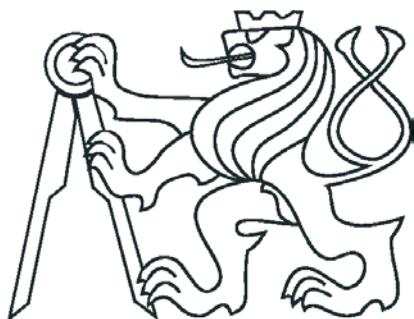


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Řízení topného systému

2007

Autor: Varga Rostislav

Katedra řídicí techniky

Školní rok: 2006/2007

Zadání bakalářské práce

Student: Rostislav Varga

Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: Řízení topného systému

Zásady pro výpracování:

1. Prostudujte problematiku řízení topné soustavy (kotelny) v podniku Líhně kuřat Xaverov a.s., pobočka Habry. K dispozici je řídicí systém TAC XENTA od fy Schneider Electric.
2. Navrhněte příslušné programové vybavení řídicí jednotky.
3. Ověřte vhodnost návrhu při konkrétním řízení v reálném prostředí.

Seznam odborné literatury: Dodá vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Honců

Datum zadání bakalářské práce: zimní semestr 2006/07

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. 8. 2007



Prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry



Prof. Ing. Zbyněk Škvor, CSc.
děkan

V Praze, dne 6. 3. 2007

Prohlášení

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

Nemám žádný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

Podpis:

Anotace

Tato práce přináší řešení regulace topné soustavy v podniku Líhně kuřat Xaverov a.s., pobočka Habry. Na základě informací o regulované soustavě získaných z technické dokumentace jsem navrhl algoritmy a vytvořil programový modul pro řídicí systém TAC XENTA od firmy Schneider Electric. Vhodnost návrhu a funkčnost celého systému jsem následně vyzkoušel v provozu. Během zkoušek byly nalezeny a odstraněny nedostatky v návrhu topného systému. Nyní je systém zcela provozuschopný.

Abstrakt

This work brings a solution for a heating system control in enterprise Líhně kuřat Xaverov a.s., pobočka Habry. I have designed algorithm and I have created program for control system TAC XENTA from Schneider Electric company based upon the informations about controlled system acquired from technical documentation. In addition I have tested suitability proposal and functionality whole system in operation. During test period were finded and eliminated imperfections in proposal of heating system. At present is the system fully operational.

Obsah

1	Úvodní seznámení s problematikou	- 2 -
1.1	Použité termíny a zkratky	- 2 -
1.2	Historie	- 2 -
2	Řízení moderních budov	- 4 -
2.1	Inteligentní budova a její řídící systém	- 4 -
2.2	Sběrnicový systém EIB	- 8 -
2.3	LonWorks technologie	- 11 -
2.4	Komunikační protokol BACnet	- 14 -
3	Automatická regulace tepelných soustav	- 16 -
3.1	Způsoby regulace teploty.....	- 17 -
3.2	Ekvitemní regulace	- 19 -
4	Seznámení s topnou soustavou kotelny v Habrech.....	- 21 -
4.1	Schéma kotelny	- 21 -
4.2	Kotlový okruh	- 22 -
4.3	Topné okruhy.....	- 22 -
4.4	Ohřev TUV	- 23 -
5	MaR kotelny.....	- 24 -
5.1	Podklady pro zpracování projektu.....	- 24 -
5.2	Požadavky na regulaci	- 24 -
5.3	Požadavky na rozsah projektu.....	- 24 -
5.4	Požadavky na řídící systém	- 24 -
6	Programové vybavení.....	- 27 -
6.1	Popis řešení	- 27 -
6.2	Vývojové prostředí	- 27 -
6.3	Popis algoritmu.....	- 27 -
7	Implementace.....	- 34 -
7.1	Oživení řídícího systému a čidel.....	- 34 -

7.2	Odladění systému	- 34 -
8	Zhodnocení.....	- 34 -
A.	Literatura	- 35 -
B.	Přílohy	- 36 -

Seznam příloh

Technická zpráva projektu MaR

Schéma kotelny

1 Úvodní seznámení s problematikou

1.1 Použité termíny a zkratky

1.1.1 Termíny

Tlakový anuloid - základní zařízení v kotelně určené pro vytvoření hydraulické stability v připojených otopných soustavách. Hydraulicky od sebe odděluje kotlový okruh od okruhů spotřebních (vytápěcí okruhy, okruhy ohřevu TUV, případně okruhy dodávky tepla pro technologii), tj. odděluje tlakové síly vyvozené oběhovými čerpadly jednotlivých okruhů.

Ekvitermní regulace – regulace topné vody v závislosti na venkovní teplotě

1.1.2 Použité zkratky

HUP	-	Hlavní uzávěr plynu
MaR	-	Měření a regulace
TUV	-	Teplá užitková voda
VZT	-	Vzduchotechnika a klimatizace

1.2 Historie

Společnost Xavergen, patřící do skupiny Agrotrade, v loňském roce naplno spustila činnost největší domácí líhně brojlerových kuřat určených na produkci masa. Investice do provozu, který se nachází v areálu původní líhně v Habrech na Havlíčkobrodsku, přišla zhruba na 200 milionů korun. Firma měla původně čtyři líhně. Místo modernizace všech se rozhodla dvě uzavřít, zachovat líheň v Uherském Ostrohu a zásadním způsobem přebudovat a zmodernizovat závod v Habrech, kde má líhnutí dlouholetou tradici.

Budování nového provozu bylo zahájeno v květnu minulého roku za plného fungování stávající líhně. V nové hale o rozloze 100 x 50 metrů se nyní nachází všechny činnosti spojené s nasazováním vajec a líhnutím. Stará budova prošla nákladnou rekonstrukcí, na nové prostory přímo navazuje a jsou zde umístěny zbývající činnosti spojené s expedicí kuřat včetně administrativní části. Kapacita líhnutí se tak zvýšila ze třiceti tří na osmdesát milionů jednodenních kuřat ročně. Nové zařízení nyní patří mezi největší brojlerové líhně v Evropě.

Technologii vlastní líhně brojlerových kuřat zajistila nizozemská firma Harch Tech. Následné automatizační linky jsou francouzské provenience a nesou logo společnosti Breuil. Řízením těchto technologií se tato práce nezabývá, jelikož byly dodávány jinými dodavateli.

Součástí rekonstrukce objektů bylo i zásadní přebudování stávající kotelny, neboť se výrazně zvýšil požadavek na odběr tepla. Vzhledem k tomu, že rekonstrukce celého areálu byla prováděna dle nových standardů, součástí rekonstrukce kotelny bylo i vytvoření řídicího systému pro plně automatický provoz kotelny.

Řízení kotelny prováděla firma ECF elektrocentrum fabrik, s.r.o. Havlíčkův Brod, která se kromě kompletních dodávek silnoproudých a slaboproudých rozvodů v průmyslové a občanské výstavbě zabývá i novými systémy pro řízení moderních budov. Prováděla např. řídicí systémy MaR v řetězcích CARREFOUR, PLUS, BILLA a jiné stavby.

Požadavkem investora bylo vybudování moderních budov za použití nejnovějších technologií v celém areálu. V následující kapitole obecně připomeneme, jaké nároky jsou na tzv. „Inteligentní budovy“ kladený.

2 Řízení moderních budov

2.1 Inteligentní budova a její řídicí systém

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 vzniklému 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 rozsáhlějších

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 (neprekročení) této hodnoty.

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

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.

