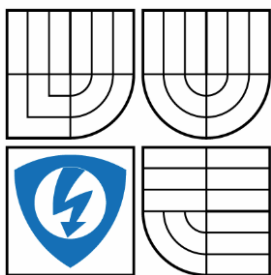


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍZENÍ TOPNÉHO SYSTÉMU DOMU

CONTROL OF HEATING SYSTEM FOR FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

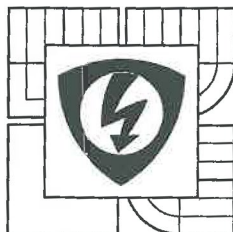
MARTIN BLECHA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Martin Blecha

Ročník: 3

ID: 164899

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Řízení topného systému domu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se a popište vývojové prostředí iKobra.
2. Proveďte literární rešerši principů řízení topných/chladicích procesů s ohledem na rodinný dům.
3. Navrhněte a realizujte projekt zónové regulace rodinného domu.
4. Navrhněte a realizujte schéma zapojení komponent.
5. Navrhněte zapojení a umístění komponent do rozváděče.
6. Navrhněte a vytvořte řídicí program.
7. Zhodnoťte své řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 8. 2. 2016

Termín odevzdání: 23.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Cílem práce je návrh zapojení řídicích prvků a realizace řídicího programu pro řízení topného systému domu.

První část práce se zabývá rozbořem principů řízení, zdroji tepelné energie a otopnými prvky. Dále jsou popsány měřicí, řídicí prvky od firmy KOBRA a program pro tvorbu prostředí pojmenovaný jako “Architekt”. Druhá část je zaměřena na návrh zapojení, zapojení rozvaděče, jeho osazení a tvorbu aplikace.

Klíčová slova

Intelligentní dům, topný systém, řízení topného systému, zdroje tepelné energie.

Abstract

The aim of the work is design involvement of controls elements and implementation of the control program for control of heating system for family house.

The first part deals with the analysis of control principles, sources of heat and radiator elements. It describes measuring control devices from KOBRA company, and software named “Architekt” which serves for environment creation. The second part focuses on the design diagrams, switchboard wiring, its installation and the creation of the application.

Keywords

Intelligent house, heating system, control of the heating system, sources of thermal energy.

Bibliografická citace:

BLECHA, M. Řízení topného systému domu.

Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 49s.

Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Řízení topného systému domu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **19. května 2016**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. arch. Janu Řandovi z firmy KOBRA za účinnou metodickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **19. května 2016**

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce	10
3	Inteligentní dům	12
3.1	Inteligentní vytápění.....	12
4	Technologie a ovládání	13
4.1	Tepelné ztráty objektu.....	13
4.2	Ekvitermní regulace	14
4.3	Teplotní profily místností.....	16
4.4	Zónová regulace – IRC regulace.....	16
4.5	Ovládání a kontrola systému uživatelem	17
4.6	Diagnostika fungování budovy	17
5	Zdroje energie.....	18
5.1	Tepelná čerpadla	18
5.1.1	Tepelné čerpadlo vzduch-voda.....	18
5.1.2	Tepelné čerpadlo země-voda.....	19
5.2	Solární kolektory	19
5.3	Fotovoltaické panely	19
5.4	Kotle na tuhá paliva	20
5.5	Plynové kotle.....	20
5.6	Elektrický ohřev	20
5.7	Rekuperační jednotka.....	21
6	Teplovodní systém	22
6.1	Akumulační nádrž	22
6.2	Výměník.....	22
6.3	Ventily a směšovače.....	22
6.4	Oběhová čerpadla.....	23
6.5	Kalorimetry	23
6.6	Podlahové topení.....	23
6.7	Radiátory	23
6.8	Fan-coil	23
7	Hardware kobra	24
7.1	Řídicí systém KOBRA TP01 (CPU).....	24
7.2	Pokožová jednotka KOBRA TR01 (T01).....	24

7.3	Kalorimetr KOBRA (T02)	24
7.4	Jednotka vstupů/výstupů TR06 (T06)	25
8	Návrhový program Architekt	26
9	Vypracování	31
9.1	Zadání projektu	31
9.2	Volba komponent a jejich zapojení	31
9.3	Popis funkčnosti aplikace	32
10	Závěr	46
11	Seznam použité literatury	47
	Seznam zkratk:	49
	Seznam příloh	49

1 ÚVOD

V historii lidstva jsme již zažili několik průmyslových revolucí. První revoluce se týkala využití páry (1. průmyslová revoluce parní). Další revoluci odstartoval začátkem dvacátého století objev elektrické energie (2. průmyslová revoluce elektrická). V posledních čtyřech desetiletích došlo k rychlému vývoji a rozšíření elektroniky do všech odvětví průmyslu. Bez vyspělé techniky si dnes již nedokážeme představit život. Elektronika dosáhla tak rychlého nárůstu, že jsme již na přechodu z třetí průmyslové revoluce (počítače a roboti) do čtvrté, zaměřené na kyberneticko-fyzikální systémy.

Od logických obvodů, přes mikrokontroléry, počítače, PLC, mobilní telefony a další dnes hojně používanou elektroniku, se elektronika rozšířila i do řízení domů, čímž vzniklo nové odvětví automatizace a to automatizace budov, nazývaná také jako inteligentní domácnosti. Využití moderních systémů k řízení a monitorování budov umožňuje výrazné snížení nákladů na provoz domu, omezení starostí a zpříjemnění pobytu. Zvyšování cen energií a zpřísnění energetických limitů pro novostavby směřuje stavebnictví k nízkoenergetickým domům vybaveným těmito technologiemi. Trendem jsou i rekonstrukce, při kterých se z energeticky náročného domu stane již zmíněný nízkoenergetický dům.

Hlavní částí systému je centrální řídicí jednotka a tzv. komunikační sběrnice. Tyto sběrnice doplněné o komunikační protokoly zajišťují komunikaci a předávání dat mezi jednotlivými jednotkami. Systém inteligentních budov bývá obvykle doplněn o teplotní čidla, ovládací prvky, snímače, detektory, vstupně výstupní jednotky a mnohé další. Většina těchto systémů však komunikuje po jiných sběrnících a s různými protokoly vytvořenými od jejich výrobců. Tato nevýhoda omezuje použití komponent jiných výrobců a také rychlejšího vývoje.

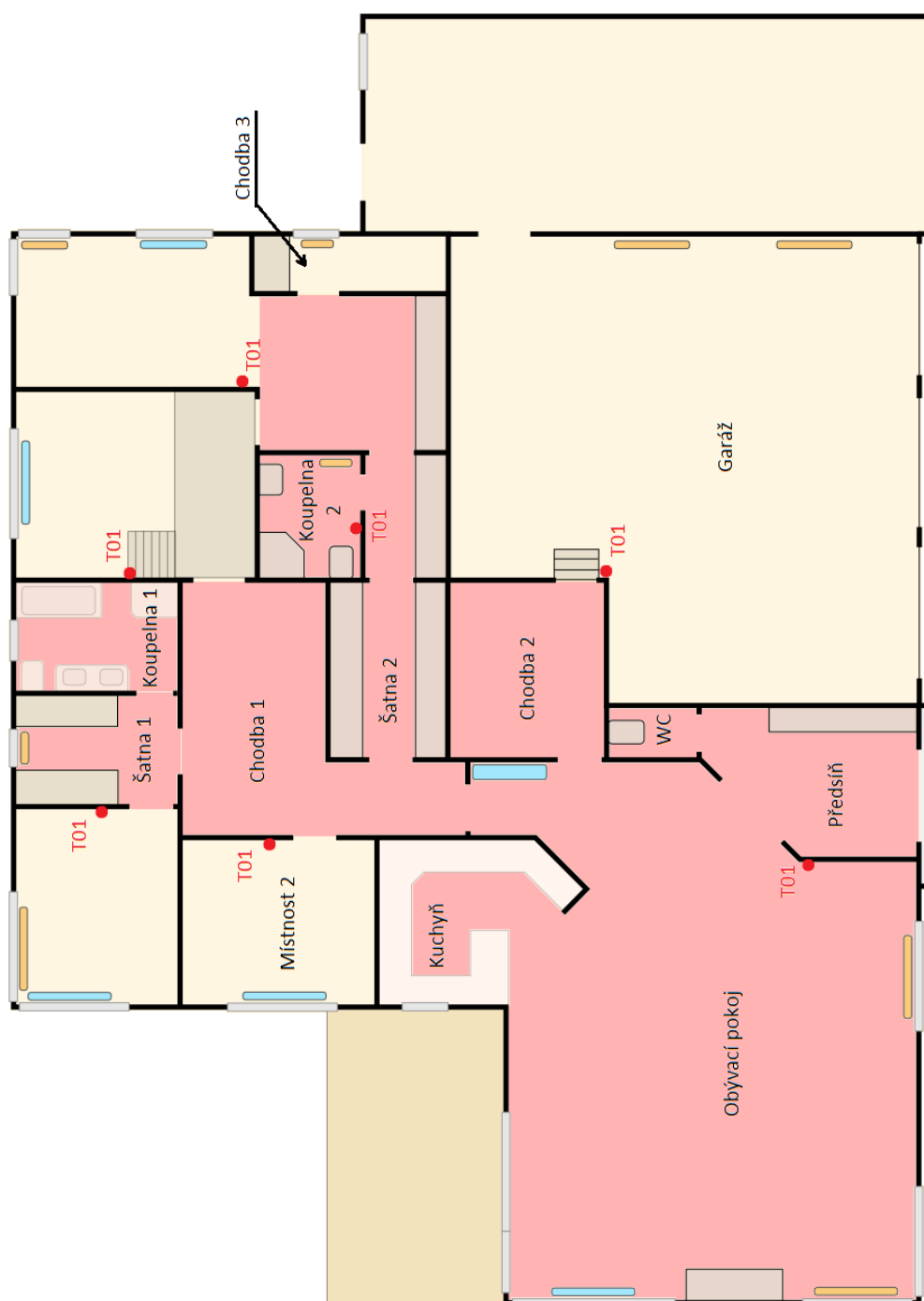
2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bude realizace projektu rodinného domu. Rodinný dům bude vybaven zónovou regulací. Dům má 15 místností, z toho bude 7 regulováno (5 vytápěno i chlazeno a 2 místnosti pouze vytápěny). V místnostech jsou různé kombinace otopných prvků. V **Tabulka 1** jsou vypsány možnosti vytápění a otopné prvky v jednotlivých místnostech. Na **Obrázek 1** je zobrazen půdorys domu s rozmístěním otopných prvků a pokojových jednotek T01. Zabarvené podlahy do červena značí podlahové vytápění, oranžové obdélníky radiátory a modré obdélníky fan-coily. Hlavní zdroj tepelné energie bude tepelné čerpadlo, doplňkové tepelné spirály. Parametry komponent, topenářské schéma a zbylé potřebné informace budou uvedeny až v kapitole 9.

Tabulka 1: Možnosti vytápění místností a použití otopných prvků

Číslo a název místnosti	Regulace	Topení	Chlazení	Radiátor řízený	Radiátor bez řízení	Fan-coil	Podlahové vytápění
1. Obývací pokoj + kuchyň	A	A	A	N	A (2x)	A (2x)	A
2. Místnost 2	A	A	A	N	N	A	A
3. Místnost 3	A	A	A	N	A	A	A
4. Místnost 4	A	A	A	N	N	A	A
5. Místnost 5	A	A	A	N	A (2x)	A	A
6. Šatna 1	N	A	A	N	A	N	A
7. Šatna 2	N	A	N	N	N	N	A
8. Koupelna 1	N	A	N	N	A	N	A
9. Koupelna 2	A	A	A	A	N	N	A
10. Chodba 1	N	A	N	N	N	N	A
11. Chodba 2	N	N	N	N	N	N	N
12. Chodba 3	N	A	A	N	A	N	N
13. Předsíň	N	A	N	N	N	N	A
14. WC	N	N	N	N	N	N	N
15. Garáž	A	A	N	A (2x)	N	N	N

(A – ano, N – ne, (2x) – 2 kusy)



Obrázek 1: Rozmístění otopných prvků a pokojových jednotek

3 INTELIGENTNÍ DŮM

Intelligentní domy jsou po chytrých telefonech, televizích a dalších přístrojích logickým krokem vývoje moderní technologie. Podle definice, se inteligentním domem rozumí technologie rozmístěné po domě, jenž spolu komunikují a sdílí data. Mimo zabezpečení přináší uživateli komfort a také výrazné úspory. Moderní, chytré domy disponují komplexním systémem vytápění a ohřevem užitkové vody. Systém může obsahovat mnoho zdrojů tepla, jako jsou tepelná čerpadla, solární kolektory, spalovací kotle a elektrokotle. Co možno největší úspory lze dosáhnout archivací dat, následnou analýzou a upravením parametrů, nebo programu řízení. Dům, byt či jakoukoliv jinou nemovitost je možno na dálku ovládat z různých zařízení, například prostřednictvím telefonu, tabletu či počítače. Řídit se může vytápění, multimédia, osvětlení, kamerový systém, ale i spotřebiče. Chytrý dům má mnoho výhod včetně kompletního přehledu spotřeby energií, které jsou v reálných číslech kdykoliv k dispozici.

