

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



BAKALÁRSKA PRÁCA

Fan-Coil systémy

Praha, 2009

Autor: Ján Michalko

Prehlásenie

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu vypracoval samostatne a použil som iba podklady (literatúru, projekty, SW atd.) uvedené v priloženom zozname.

Nemám závažný dôvod proti použitiu tohoto školského diela v zmysle § 60 Zákona č.121/2000 Sb. , o autorskom práve, o právach súvisiacich s autorským právom a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon).

V Prahe dňa _____

_____ podpis

Pod'akovanie

Ďakujem predovšetkým svojmu vedúcemu bakalárskej práce za ústretový prístup. Ďakujem svojim rodičom za príjemnú pracovnú atmosféru a odborné rady. Natálii Červenkovej za podporu, Matejovi Pčolkovi a Eve Žáčekovej za konzultácie a Lilovi za zlepšovanie nálady.

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá klimatizačnými jednotkami fan-coil a ich riadením s PLC. V prvej časti predstavuje klimatizáciu ako takú, princíp jej fungovania a popisuje jednotlivé typy fan-coil zariadení. Druhá časť sa venuje prieskumu trhu jednotiek a porovnaniu jednotlivých typov od vybraných výrobcov podľa ceny a poskytovaných funkcií. Zaoberá sa aj možnosťami regulácie daných jednotiek a ich komunikácie s PLC Tecomat Foxtrot. Posledná časť je venovaná návrhu regulačných algoritmov, ich simulácii na modeli tepelnej sústavy. V závere tejto kapitoly sú tieto algoritmy realizované v prostredí Mosaic. V obrazovej prílohe sa nachádza prehľad sortimentu fan-coil jednotiek jednotlivých firiem.

Abstract

This bachelor thesis disserts upon air-conditioning fan-coil units and about controlling them by PLC. The first part is introducing air-conditioning and its principles and describes each type of fan-coil units individually. The second part is dedicated to market analysis and comparison of certain types of units from chosen producers according to price and functions they have. It also deals with possibilities of controlling this units and their communication with PLC Tecomat Foxtrot. The last part is dedicated to design of regulation algorithms and their simulations on model of thermal system. In the end of this chapter are these algorithms realized in Mosaic. Appendix contains summary of fan-coil goods from several companies.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Ján Michalko**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Klimatizační jednotky fan coil a jejich řízení s PLC**

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte průzkum českého trhu jednotek fan coil, porovnejte typické představitele především podle ceny, souboru funkcí, možnosti komunikace a řízení z PLC, zobecněte současný stav a trendy.
2. Pro typické představitele navrhnete možnosti začlenění do distribuovaného řídicího systému s Tecomat Foxtrot a Inels II.
3. Navrhnete algoritmy regulace a ověříte je na zjednodušeném modelu klimatizované místnosti.
4. Seznamte se se zásadami programování podle standardu IEC EN 61131-3, s programovatelnými automaty Tecomat Foxtrot, s vývojovým systémem Mosaic.
5. Navržené algoritmy regulace realizujte programem PLC jako uživatelské funkční bloky, podle normy IEC EN 61131-3 v systému Mosaic.

Seznam odborné literatury:

Šmejkal, L. - Martinásková, M.: PLC automatizace 1. Základní pojmy a úvod do programování. BEN, Praha 1999.
Šmejkal, L.: PLC a automatizace 2. Sekvenční logické funkce a minimum o fuzzy logice. BEN, Praha 2005.
Martinásková, M. - Šmejkal, L.: Řízení programovatelnými automaty III. Softwarové vybavení, ČVUT, Praha 2003.
kol.: Programování PLC podle normy IEC 61131-3, Teco, Kolín 2007
www.tecomat.cz

Vedoucí: Ing. Martin Hlinovský, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2009/10

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry



M. Šimák
doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 27. 2. 2009

Obsah

Zoznam obrázkov	viii
Zoznam tabuliek	ix
1 Úvod	1
1.1 Klimatizácia	1
1.1.1 Princíp kompresorového chladenia	2
1.2 Fan-coil	3
1.2.1 Podstropné	4
1.2.2 Podokenné (parapetné)	5
1.2.3 Nástenné	5
1.2.4 Kazetové	6
1.2.5 Kanálové (medzistropné)	7
1.3 Navrhovanie klimatizácie	7
2 Prieskum	8
2.1 Prehľad trhu	8
2.1.1 Toshiba	9
2.1.2 LG	9
2.1.3 Samsung	10
2.1.4 Mitsubishi	11
2.1.5 Daikin	11
2.1.6 Fujitsu	11
2.1.7 Porovnanie	11
3 Regulácia	14
3.1 Návrh vlastných algoritmov regulácie	14
3.1.1 Model	15

3.1.2	PI regulátor	15
3.1.3	Pravidlový regulátor	18
3.1.4	Návrh funkčných blokov pre Mosaic	21
4	Záver	23
	Literatúra	24
A	Obrazová príloha	I
B	Obsah priloženého DVD	VII

Zoznam obrázkov

1.1	Kompresorový chladiaci okruh	3
1.2	Ukážka rozvodov v budove	4
1.3	Podstropná jednotka a prúdenie vzduchu v miestnosti	4
1.4	Nástenná jednotka a prúdenie vzduchu v miestnosti	5
1.5	Kazetová jednotka a prúdenie vzduchu v miestnosti	6
1.6	Kanálová jednotka	7
3.1	Tepelný model miestnosti	15
3.2	Zapojenie PI regulátora v simulinku	16
3.3	Priebeh teploty pri regulácii PI regulátorom (30°C)	16
3.4	Akčné zásahy pri regulácii PI regulátorom (30°C)	17
3.5	Priebeh teploty pri regulácii PI regulátorom (40°C)	17
3.6	Akčné zásahy pri regulácii PI regulátorom (40°C)	18
3.7	Zapojenie pravidlového regulátora v simulinku	18
3.8	Priebeh teploty pri regulácii pravidlovým regulátorom (30°C)	19
3.9	Akčné zásahy pri regulácii pravidlovým regulátorom (30°C)	20
3.10	Priebeh teploty pri regulácii pravidlovým regulátorom (40°C)	20
3.11	Akčné zásahy pri regulácii pravidlovým regulátorom (40°C)	21
A.1	Ponuka jednotiek firmy Toshiba (časť 1)	I
A.2	Ponuka jednotiek firmy Toshiba (časť 2)	II
A.3	Ponuka jednotiek firmy LG	III
A.4	Ponuka jednotiek firmy Samsung	IV
A.5	Ponuka jednotiek firmy Mitsubishi	V
A.6	Ponuka jednotiek firmy Fujitsu	VI

Zoznam tabuliek

2.1	Porovnanie nástenných jednotiek	12
2.2	Porovnanie kazetových jednotiek 60x60	12
2.3	Porovnanie podstropných/parapetných jednotiek	12
2.4	Porovnanie kanálových jednotiek (nízkyh)	13
3.1	Tabuľka pravidiel	19

Kapitola 1

Úvod

1.1 Klimatizácia

Tento pojem, nemá v súčasnom období jednoznačný výklad. Avšak úlohou každej je úprava vzduchu na požadované parametre. Podľa typu klimatizácie sa vykonávajú tieto úpravy vzduchu:

- výmena pri jeho znečistení,
- chladenie, alebo ohrev podľa okamžitej potreby,
- zvlhčovanie, alebo odvlhčovanie, podľa miestnych podmienok,
- filtrácia a ionizácia pre odstránenie pachu a baktérií,
- aplikácia vôní na zlepšenie ovzdušia.