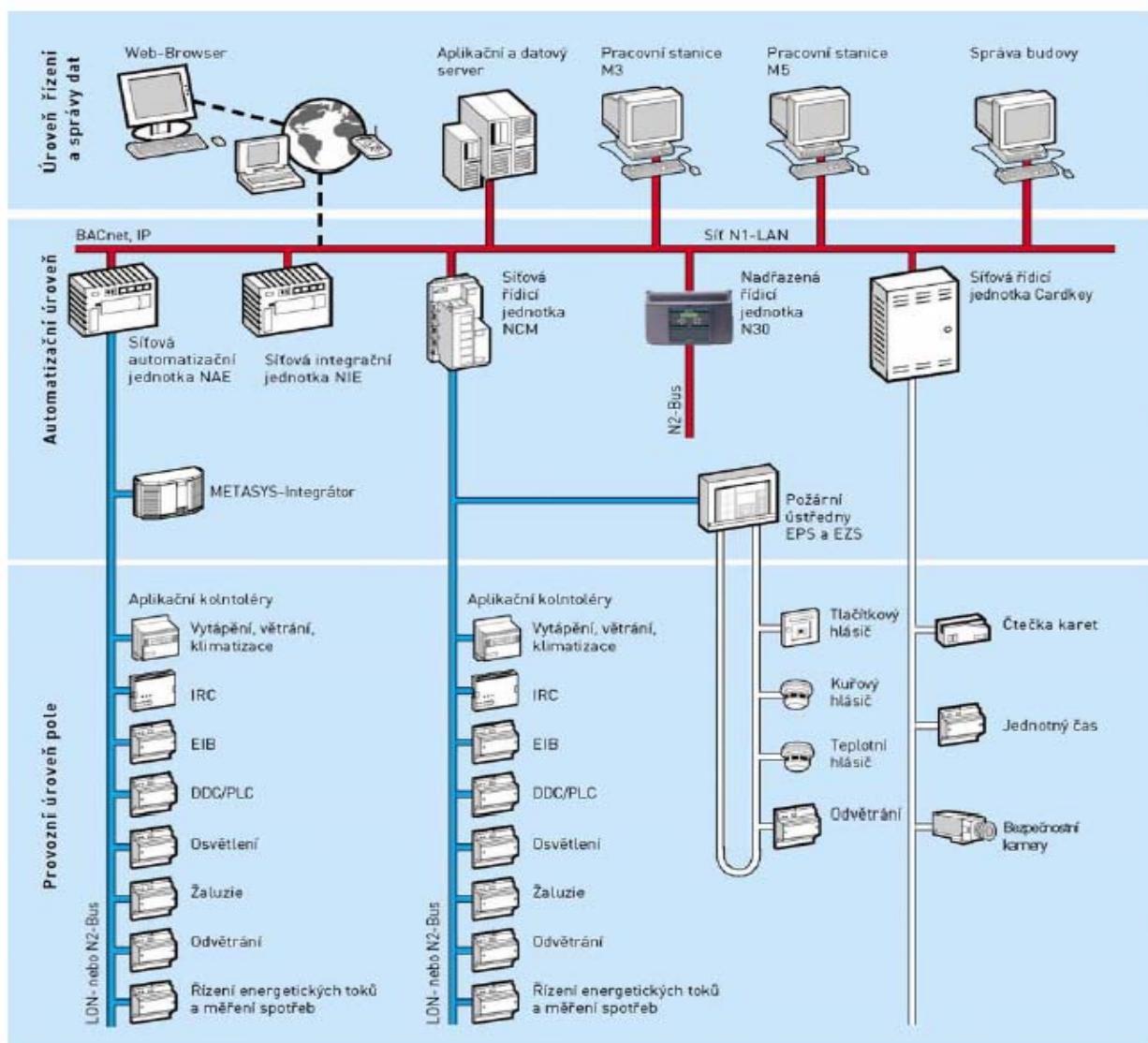
Vždy však nelze energetický management budovy zavést. Mezi tyto budovy patří administrativní budovy nebo průmyslové budovy, ve kterých je nutné upřednostnit technologii před případnou úsporou na platbách za spotřebu elektrické energie. Jako je tomu v našem případě.

5) Využívání informací při správě a údržbě budovy

V průběhu své činnosti řídící 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 náradí. V případě vyžádaných servisních zásahů sestaví a vytiskne obdobný požadavek na servisní zásah, doplněný o seznam možných příčin dané závady.

Příklad integrované architektury řídícího 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 nejbliže 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.

Nejvíce 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 úrovni 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 mikroprocesorové 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.

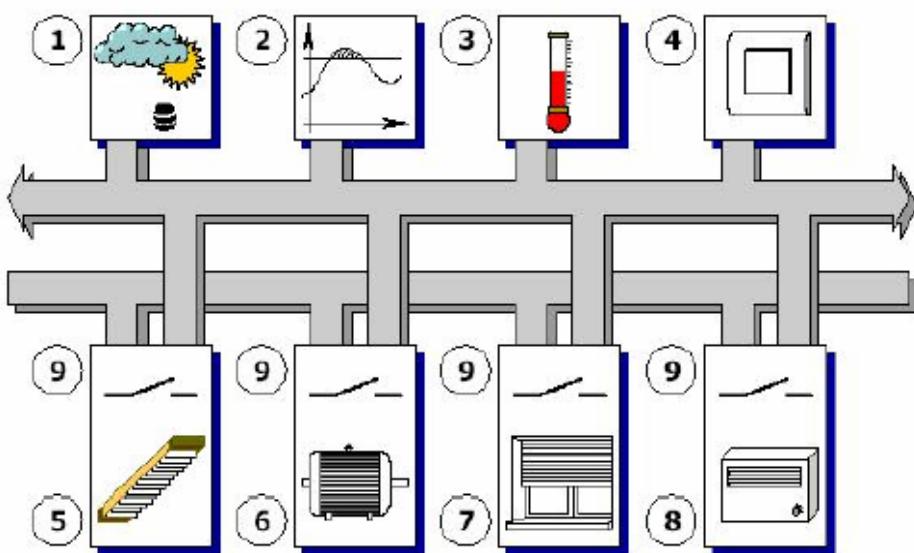
Skutečné propojení činností jednotlivých systémů v rámci „Inteligentní budovy“ lze realizovat integrací, tj. propojením systémů prostřednictvím komunikačních kanálů. Tuto propojitelnost lze dosáhnout několika způsoby:

- 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 Sběrnicový systém EIB

Sběrnicový systém EIB (viz [4]), někdy označovaný též jako i-bus nebo instabus, vychází ze společného evropského konceptu Evropské instalacní 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.

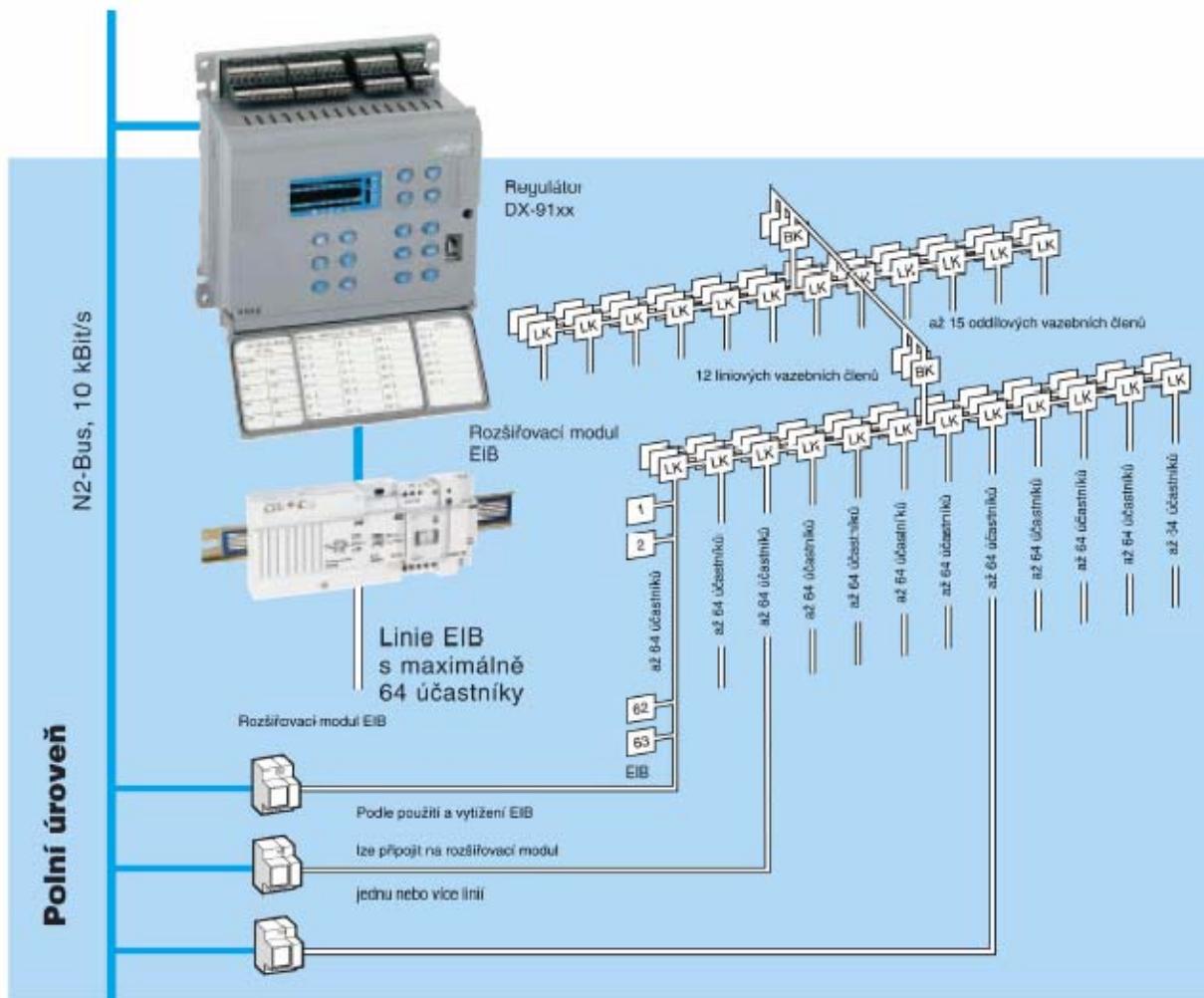
Systém založený na sběrnici EIB je programovatelný a rozšířitelný. Jedná se o decentralizovaný automatizační systém s rozprostřenou inteligencí (jednotliví účastníci mají vlastní mikroprocesor a komunikují spolu bez použití centrální jednotky). Páteří zařízení je dvouvodičová datová sběrnice, po níž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