3.1 Inteligentní vytápění

Intelligentní vytápění jsou řízena automatizační technikou, která se stará o komfort a požadavky obyvatel domu. Správné zvolení inteligentních technologických prostředků znamená značné úspory, zvýšení duševní i fyzické pohody obyvatel domu. Další výhodou je optimalizace vytápění pomocí naměřených dat. Vše obstarává centrální jednotka doplněná o další technologie. Dalo by se říci, že to jsou technologie s umělou inteligencí, která se stará o ideální chod a to i bez zásahu obsluhy. Stačí pouze nastavit denní plány vytápění, či si v průběhu dne měnit teploty dle libosti a to i v rámci jednotlivých místností (zónová regulace). Systém tyto požadavky vyhodnotí a provede. S dobře zvolenou technologií a nastaveným chodem lze ročně ušetřit okolo 10 – 60 % nákladů na vytápění. Návratnost takových systémů se pohybuje v rozmezí dvou až osmi let podle použité technologie. Pro ovládání lze použít ovládací panel umístěn někde na stěně, nejčastěji na nejfrekventovanějším místě čímž je obývací pokoj či chodba. Modernější způsob ovládání je pomocí chytrých telefonů, tabletů a počítačů. Dalším rozšířením může být kontrola přítomnosti.

4 TECHNOLOGIE A OVLÁDÁNÍ

Tato kapitola popisuje, jakým způsobem dochází k tepelným ztrátám objektu, jak lze zvýšit efektivitu vytápění, ekvitemní regulací, zajišťující co nejmenší ztráty při získávání a distribuci tepla. Dále pak možnosti řízení teploty v místnostech zónovou regulací a teplotními profily.

4.1 Tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty objektu [22] jsou dvojího druhu: ztráty prostupem a ztráty větráním. Ztrátám prostupem se rozumí, únik tepla skrz stěny, okna a dveře. Určuje jej součinitel prostupnosti U [W/m^2K] dané stavební konstrukce. Tato hodnota nám určuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe určitou stavební konstrukcí. Čím je hodnota menší, tím lepší jsou tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Jeho výpočet se provádí z celkového tepelného odporu a vypadá následovně:

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (4.1)$$

U musí být menší než U_N , což je normou stanovený součinitel pro danou konstrukci. Tepelný odpor R udává míru odporu pronikání tepla. Čím vyšší je tepelný odpor materiálu či konstrukce, tím pomaleji teplo prochází, je tedy cílem aby byl tepelný odpor obálky budovy (podlaha na terénu, obvodové stěny i střecha) co nejvyšší.

$$R = \sum R_j + \sum R_{cv,j} \quad (4.2)$$

Kde R_j je tepelný odpor j -té hmotné vrstvy konstrukce a $R_{cv,j}$ je tepelný odpor j -té uzavřené vzduchové vrstvy.

R_i je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (interiéru) $R_i = 1/\alpha_i$. R_e je odpor při přestupu tepla na vnější straně (exteriéru) $R_e = 1/\alpha_e$. Hodnoty obou koeficientů „ α “ jsou dány normou ČSN v závislosti na druhu ročního období a poloze stavební konstrukce. Odkaz na výpočet tepelné prostupnosti viz [13].

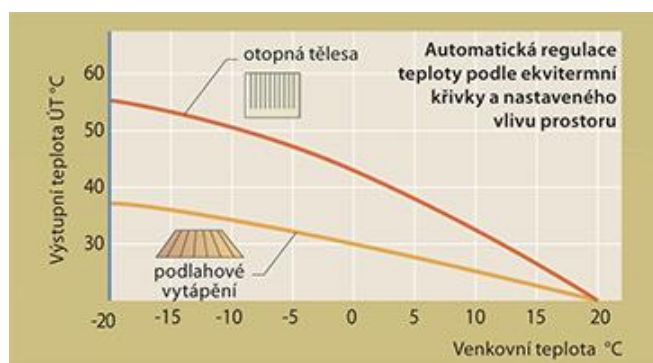
Ztráty větráním zapříčiněny nutností obnovy vzduchu v prostoru. Podle velikosti místnosti a počtu osob se obvykle jedná o 30-60% objemu vzduchu za hodinu. Tuto ztrátu lze z větší části eliminovat rekuperační jednotkou využívající vzduch z místnosti k ohřevu čerstvého vzduchu. Výpočet tepelných ztrát se řídí podle normy ČSN 06 0210 a je poměrně náročný. Výpočet lze provést i pomocí nástrojů k tomu vytvořeným. Odkaz na výpočet tepelných ztrát objektu viz [14].

Tabulka 2: Přibližná měrná potřeba tepla ke krytí tepelných ztrát obytných místností [5]

Typ budovy	U [W/m ² K]
Běžné stávající obytné domy	50 - 70
Izolované stávající obytné domy	40 - 50
Novostavby odpovídající tepelně technickým předpisům	30 - 40
Energeticky úsporné domy	20 - 30
Nízkoenergetické domy	10 - 20

4.2 Ekvitermní regulace

Ekvitermní regulace [7] je regulace pro řízení topného systému v závislosti na venkovní teplotě. Podle venkovní teploty se automaticky upravuje teplota topné vody pro nejefektivnější provoz a dosažení pokojové teploty. Teplota topné vody se pohybuje po takzvané ekvitermní křivce. Teploty se liší podle druhu topných těles či podlahového vytápění. Do otopných těles je třeba teplejší vody, na rozdíl od podlahového vytápění, kde se musí stanovit mez, do kdy je teplota podlahy ještě příjemná viz **Obrázek 2**.



Obrázek 2: Ekvitermní křivka pro danou vnitřní teplotu

Výpočet ekvitermní konstanty se provádí pomocí vzorce:

$$E = \frac{t_{v1} - t_{v2}}{t_{i1} - t_{i2}} \quad (4.3)$$

E – ekvitermní konstanta [-]

t_{v1} – vyšší teplota topné vody

t_{v2} – nižší teplota topné vody

t_{i1} – vyšší teplota v interieru (při t_{v1})

t_{i2} – nižší teplota v interieru (při t_{v2})

Pro přesnější teoretický výpočet se musí počítat s tepelnými ztrátami objektu.

Ekvitermní konstanta charakterizuje míru tepelné izolace budovy (resp. referenční místnosti). Pro zděné stavby použijeme hodnotu cca 2.5, pro dobře izolované stavby cca 2.0, pro špatně izolované stavby 3.0 i více.

Pro výpočet ekvitermní konstanty platí následující postup: Do otopného okruhu se pustí voda o teplotě např. 40°C. Nechá se ustálit teplota v místnosti (např. 18°C). Pak se použije topná voda o teplotě např. 60°C a opět se teplota nechá ustálit (bez rušivých vlivů, jako je větrání), teplota v místnosti se ustálí např. na 25°C. Ekvitermní konstanta se vypočítá jako podíl rozdílu teplot vody k rozdílu teplot v místnosti. Pro výše uvedený příklad by tedy tato konstanta byla 2,85.

$$E = \frac{60-40}{25-18} = 2,85 \quad (4.4)$$

Výpočet doporučené teploty topné vody [1] :

$$t_v = E * t_i + (1 - E) * t_e \quad (4.5)$$

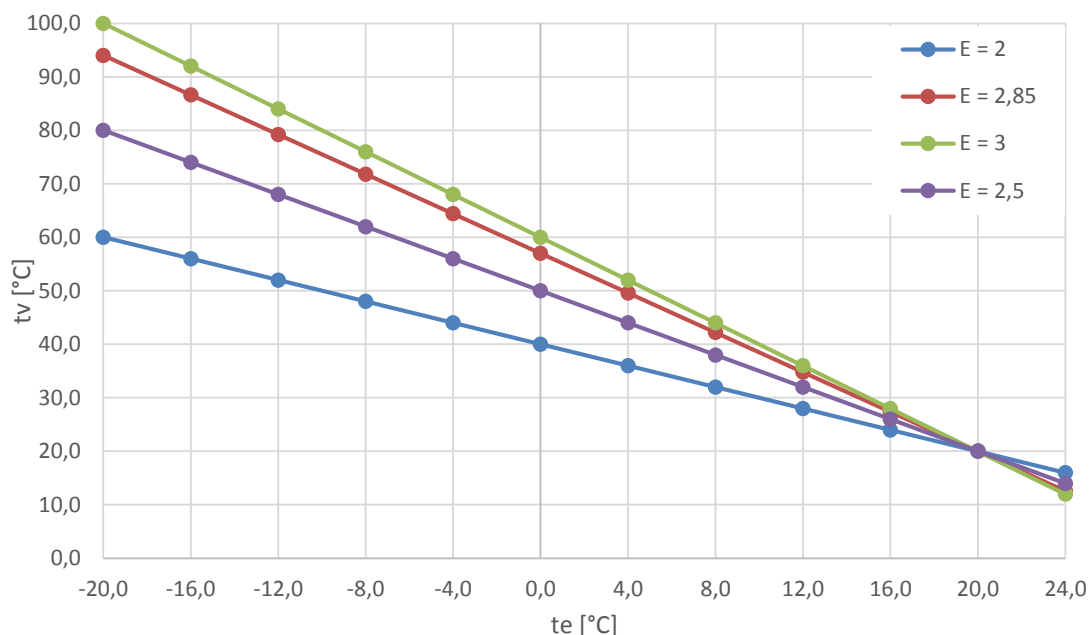
t_v – teplota vody při t_e

t_i – požadovaná teplota v místnosti

t_e – venkovní teplota

Tabulka 3: Teploty vypočtené topné vody pro $t_i = 20^\circ\text{C}$ a různé E

	t_e [°C]	-20,0	-16,0	-12,0	-8,0	-4,0	0,0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0
E = 2	t_v [°C]	60,0	56,0	52,0	48,0	44,0	40,0	36,0	32,0	28,0	24,0	20,0	16,0
E = 2,5	t_v [°C]	80,0	74,0	68,0	62,0	56,0	50,0	44,0	38,0	32,0	26,0	20,0	14,0
E = 2,85	t_v [°C]	94,0	86,6	79,2	71,8	64,4	57,0	49,6	42,2	34,8	27,4	20,0	12,6
E = 3	t_v [°C]	100,0	92,0	84,0	76,0	68,0	60,0	52,0	44,0	36,0	28,0	20,0	12,0



Obrázek 3: Grafický výstup tabulky 3

4.3 Teplotní profily místností

Řídicí systém většinou umožňuje nastavení mnoha denních profilů. Prioritně může být nastaven na obyčejný (pracovní) týden, kdy v pracovní dny rodina opouští dům a vrací se odpoledne. V tu chvíli může dojít ke snížení teploty a úspore. Před návratem se místnosti zpět vytopí na požadované teploty. O víkendu se dá očekávat, že rodina bude doma a tudíž bude dům neustále vytápěn. Pokud však nastane změna jakožto svátek, rodinná dovolená, jednoduchým přepnutím lze přenastavit režim. Změna režimu, nebo teploty v daném časovém úseku je možná i na dálku. Dalším rozšířením je kontrola přítomnosti hlídající, zda se někdo nachází v objektu. Podle toho je možno profily také upravit.

4.4 Zónová regulace – IRC regulace

IRC (Independent Room Control) je nezávislé řízení teplot v místnostech. Každá regulovaná místnost má svůj „kalendář“ a teplotní čidlo. Nedochozí tak k přetopení / podchlazení místností, jak tomu bývá u většiny regulací s jednou referenční místností (termostatem). Zónová regulace vytápění funguje tak, že v každé místnosti je digitální termostat, který měří teplotu. Pokud na místnost zapůsobí rušivý vliv (roztopení krbu, otevření okna, atd.), systém uzpůsobí vytápění v místnosti. V ostatních místnostech teplota zůstane na stejné úrovni neovlivněna.

4.5 Ovládání a kontrola systému uživatelem

Základním ovládacím prvkem je TouchPad (dotyková obrazovka), který bývá umístěn v centrální místnosti budovy / domu (obývací pokoj, chodba), nebo technické místnosti. Modernější způsob ovládání je mobilním telefonem, tabletem, počítačem jakékoli platformy. Lze sledovat, zda probíhá vytápění, jaký zdroj tepelné energie je aktivní, teploty (místností, akumulčních nádrží, boilerů, a dalších), aktuální spotřebu a mnohé další.