Primárnym účelom vak zostáva chladenie vzduchu. Využíva sa v priemysle i v obytných priestoroch. V druhom prípade sa jedná o klimatizáciu komfortnú. Často nieje potrebné upravovať všetky parametre vzduchu, ale iba teplotu a vlhkosť. Hovoríme o čiastočnej klimatizácii. Klimatizačné zariadenia môžeme rozdeliť podľa:

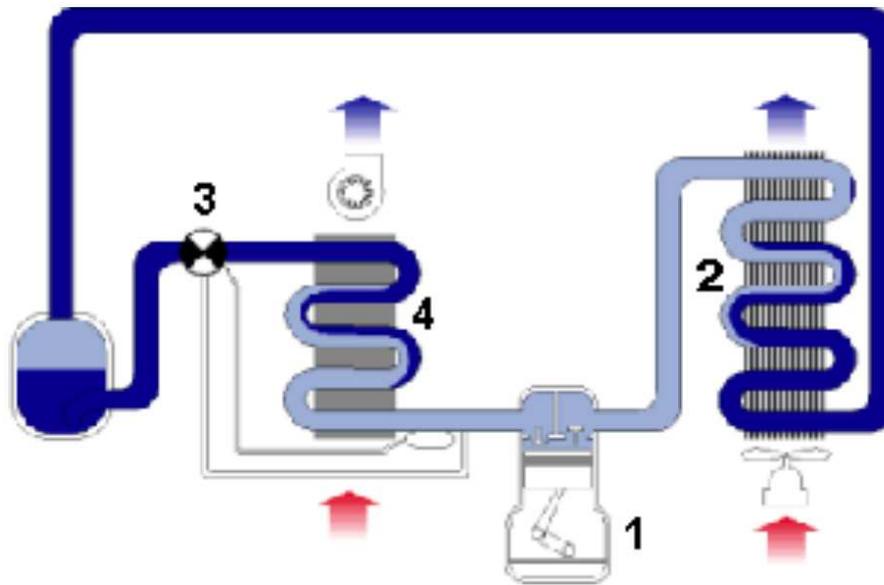
- možnosti premiestňovania:
 - pevné - určené na trvalé používanie na danom mieste,
 - mobilné - je možné ich prenášať, alebo prevážať;
- kontštrukcie:

- kompaktné - jeden celok,
- delené - rozdelené na vnútornú a vonkajšiu časť;
- teplonosného prostredia:
 - vzduchové - vzduch je upravovaný mimo klimatizovaný priestor,
 - vodné - obsahujú výmenníky na odovzdávanie tepla,
 - kombinované;
- rýchlosti prúdu vzduchu:
 - nízkotlaké - do 12 ms^{-1} ,
 - vysokotlaké - nad 12 ms^{-1} ;
- umiestnenia:
 - okenné - zabudované v ráme okien,
 - nástenné,
 - podstropné,
 - podokenné,
 - kanálové - umiestnené v medzistrome.

[1]

1.1.1 Princíp kompresorového chladenia

Klimatizačné zariadenie funguje podobne ako chladnička. Systémom prúdi chladivo, ktoré mení svoj stav a podmienky. Chladiaci okruh pozostáva zo štyroch základných procesov.



Obr. 1.1: Kompresorový chladiaci okruh

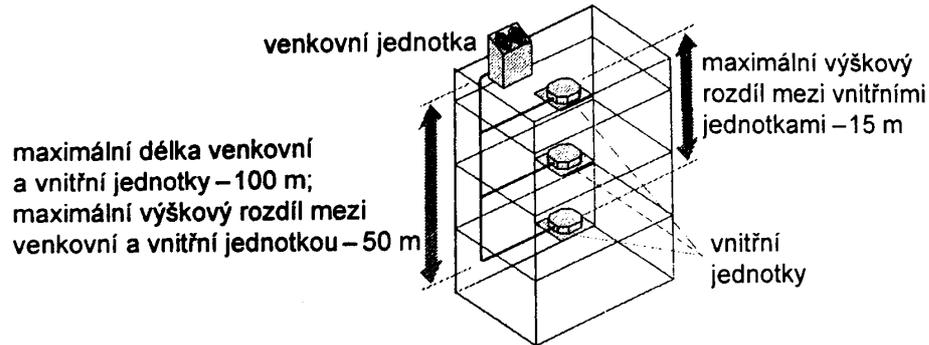
1. Hlavnou časťou chladiaceho okruhu je kompresor, ktorý pumpuje chladivo. Pred kompresorom sú studené pary, ktoré sa za ním po zvýšení tlaku menia na pary s vyššou teplotou.
2. Pary s vysokou teplotou a tlakom prúdia do kondenzátora, kde odovzdávajú teplo okolitému vzduchu a skvapalnejú. Z kondenzátora odchádza kvapalné chladivo.
3. Kvapalné chladivo s vysokým tlakom prúdi cez expanzný ventil, ktorý zníži tlak a tým aj teplotu chladiva na nižšiu teplotu než je teplota ochladzovaného priestoru.
4. Studené kvapalné chladivo s nízkym tlakom prúdi do výparníka, kde vyparovaním odoberá teplo z ochladzovaného vzduchu. Chladivo sa celkom vyparí a pary chladiva s nízkym tlakom sú opäť nasávané kompresorom.

V prípade, že sa jedná o tepelné čerpadlo sa proces obráti. [3]

1.2 Fan-coil

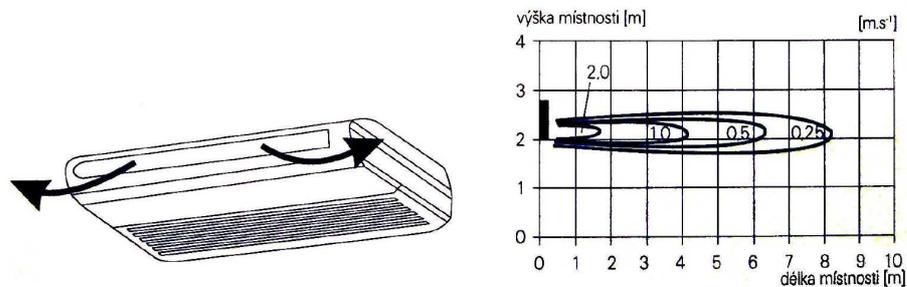
Za týmto označením (ventilátor-konvektor) sa skrývajú jednotky obsahujúce vodný chladič, alebo ohrievač vzduchu a ventilátor s filtrom. Chladivo do výmenníka je pripravované

centrálne a potom rozvádzané do jednotlivých fan-coilov rozmiestnených v budove obr. 1.2. Jednotky je možné riadiť samostatne a ak máme k dispozícii zdroj tepla i chladu je možné aby sa v jednej miestnosti chladilo a v inej kúrilo. Na to je potrebný špeciálny rozvod chladiva - troj, prípadne 4 trubkový a samozrejme fan-coil typu tepelné čerpadlo. Pre zimné obdobie môžu byť navyše vybavené elektrickým ohrievačom. [2]



Obr. 1.2: Ukážka rozvodov v budove

1.2.1 Podstropné



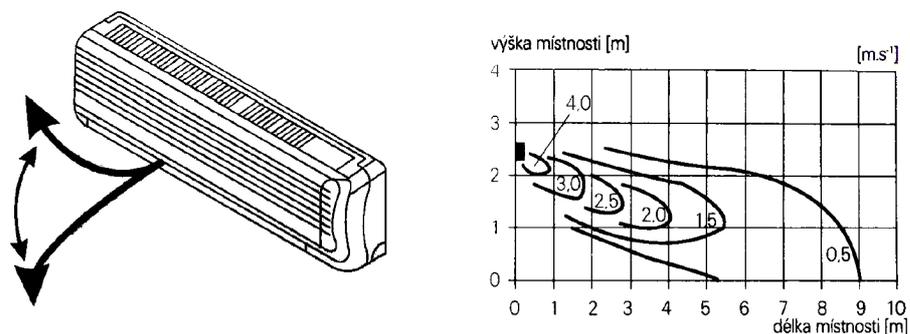
Obr. 1.3: Podstropná jednotka a prúdenie vzduchu v miestnosti

Rozloženie vyfukovaného vzduchu do miestnosti sa upravuje nastaviteľnými žalúziami, tie môžu byť pohyblivé smerom nahor/nadol, alebo vpravo/vľavo. Hlavnou výhodou týchto jednotiek je, že šetria úžitkovú plochu miestnosti.