Komunikační protokol

Komunikační zásobník EIB je strukturován v souladu se sedmivrstvým komunikačním modelem 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.

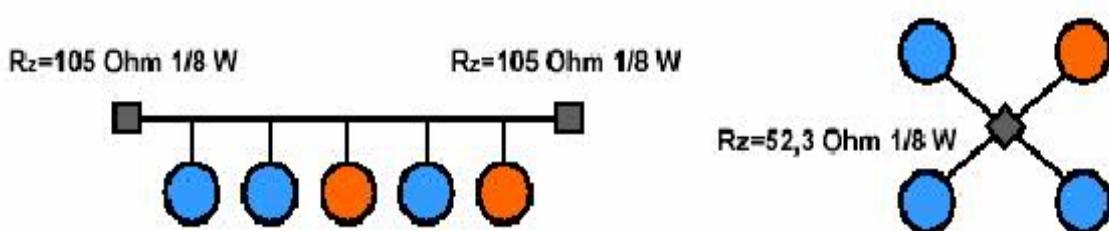
Síťová vrstva řídí přenosy pomocí NPCI řídící informace (Network Protocol Control Information). Transportní vrstva se stará o logické komunikační vazby, které mohou mít několik forem:

- * 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.

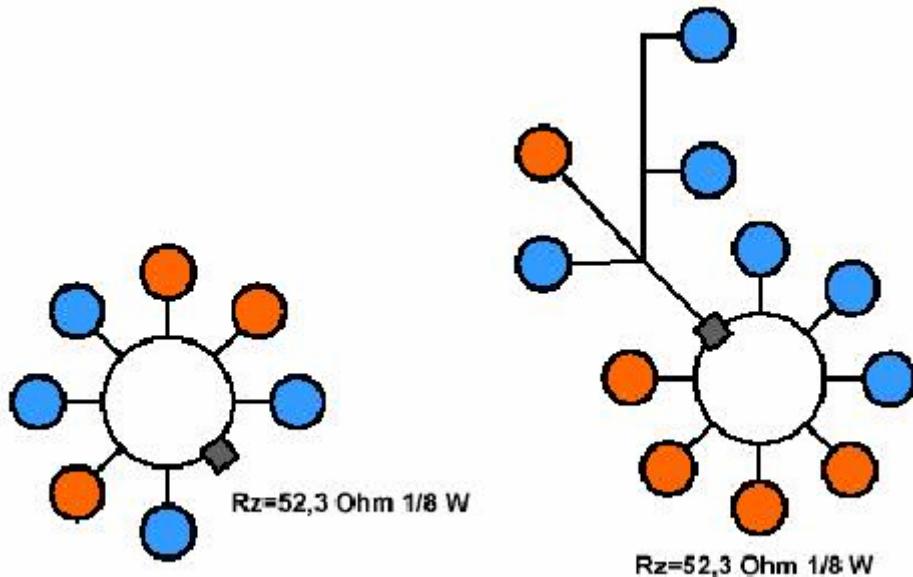
Všechny služby transparentně vedené napříč relační a prezentační vrstvou jsou rezervovány. Aplikační vrstva obsahuje aplikační rozhraní pro klient/server správu EIB sítě. Informace vyměňované mezi dvěma zařízeními jsou formovány do paketů. Každý vyslaný paket je pak následován potvrzením tvořeným znakem EOF. EIB systém umožnuje 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.

2.3 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



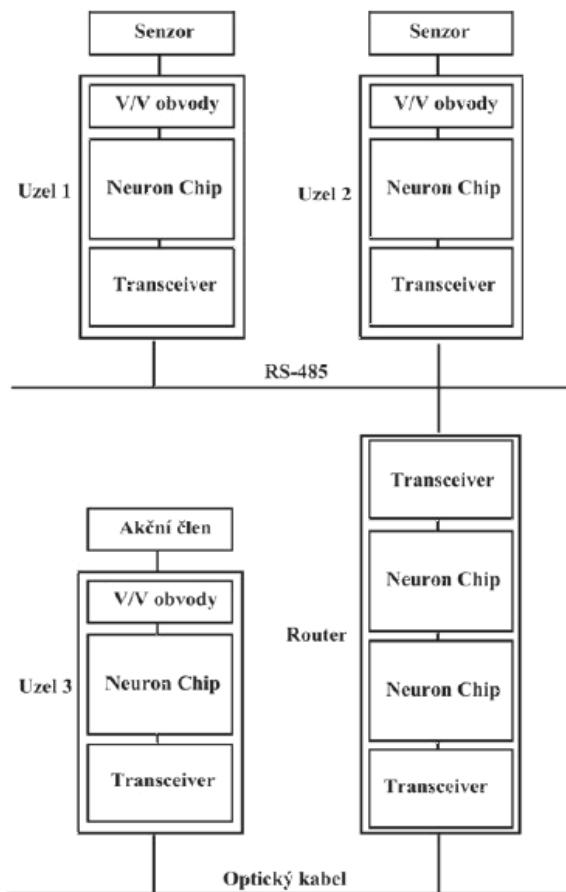
Obrázek 2.5: Kruhová a kombinovaná topologie

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.

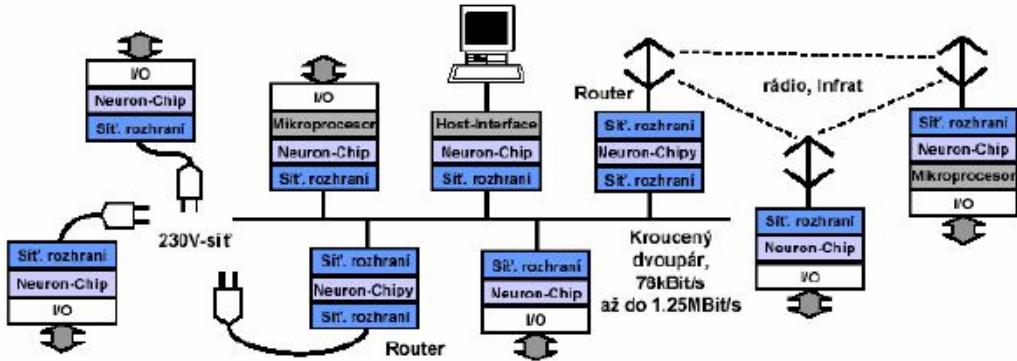
Základní komponenty sítě LonWorks: viz. Obrázek 2.6

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 řídící zařízení. Jednotlivá zařízení komunikují navzájem mezi sebou, jedná se tedy o síť typu peer-to-peer.