4.6 Diagnostika fungování budovy

Většina těchto řídicích systémů již archivuje data pro pozdější analýzu. Mezi zapisovanými daty jsou teploty (venkovní, v místnostech, nádržích, apod.), změny stavů (vytápění / chlazení), otevírání ventilů, data z kalorimetrů, oběhových čerpadel a mnohé další. Tyto informace slouží pro následnou analýzu a případné upravení programu ke zvýšení účinnosti a odstranění chyb. V případě chyby lze snáz najít problém a vyřešit jej a to i na dálku bez nutnosti návštěvy technika. Diagnostika může vytvářet a odesílat i chybové hlášení, pokud dojde k nějaké chybě.

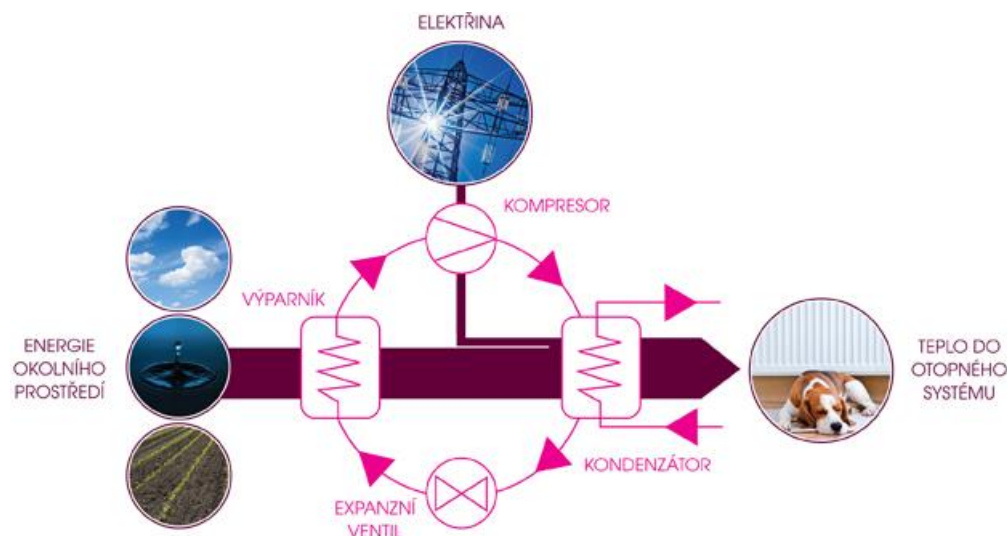
5 ZDROJE ENERGIE

Můžeme je rozdělit do tří skupin:

1. Z obnovitelných zdrojů: tepelné čerpadla, solární panely, fotovoltaické panely, solární kolektory.
2. Neobnovitelné zdroje: kotle na tuhá paliva, plynové kotle.
3. Rekuperační jednotky

5.1 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo (TČ) [4, 5, 10] patří mezi zařízení, která fungují na principu odběru nízkopotenciálního tepla ze svého okolí (vzduchu, země, vody), které je poté shromažďováno v chladivu. Každé tepelné čerpadlo má v sobě zabudovaný kompresor, který je využíván ke stlačování a rozpínání chladiva (princip Carnotova kompresoru). Při přetlaku se kapalina ohřeje (odevzdá teplo), pod tlakem zas získá schopnost příjmu tepla. Díky tomuto velmi jednoduchému procesu se vytváří teplo, které se využije k vytopení, vychlazení akumulární nádrže, či ohřevu teplé užitkové vody. Tepelné čerpadlo je závislé na příjmu elektrického proudu, i přesto se však stále díky své velice vysoké efektivitě, řadí mezi nejlevnější zdroje tepelné energie.



Obrázek 4: Princip tepelného čerpadla [4]

5.1.1 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Princip fungování spočívá v získu tepla/chladu z okolního vzduchu. Výparníkem proudí vzduch hnaný ventilátorem, dojde k předání tepelné energie výměníku a jím protékajícímu chladivu. Teplo je následně hnáno do dalšího výměníku, kde předá tepelnou energii do topného okruhu. Při větším rozdílu teplot (velké mrazy) čerpadlo není schopno dodat tolik výkonu a musí se doplnit jiným zdrojem (plyn, elektřina). Při

topení a zvýšené venkovní vlhkosti dochází k namrzání výparníku a je tedy potřeba jej občas prohřát pro odmrznutí.

Výhody: nižší pořizovací náklady (v porovnání s ostatními druhy tepelných čerpadel), lze umístit téměř kdekoli, jednoduchá instalace.

Nevýhody: pokles výkonu při nízkých venkovních teplotách, hlučnost, namrzání

5.1.2 Tepelné čerpadlo země-voda

Již název napovídá, že TČ bere tepelnou energii ze země. Existují dvě varianty kolektorů a to geotermální vrt (tyče, jimiž proudí chladicí kapalina, jsou hluboko zavrtány), nebo plošný kolektor. Pro plošný kolektor musí být vyhloubena jáma, v které se vytvoří síť potrubí. Z vrtů je čerpáno medium hnané do výměníku, zde předá tepelnou energii chladivu a to pak přes tepelný kompresor odevzdá teplo topnému okruhu. Geotermální energie vzniká uvnitř planety Země. Jedná se o energii, kterou Země částečně dostala již při svém vzniku, částečně vzniká přirozeným vývojem a rozpadem minerálů. V oblastech termálních pramenů lze využít horkou vodu z pramene (bývá označováno již jako TČ voda-voda).

Výhody: stabilnější topný výkon, dlouhá životnost primárního zdroje, velmi tichý chod

Nevýhody: vysoké investiční náklady, rozsáhlé pozemní, resp. podzemní práce

5.2 Solární kolektory

Solární kolektory [8, 9, 10] k ohřevu využívají slunečního svitu. Na absorpční ploše kolektoru se přemění sluneční záření v teplo, které je odvedeno pomocí čerpadla k dalšímu využití. Energeticky je tento systém takřka nenáročný, nevýhodou je však doba kdy dokáže vyrábět energii a její množství. K solárním kolektorům musí být instalována i akumulární nádrž, aby se energie vyrobená přes den dala využít v noci, kdy nesvítí slunce. Účinnost je závislá na venkovní teplotě, natočení, oblačnosti a svitu slunce. Při horších podmínkách je nutné přitápět vodu jiným zdrojem.

Výhody: nízké pořizovací náklady, jednoduchá instalace, velmi tichý chod, energetická nenáročnost

Nevýhody: omezená doba výroby energie, omezené množství energie

5.3 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely [8, 9, 10] využívají slunečního svitu k výrobě elektrické energie, která je distribuována do sítě. Panel je složen z polovodičových článků přeměňujících sluneční energii na elektrickou. Výstupem solárního panelu bývá stejnosměrné napětí 12V, nebo 24V. Měníče přemění stejnosměrný elektrický proud na střídavý 230V / 50Hz dle normy. Pro ohřev se použije topných spirál.

Výhody: tichý chod, prodej elektrické energie při menším vlastním odběru

Nevýhody: omezená doba výroby elektřiny

5.4 Kotle na tuhá paliva

[10, 19] U inteligentních domácností méně využívaný zdroj z důvodu spalin a potřeby uskladnění paliva. S rostoucími cenami plynu a elektřiny se však vrací do popředí. Výroba tepelné energie hořením tuhých paliv. Při spalování tuhých paliv vznikají spaliny. Jelikož se rok od roku zpřísňují normy omezující úroveň emisí, je potřeba kvalitního, moderního kotle. Při vhodné úpravě by bylo možné zbavit se závislosti na elektřině (výpadek), kdy by se palivo dávkovalo ručně, a v topném okruhu byla možná samovolná cirkulace.

Palivo: biomasa, uhlí, štěpky, piliny, ...

Nevýhody: spaliny, nutný prostor pro uskladnění paliva

5.5 Plynové kotle

Výroba tepelné energie hořením zemního plynu. Používá se jako hlavní i záložní zdroj. Zemní plyn je palivo, při jehož spalování vzniká ve srovnání s tuhými nebo kapalnými palivy daleko méně spalin.

Plynové kotle [20] se dělí podle způsobu umístění a upevnění na:

- nástěnné plynové kotle – instalují se na zeď, čímž znatelně šetří prostor
- stacionární kotle – stojící na zemi, používají se spíše na starší topné systémy, jsou vyrobeny z litiny a jsou méně úsporné než nástěnné formy kotlů

Dělení podle způsobu provozu:

- teplovodní (klasické) kotle
- kondenzační kotle

Výhoda: jednoduchý systém, snadná regulace, není potřeba skladovacích prostorů

Nevýhoda: spaliny, rostoucí cena plynu

5.6 Elektrický ohřev

Ohřev odporovými topnými spirálami. Použití spíše jako doplňkové vytápění důsledkem vyšších cen elektřiny. Jsou dva možné druhy provedení:

- Nástěnný průtokový elektrokotel
- Tepelná spirála umístěna v boileru, nebo akumulární nádrži

Výhody: jednoduchost, velikost

Nevýhody: cena elektřiny

5.7 Rekuperační jednotka

Rekuperace [21] znamená zpětné získání. Teplo ze vzduchu proudícího ven a ohřívá čerstvý vstupující vzduch. Nejčastěji používané výměníky jsou protiproudé (jedním kanálkem proudí vzduch zevnitř, vedlejším dovnitř). Jelikož je potřeba v domech obměňovat vzduch, a to až desítky procent objemu za hodinu, docházelo by ke ztrátám až jednotek kW. Využívá se především v pasivních domech, kde snižuje energetickou náročnost. Účinnost se pohybuje u běžně dostupných rekuperačních jednotek od 30 do 90 %.

6 TEPLOVODNÍ SYSTÉM

Teplovodní vytápění je technologie topení, která využívá vodu jako teponosné médium k rozvádění tepla z centrálního topidla do všech místností bytu, domu nebo i mnohopodlažního objektu. Přenesené teplo je do cílové místnosti odevzdáno prostřednictvím otopných těles (radiátory, konvektory).

6.1 Akumulační nádrž

Slouží k dlouhodobému uchování teplé či studené vody. Skládá se z oválné kovové nádoby, řady otvorů pro přítok, odtok, měření, vytápění. TUV nádrž (teplá užitková voda) obsahuje oproti klasické akumulaci nádrži i výměník spirálovitého tvaru pro vytápění. Je možná i konstrukce, kdy je v akumulaci nádrži umístěna ještě nádoba na TUV. Pro nahřívání se používají vložené topné spirály, nebo externí zdroje jako solární panely, spalovací kotle a tepelná čerpadla, která dokáží i chladit. K měření se používají tzv. jímky (trubice zakončené u středu nádrže). Poslední částí je izolace nádrže a pláště. Izolací bývá tvrdá pěna, polyesterové rouno - tzv. flís, nebo kombinace vláken PES. Plášť se skládá z plastových plátů opatřených lemy pro snadné spojení, krytu horní části a krytu hran otvorů. Objem akumulaci nádrže závisí na velikosti objektu a energetické náročnosti. Objem TUV nádrže se volí podle počtu osob a počtu koupelen.

6.2 Výměník

Nejčastěji používaný deskový výměník [18] tepla tvoří soubor desek lisovaných z různých materiálů v závislosti na požadavcích aplikace. Mezi deskami výměníku tepla vznikají oddělené kanály, kde protéká ohřívané a chlazené médium. Každá deska výměníku tepla je obtékána primárním médiem z jedné strany a sekundárním médiem ze strany druhé. Mezi jednotlivými médii dochází přes stěnu desky k prostupu tepla.

6.3 Ventily a směšovače

Nejčastěji používané jsou kulové ventily. Ventil může být klasického uzpůsobení (kohout), nebo třicestný. Kohout má dvě polohy (otevřeno, zavřeno), ale je možné jej otvírat i částečně (ne příliš vhodné pro regulaci - vhodnější je použít regulační ventil). Třicestný má také dvě polohy (výstup 1, výstup 2). V regulační technice se používá i směšovací ventil mající dva vstupy a jeden výstup. Funkce jako u kohoutů umyvadel avšak bez regulace průtoku. Ventily bývají osazeny servomotory, nebo krokovými motory pro ovládání automatizační technikou.

6.4 Oběhová čerpadla

Slouží k cirkulaci vody v okruzích. Základní čerpadla umožňují pouze spínání oběhu. Lepší modely již obsahují elektroniku a umožňují regulaci průtoku, měření průtoku, odvodušňování, ochrany proti zadření, detekci uzavření potrubí a mnohé další.