1.2.2 Podokenné (parapetné)

Tieto jednotky sa zvyčajne v zimnom období používajú ako ohrievače. Umiestňujú sa zpravidla pod okno, no je možné ich umiestniť kdekoľvek na podlahe. Vyrábajú sa ako vstavané, alebo ako voľne stojace. Vzduch je vyfukovaný smerom nahor.

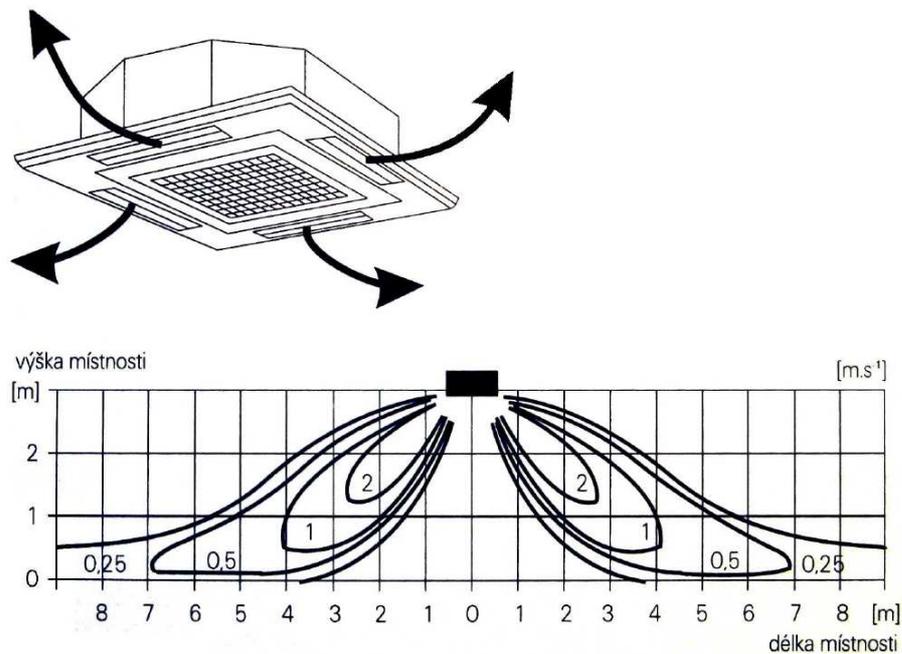
1.2.3 Nástenné



Obr. 1.4: Nástenná jednotka a prúdenie vzduchu v miestnosti

Patria k najčastejšie používaným vnútorným jednotkám. Umiestňujú sa na stenu vo výške približne dva metre nad podlahou. Správne rozloženie vyfukovaného vzduchu sa dosahuje nastavením určitého úhlu lamiel. Tie sú ovládateľné buď krokovo (niekoľko pevných polôh), alebo spojito.

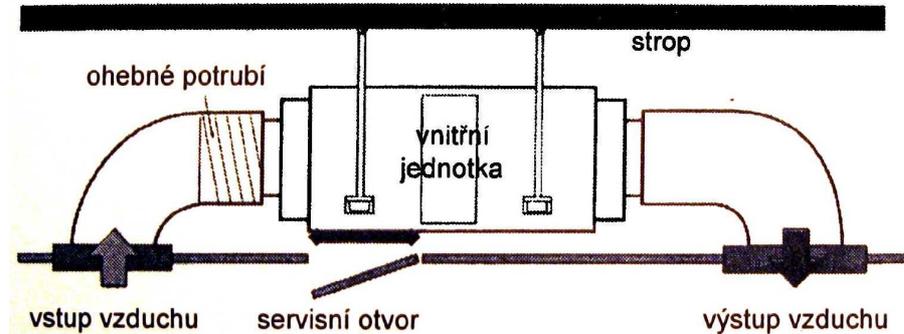
1.2.4 Kazetové



Obr. 1.5: Kazetová jednotka a prúdenie vzduchu v miestnosti

Táto jednotka je zabudovaná v strope a v miestnosti je len jej výfuková časť. Podľa umiestnenia je možné zvoliť počet výfukov (2,3,4). Výhodou je, že jednotky nezaberajú užitočný priestor miestnosti a vyzerajú veľmi nenápadne a esteticky. Nevýhodou je vyššia obstarávacía cena.

1.2.5 Kanálové (medzistropné)



Obr. 1.6: Kanálová jednotka

Sú zabudované do priestoru pod stropom miestnosti na čo je potrebná svetlá výška minimálne 40 cm. Tento fakt obmedzuje ich použitie na miestnosti s vysokým stropom (reštaurácie, spoločenské miestnosti, obchody). Z jednotky môže viesť niekoľko vetiev, z ktorých každú je možné regulovať samostatnou klapkou. Vzduch je vedený pružným potrubím a jednoducho sa prispôbi stavebným či iným prekážkam. Veľkou výhodou je že polohu koncových elementov je možné zvoliť takmer ľubovoľne, preto je obľúbeným prvkom pre klimatizáciu zložitých interiérov.

1.3 Navrhovanie klimatizácie

Hlavnou úlohou klimatizácie je znižovanie teploty, teda vlastne odvádzanie nadmerného tepla z miestnosti. Preto je pri návrhu potrebné poznať množstvo tepla, ktoré je potrebné odvádzať (tepelnú záťaž). Na základe toho navrhujeme výkon zariadenia. Celková tepelná záťaž sa skladá zo záťaže spôsobenej vonkajšími tepelnými a vnútornými tepelnými zdrojmi. Príklad takejto tabuľky a ako ju vyplniť nájdeme napríklad v [2]. Pre správnu tepelnú pohodu je dôležitá aj hodnota vlhkosti vzduchu. Tú však drvivá väčšina fan-coilov ovplyvniť nevie. Pri návrhu je podstatné aj rozmiestnenie jednotiek, pretože správne navrhnutá klimatizácia nemá spôsobovať priedvanie.

Kapitola 2

Prieskum

Aby som mohol zhodnotiť ponuku trhu čo najobjektívnejšie, snažil som sa získať čo najväčšie množstvo podkladov, zväčša sa jednalo o katalógy. Za týmto účelom som navštívil veľtrhy Ampér 2009 v Prahe a SHK 2009 v Brne, ďalej som konzultoval túto problematiku s pracovníkmi firmy GasOil engineering a.s. z oddelenia zaoberajúceho sa vzducho-technikou. Posledným zdrojom informácií boli katalógy firiem z ich webových stránok (viz. príloha). Tento trh ponúka veľmi široké spektrum jednotiek od mnohých výrobcov, kôli prehľadnosti sa budem zaoberať iba jednotkami splňujúcimi podmienku zadania - možnosť prepojenia s PLC Tecomat Foxtrot. Na tento účel sa ukázalo ako najvhodnejšie a najčastejšie v praxi používané rozhranie LonWorks. Hoci by bolo možné jednotky regulovať aj priamo - pripojením sa na svorkovnicu, je to podľa mojho názoru zbytočné. Jednotky sú dodávané s dobre prepracovaným regulačným systémom, ktorý je na tisícoch rovnakých jednotiek, používaných vo svete. Dá sa teda predpokladať, že táto regulácia bude spoľahlivá a overená časom.

2.1 Prehľad trhu

V sekciách 2.1.1 až 2.1.6 začiatku je popísaný ponúkaný sortiment vybraných firiem a technológií ktoré využívajú a v sekcii 2.1.7 sa nachádza porovnanie jednotiek podľa ceny.

2.1.1 Toshiba

Využíva vlastný regulačný systém TCC-Link, ktorý zaisťuje komunikáciu medzi vnútornými jednotkami, vonkajšími jednotkami a ovládačmi s automatickým pridelovaním adres. V prípade použitia LonWorks gateway, ktorá umožňuje obojsmernú komunikáciu je možné riadiť a monitorovať jednotlivé zariadenia.