2.4 Komunikační protokol BACnet

BACnet (viz [2]), (viz [3]) (Building Automation and Control Network) je standardní komunikační protokol pro síť 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, řídící smyčky a alarmy. BACnet nedefinuje interní konfiguraci, datové struktury nebo řídící 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).

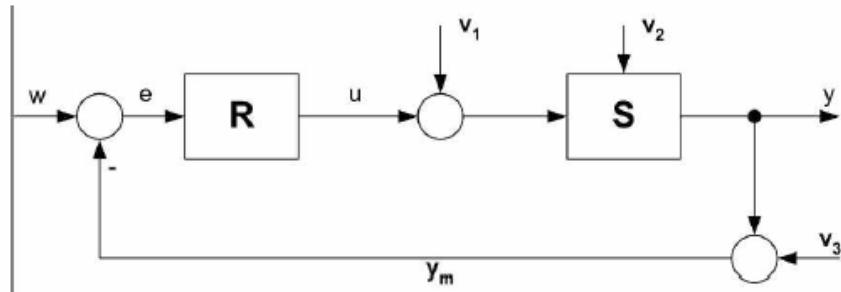
3 Automatická regulace tepelných soustav

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 použije k vysvětlení základních pojmu. (viz [7])



Obrázek 3.1: Základní blokové schéma regulačního obvodu

S	regulovaná soustava
R	regulátor
w	žádaná hodnota
y	regulovaná veličina (skutečná hodnota)
y_m	výstup čidla regulované veličiny
u	akční veličina
e	regulační odchylka
v₁	porucha na vstupu regulované soustavy
v₂	porucha vstupující do regulované soustavy v libovolném místě
v₃	chyba měření

3.1 Způsoby regulace teploty

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 náročích na přesnost regulace. Podle druhu pomocné energie se regulátory dělí na elektrické, pneumatické, hydraulické a kombinované.

Rozlišujeme tyto základní druhy regulace:

- **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 spojite, 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** - proporcionalní regulátor - je charakterizován konstantním poměrem výstupní a vstupní veličiny v každém okamžiku činnosti regulátoru. Nevhodou regulátoru typu P je, že regulační odchylka v ustáleném stavu je nenulová,
- **PI** - proporcionalně integrační regulátor zajišťuje, aby regulační odchylka v ustáleném stavu byla nulová,
- **PID** - proporcionalní 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 místonosti - teplota náběhové vody je úměrná rozdílu mezi požadovanou a skutečnou teplotou referenční místonosti,
- regulace podle teploty venkovního vzduchu (ekvitermní regulace) – teplota náběhové vody je nastavována v závislosti na teplotě venkovního vzduchu.

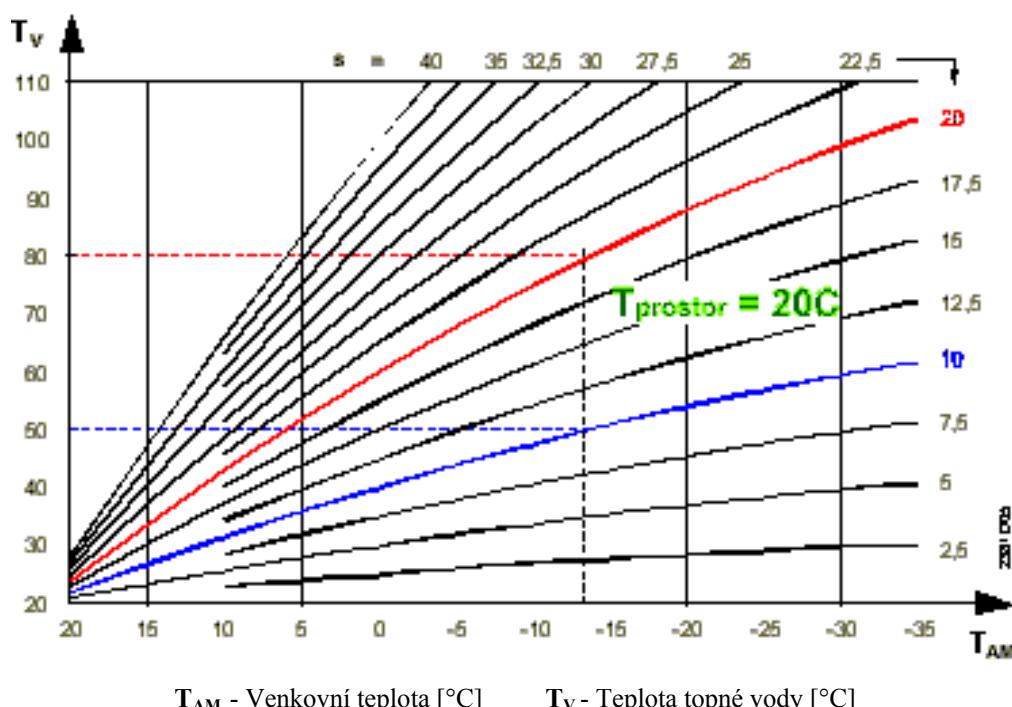
3.2 Ekvitermní regulace

3.2.1 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.

3.2.2 Venkovní teplota (topná křivka)

Výsledek regulace s ekvitermním řízením (viz [12]) je závislý na topná 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.

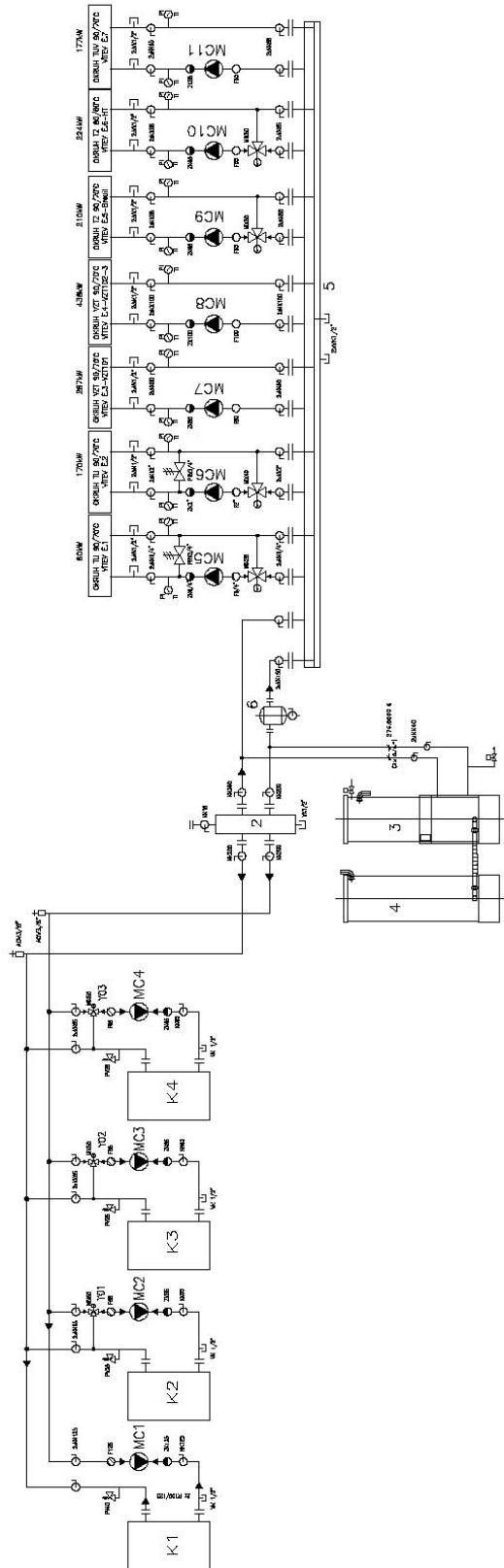


Obrázek 3.2: Průběhy topných křivek s různou strmostí

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 Seznámení s topnou soustavou kotelny v Habrech

4.1 Schéma kotelny



Obrázek 4.1: Schéma kotelny

4.2 Kotlový okruh

Kotlový okruh se skládá z jednoho nového litinového kotla s plynovým přetlakovým hořákem a ze tří původních ocelových kotlů také s přetlakovými plynovými hořáky.