6.5 Kalorimetry

Přístroj měřící výkon dodaný do soustavy. Skládá se z průtokoměru a dvou teplotních čidel. Odevzdané teplo se vypočítá součinem hmotnosti kapaliny m , tepelné kapacity c a rozdílu t_2 výstupní a t_1 vstupní teploty. Výpočet odevzdaného tepla [17]:

$$Q = m * c * (t_2 - t_1) \quad [J; \text{kg}, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, ^\circ\text{C}, ^\circ\text{C}] \quad (6.1)$$

Jednoduchým přepočtem se získá výkon ve wattech:

$$P = \frac{Q}{t} \quad [W; J, s] \quad (6.2)$$

6.6 Podlahové topení

Podlahové vytápění [3, 12] se řadí spolu se stěnovým a stropním vytápěním do skupiny velkoplošného vytápění. U velkoplošného vytápění tvoří otopnou plochu obvykle některá ze stěn ohraničujících vytápěný prostor - strop, stěna či podlaha. Velkoplošné vytápění umožňuje předávat teplo do vytápěného prostoru převážně sáláním. Podíl tepelného toku sáláním u stropního vytápění je přibližně 80 %, u stěnového 65 % a u podlahového 55 %, přičemž konstrukční provedení otopné plochy může být různé - teplovodní nebo elektrické, akumulární nebo přímotopné. Výhodou je, že nezabírá prostor v místnosti.

6.7 Radiátory

Protékající kapalina předává tepelnou energii žebrovanému tělu radiátoru [11, 12], ze kterého pak teplo sálá do prostoru. Pro rozvod a vlastní žebra radiátoru se používají trubky menších průměrů, nebo profilované desky. Důvodem tenkých stěn je snížení kapacity zpomalující odezvy při regulaci. Regulace omezením průtoku.

6.8 Fan-coil

Fan-coil (FC) [11, 12] je tvořen chladičem s ventilátorem. Ventilátor tlačí vzduch skrz chladič napojený na topný okruh. Díky velkému průtoku vzduchu je docíleno rychlého vytopení místnosti. FC jsou vybaveny řídicí elektronikou s termostatem. Ovládání spínáním, nebo přímo regulací otáček.

7 HARDWARE KOBRA

Všechny řídicí a měřicí prvky KOBRA [15, 16] jsou napájeny stejnosměrným napětím 24 V. Napájení a komunikace probíhá po dvojlince. Pokud by jednotky měly příliš velkou spotřebu, přidá se třetí vodič pro napájení (viz **Obrázek 5**).

Komponenty použité v projektu:

- Řídicí systém KOBRA TP01 (CPU)
- Pokojová jednotka KOBRA TR01 (T01)
- Kalorimetr KOBRA TR02 (T02)
- Jednotka vstupů/výstupů TR06 (T06)

V návrhovém prostředí se pracuje s názvy v závorkách.

Pro měření teplot jsou použity čidla KTY81-210 [8] s parametry:

- $2000\ \Omega$ při $T = 25\ ^\circ\text{C}$ a $I = 1\ \text{mA}$
- $I_{\text{max}} = 10\ \text{mA}$ při $T = 25\ ^\circ\text{C}$ a $I_{\text{max}} = 2\ \text{mA}$ při $T = 150\ ^\circ\text{C}$
- Rozsah teplot $T_{\text{min}} = -55\ ^\circ\text{C}$ a $T_{\text{max}} = 150\ ^\circ\text{C}$

7.1 Řídicí systém KOBRA TP01 (CPU)

TP01 je řídicí jednotka s dotykovým grafickým displejem. LCD dotykový displej s rozlišením 320x240 bodů umožňuje jednoduché nastavování / kontrolu požadovaných veličin / akcí. Jednotka je schopna fungovat jako řídicí jednotka nebo podřízená. V síti CAN může být zapojeno až osm takových jednotek.

Připojení: RS232, RS485, RS422, CAN, 2x dvoudrátová komunikační linka KOBRA

7.2 Pokojová jednotka KOBRA TR01 (T01)

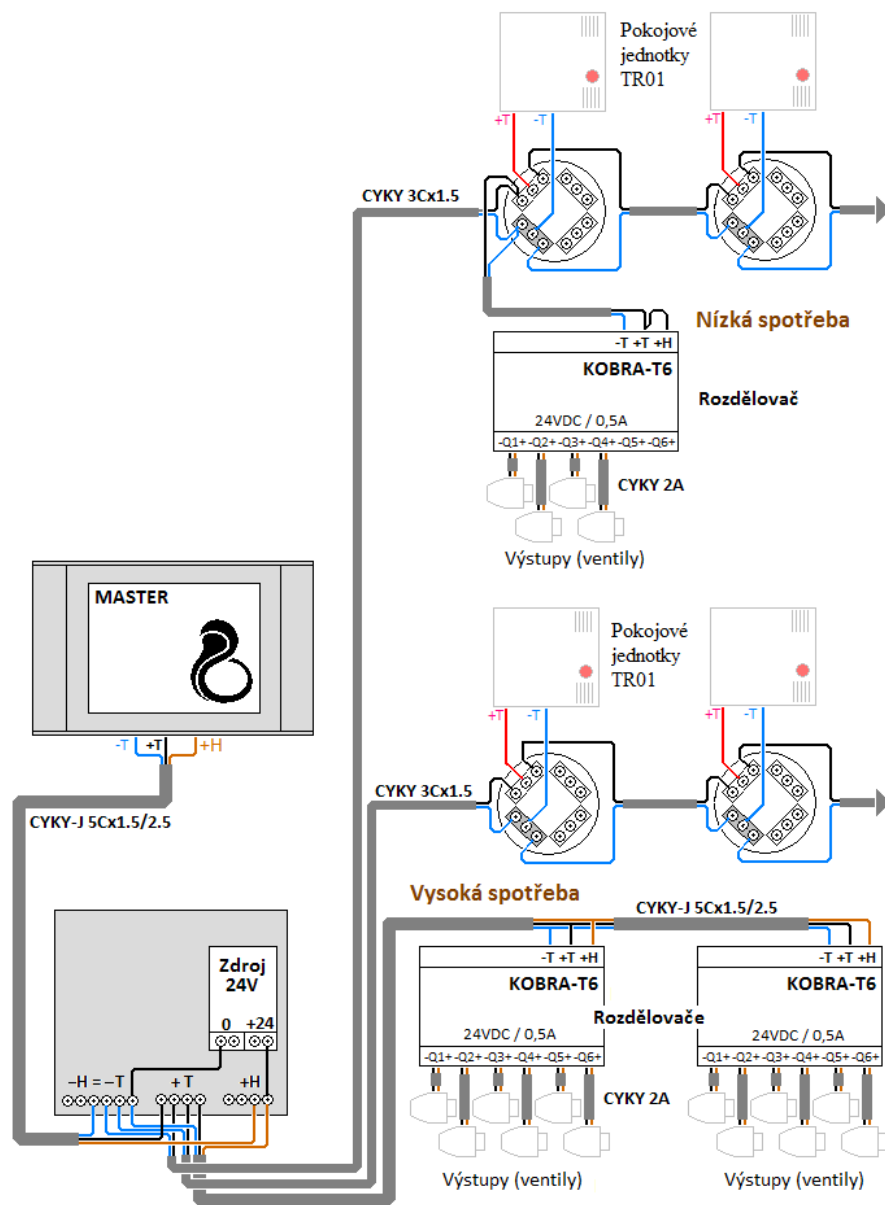
Hlavní funkcí jednotky je měření teploty v pokoji. Využito je čidlo KTY81-210. Další rozšiřitelnou vlastností je měření vlhkosti vzduchu, zapojení dalšího teplotního čidla a ovládání ventilu topení. Na přední straně krytu se nachází tlačítko s indikací s možností naprogramování. Výstup 1 x 24 V ss s maximálním proudem 0,5 A (např. pro ovládání hlavice radiátoru).

7.3 Kalorimetr KOBRA (T02)

Jednotka slouží k měření dodaného výkonu. Součástí je lopatkový průtokoměr, teplotní čidla KTY81-210 na vstupu a výstupu ze systému. Montáž na potrubí průměru $\frac{3}{4}$ ". Zabudováno 2 x relé (230 V st – 10 A (odporová zátěž), 30 V ss – 10 A (induktivní zátěž)).

7.4 Jednotka vstupů/výstupů TR06 (T06)

Jednotka sloužící k ovládání relé, nebo stykačů v rozvaděči – 6x výstup s proudem do 0,5 A ss. Umožňuje 4x měřit teplotu (KTY81-210), 1x analogový vstup 0-10 V ss, 1x analogový výstup 0-10 V ss, 2x digitální vstup 24 V ss spínaný proti zemi.



Obrázek 5: Ukázkové zapojení jednotek [15]

Na **Obrázek 5** je reálné zapojení jednotek. Nalevo je řídicí jednotka (CPU) propojena s hřebínky rozvaděče a zdrojem. Vpravo jsou vidět pokojové jednotky TR01 propojené dvojlinkou. T06 jednotky jsou pak připojeny dvoužilovým (malý příkon), nebo trojžilovým (velký příkon) kabelem.

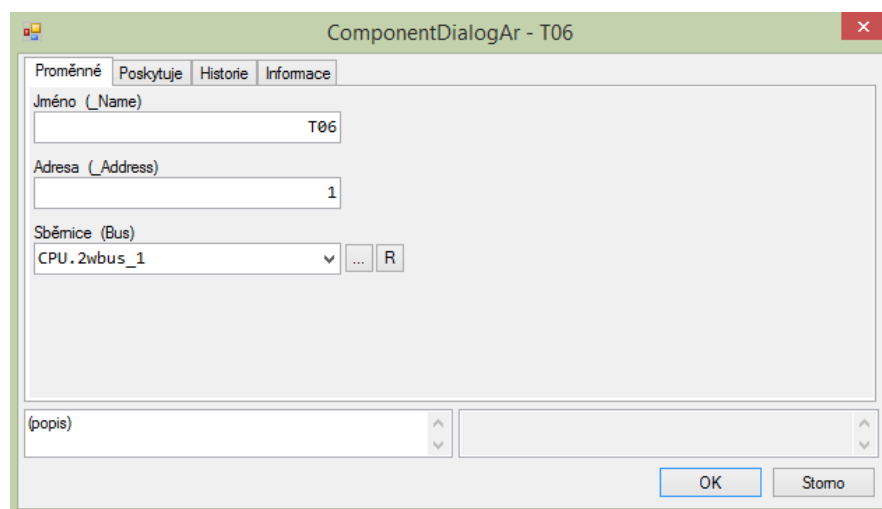
8 NÁVRHOVÝ PROGRAM ARCHITEKT

V návrhovém programu Kobra Architekt firmy KOBRA se vytváří řídicí aplikace pro dané systémy. Programuje se pomocí funkčních bloků, které se skládají na pracovní plochu, na níž může být zobrazeno schéma topného systému, nebo půdorys domu. Díky této vlastnosti není třeba vytvářet zvlášť program a k němu grafiku pro uživatelské rozhraní. Po nahrání do řídicí jednotky, uživatel již uvidí pouze pozadí, vložené obrázky, animace a text.

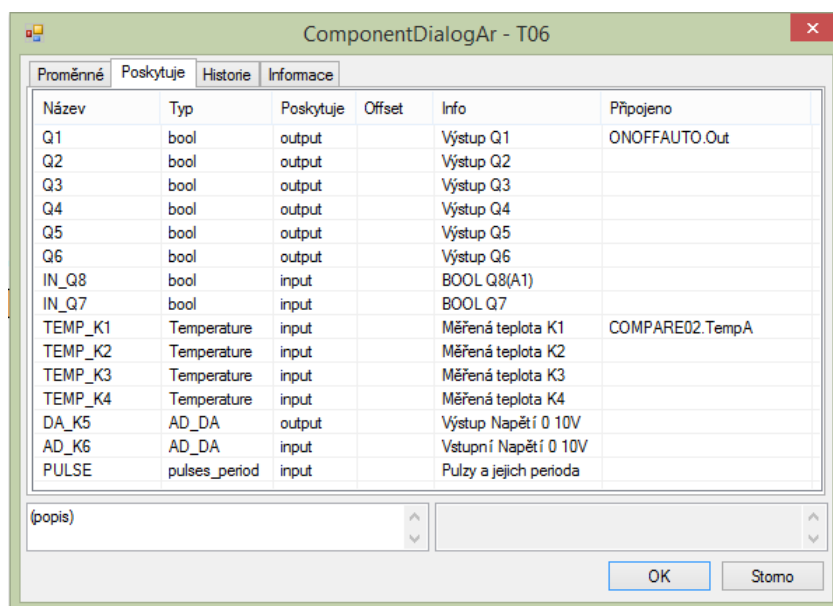
Pro jednoduchou ukázkou programování jsem zvolil modul T06 měřící teplotu, logiku ji vyhodnocující a zápis na výstup. Nastavení jednotky T06 je jednoduché, nastaví se pouze jméno, adresa pro komunikaci a sběrnice (komunikační linka). Jednotka T06 měří teplotu na vstupech označených K. V bloku COPMPARE02 tudíž použiji adresu T06.TEMP_K1 pro první teplotu, na místo druhé proměnné nastavím falešnou proměnnou „CPU.Temperature_OFF“ a nastavím fixní hodnotu do pole „Hodnota komparátoru“. Výstupem nebudu přímo ovlivňovat žádný blok/výstup, tudíž na výstup zapíši „CPU.Output_Dummy“. Na pracovní plochu si vložím blok ONOFFAUTO a jako vstupní parametr zvolím COMPARE02.Out, výstupní T06.Q1 a režim AUTO. Takto napsaný program měří teplotu, a pokud bude naměřená teplota vyšší, než nastavená, sepne výstup. Program by však nefungoval, jelikož neobsahuje CPU a SYSTEM. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny programovací bloky a jejich dialogové okna.