- Povelý:
 - Zapnúť/vypnúť
 - Voľba režimu: chladenie/kúrenie/ventilácia
 - Nastavenie požadovanej teploty
 - Centrálné/lokálne riadenie
- Monitorovanie
 - Zapnuté/vypnuté
 - Režim: chladenie/kúrenie/ventilácia/porucha
 - Nastavená požadovaná teplota
 - Centrálné/lokálne riadenie
 - Teplota v miestnosti

LonWorks však neumožňuje monitoring spotrebovanej energie. Na to môže poslúžiť napríklad dotykový panel Toshiba, ktorý je možné pripojiť k PC.

2.1.2 LG

Tento výrobca ponúka napríklad aj veľmi zaujímavé nástenné jednotky vo forme obrazu, ktorý je vymeniteľný. Ďalšie jednotky sú s veľmi zaujímavou povrchovou úpravou. LG má na svojich jednotkách filtre s 5-stupňovou filtráciou, čo môže byť dôležité napríklad pre astmatikov. Za zmienku stojí aj funkcia Chaos Swing - jedná sa vlastne o náhodný pohyb žalúzie, ktorá takto údajne vytvára takmer prirodzený vánok. Jednotky sa po vypnutí nezastavia okamžite, ale ešte vysušia prebytočnú vlhkosť, aby sa vo filtroch nemohli množiť baktérie.

Výrobca ponúka prevodník na použitie v sieti LonWorks (BNU-LW). Na monitorovanie spotreby je potrebné použiť Indikátor distribúcie energie (PDI-Power Distribution Unit), ktorý je možné pripojiť k PC.

- Povedy:
 - Zapnúť/vypnúť
 - Voľba režimu: chladenie/kúrenie/ventilácia
 - Nastavenie požadovanej teploty
 - Nastavenie otáčok ventilátora

- Monitorovanie
 - Zapnuté/vypnuté
 - Režim: chladenie/kúrenie/ventilácia/porucha
 - Nastavená požadovaná teplota
 - Otáčky ventilátora
 - Teplota v miestnosti

2.1.3 Samsung

Jeho nástenné jednotky majú moderný dizajn a vyzerajú dobre. Používajú 5-stupňové filtre, okrem iného tam patria aj filter s aktívnym uhlím na pohlcovanie zápachov a antibakteriálny filter. V prípade použitia siete LonWorks je v porovnaní s ostatnými výrobcami možné pripojiť výrazne menší počet vnútorných jednotiek a to iba 12. Má aj menej monitorovacích funkcií. Napriek tomu však pre použitie v inteligentných domoch môže postačovať. Na monitorovanie spotreby je k dispozícii jednotka PDI.

- Povedy:
 - Zapnúť/vypnúť
 - Voľba režimu: chladenie/kúrenie/ventilácia
 - Nastavenie požadovanej teploty
 - Nastavenie otáčok ventilátora

- Monitorovanie
 - Zapnuté/vypnuté
 - Režim: chladenie/kúrenie/ventilácia/porucha
 - Teplota v miestnosti

2.1.4 Mitsubishi

Ako jeden z mála výrobcov má u nástenných a podstropných jednotiek až 4 rýchlostné stupne ventilátora. Ako hlavné výhody výrobca udáva tichý chod, ktorý je však porovnateľný s výrobkami konkurencie a lacnú inštaláciu. Je možné ho pripojiť do siete LonWorks pomocou rozhrania, ktoré výrobca ponúka.

2.1.5 Daikin

Jednotky tohto výrobcu sa vyznačujú tichým chodom a malými rozmermi, takže v interiéri nepôsobia rušivo. Systém je možné rozšíriť napríklad aj o vzduchové clony, čo síce pre potreby domu nemá význam, ale v prípade inej aplikácie to môže byť výhodné. Použitie LonWorks je samozrejmosťou a rovnako ako u iných výrobcov, na monitorovanie spotreby je potrebné použiť špeciálny modul pripojiteľný k PC.

2.1.6 Fujitsu

Podľa katalógu sa jedná o klasické jednotky, výrobca sa síce nechváli technológiami, ktorými by predčil konkurenciu, no nezaostáva. Pomocou LonWorks brány je možné pripojiť jednotky do tejto siete. Monitoring spotreby je umožnený pomocou ďalšieho modulu na PC.

2.1.7 Porovnanie

Tieto porovnanie sú iba orientačné, pretože nebolo možné získať ceny všetkých jednotiek od jedného zdroja. Porovnával som jednotky s rovnakým chladiacim výkonom 2,8 kW. V prípade, že takáto jednotka nebola dostupná uvádzam jednotku s najbližšou hodnotou výkonu.

Tabuľka 2.1: Porovnanie nástenných jednotiek

Výrobca	Výkon chladenia [kW]	Počet rýchlostí	Cena
Toshiba	2,8	3	20000 Kč
LG	2,8	3	22000 Kč
Samsung	2,8	3	18000 Kč
Mitsubishi	2,8	4	24000 Kč
Daikin	2,8	3	31800 Kč
Fujitsu	2,8	3	15200 Kč

Tabuľka 2.2: Porovnanie kazetových jednotiek 60x60

Výrobca	Výkon chladenia [kW]	Počet rýchlostí	Cena
Toshiba	2,8	3	33520 Kč
LG	2,8	3	30200 Kč
Samsung	2,8	3	21000 Kč
Mitsubishi	2,8	3	28900 Kč
Daikin	2,8	3	30200 Kč
Fujitsu	2,8	3	25400 Kč

Tabuľka 2.3: Porovnanie podstropných/parapetných jednotiek

Výrobca	Výkon chladenia [kW]	Počet rýchlostí	Cena
Toshiba	4,5	3	29400 Kč
LG	2,8	3	24700 Kč
Samsung	2,8	3	19000 Kč
Mitsubishi	4,5	4	41200 Kč
Daikin	3,6	3	35200 Kč
Fujitsu	3,6	3	23900 Kč

Tabuľka 2.4: Porovnanie kanálových jednotiek (nízkych)

Výrobca	Výkon chladenia [kW]	Počet rýchlostí	Cena
Toshiba	2,8	4	26810 Kč
LG	2,8	3	21900 Kč
Samsung	2,8	3	17700 Kč
Mitsubishi	2,8	3	32800 Kč
Daikin	2,8	3	32500 Kč
Fujitsu	2,8	3	17900 Kč

Kapitola 3

Regulácia

Regulačné algoritmy si firmy strážia ako výrobné tajomstvo, preto je zložité ich získať. Aspoň základné informácie bolo možné získať z katalógov niektorých firiem a to:

- LG - Fuzzy logika
- Siemens - PI regulátor (jednalo sa o nástenný termostat k fancoilu)

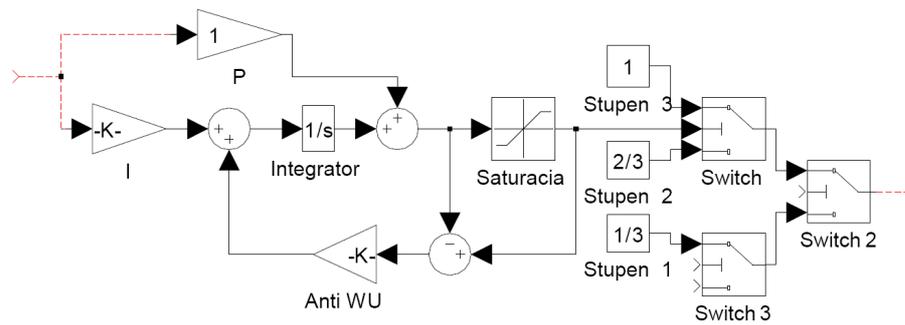
Teplota miestnosti je v drvivej väčšine prípadov regulovaná prietokom vzduchu, teda rýchlosťou otáčok ventilátora. Niektoré varianty používajú na reguláciu premenlivý prietok teplotnosného média vo výmenníku za pomoci uzatvárateľného ventilu. Je tu aj možnosť regulácie smeru vyfukovaného vzduchu za pomoci žalúzií, u väčšiny výrobcov sú 2 možnosti:

1. užívateľ si nastaví polohu žalúzií
2. jednotka plynule otáča žalúziou nahor a dole (doprava a doľava)

Ani jedna z týchto možností však nie je reguláciou, pretože regulátorom je vlastne samotný užívateľ, ktorý si zvolil smer žalúzií.