- | | | |
|----------|-----------------------------|-------------|
| K1 | Buderus LOGANO GE 615 | výkon 820kW |
| K2 | ŽDB Bohumín EI..... | výkon 253kW |
| K3 | ŽDB Bohumín EI..... | výkon 253kW |
| K4 | ŽDB Bohumín EI..... | výkon 253kW |

Každý kotel má své vlastní oběhové čerpadlo a každý ze tří stávajících kotlů má navíc nainstalovaný směšovací uzel kotlového okruhu pro zamezení nízkoteplotní koroze kotle. Litinovému kotlu Buderus LOGANO toto nevadí. Z tohoto důvodu není směšovací uzel instalován.

4.3 Topné okruhy

Za kaskádou kotlů se nachází tlakový anuloid pro tlakové oddělení okruhu kotlů od rozdělovače. Z něj jsou vyvedeny jednotlivé topné větve. Technologie kotelny je vystrojena sedmi topnými okruhy:

- větev č.1 – topný okruh s ekvitermní regulací
- větev č.2 – topný okruh s ekvitermní regulací
- větev č.3 – VZT okruh
- větev č.4 – VZT okruh
- větev č.5 – okruh pro technologii líhní
- větev č.6 – okruh pro technologii líhní
- větev č.7 – okruh pro ohřev TUV

Větev č.1 a. č.2 je určena pro vytápění administrativních částí budov. Na začátku těchto větví je směšovač pro regulaci teploty vody. Větve č.3 a č.4 zajišťují přívod dostatečného množství teplé vody pro vzduchotechnické jednotky, u těchto větví se teplota vody nereguluje. Větve č.5 a č.6 dodávají teplo pro technologii líhní, větve mají směšovač pro nastavení požadované teploty vody. Větev č.7 zajišťuje dohřívání TUV.

4.4 Ohřev TUV

K ohřevu teplé užitkové vody se využívá přebytečné teplo z klimatizace vzduchotechnických jednotek. Teplá voda z VZT nejprve předehřívá zásobníky s TUV a až poté je ochlazována ve výparnících. Předehřátá voda ze zásobníků se následně dohřívá v deskovém tepelném výměníku na požadovanou teplotu, což umožňuje trojcestný ventil před tímto výměníkem.

5 MaR kotelny

5.1 Podklady pro zpracování projektu

Podkladem pro zpracování projektu MaR je zadání technických požadavků na plně automatický provoz kotelny a příslušné technologie a stavební technická dokumentace objektu kotelny a přípravný TUV. Dále je požadováno použití průmyslových automatů firmy Schneider Electric.

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 českými normami a předpisy.

5.3 Požadavky na rozsah projektu

Projekt měření a regulace řeší:

- Řízení provozu kotlů
- Řízení provozu technologie plynové kotelny
- Měření a zaznamenávání provozních hodnot
- Ošetření poruchových stavů s návazností na odstavení technologického zařízení

5.4 Požadavky na řídicí systém

Systém MaR plynové kotelny je třeba řídit z rozvaděče RMTD01 umístěným v místnosti plynové kotelny. Rozvaděč osadit jedním automatem XENTA 400 a deseti rozšiřujícími moduly vstupů a výstupů.

5.4.1 Požadavky na regulaci kotelny

Start kotelny provádět tlačítkem SB01 (Start). Po inicializaci tohoto vstupu nejprve dojde ke spuštění ventilátor odvětrání kotelny na celkovou dobu 5 minut. Po provedení odvětrání kotelny spustit jednotlivé plynové kotle s uvedením do provozu dle výkonových potřeb celého systému. Dodávaný tepelný výkon je třeba regulovat kaskádovým spínáním kotlů. V týdenním intervalu zajistit výměnu pořadí spínání kotlů. Dle požadavku investora se jako první vždy sepne nový kotel z důvodu jeho vyšší účinnosti. Proto je systém střídání třeba

zajistit v pořadí: (K1-K2-K3-K4, K1-K3-K4-K2, K1-K4-K2-K3). Jednotlivé kotly je třeba ovládat též manuálně pomocí ovladačů SA1- SA5.

Kotelnu vypínat tlačítkem SB02 (Stop). V případě odstavení jednotlivých kotlů automatem nebo použitím tohoto tlačítka začnou čerpadla daných kotlových okruhů v činnosti po dobu 5 minut zajišťovat proplach kotlů a tím dojde k zabránění jejich přetopení.

U původních ocelových kotlů regulovat teplotu vratné vody pro zamezení nízkoteplotní koroze. Teplota vratné vody by neměla klesnout pod 60°C.

5.4.2 Požadavky na regulaci jednotlivých větví

Směšované okruhy (č.1, 2, 5, 6) je třeba řídit pomocí třícestných armatur osazených analogově řízeným servopohony. Snímače teploty vody je nutné umístit min. 1m za oběhové čerpadlo. Požadovaná teplota vody pro okruhy vytápějící administrativní část budovy se určuje dle ekvitermní křivky. U okruhů č.5 a č.6 regulovat vodu na teplotu žádanou, tu přednastavit na 70°C s možností měnění pomocí ovládacích prvků. Zbývající okruhy zůstanou bez regulace a teplotu jejich topné vody je třeba pouze monitorovat.

5.4.3 Požadavky na regulaci TUV

Regulaci TUV zajistit samostatnou větví č.7, pomocí deskového výměníku, směšovacího ventilu a pěti nepřímotopných zásobníků. Ty budou vyhřívány zbytkovým teplem z klimatizace a jejich teplota bude monitorována.

V deskovém výměníku vodu dohřívat na 70°C, tento dohřev regulovat trojcestnou armaturou osazenou analogově řízeným servopohonem. Takto dohřátá voda je určena pro systém tlakových čističů (WAP) a pro dodávku TUV do administrativních částí budovy.

Vodu pro administrativní části smíšenou se studenou vodou v trojcestné armatuře regulovat na 50°C. Při překročení teploty nad 65°C dojde k vyhlášení alarmu a odstavení technologie ohřevu TUV. Zajistit, že jednou týdně se bude systém TUV přehřívat na 65°C až 70°C z důvodu preventivního odstraňování leginoely na dobu stavovenou dle hygienických předpisů. V této době musí být zaměstnanci upozorněni na možnost opaření horkou vodou. Také je nutné vyřadit z provozu systém alarmu TUV, respektive posunut na hodnotu 75°C.

5.4.4 Požadavky na řízení HUP

Hlavní uzávěr plynu automaticky otevírat při startu kotelny. K uzavření HUP dojde při vypnutí kotelny tlačítkem SB02 (STOP). Automatika musí zajistit uzavření HUP po stisku tlačítka C-STOP nebo při vyhlášení havarijních stavů signálem EPS a úniku plynu II.stupně.

5.4.5 Havarijní stavy

Automatika zajistí vyhodnocování havarijních stavů:

- Zaplavení kotelny
- Havarijní minimální tlak topné vody
- Havarijní maximální tlak topné vody
- Havarijní teplota TUV > 75°C
- Přetopení prostoru kotelny > 45°C
- Minimální teplota prostoru kotelny < 5°C
- Přetopení systému ÚT > 95 °C
- Únik plynu II.stupeň – plynová kotelna
- Únik plynu II.stupeň – místnost s HUP
- Havarijní tlačítka C-STOP
- Signál EPS

V případě, že nastane alespoň jeden z havarijních stavů, zajistí automatika odstavení daného okruhu případně celé technologie kotelny a aktivuje akustickou signalizaci. Při havarijném stavu úniku plynu II.stupně v prostoru kotelny musí automatika úplně odstavit rozvaděč RMTD01 vyrážecí cívkou hlavního jističe. Následné spuštění odstavených částí bude možné až po odstranění poruchy a odblokování poruchy (stisknutí tlačítka KVIT obsluhou).

6 Programové vybavení

6.1 Popis řešení

Pro zabezpečení všech regulačních a řídicích funkcí systému je použit digitální regulátor TAC XENTA 400 od firmy SCHNEIDER ELECTRIC doplněný přídavnými moduly AI, DI, AO, DO. Tyto moduly jsou připojeny na sběrnici LON-BUS. Sběrnice LON-BUS je propojena přes modul XENTA 911 s lokální počítačovou sítí.

Řízení je zabezpečeno volně programovatelným mikroprocesorovým regulátorem, k jehož vstupům jsou zapojeny jednotlivé snímače a čidla regulovaných a měrených 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. Regulátor je vybaven displejem a prvky pro možnost ručního zásahu do ovládání. Displej dále umožňuje na této 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.