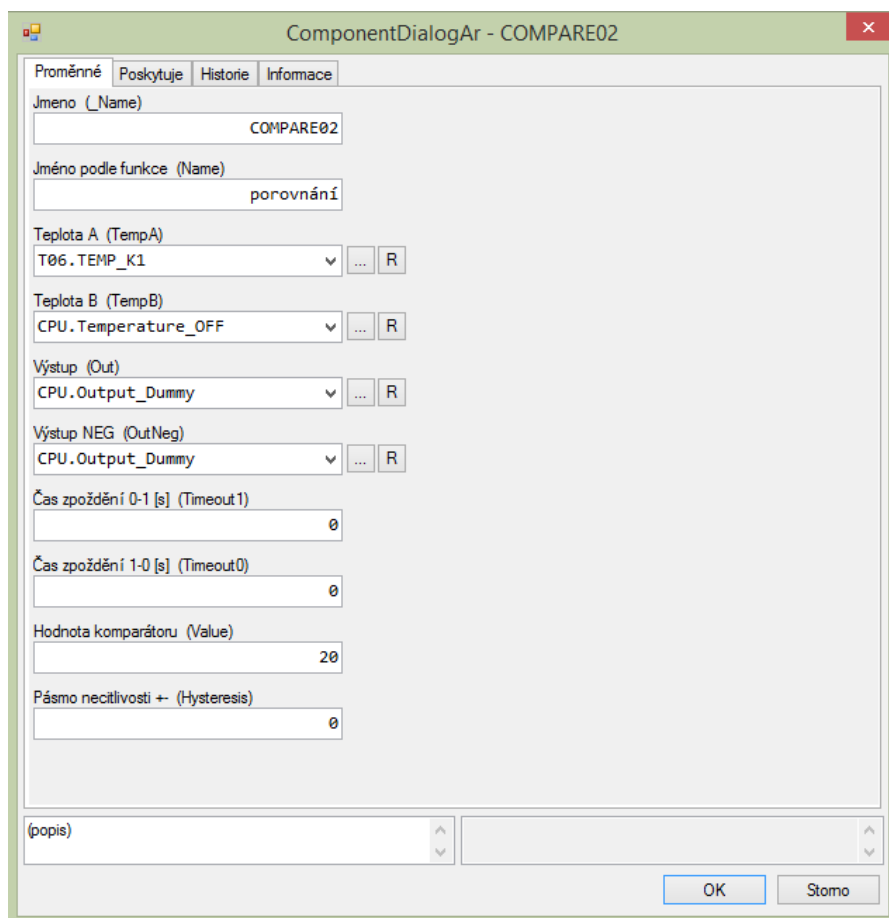
Obrázek 6: Programovací bloky



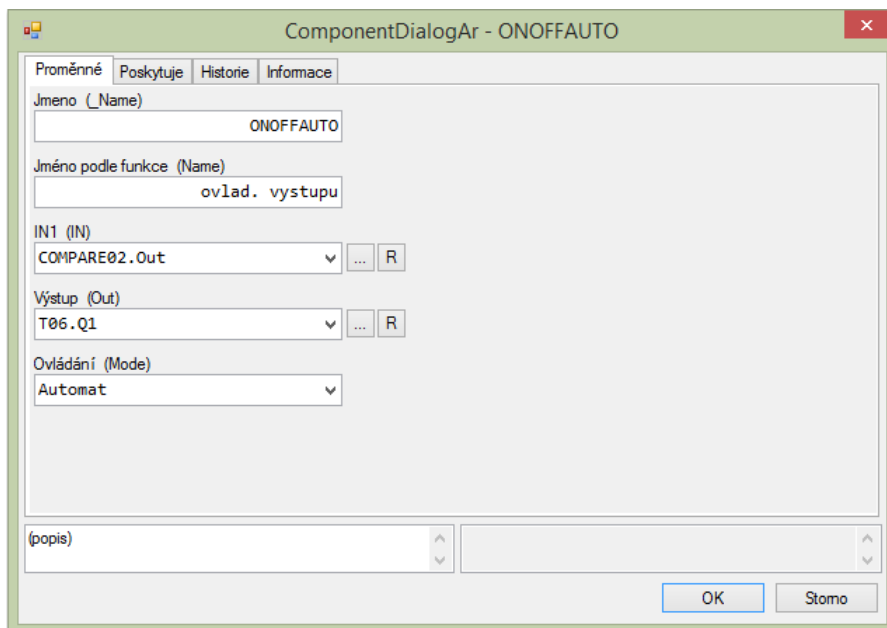
Obrázek 7: Blok T06 - záložka “Proměnné” (pro nastavení)



Obrázek 8: Blok T06 - záložka “Poskytuje“ (zobrazení navázání)



Obrázek 9: Blok COMPARE02



Obrázek 10: Blok ONOFFAUTO

Použité programovací prvky:

Ekvitermy:

- **EKV HEAT** – Blok pro vytvoření ekvitermní křivky. Parametry: aktuální venkovní teplota, teploty venkovní (X1,X2) a k nim teploty topné vody (Y1,Y2)

Hradla:

- **AND01** – Hradlo AND 2xIn + 2xInNeg, 1xOut + 1xOutNeg.
- **ASTAB** – Astabilní klopný obvod.
- **COMPARE02** – Porovnávání dvou teplot. Lze porovnávat 2 zadané, či jednu zadanou a druhou nastavenou. Umožňuje i nastavení hystereze a časové zpoždění.
- **COMPARE** – Porovnání dvou hodnot.
- **CountStarts01** – Počítání sepnutí (8 vstupů). Použití pro tvorbu statistik.
- **CountTime01** – Doba chodu (8 vstupů). Použití pro tvorbu statistik.
- **MemoCtr01** – Záznam hodnot.
- **ON-OFF-AUTO** – Vhodné pro ovládání výstupů. Volba trvale zapnuto, vypnuto, automatické řízení.
- **OR01** – Hradlo OR 3xIn + 1xInNeg, 1xOut + 1xOutNeg.

- **SWITCH02** – Na výstup je zapsána jedna ze dvou proměnných podle řídicí proměnné.
- **SYSTEM – Nedílná součást programu** (pokud není použit SYSTEMHOTEL).
Funkce: správa režimů topení a dovolená, nastavení připojení k webu, 5 dalších nadefinovaných funkcí (spínání), pravidelně pohne s ventily a čerpadly (pokud delší dobu nejsou v chodu)

Kontroléry:

- **CPU** – touchpad

Místnosti:

- **Room** – Pojmenování místnosti a přiřazení identifikačního čísla.

Větve:

- **Pipe** – Identifikace „potrubi“.

Vizualizace:

- **Bool Animation** – Spustí animaci, pokud je proměnná do ní vložená „true“.
Blok animace lze použít i jako tlačítko pro ovládání.
- **Bool Image** – Pro hodnotu true i false je vložen obrázek a podle stavu proměnné se zobrazují. Lze použít i jako tlačítko.
- **Display** – Zobrazení textu a hodnot proměnných. Možný formát zobrazení „text hodnota jednotka“. Lze použít i pro nastavování parametrů.
- **Image** – Vložení obrázku.
- **Text** – Vložení textu.
- **Value Image** – Je vložen jeden obrázek a šířka zobrazení části. Hodnota proměnné se následně násobí nastavenou šířkou (obrázek široký 240px s nastavenou šířkou 120px se při hodnotě proměnné 0 vykreslí 0-120px, při 1 pak 121-240px).

Vytápění:

- **FLOW01** – Funkční blok kalorimetr (jednotka T02). Měří dodaný výkon.
Parametry: teplota vstupní, výstupní a počet pulsů průtokoměru.
- **HEATER01** – Pokud hlavní zdroj tepelné energie nedokáže zajistit dostatečné nahlátí nádrže, blok Heater sepne topné spirály. Pro každou spirálu lze nastavit meze teploty, kdy bude topit. Vstupy: teplota nádrže dole, uprostřed, nahoře, ekviterma, povolení pro jednotlivé spirály. Výstupy: 2x topná spirála.

- **INTREG01** – Udržuje teplotu v nádrži v daných mezích a zasílá požadavek pro sepnutí zdroje tepelné energie (tepelné čerpadlo, kotel, ...).
- **PID** – PID regulátor pro zdroj tepelné energie.
- **PIPE** - Funkce potrubí. Pokud některá místnost pošle požadavek na Pipe, rozjede se oběhové čerpadlo (pokud nejsou nastaveny nějaké podmínky).
- **P-REG** – Blok používaný především pro směšovací ventily. Vstup: 1x požadovaná teplota. Výstup: 2x digitální
- **TMP02** – Správa místnosti: přiřazení místnosti, volba topení/topení i chlazení/chlazení, povolení regulace, detekce otevření okna, připojení Pipe, hlídání teploty a vlhkosti.
- **WATTMETER** – Elektroměr.

Zařízení:

- **T01** – Pokojová jednotka. Připojení na sběrnici (CPU.2wbus_1) a přiřazení adresy.
- **T02** – Kalorimetr. Připojení na sběrnici (CPU.2wbus_1) a přiřazení adresy.
- **T06** – V/V modul. Připojení na sběrnici (CPU.2wbus_1) a přiřazení adresy.

Zdroje:

- **HEAT_TC** – Měření na tepelném čerpadle.

9 VYPRACOVÁNÍ

Práci na projektu jsem rozdělil do několika kroků. Na začátku bylo potřeba pochopit topenářské zapojení, seznámit se s požadavky na regulaci a vytvořit představu, jak celý systém bude fungovat. Dalším krokem byla tvorba schématu zapojení a volba vhodných prvků. Posledním krokem bylo vytvoření vhodné řídicí aplikace.

9.1 Zadání projektu

Uživatelské požadavky již byly částečně popsány v kapitole 2 **Cíl práce**. Doplnujícím požadavkem je detekce otevření oken. Pro klimatizování a ohřev TUV bude použito tepelné čerpadlo Mitsubishi Zubadan 14 kW doplněno třemi topnými spirálami 7,5 kW v akumulární nádrži a jednou 3,0 kW spirálou v TUV nádrži. Primárním zdrojem energie je TČ. Přednost vyhřívání má TUV. Objem AKU nádrže je 500 l, boileru 300 l. Otopné prvky a vytápění jednotlivých místností jsou popsány **Tabulka 1**. Příslušné topenářské schéma obsahuje příloha č. 1. Půdorys vytápění se nachází v příloze č. 2.