3.1 Návrh vlastných algoritmov regulácie

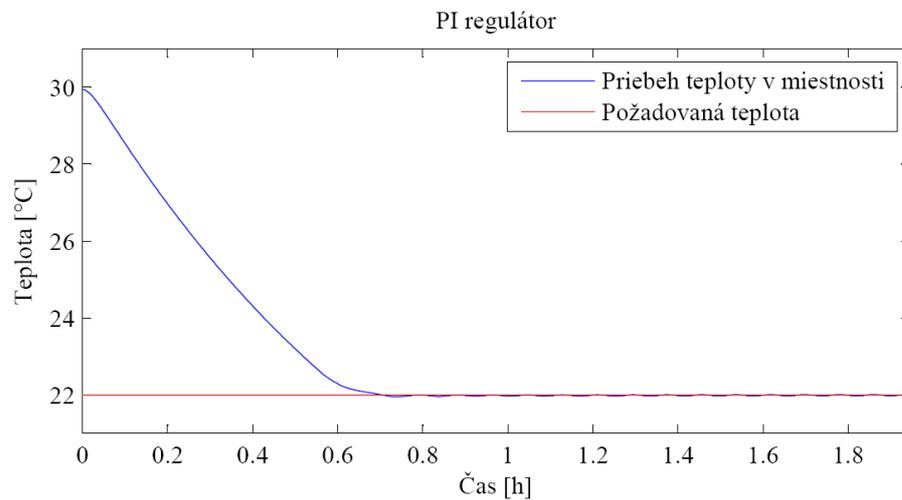
Algoritmy som navrhoval pre jednotku s 3 rýchlostnými stupňami ventilátora. Jedná sa teda o 4-stavový regulátor. Polohu žalúzií som v simulácii neuvažoval a teda som ju do regulácie nezahrnul, keďže som nemal k dispozícii program schopný nasimulovať prúdenie vzduchu.

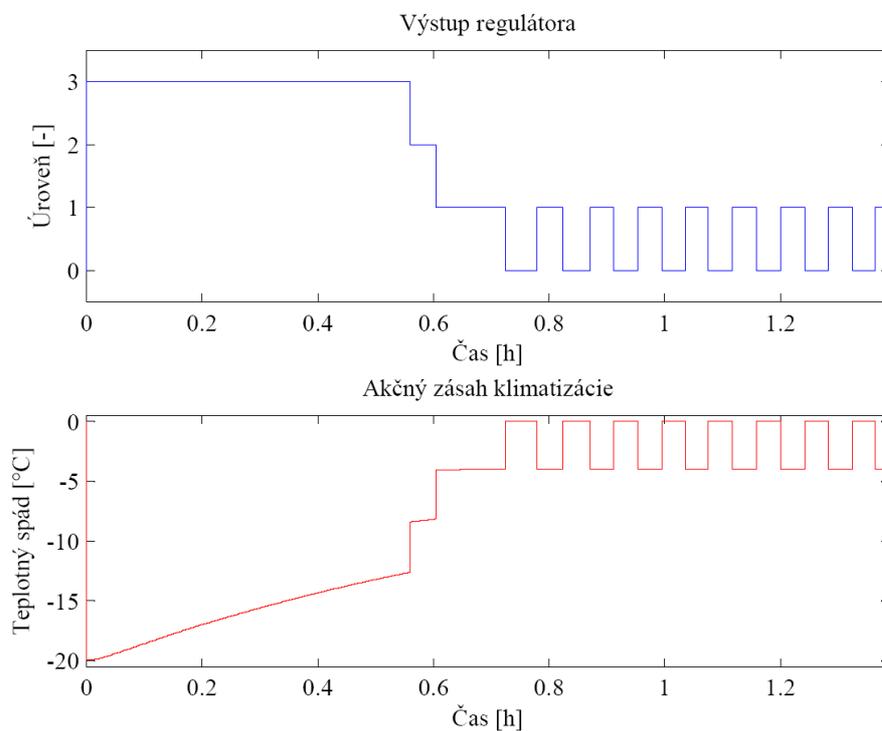
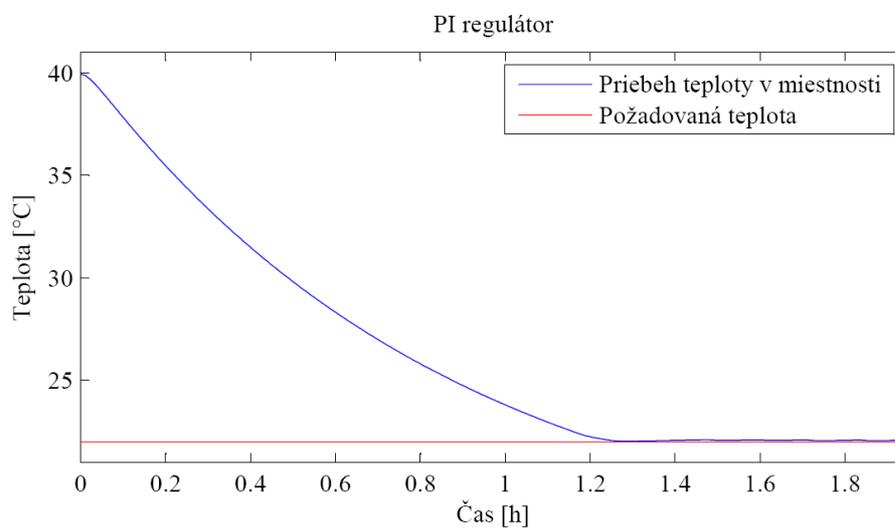


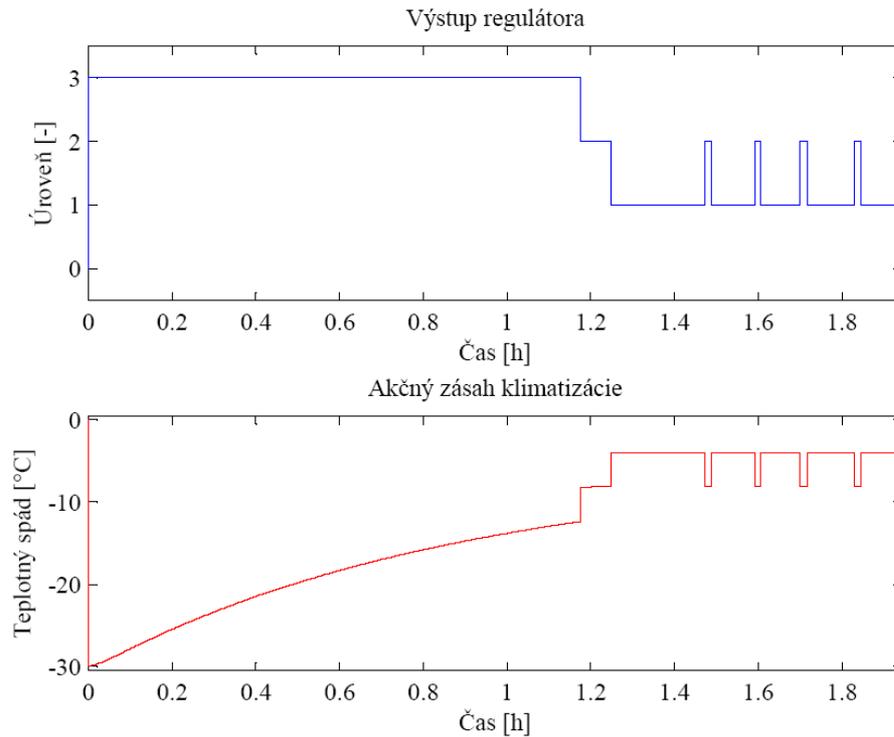
Obr. 3.2: Zapojenie PI regulátora v simulinku