6.2 Vývojové prostředí

Pro vývoj softwaru jsem používal originální balíček programů TAC Vista IV od firmy SCHNEIDER ELECTRIC. Součástí tohoto balíčku je i program TAC Menta, ten slouží pro naprogramování algoritmu. K sestavení algoritmu se zde používají logické bloky, které se propojují do blokových schémat. Součástí programu je i knihovna základních bloků, jako jsou například OR, AND, NOT, XOR, DELAY atp.

Další možností je vytvořit si vlastní, tak zvaný „HFB“ blok. Tento blok se chová jako metoda ve standardních programovacích jazycích (C/Java). V něm je možno sestavit libovolný algoritmus. Pro dosažení přehlednosti u rozsáhlých aplikací je vhodné této možnosti hojně využívat.

6.3 Popis algoritmu

6.3.1 Rozdělení algoritmu

Vzhled k tomu, že technologie kotelny se skládá z několika technologických celků, lze také algoritmus jejího řízení, který jsem navrhl a implementoval, rozdělit na jednotlivé části.

Části algoritmu:

- ošetření havarijních a poruchových stavů
- algoritmus ohřevu TUV
- algoritmus řízení kaskády kotlů
- algoritmus řízení jednotlivých topných větví

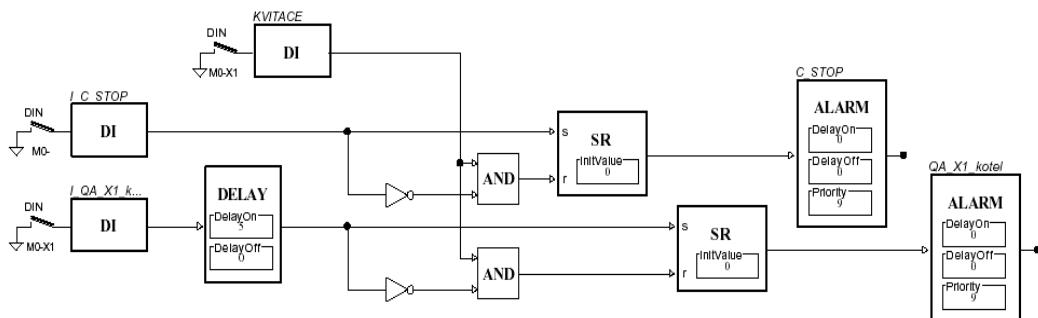
Dále se budeme zabývat popisem těchto částí.

6.3.2 Ošetření havarijních a poruchových stavů

Signály z čidel jednotlivých havarijních stavů jsou přivedeny na odpovídající digitální vstupy. Tyto signály jsou následně filtrovány blokem DELAY pro zabránění náhodných sepnutí. Tato náhodná sepnutí mohou být způsobena rušením. Blok DELAY propustí pouze signál trvající déle (v sekundách) než v něm nastavená hodnota parametru DelayOn. Nevýhodou je zpožděná odezva, a proto tento blok nemůžeme použít pro havarijný tlačítko C-STOP, zde tento blok vynecháme (viz obrázek 6.1 algoritmus tlačítka C-STOP a poruchy úniku plynu I.stupeň v kotelně).

Následně signály přivádíme na S „svorky“ bloků SR. Jedná se o obdobu RS klopných obvodů, ze kterých pokračujeme do bloků ALARM. Díky tomu zůstane ALARM aktivní i po odeznění poruchy. Blok ALARM zajišťuje výpis poruch na operátorský panel a jeho signálů je využíváno k odstavení jednotlivých technologií a spuštění akustické signalizace.

Aktivní poruchu lze deaktivovat pouze v případě, že je na digitálním vstupu dané poruchy „log 0“ a provádí se stisknutím tlačítka KVITACE.



Obrázek 6.1: Algoritmus vyhodnocení a kvitace havarijních stavů

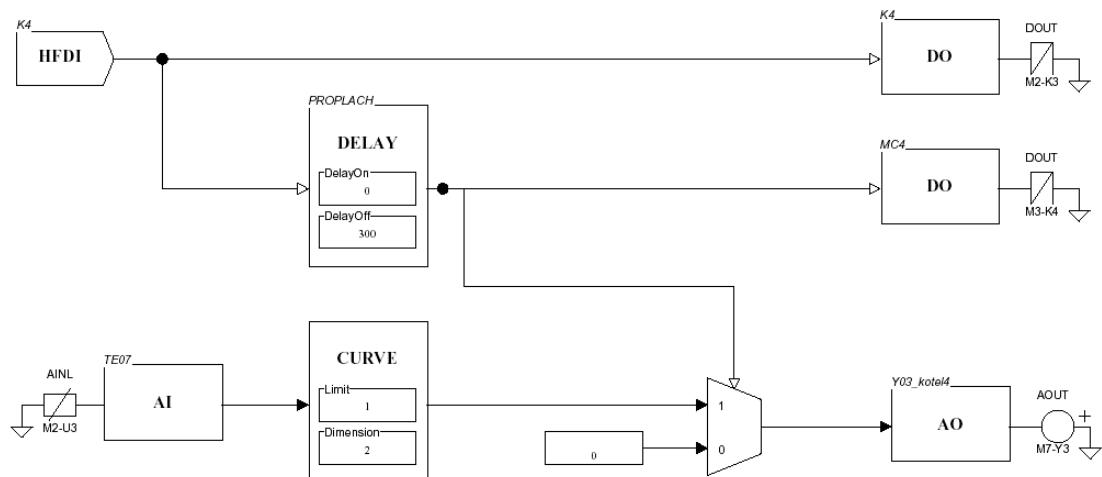
6.3.3 Algoritmus řízení kaskády kotlů

Jelikož každý z kotlů má svou hysterézní regulaci opatřenou bezpečnostním termostatem proti přetopení, algoritmus v našem regulátoru neřeší regulaci samotných kotlů, ale zajišťuje spínání jednotlivých kotlů, ovládání čerpadel a ovládání servopohonů trojcestných armatur pro zabránění nízkoteplotní koroze.

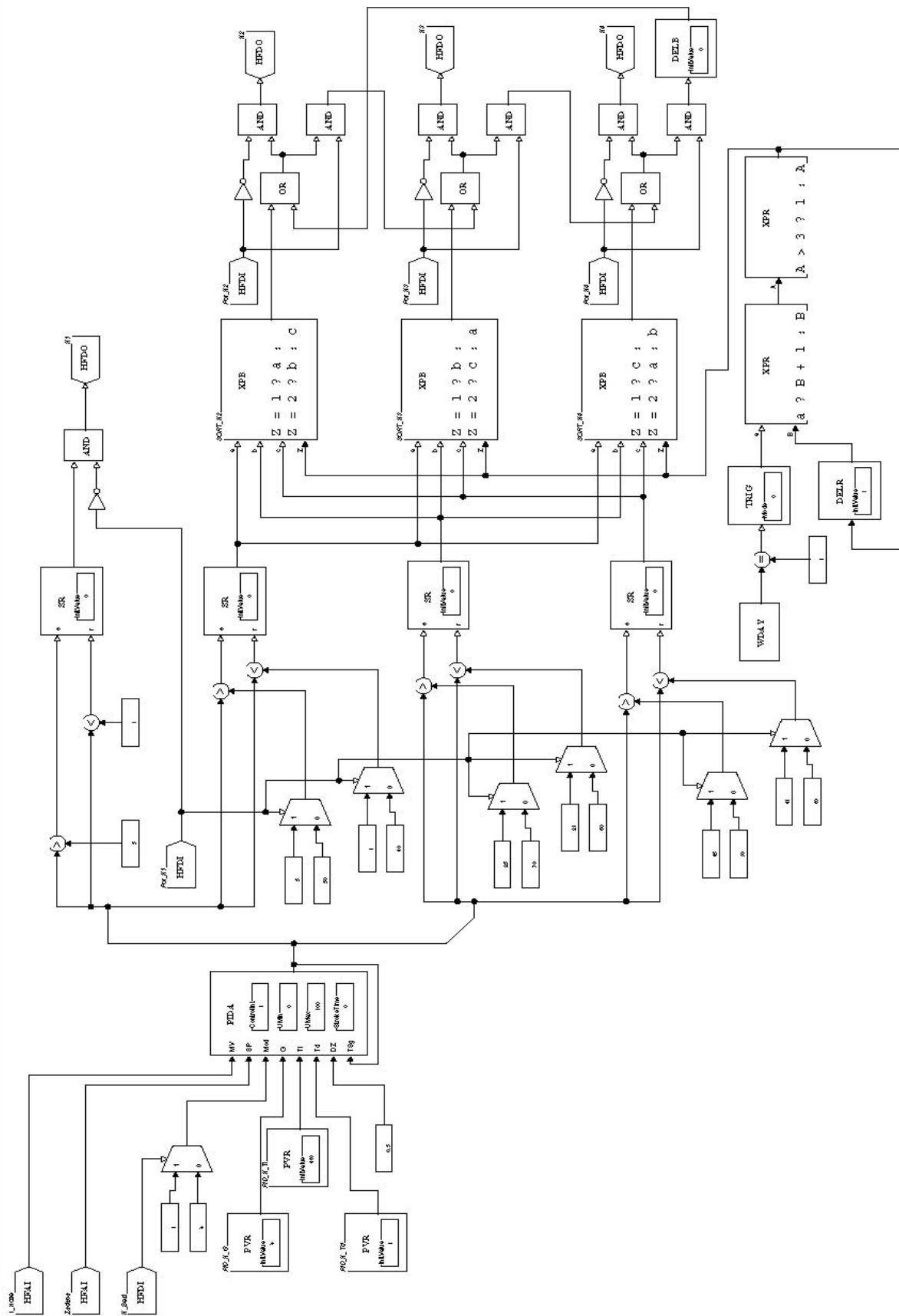
Základem algoritmu pro řízení kaskády kotlů je HFB blok, do tohoto bloku jsem implementoval algoritmus pro postupné připínání kotlů (viz obrázek 6.6). Základem tohoto algoritmu je PIDA blok. Ten je nastaven tak, aby nereagoval na krátkodobé výkyvy teploty na výstupu z kaskády způsobené hysterézní regulací jednotlivých kotlů. Toho jsem docílil nastavením dlouhé integrační doby. Díky tomu se blok řídí střední hodnotou regulační odchylky. Na výstupu z bloku je pak velikost požadovaného výkonu kaskády kotlů.

