

[13] John J., Ing. Fuka J., Ing. Charvát J., Talíř D.: *„Učebnice SARI“* ,[online] 22.8.2007, [cit. 2007-08-22]
< http://dce.felk.cvut.cz/sari/SARI-zieglernichols.html>

[14] Wikipedia: *„Legionella“* ,[online] 22.12.2009, [cit. 2009-12-22]
< http://en.wikipedia.org/wiki/Legionella>

[15] Ing. Luboš Urban: *„Programování PLC podle normy IEC EN 61131-3 – víc než jednotné jazyky“* ,[online] 22.12.2009, [cit. 2009-12-22]
< http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30310>

[16] IEC: *„IEC 1131 – 3 Programmable Controllers – part 3 , Programming Languages.“*, 1993

[17] Bonfatti F., Monari P., Samperi U.: „*IEC1131-3 Programming Methodology*“, ICS Triplex IsaGRAF Inc., 2003

[18] Martinásková M., Šmejkal L.: „*Řízení programovatelnými automaty III.*“, Vydavatelství ČVUT, 2003

[19] Teco a. s.: „Programovací jazyk ST pro PLC Tecomat“, Kolín, 2004

[20] Ing. Klazan J.: „Inels a sběrnice CIB – moderní systém inteligentní elektroinstalace“ ,[online] 22.12.2009, [cit. 2009-12-22]
< http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38218>

B. Použitý software

Pro realizaci projektu jsem využil následující programy:

- AutoCad (2008)
- Mosaic
- Microsoft Office (2007)