Výstup regulátora je od $\langle 0; 1 \rangle$. Tento rozsah som rozdelil medzi jednotlivé stupne takto:

- 0. stupeň - výstup $\subset \langle 0; 1/3 \rangle$
- 1. stupeň - výstup $\subset \langle 1/3; 2/3 \rangle$
- 2. stupeň - výstup $\subset \langle 2/3; 1 \rangle$
- 3. stupeň - výstup = 1

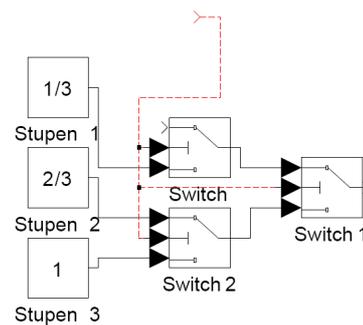
Obr. 3.3: Priebeh teploty pri regulácii PI regulátorom (30°C)

Obr. 3.4: Akčné zásahy pri regulácii PI regulátorom (30°C)Obr. 3.5: Pribeh teploty pri regulácii PI regulátorom (40°C)



Obr. 3.6: Akčné zásahy pri regulácii PI regulátorom (40°C)

3.1.3 Pravidlový regulátor



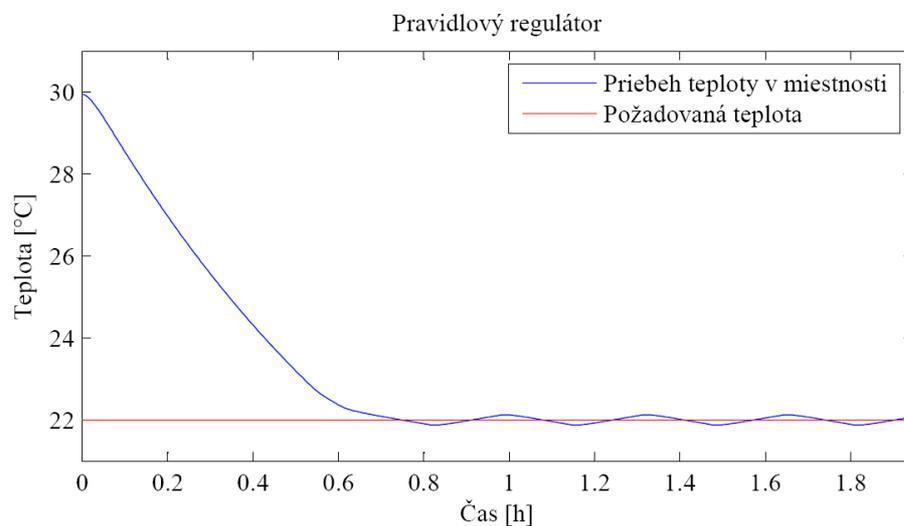
Obr. 3.7: Zapojenie pravidlového regulátora v simulinku

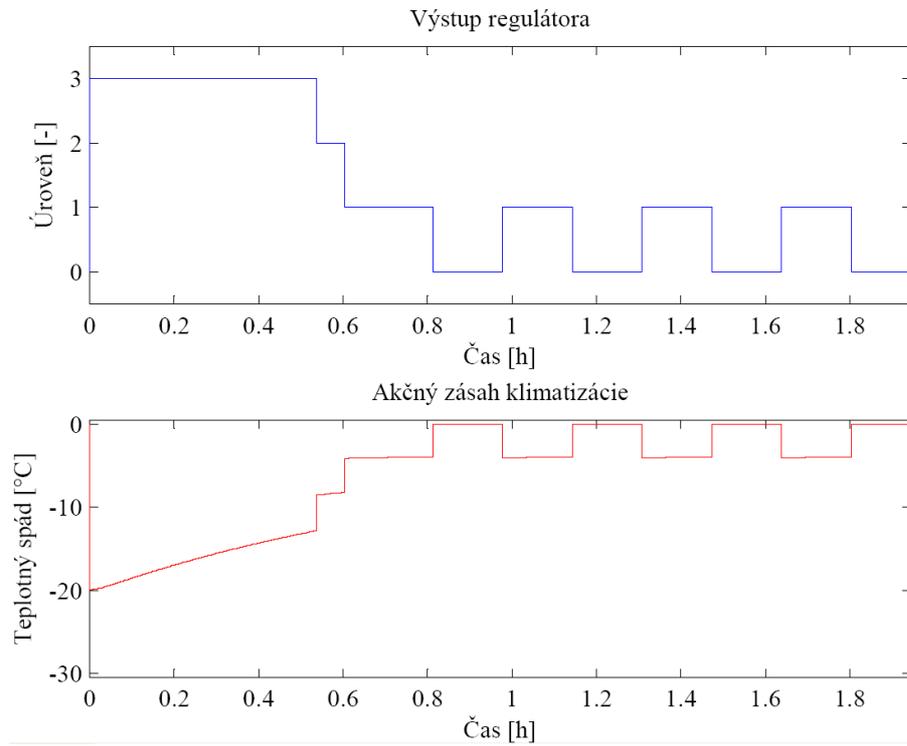
Jedná sa o regulátor, ktorý stupeň otáčok ventilátora určí podľa tabuľky pravidiel 3.1. Stúpec sa volí podľa regulačnej odchýlky $\Delta t = t_{aktualna} - t_{pozadovana}$, tak aby Δ patrila do jedného z intervalov v prvom riadku. Riadok sa zvolí podľa $\beta = \frac{t_{vonkajsia} - t_{pozadovana}}{t_{pozadovana} - t_{ch.media}}$ opäť tak aby β patrila do jedného z intervalov v prvom stĺpci. Pri simulácii v Matlabe som

neuvažoval zmenu vonkajšej, požadovanej teploty ani teploty chladiaceho média v rámci jednej simulácie. Preto postačila jednoduchá regulácia podľa Δt .

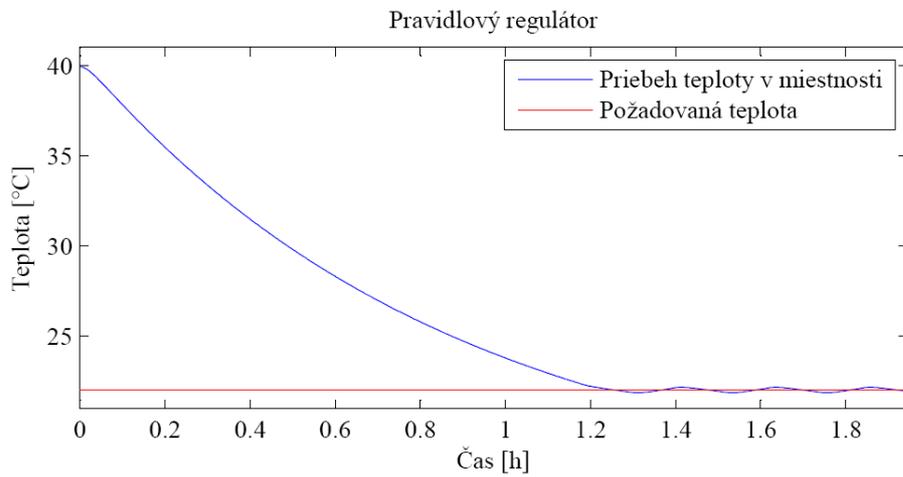
Tabuľka 3.1: Tabuľka pravidiel

β	Δt				
	$(-\infty; -0,2)$	$(-0,2; 0)$	$(0; 0,2)$	$(0,2; 0,5)$	$(0,5; \infty)$
$(-\infty; 1,33)$	0	0	1	2	3
$(1,33; 2,66)$	0	1	2	3	3
$(2,66; \infty)$	0	2	3	3	3