V další části algoritmu se tato hodnota vyhodnocuje a dle její velikosti spouští daný počet kotlů. Jako první se spouští nový kotel Buderus Pohano, v případě poruchy na tomto kotli se změní vyhodnocovací úrovně pro spouštění zbývajících kotlů. Prakticky nedochází ke přímo ke spuštění kotle ale HFB bloku (viz obrázek 6.5), který zajistí sepnutí kotle, sepnutí čerpadla a řízení servopohonu trojcestné armatury pro zabránění nízkoteplotní koroze. Při vypnutí kotle ponechává čerpadlo ještě 5 minut v provozu.

Poslední částí algoritmu řízení kaskády kotlů je algoritmus změny pořadí spínání ocelových kotlů v týdenním intervalu. Součástí této části algoritmu je také algoritmus, který zajistí zastoupení ocelového kotle v poruše následujícím kotlem v pořadí.



Obrázek 6.5: Algoritmus HFB bloku pro ocelový kotel K4



Obrázek 6.6: Algoritmus HFB bloku pro řízení kaskády kotlů

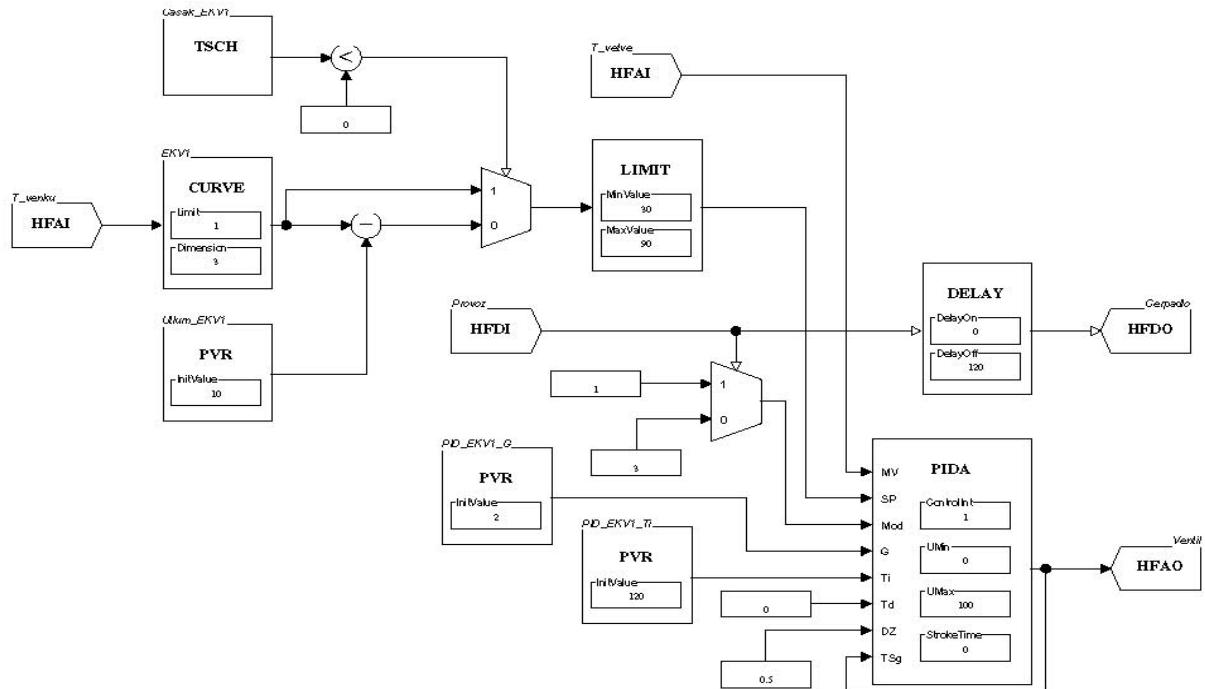
6.3.4 Algoritmus řízení jednotlivých topných větví

Každá z větví má svůj vlastní algoritmus, kromě větví pro VZT (větev č.3, č.4). Jak již bylo popsáno výše u těchto větví se pouze monitoruje teplota, tudíž jsou bez regulace. Větve č.1 a č.2 slouží pro vytápění administrativních částí budov. U těchto větví je požadována ekvitermní regulace. Analogový výstup pro ovládání servopohonu trojcestné armatury řízení teploty v těchto větvích je řízen PIDA blokem. Tento blok obsahuje diskrétní PID algoritmus, výstupní signál **du(t)** se vypočítává dle vzorce 6.1.

$$du(t) = G \cdot \left(e(t) - e(t-h) + \frac{h}{Ti} \cdot e(t) - Td \cdot \frac{y(t) - 2 \cdot y(t-h) + y(t-2h)}{h} \right), \quad (6.1)$$

kde **e** je regulační odchylka, **y** měřená veličina (**MV**), **G** proporcionální konstanta, **Ti** integrační konstanta **Td** Derivační konstanta, **h** interval mezi jednotlivými měřeními (**ControlInt**).

Tento blok reguluje teplotu topné větve na hodnotu, která se přepočítává z venkovní teploty v bloku CURVE. Součástí algoritmu je i týdenní časovač pomocí něhož lze tuto vypočítanou teplotu snížit. Velikost tohoto útlumu lze zadat do proměnné „Utlum_EKVx“, přednastavena je hodnota 10°C.