9.2 Volba komponent a jejich zapojení

Prvním krokem bylo zjištění, kolik bude potřeba měření teplot, spínaných výstupů, detekovaných vstupů a počet ovládaných místností. Projekt obsahuje sedm regulovaných místností, tudíž bylo potřeba použít sedm pokojových jednotek TR01 (E4-E10) měřících teplotu a vlhkost. Všechny ovládané místnosti krom koupelny 2 mají možnost detekce otevření okna, dveří, nebo vrat. Pro detekci otevření je použito volného vstupu měření druhé teploty jednotky TR01. Teplotní vstup je uzpůsoben pro měření odporu termočlenu. Termočlen je zde nahrazen magnetickým čidlem otevření (S1 - S6) s v sérii zapojeným rezistorem (R1 - R6) 2 kΩ. Při otevření se kontakt snímače rozepe a odpor vzroste. Jednotka odpor převádí na teplotu, která je zpracována řídicím programem. Program je nahrán v touchpadu (E3), data jsou ukládány v serveru (E16). Z potřeby spínat 18 digitálních výstupů, měřit 10 teplot, detekovat 4 digitální vstupy, ovládání jednoho analogového výstupu a jednoho vstupu pro počítání pulsů, vyplynula potřeba tří TR06 vstupně - výstupních jednotek (E12 - E14). Pro měření dodaného výkonu tepelného čerpadla byl použit kalorimetr TR02 (E11). Napájení zmíněných jednotek zabezpečuje stejnosměrný zdroj 24 V (E2). Na digitální výstupy jednotek TR06 jsou připojeny relé (K1 - K18) spínající stykače (K19 - K22) topných těles (E17 - E20), fan-coily (M8 - M12 a M14), elektrické hlavice radiátorů (M7, M13) a oběhové čerpadla (M1 - M4). Teplotní vstupy jsou osazeny termistory KTY81-210 (T1 - T10), digitální vstupy dvěma termostaty (T13, T14) detekujícími překročení maximální teploty. Pro ovládání a kontrolu tepelného čerpadla (E1) souží dva digitální vstupy a jeden analogový. Příkon tepelného čerpadla je měřen elektroměrem (P1). Celé zapojení

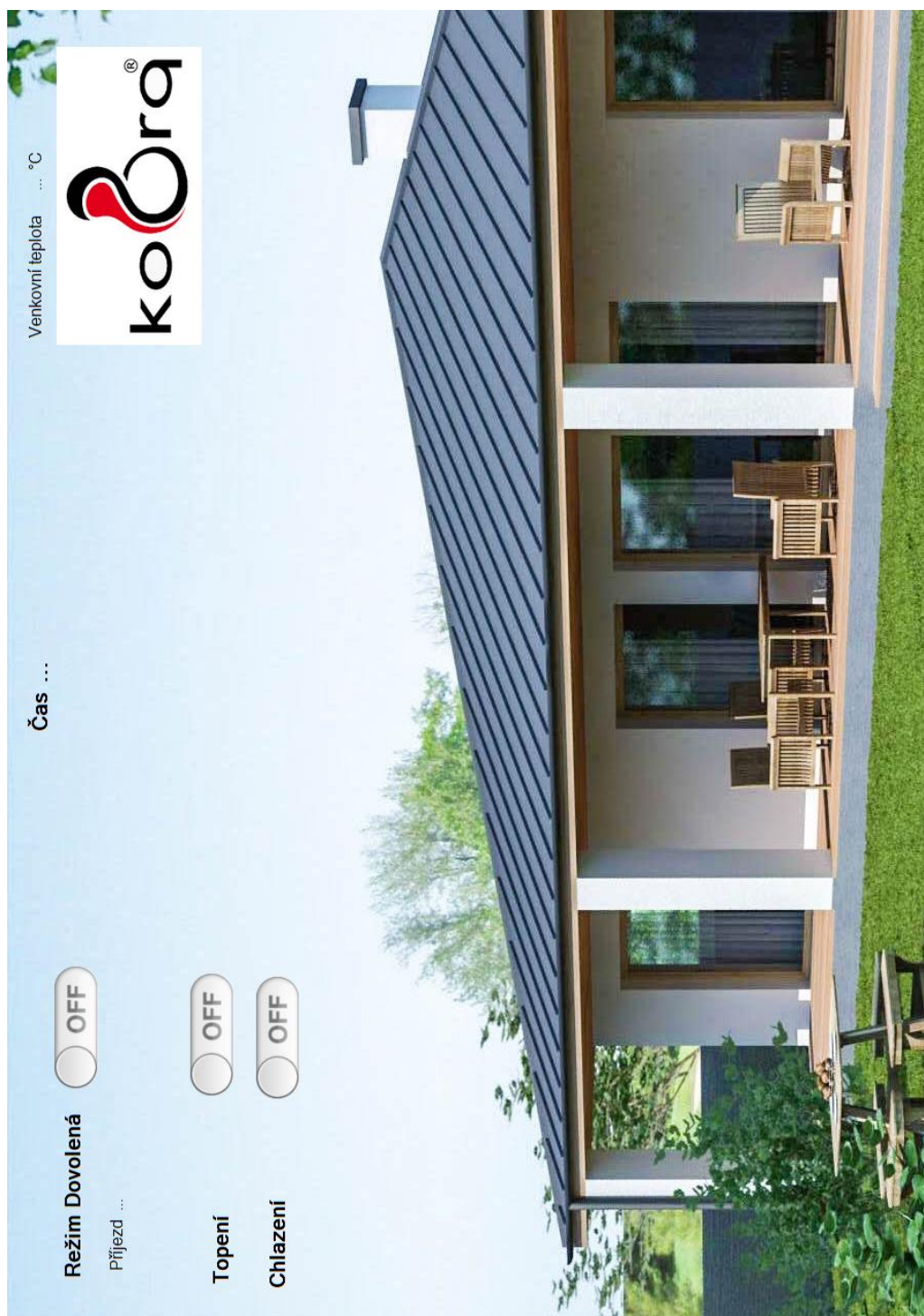
je jištěno jističem (FA1) o hodnotě 40 A a chráněno proudovým chráničem (FI1). Před napájecí zdroj je ještě přidán jistič 6 A (FA3) a před tepelné čerpadlo jistič 16 A (FA2). Pro návrh schémat jsem použil návrhového systému EPLAN. První schéma zapojení (Příloha 3. Schéma zapojení) zobrazuje kompletní zapojení dle předešlého popisu. Další schéma (Příloha 4. Schéma zapojení rozvaděče) již zobrazuje pouze zapojení uvnitř rozvaděče. Pro přehlednost je schéma zapojení rozvaděče ještě rozděleno na silnoproudou část (Příloha 5. Schéma zapojení rozvaděče silnoproudá část) a signálovou část (Příloha 6. Schéma zapojení rozvaděče signálová část). Kompletní vnější zapojení je v příloze 7 (Schéma zapojení mimo rozvaděč) a následně je rozděleno na jednotlivé místnosti do schémat zapojení místností (přílohy 8 až 15).

Návrh umístění komponent jsem vytvářel v programu ProfiCAD. Rozvodnou skříň jsem zvolil nástěnnou, čtyřřadou, vertikálně orientovanou se dvěma lištami pro můstky a rozměry 430 x 735 x 155 pro 72 modulů. Horní část rozvaděče je určena pro silnoproudou část z důvodu co nejkratších vodičů a spodní část je určena pro řídicí moduly s relé spínající spotřebiče s malými příkony. Elektrický přívodní kabel je zapojen do hlavního čtyřicetiamperového jističe, který následně vede do proudového chrániče, a z něj již jednotlivé vodiče vedou k můstkům. Patnáctipólové můstky jsou instalovány po jednom kusu pro každou fázi, dva pro nulový vodič a dva pro uzemnění. Pro rozvod kabelů ve skříni rozvaděče jsou použity žlaby. Na horní DIN liště jsou ještě umístěny jističe pro tepelné čerpadlo a zdroj napájecí řídicí moduly. V druhé řadě jsou umístěny čtyři stykače spínající tepelné spirály, spolu se čtyřmi relé spínajícími zmíněné stykače. Třetí řada již obsahuje vstupní výstupní jednotky s relé pro spínání oběhových čerpadel a servopohonů. V poslední čtvrté řadě je umístěn stejnosměrný napájecí zdroj se zbylými relé pro spínání fan-coilů v místnostech. Na dně rozvodné skříně je připevněn ALIX 3D2 sloužící jako server. Rozmístění komponent v rozvaděči je graficky zpracováno v příloze 18 (rozvaděč nezakrytovaný) a v příloze 19 (rozvaděč zakrytovaný s popisovými štítky).

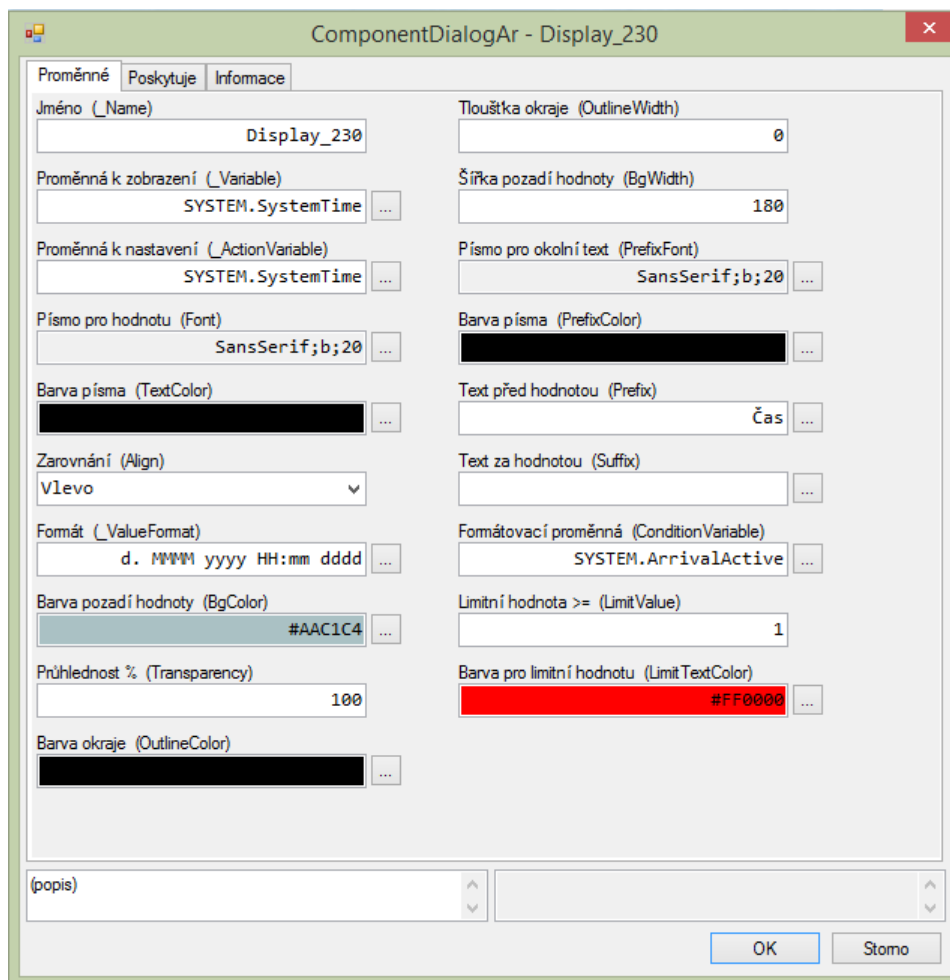
Ke schématu a rozmístění je vytvořen i kusovník (Příloha 16. Kusovník) a umístění měřicí a ovládací techniky v technické místnosti (Příloha 17. Umístění komponent v technické místnosti).

9.3 Popis funkčnosti aplikace

V popisu funkce vždy uvedu jen nejpodstatnější informace. Většina bloků má značné množství parametrů, které by jen ztěžily pochopení. Program tvoří čtyři obrazovky, z nichž uživatel vidí pouze tři. Programovací bloky jsou vidět pouze pro programátora. Uživatel uvidí pouze texty, obrázky, animace a ovládací prvky jemu určeny. U každé obrazovky je zobrazen obsah jednoho z nejzajímavějších bloků.