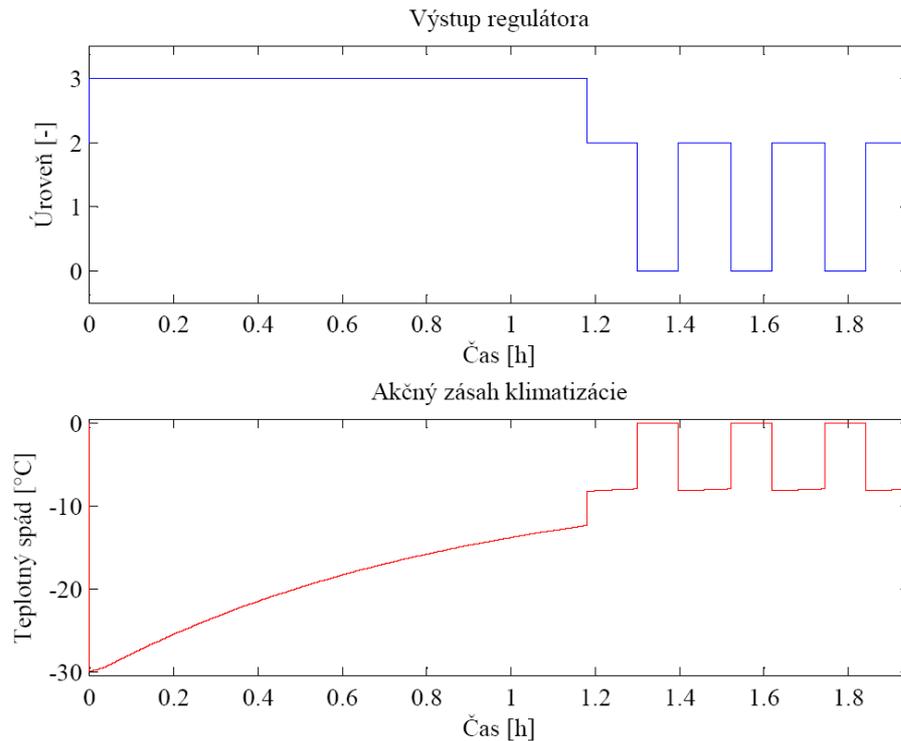
Obr. 3.8: Pribeh teploty pri regulácii pravidlovým regulátorom (30°C)



Obr. 3.9: Akčné zásahy pri regulácii pravidlovým regulátorom (30°C)



Obr. 3.10: Priebeh teploty pri regulácii pravidlovým regulátorom (40°C)



Obr. 3.11: Akčné zásahy pri regulácii pravidlovým regulátorom (40°C)

3.1.4 Návrh funkčných blokov pre Mosaic

Prvý použitý regulátor je zbytočné realizovať, keďže v knižniciach Mosaicu sa už PID regulátor nachádza vo viac než jednej verzii. Jeho časť sa však v knižnici nenachádza. Jedná sa o prevodník signálu zo spojitého na 4 stavový výstup. Jeho realizácia vyzerá takto:

```

FUNCTION_BLOCK Prevod
(*prevodník spojitého signálu 0-1 na 4 stavový signal
*)
VAR_INPUT
vstup   : REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
vystup  : USINT;
END_VAR
IF      vstup<0.33 THEN vystup:=0;
ELSIF  vstup<0.66 THEN vystup:=1;
ELSIF  vstup<0.99 THEN vystup:=2;
ELSE
        vystup:=3;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK

```

Realizácia pravidlového regulátora je v podstate veľmi jednoduchá. Program zistí číslo riadku, číslo stĺpca a na výstupe bude číslo, ktoré bolo na daných súradniciach uložené :

```

FUNCTION_BLOCK PREG
(*Pravidlový regulátor so 4 urovnovým výstupom.
  Tabulka pravidiel je
  0 0 1 2 3
  0 1 2 3 3
  0 1 3 3 3
  Vstupmi su hranice medzi stĺpcami R1-4
                                riadkami S1-2
                                pozadovana hodnota regulovanej veliciny
                                aktualna hodnota regulovanej veliciny
*)
VAR_INPUT
  R1,R2,R3,R4,S1,S2    : REAL;
  POZAD                 : REAL; //pozadovana teplota
  AKT                   : REAL; //aktualna teplota
  CHMED                 : REAL; //teplota chladiaceho media
  VONK                  : REAL; //teplota vonku
END_VAR
VAR
  TAB : ARRAY[1..3,1..5] OF USINT := [0,0,0, 0,1,1, 1,2,3, 2,3,3, 3,3,3];
  KOEF : REAL;
  I     : USINT:=1; //cislo riadku v tabulke pravidiel
  J     : USINT:=1; //cislo stlpca v tabulke pravidiel
END_VAR
VAR_OUTPUT
  LEVEL : USINT;
END_VAR

IF AKT<R1 THEN J:=1;
ELSIF AKT<R2 THEN J:=2;
ELSIF AKT<R3 THEN J:=3;
ELSIF AKT<R4 THEN J:=4;
ELSE J:=5;
END_IF;
KOEF:=(VONK-POZAD)/(POZAD-CHMED);
IF KOEF<S1 THEN I:=1;
ELSIF KOEF<S2 THEN I:=2;
ELSE I:=5;
END_IF;
LEVEL:=TAB[I,J];

END_FUNCTION_BLOCK

```

Kapitola 4

Záver

Z prieskumu vyplynulo, že na trhu je pomerne široké spektrum jednotiek, ktoré môžu komunikovať s PLC. Trh je v súčasnej dobe veľmi vyrovnaný, ako cenovo tak i funkciami ponúkaných jednotiek.

Navrhnuté algoritmy regulácie pri simulácii vykazovali viac než uspokojivé výsledky, no v praxi by ich určite bolo možné ešte vylepšiť.

Literatúra

- [1] DUFKA J.: *Větrání a klimatizace domů a bytů*, Grada Publishing a.s., Praha, 2002, ISBN 80-247-0222-3
- [2] RUBINOVÁ O. - RUBINA A.: *Klimatizace a větrání*, Vydavatelství ERA, Brno, 2004, ISBN 80-86517-30-6
- [3] ŠMEJKAL L. - STRAKA M.: *Tradiční teorie regulace versus nelineární soustavy*, In.: 7th International Scientific - Technical Conference - Process Control 2006, Kouty nad Desnou
- [4] kol.: *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3*, Teco, Kolín 2007
- [5] <http://www.kolad.sk>, cit. 2009-07-02
- [6] *Katalog Daikin VRV*, 2009
- [7] *Katalog Samsung DVM*, 2009
- [8] *Katalog LG Multi-V klimatizacni jednotky*, 2009
- [9] *Katalog VRF systémy Mitsubishi*, 2009
- [10] *Katalog VRF commercial Toshiba*, 2008
- [11] *Katalog VRF-V Fujitsu*, 2008