Obrázek 6.2: Algoritmus řízení teploty topné větve s ekvitermní regulací

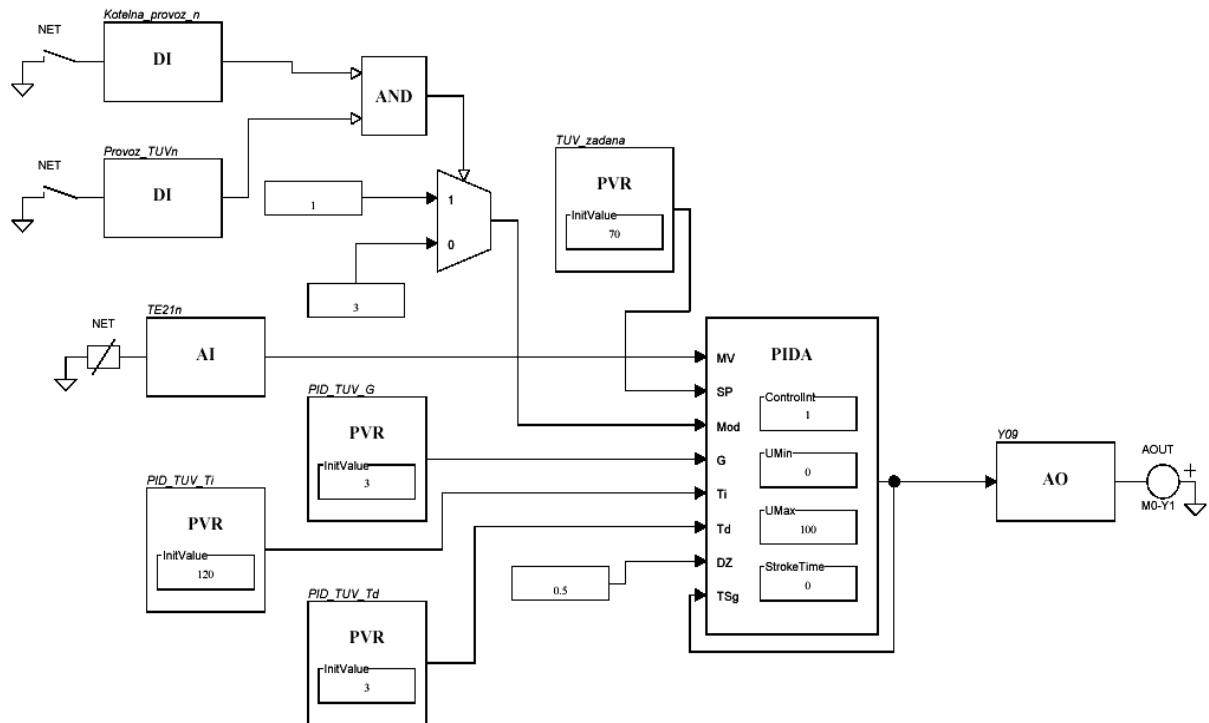
Algoritmus pro řízení větve č.5 a č.6 také obsahuje blok PIDA, v tomto případě však blok nereguluje na teplotu vypočítanou v bloku CURVE, ale na stálou teplotu 70°C. Jelikož byla požadována teplota v rozmezí od 65°C do 75°C přednastavil jsem tuto teplotu. Obsluha kotelny ji však může změnit pomocí operátorského panelu. Tyto větve sice slouží k vyhřívání líhní, ale teplotu uvnitř jednotlivých líhní si líhně regulují samy. Jelikož firma ECF není dodavatelem vlastních líhní, regulaci teploty při procesu líhnutí neobstaráváme.

Větev č.7 slouží k ohřevu TUV a její algoritmus je popsán níže.

6.3.5 Algoritmus ohřevu TUV

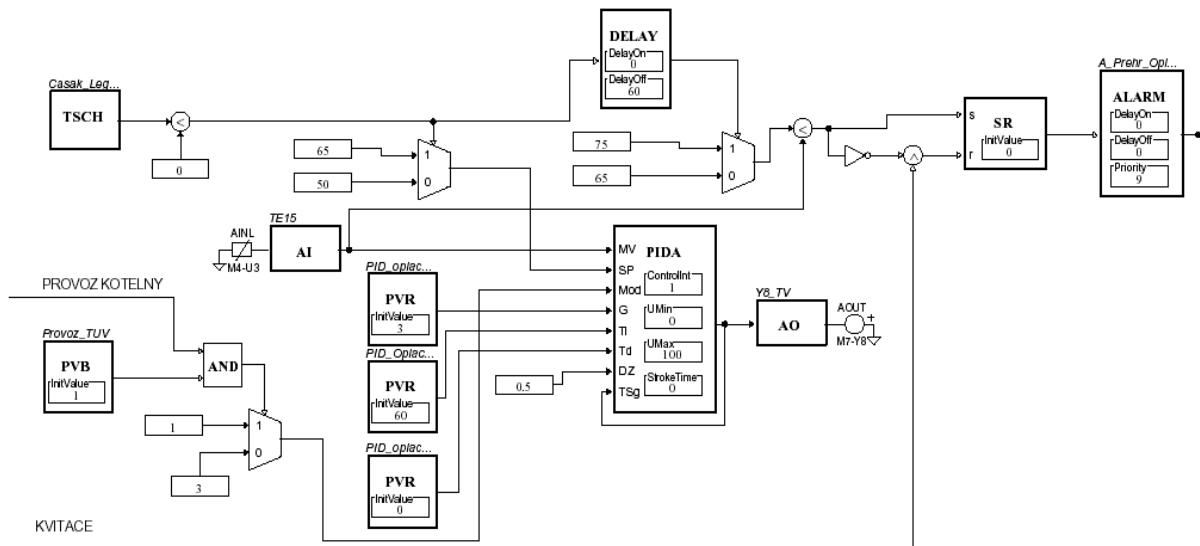
Algoritmus ohřevu TUV je rozdělen na dvě samostatné části. První část (viz obrázek 6.3) zajišťuje dohřev teplé vody proudící ze zásobníků na 70°C, druhá část (viz obrázek 6.4) obstarává míšení teplé vody pro administrativní části budovy.

Analogový výstup pro ovládání servopohonu trojcestné armatury dohřívání TUV je řízen pomocí PIDA bloku.



Obrázek 6.3: Algoritmus řízení dohřívání TUV deskovým výměníkem

U regulace TUV pro administrativní části je také základem algoritmu PIDA blok. Zde je však algoritmus ještě rozšířen o automatickou změnu teploty vody dle hygienických předpisů. To zajišťuje blok TSCH. Jedná se o týdenní časové hodiny, na jejichž výstupu je zbývající čas do změny stavu. Pokud se jedná o změnu ze stavu VYPNUTO do stavu ZAPNUTO, je tato hodnota záporná a v opačném případě kladná. Proto výstupní hodnotu z hodin porovnáváme s nulou, tím získáme logickou úroveň pro určení žádané hodnoty (SP) PIDA bloku. Současně také musíme upravit hodnotu, dle které vyhodnocujeme alarm „přehřátí oplachové vody“.



Obrázek 6.4: Algoritmus regulace TUV pro adm. část budovy

7 Implementace

7.1 Oživení řídicího systému a čidel

Nejprve bylo nutné oživit řídicí systém, otestovat funkčnost všech čidel a akčních členů. Všechna čidla byla funkční. Při testech akčních členů se ukázalo, že všechny servopohony jsou špatně zapojeny. Tato chyba byla napravena a tak bylo možné přistoupit k nahrání algoritmů do řídicího systému.

7.2 Odladění systému

Po nahrání algoritmů do řídicího systému jsem metodou Zieger-Nikolse (viz [13]) nastavil konstanty PIDA bloků. Při testovacím provozu se objevila vážná chyba u ohřevu TUV. Mezi deskovým výměníkem pro ohřev TUV a systémem tlakových čističů nebyla zavedena cirkulace. To mělo za následek zastavení vody v potrubí. Po následném startu čističů regulátor nestíhal reagovat na změnu teploty a docházelo k prudkým výkyvům teploty. Tento problém byl odstraněn dodatečnou instalací cirkulačního potrubí a čerpadla. Žádný jiný problém se při testovacím provozu nevyskytl.

8 Zhodnocení

Na základě informací o regulované soustavě získaných z technické dokumentace jsem navrhl algoritmy a vytvořil programový modul pro řídicí systém TAC XENTA od firmy Schneider Electric. Vhodnost návrhu a funkčnost celého systému jsem následně vyzkoušel v provozu. Během zkoušek byly nalezeny a odstraněny nedostatky v návrhu topného systému. Nyní je systém zcela provozuschopný a od zavedení do normálního provozu se nevyskytl žádný problém a ze strany provozovatele nebyla vznesena žádná námitka.

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.: „*Intelligentní budova - Sborník konference vytápění*“, Třeboň, 2003, str 235-240, STP 2003
- [11] John J.: „*Systémy a řízení*“, Vydavatelství ČVUT, 1998
- [12] Jeleň J.: „*Ekvitemní 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-ziegelnichols.html>>

B. Přílohy