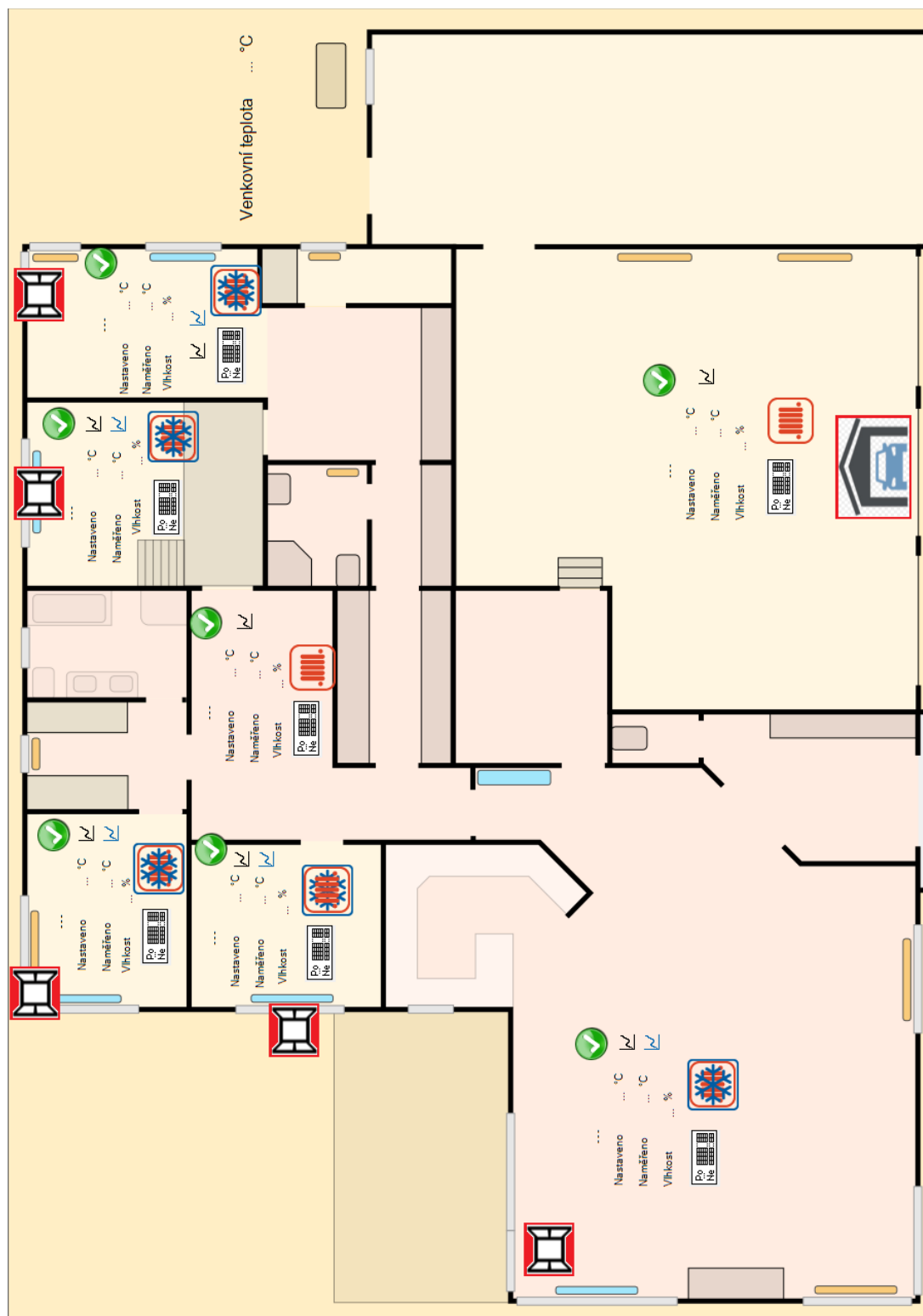
Obrázek 11: Úvodní obrazovka



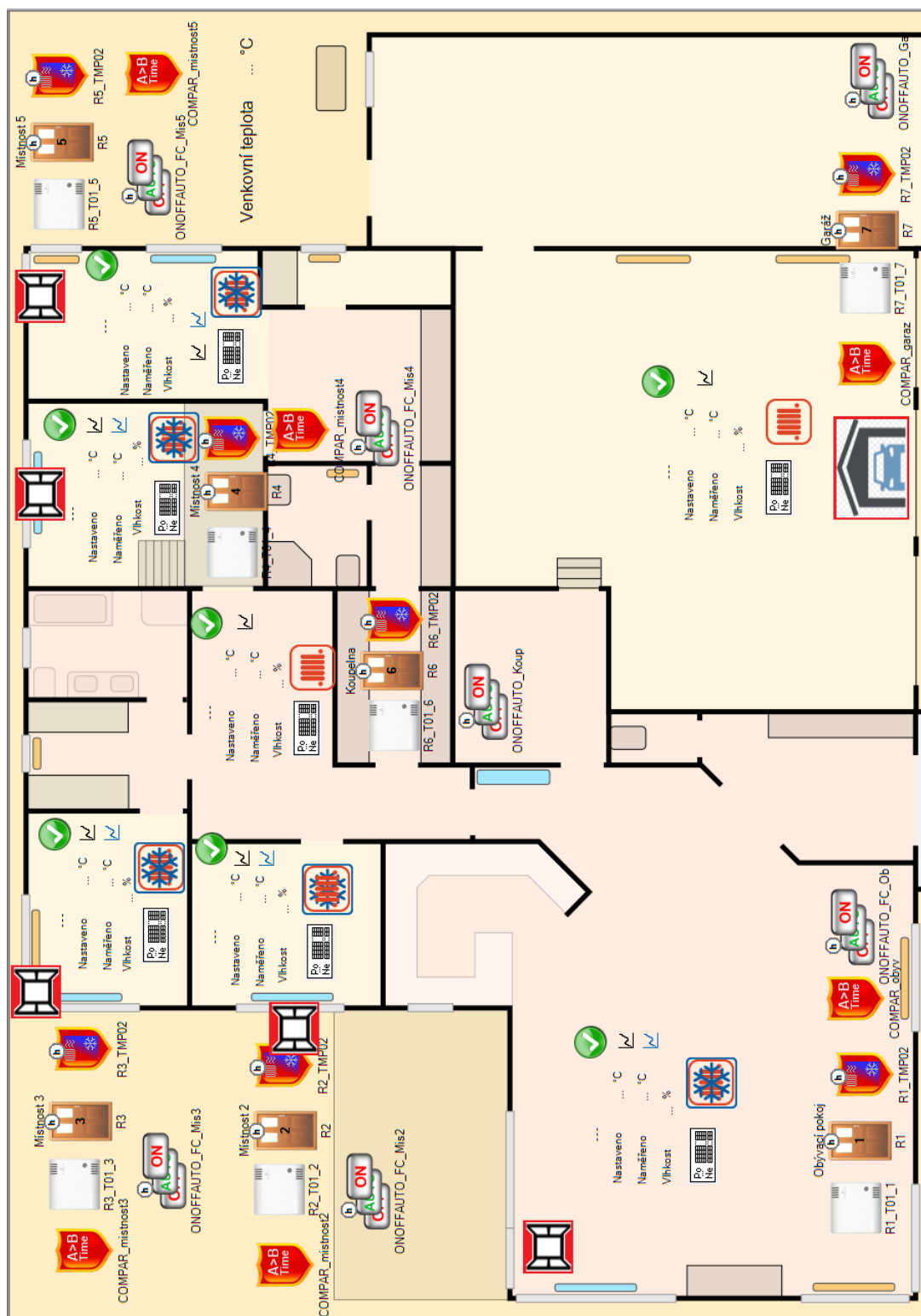
Obrázek 12: Blok Display_230 - zobrazení času na úvodní obrazovce

Úvodní obrazovka:

Na úvodní obrazovce jsou umístěny pouze funkční bloky Text pro hodiny (SYSTEM.SystemTime), venkovní teplota (SYSTEM.OutTempearture) a BoolImage přepínače odkazující se na režimy topení, chlazení, dovolená.



Obrázek 13: Půdorys (uživatel)



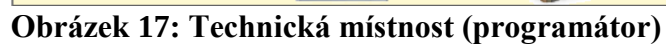
Obrázek 14: Půdorys (programátor)

Obrázek 15: Blok R1_TMP02 - nastavení místnosti (obývací pokoj)

Půdorys:

Místnosti se od sebe příliš neliší, tudíž popíši pouze obývací pokoj, který obsahuje veškeré funkce. Při tvorbě místnosti nesmí chybět blok Room tvořící identifikátor místnosti následován T01 a TMP02 pro řízení. R1_T01_1 (místnost_jednotka_adresa) je odkaz na fyzickou podobu T01. V R1_TMP02 nejdřív přiřadím identifikátor R1_RoomNumber, následně zvolím, jestli místnost může být vytápěna a chlazena. Blok přímo neovládá žádné výstupy, tudíž jako výstupní parametr zapíši CPU.Output_Dummy (falešná proměnná). Otevřené okno detekuji magnetickým snímačem připojeným na volný teplotní vstup pokojové jednotky. Sepnutí snímače zapříčiní změnu odporu, převede se na teplotu a vyhodnotí komparátorem COMPAR_obyv. Následně se přiřadí proměnné z R1_T01_1 a to tlačítko (Key), teplota (RoomTemperature) a vlhkost (Humidity). Jelikož je místnost vytápěna i chlazena, zapíši se do příslušných kolonek i Pipe_COLD.Body a Pipe_HOT.Body. Poslední částí je vyplnění přesnosti a rychlosti regulace a filtry naměřených hodnot. ONOFFAUTO_FC_Ob má jako vstupní parametr R1_TMP02.OutHeating1 (požadavek na vytápění / chlazení) a ovládá výstup T06_12.Q1 (jednotka_adresa.výstup). Uprostřed místnosti jsou informace jaká teplota a vlhkost v místnosti je, nastavená teplota s možností změny, název místnosti, BoolImage pro zobrazení zdali je místnost v pořádku, otevření okna a volby topení / chlazení. Napravo od teplot jsou grafy teplot.





Variable	Value
Jmeno (_Name)	HEATER_AKU_1_2
Jméno (Name)	AKU nádrž
OUTPUT_1 (Output_1)	T06_11.Q1
OUTPUT_2 (Output_2)	T06_11.Q2
EN_1 (EN1)	AND_P1_AKU.OUT1
EN_2 (EN2)	AND_P2_AKU.OUT1
TEMP_LOW (TempLow)	T06_10.TEMP_K4
TEMP_MIDDLE (TempMiddle)	T06_10.TEMP_K3
TEMP_HIGH (TempHigh)	T06_10.TEMP_K2
TEMP_EQI (TempEQI)	EKV_AKU_Heat.EkvTemp
Záznam průběhů (GraphMemory)	CPU.Memory off
LOW LIMIT SP1 [°C] (LimitLow1)	30
HIGH LIMIT SP1 [°C] (LimitHigh1)	43
LOW LIMIT SP2 [°C] (LimitLow2)	35
HIGH LIMIT SP2 [°C] (LimitHigh2)	48
MAXIMUM [°C] (MaxLimit)	60
FILTER (Filter)	50
Výkon spirál SP1 (Watt1)	7500
Výkon spirál SP2 (Watt2)	7500

Obrázek 18: Blok HEATER_AKU_1_2 - řízení topných spirál 1 a 2 v AKU nádrži

Technická místnost:

V levé horní části obrazovky jsou umístěny 2 identifikátory, Pipe_HOT pro topení a Pipe_COLD pro chlazení. K těmto blokům patří PIPE_HOT a PIPE_COLD, které již přijímají požadavky z jednotlivých místností. Aktivní může být pouze jeden (podmíněno režimem). Vstupními parametry pro OR_HaC jsou PIPE_COLD.OutCopy a PIPE_HOT.OutCopy. Řídící prvek ONOFFAUTO_HaC následně vyčítá OR_HaC.OUT1 a spíná oběhové čerpadlo radiátorů na výstupu T06_10.Q1.

V levém dolním rohu je umístěno řízení pro podlahové vytápění. Jako u radiátorů, je pro podlahové topení vytvořen inicializátor Pipe_P a blok obstarávající požadavky PIPE_P. Teplotu vody tekoucí do podlah je možno měnit přepnutím mezi režimem STANDARD a TEPLA. Pro oba režimy je vytvořena ekvitemní křivka (EKV_P_Hi a EKV_P_Lo), která je závislá na venkovní teplotě a kterou si může uživatel upravovat. SWITCH_Podlahy poskytuje regulátoru PREG_P požadovanou teplotu ze zvolené ekvitemní křivky. PREG_P následně ovládá směšovací ventil podlah. Vytápění podlah se sepne, pokud klesne venkovní teplota pod nastavenou mez, zároveň je zapnuté vytápění a je požadavek z koupelny, nebo obývacího pokoje na přitopení. Pokud je tato

podmínka splněna, povolí se regulace PREG_P, sepne se oběhové čerpadlo blokem ONOFFAUTO_podlahy a výstupem T06_10.Q2.

Akumulační nádrž vytápí především tepelné čerpadlo. K zasílání požadavků na nahřátí / vychlazení nádrže slouží blok INTREG_AKU. Vstupem do INTREG_AKU jsou teploty nádrže naměřené u spodu, ve středu a u vrchu. Po vyfiltrování a zprůměrování hodnot jsou porovnány s požadovanou teplotou získanou z ekvitemní křivky nádrže EKV_AKU_heat. Pokud by tepelné čerpadlo nedokázalo pokrýt spotřebu, sepnou se topné spirály. Pro každou topnou spirálu je vytvořena podmínka kdy může být sepnuta (spirála 1 při poklesu venkovní teploty pod 10°C, spirála 2 při 0°C a spirála při -5°C). COMPAR_P1(2,3)_AKU porovnává zmíněné teploty a poskytuje ji do OR_P1(2,3)_AKU. OR pro AKU nádrž obsahuje ještě signalizaci poruchy (porucha dodávky tepla tepelným čerpadlem) povolující sepnutí spirál i při vyšších teplotách. To vše je podmíněno povolením vytápění (zpracováno v AND_P1(2,3)_AKU). O samotné ovládání se starají bloky HEATER_AKU (1_2 pro první a druhou spirálu, 3 pro třetí). Do HEATER_AKU se vloží podmínky pro jednotlivé spirály, výstupy na T06 pro spínání spirál, teploty v nádrži a meze v kterých se má teplota držet.

TUV nádrž je podobně řízena, jako AKU nádrž s rozdílem zrušení podmínek. Přidáno je zde pouze měření teploty užitkové vody v okruhu. Pokud by teplota vody klesla pod stanovenou mez, spustí se oběhové čerpadlo. ASTAB_TUV zajišťuje, aby oběžné čerpadlo běželo jen danou dobu (pokud by v nádrži prudce poklesla teplota pod danou mez).