Príloha A

Obrazová príloha

Provedení jednotky	Chladicí výkon (kW)	Topný výkon (kW)	Šířka (mm)	Hĺbka (mm)	Hmotnosť (kg)			
Kazetová 4-cestná jednotka 	2,8	3,2	840	840	20			
	3,6	4			22			
	4,5	5						
	5,6	6,3						
	7,1	8						
	8	9	23					
	9	10						
	11,2	12,5		840	840	28		
	14	16						
	16	18						
2,2	2,5	268	575			17		
2,8	3,2							
3,6	4,0							
4,5	5,0							
5,6	6,3							
Kazetová kompaktná 60x60 	2,2	2,5	830	550	33			
	2,8	3,2						
	3,6	4						
	4,5	5			44			
	5,6	6,3						
	7,1	8						
	8	9						
	9	10			48			
	14	16						
	16	18						
Kazetová 2-cestná jednotka 	2,2	2,5	1650	650	52			
	2,8	3,2						
	3,6	4						
	4,5	5				1350	44	
	5,6	6,3						
	7,1	8						
	8	9						
	9	10				48		
	14	16						
	16	18						
Kazetová 1-cestná jednotka 	2,2	2,5	850	400	22			
	2,8	3,2						
	3,6	4						
	4,5	5				1000	710	21
	5,6	6,3						
	7,1	8						
	8	9						
9	10	22						
11,2	12,5							
14	16							
Mezistropní jednotka 	2,2	2,5	550	800	27			
	2,8	3,2						
	3,6	4						
	4,5	5	700		30			
	5,6	6,3						
	7,1	8						
	8	9						
	9	10	39					
	11,2	12,5						
	14	16						
	16	18	51					
	2,2	2,5			850	660	50	
	2,8	3,2						
3,6	4							
4,5	5	1200	67					
5,6	6,3							
7,1	8							
8	9							
9	10	56						
11,2	12,5							
14	16							
Mezistropní jednotka s vyšším statickým tlakem 	22,4	25	1380	1250	155			
	28	31,5						

Obr. A.1: Ponuka jednotiek firmy Toshiba (časť 1)

Provedení jednotky	Chladicí výkon (kW)	Topný výkon (kW)	Šířka (mm)	Hĺoubka (mm)	Hmotnosť (kg)	
Nizká mezistropní jednotka 	2.2	2.5	845	645	24	
	2.8	3.2				
	3.6	4			26	
	4.5	5				
	5.6	6.3				
Podstropní jednotka 	4.5	5	910	680	21	
	5.6	6.3	1180		25	
	7.1	8	1595		33	
	8	9				
	11.2	12.5				
	14	16				
Kompaktní nástěnná jednotka 	2.2	2.5	790	208	11	
	2.8	3.2				
	3.6	4				
	4.5	5				
Nástěnná jednotka 	2.2	2.5	895	210	18	
	2.8	3.2				
	3.6	4.0				
	4.5	5.0	1055		19	
	5.6	6.3				
	7.1	8.0	1430			25
Podparapetní jednotka 	2.2	2.5	950	230	37	
	2.8	3.2				
	3.6	4				
	4.5	5				
	5.6	6.3				
	7.1	8			40	
Neopláštěnná jednotka 	2.2	2.5	745	220	21	
	2.8	3.2				
	3.6	4				
	4.5	5	1045		29	
	5.6	6.3				
	7.1	8				
Skříňová jednotka 	4.5	5	600	210	48	
	5.6	6.3				
	7.1	8			390	49
	8	9				
	11.2	12.5		65		
	14	16				
	16	18				

Obr. A.2: Ponuka jednotiek firmy Toshiba (časť 2)

Btu / h	7k	9k	12k	18k	24k	28k	36k	42k	48k
ARTCOOL									
	Wide (široká) 								
SRAC	Mirror (zrcadlo) 								
	Nástěnná 								
KAZETOVÁ	1-cestná 								
	2-cestná 								
	4-cestná (570 x 570) 								
	4-cestná (840 x 840) 								
FLEXI									
									
PODSTROPNI									
	Vysoká 								
KANALOVÁ	Nízká 								
	Zabudovaná 								
PARAPETNI	Opláštěná (S šasi) 								
	Neopláštěná (Bez šasi) 								

Obr. A.3: Ponuka jednotiek firmy LG

Type	Capacity	7K Btu/h 2.2 kW	9K Btu/h 2.8 kW	12K Btu/h 3.6 kW	15K Btu/h 4.5 kW	18K Btu/h 5.6 kW	21K Btu/h 6.0 kW	24K Btu/h 7.1 kW	30K Btu/h 9.0 kW	36K Btu/h 11.2 kW	44K Btu/h 12.8 kW	48K Btu/h 14.0 kW
Wall-mounted Type	MB											
	Vivace											
	Neo Forte											
Cassette Type	Slim 1Way											
	2Way Cassette											
	Mini 4Way Cassette											
Duct Type	4Way Cassette											
	Slim Duct											
	M.S.P Duct											
Floor & Convertible Type	Console											
	Ceiling											

Obr. A.4: Ponuka jednotiek firmy Samsung

Capacity Type	Capacity code	P 20	P 25	P 32	P 40	P 50	P 63	P 71	P 80	P 100	P 125	P 140	P 200	P 250
	Cooling capacity (kW)	2.2	2.8	3.6	4.5	5.6	7.1	8.0	9.0	11.2	14.0	16.0	22.4	28.0
	Heating capacity (kW)	2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	9.0	10.0	12.5	16.0	18.0	25.0	31.5
Ceiling Cassette Type (1-way airflow) PMFY-VBM-E		●	●	●	●									
Ceiling Cassette Type (2-way airflow) PLFY-VLMD-E		●	●	●	●	●	●		●	●	●			
Ceiling Cassette Type (4-way airflow) PLFY-VCM-E		●	●	●	●									
Ceiling Cassette Type (4-way airflow) PLFY-VAM-E				●	●	●	●		●	●	●			
Ceiling Concealed (horizontal airflow) PEFY-VML-E/VMH-E		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ceiling Concealed (variable airflow) PEFY-VMM-E		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Ceiling Concealed for 100% fresh air PEFY-VMH-E-F									●			●		
Ceiling Suspended Type PCFY-VGM-E					●		●			●	●			
Wall Mounted Type PKFY-VAM-E		●	●											
Wall Mounted Type PKFY-VGM-E				●	●	●								
Floor Standing Exposed Type PFFY-VLEM-E		●	●	●	●	●	●							
Floor Standing Concealed Type PFFY-VLRM-E		●	●	●	●	●	●							

Obr. A.5: Ponuka jednotiek firmy Mitsubishi

Model jednotky	2,15 7	2,8 9	3,6 12	4,05 14	5,3 18	5,7 20	6,8 24	7,05 25	8,8 30	10,5 36	12,7 45	14,1 54	17,0 60	21,4 80
Kompaktné kasetové	AUXB07LAF	AUXB09LAF	AUXB12LAF	AUXB14LAF	AUXB18LAF	AUXB20LAF		AUXA25LAF	AUXA30LAF	AUXA36LAF	AUXA45LAF	AUXA54LAF		
Kasetový														
Kompaktné medziropné	ARXB07LAF	ARXB09LAF	ARXB12LAF	ARXB14LAF	ARXB18LAF									
Meziropné s nízkym statickým tlakom								ARXB25LAF	ARXB30LAF	ARXB36LAF	ARXB45LAF			
Meziropné								ARXA25LAF	ARXA30LAF	ARXA36LAF	ARXA45LAF			
Meziropné s vysokým statickým tlakom													ARXC90LAF	ARXC90LAF
Podstropné / Parapetné														
Podstropné			AB*A12LAF	AB*A14LAF	AB*A18LAF		AB*A24LAF							
Kompaktné nástenné	AS*E07LACF <small>U tohoto modelu je menší objemný TV a dý.</small>	AS*E09LACF <small>U tohoto modelu je menší objemný TV a dý.</small>	AS*E12LACF <small>U tohoto modelu je menší objemný TV a dý.</small>	AS*E14LACF <small>U tohoto modelu je menší objemný TV a dý.</small>										
Nástenné														
Podstropné-nástenné	AWP*07LAF	AWP*09LAF	AWP*12LAF	AWP*14LAF	AWP*18LAF		AWP*24LAF		AS*A30LAF	AWP*30LAF				

Obr. A.6: Ponuka jednotiek firmy Fujitsu

Príloha B

Obsah priloženého DVD

K tejto práci je priložené DVD, na ktorom sú uložené zdrojové kódy a katalógy v jednotlivých adresároch takto:

- Katalogy: Katalógy, z ktorých som čerpal informácie.
- Matlab: Simulinkové modely navrhovaných regulátorov.
- Mosaic: Zdrojové kódy vytvorené v prostredí Mosaic.