U spodu AKU nádrže je třicestný ventil, který přepíná mezi AKU a TUV nádrží. Přednost má vytápění nádrže TUV. Pokud tedy INTREG_TUV vyšle požadavek, ventil se otočí ve směru TUV a tepelné čerpadlo začne topit dle potřeby.

T02_8 fyzická jednotka kalorimetru a k němu příslušný blok FLOW_TC měří výkon dodaný tepelným čerpadlem. Vstupními parametry FLOW_TC jsou adresy: T02_8.Pulses, počet pulsu na 100l, SWITCH_TC_HI.Out a SWITCH_TC_LO.Out. SWITCH_TC mění adresy vstupů čidel teplotních čidel průtokoměru podle toho, zda topí nebo chladí. Pokud by tady tyto bloky nebyly, při chlazení by docházelo z měření záporného výkonu.

Obsluha tepelného čerpadla, výměníku a k nim příslušného oběhového se nachází na servisní ploše.

Ve spodní části obrazovky jsou zobrazeny statistiky: aktuální a celkový výkon (FLOW_TC) a příkon (WATT_TC) tepelného čerpadla, aktuální a celkové příkony tepelných spirál. Pod tepelným čerpadlem jsou zobrazeny výkony při chlazení/topení a cílová teplota. V nádržích jsou umístěny informace o teplotách v jednotlivých částech a nastavení ekvitemních křivek. Pro lepší přehlednost a aktuálním dění napomáhají animace oběhových čerpadel, ventilů topných spirál, průtoku a chodu tepelného čerpadla.



ComponentDialogAr - OR_TC_ERR

Proměnné Poskytuje Historie Informace

Jmeno (_Name) OR_TC_ERR

Jmeno podle funkce (Name) TC ERROR

IN1 (IN1) OR_TC_ERROR.OUT1

IN1 NAME (IN1_Name) chyba TČ

IN2 (IN2) COMPAR_vym_C_ERR.Out

IN2 NAME (IN2_Name) výměník podchlazen

IN3 (IN3) COMPARF_prutok.OutNeg

IN3 NAME (IN3_Name) malý průtok

IN4neg (IN4neg) COMPAR_vym_H_ERR.OutNeg

IN4 NAME (IN4_Name) výměník přehřátý

OUTPUT 1 (OUT1) CPU.Output_Dummy

OUT1 NAME (OUT1_Name)

OUTPUT 2 neg (OUT2neg) CPU.Output_Dummy

OUT2 NAME (OUT2_Name)

(popis)

OK Storno

Obrázek 20: Blok OR_TC_ERR - zjištění, zda nastala nějaká chyba

Servisní plocha:

V levém horním rohu jsou umístěny bloky hlídající výměník a chod oběhového čerpadla k němu připojeného. COMPAR_vym porovnává teplotu výměníku a výstupní teplotu, aby nedošlo k zamrznutí, nebo přehřátí výměníku (např. pokud se chladilo a vyplo se tepelné čerpadlo a s ním se mělo vypnout i oběhové, výměník by zamrzl). Výsledek z komparátoru 2 je upraven v AND_vym2. Celkové vyhodnocení probíhá v OR_vym (jede tepelné čerpadlo || výměník zůstal teplý || výměník zůstal podchlazený) a ten následně přes ONOFFAUTO_OC_TC spíná oběhové čerpadlo.

Uprostřed nahoře jsou naskládány bloky patřící fyzickým jednotkám. V CPU se pouze určí název, v T06 sběrnice a adresa jednotky. SYSTEM je nedílnou součástí projektu. Je zde určeno o jaký typ budovy se jedná, který snímač měří venkovní teplotu, zda se bude v objektu chladit, topit a nastavení IP adresy.

K řízení chodu tepelného čerpadla je zapotřebí vytvořit spoustu podmínek, které musí být splněny, aby nevznikla porucha systému. COMPARF_prutok hlídá, jestli se oběhové čerpadlo výměníku rozběhne do 20 s na průtok minimálně 15 l/s. COMPAR_vym_H_ERR kontroluje, zda není výměník přehřátý,

COMPAR_vym_C_ERR zda není výměník přechlazen. Pokud nastane alespoň jeden z uvedených problémů, OR_TC_ERR se nastaví do stavu „true“. COMPAR_AKU_C (cold) porovnává, jestli je průměrná teplota AKU nádrže nižší než 15 °C (s hysterezí 2 °C). Pokud je zvolen režim chlazení, výstup komparátoru COMPAR_AKU_C je „true“, není požadavek na topení (OR_Heat.OUT1), tak AND_Cool.OUT1 je nastaven na „true“. OR_Heat přijímá požadavky na topení do AKU, nebo TUV nádrže. Do OR_HxC jsou zapsány výstupy AND_Cool a OR_Heat. Poslední blok v povolovacím procesu je AND_TC_En (Enable), který musí přijmout požadavek na spuštění (OR_HxC), ale nesmí obdržet chybu (OR_TC_ERR). Výsledek z AND_TC_En se zapíše do bloků PID_TC jako povolení k regulaci. Který z PID bloků bude řídit tepelné čerpadlo, zvolí SWITCH_TC podle stavu AND_Cool.OUT1. Do PID bloku je potřeba krom povolení zadat teplotu vstupní, výstupní vody výměníku, doporučené konstanty pro nastavení a požadovanou teplotu získanou z ekvitermní křivky. EKV_TC_Cool slouží pro chlazení AKU nádrže, EKV_TC_HeatLow a EKV_TC_HeatHi pro nahřátí AKU nádrže. Výběr mezi HeatHi a Low záleží na režimu. HeatLow režim slouží pro režim dovolená, kdy je vytápění utlumeno a HeatHi za přítomnosti obyvatel. Poslední ekviterma určená pro TUV se nazývá EKV_TC_TUV.

Blok TC vytváří statistiky pro tepelné čerpadlo. WATT_TC měří příkon tepelného čerpadla (T06_10.PULSE). OR_TC_ERROR a OR_TC_Defrost jsou zde pouze pro vyčtení stavů tepelného čerpadla a následného začlenění do statistik. COUNTSTARTS01 počítá, kolikrát byl sepnut některý ze sledovaných výstupů, kolik nástupných hran bylo detekováno na vstupech, nebo proměnná změněna. COUNTTIME01 zaznamenává dobu chodu, setrvání vstupů, nebo proměnných v log. „1“. MEMOCTR01 slouží k archivaci důležitých dat. Vstupními parametry jsou: místo v paměti a až 8 proměnných.

Na servisní ploše jsou také umístěny statistiky určené pro obsluhu. U vrchu jsou ukazatele poruch, ve středu statistiky tepelného čerpadla a oběhových čerpadel. Dole v rohu se pak nachází kolonky pro zjištění a nastavení mezi ekvitermních křivek nádrží.

10 ZÁVĚR

Na základě informací z teoretické části práce lze usoudit, že inteligence budov je dalším významným rozšířením oboru automatizace. Se zvětšujícími se nároky na energetickou úsporu, tak i dobou, kdy se rozšiřuje použití elektroniky, roste zájem o tyto technologie. Nevýhodou těchto systémů je však závislost na elektřině.

Krom seznámení se, co jsou to inteligentní domy a jaké principy řízení se používají, bylo i seznámení se s vývojovým prostředím “Architekt“ a řídicími jednotkami firmy KOBRA. Jejím zaměřením jsou především menší a středně velké nemovitosti. K tomu jsou uzpůsobeny i jejich jednotky a systém.

Výstupem práce je vypracovaný projekt rodinného domu s bohatou kombinací otopných prvků, zdrojů a ovládání. K projektu jsou vypracovány veškeré podklady pro realizaci zapojení a umístění ovládacích a měřicích prvků tak, aby pomocí nic byla možná realizace. Aplikace je navržena s ohledem na co možno nejpřesnější plnění požadavků. Ochrana systému je zajištěna řadou podmínek. Bezporuchovost zajišťuje i omezení přístupu uživatelů k některým nastavením určených pouze pro servisního technika.

11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AMIT. *AMiT, spol. s r.o.: Výpočet doporučené teploty topné vody* [online]. ©2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <http://forum.amit.cz/viewtopic.php?f=31&t=215>
- [2] BRAND-TECH. *Brand-Tech s.r.o.: Kobra* [online]. ©1997-2016 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <http://ikobra.com/?page=public&id=coumi>
- [3] TOPINFO. *Topinfo s.r.o.: Podlahové vytápění* [online]. ©2001-2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
- [4] TOPINFO. *Topinfo s.r.o.: Tepelná čerpadla* [online]. ©2001-2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [5] HOTJET CZ. *HOTJET CZ, s.r.o.: Tepelná čerpadla* [online]. © 2009, 2010 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.hotjet.cz/cs/o-tepelnych-cerpadlech/>
- [6] TOP-EL. *TOP-EL, SPOL. S R.O.: Výpočet a odhad potřebného výkonu* [online]. 2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: http://www.top-el.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=600569&id=1472&p1=5097
- [7] TOPINFO. *Topinfo s.r.o.: TZB-info: Ekvitermní regulace* [online]. ©2001-2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>
- [8] *Datasheet Catalog* [online]. 2015 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/philips/KTY81-251.pdf>
- [9] EKOMPLEX. *Ekomplex: Topení: Solární vytápění* [online]. ©2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapani.php>
- [10] EKOMPLEX. *Ekomplex: Topení: Alternativní topidla* [online]. ©2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni.php>
- [11] EKOMPLEX. *Ekomplex: Topení: Otopná tělesa* [online]. ©2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa.php>
- [12] EKOMPLEX. *Ekomplex: Topení: Otopná tělesa* [online]. ©2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapani.php>

- [13] TOPINFO. Topinfo s.r.o.: *Výpočet tepelné prostupnosti* [online]. ©2001-2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [14] TOPINFO. Topinfo s.r.o.: *Výpočet tepelných ztrát objektu* [online]. ©2001-2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-ztraty-objektu-dle-csn-06-0210>
- [15] BRAND-TECH. Brand-Tech s.r.o.: *Servisní manuál* [PDF manuál]. ©2012 [cit. 2016-05-05]. Dostupnost není možná - interní dokument
- [16] BRAND-TECH. Brand-Tech s.r.o.: *KOBRA katalogové listy* [PDF manuál]. ©2012 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: Příloha 20. KOBRA katalogové listy
- [17] VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vysoké učení technické v Brně: *Termodynamika_S.pdf* [skripta]. ©2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=24393
- [18] REGULUS. REGULUS spol. s r.o.: *Výměníky tepla* [online]. ©2015-2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/vymeniky-tepla>
- [19] EKOMPLEX. Ekompex: *Kotle na tuhá paliva* [online]. ©2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva.php>
- [20] EKOMPLEX. Ekompex: *Plynové kotle* [online]. ©2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynove.php>
- [21] TOPINFO. Topinfo s.r.o.: *Ventilace s rekuperací* [online]. ©2001-2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5724-ventilace-s-rekuperaci-nektera-upozorneni-a-doporuceni>
- [22] IZOLACE-INFO. Izolace-Info: *Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor* [online]. ©2013 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.isolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla>

Seznam zkratek:

TČ – tepelné čerpadlo
AKU – akumulční nádrž
TUV – teplá užitková voda
OČ – oběhové čerpadlo
CPU – Touchpad (řídící jednotka)
TR01 (T01) – pokojová jednotka
TR02 (T02) – kalorimetr
TR06 (T06) – vstupně výstupní jednotka
FC – fan-coil
ss – stejnosměrné (napětí/proud)
st – střídavé (napětí/proud)

Seznam příloh

Příloha 1. Zapojení topenářské
Příloha 2. Půdorys vytápění
Příloha 3. Schéma zapojení
Příloha 4. Schéma zapojení rozvaděče
Příloha 5. Schéma zapojení rozvaděče silnoprůdová část
Příloha 6. Schéma zapojení rozvaděče signálová část
Příloha 7. Schéma zapojení mimo rozvaděč
Příloha 8. Schéma zapojení technická místnost
Příloha 9. Schéma zapojení obývací pokoj
Příloha 10. Schéma zapojení místnost 2
Příloha 11. Schéma zapojení místnost 3
Příloha 12. Schéma zapojení místnost 4
Příloha 13. Schéma zapojení místnost 5
Příloha 14. Schéma zapojení koupelna 2
Příloha 15. Schéma zapojení garáž
Příloha 16. Kusovník
Příloha 17. Umístění komponent v technické místnosti
Příloha 18. Návrh rozvaděče (odkrytý)
Příloha 19. Návrh rozvaděče (zakrytý)
Příloha 20. KOBRA katalogové listy
Příloha 21. CD-ROM