



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

NÁVRH ŘÍZENÍ A REGULACE TEPELNÉHO SYSTÉMU U RD S VYUŽITÍM SYSTÉMOVÉ INSTALACE LOXONE

USING LOXONE SYSTEM INSTALLATION FOR DESIGN CONTROL AND REGULATION THE HEATING SYSTEM IN HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michael Novák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Pěcha

BRNO 2017

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Bc. Michael Novák

Ročník: 2

ID: 156903

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Návrh řízení a regulace tepelného systému u RD s využitím systémové instalace LOXONE

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Systémová instalace srovnání a rozdělení jednotlivých systému a způsoby řízení
2. Vytvoření topologie, definice spotřebičů a tepelných zdrojů
3. Návrh řídicího systému pro řízení vytápění domu
4. Ekonomické hodnocení systému a rozpočet elektroinstalace rodinného domu
5. Zhodnocení projektu a další postupy řešení

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 22.5.2017

Vedoucí práce: Ing. Jiří Pěcha

Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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

Diplomová práce se zabývá rozdělením systémové instalace a udává přehled o elektrických spotřebičích a systému vytápění. Podrobněji se zabývá řešením systémové instalace Loxone. Stěžejní částí je projektová dokumentace elektroinstalace, naprogramování ovládání domu a regulace solárního termického systému pro ohřev vody a řízení systému vytápění pro novostavbu rodinného domu. Součástí je jednoduché ekonomické hodnocení navrženého solárního systému.

Klíčová slova

Loxone, systémová, inteligentní, elektroinstalace, centralizovaný systém, projektová dokumentace, PLC, domácí automatizace, solární kolektory, návrh osvětlení

Abstract

The diploma thesis deals with the division of the system installation and gives an overview of electrical appliances and heating system. It focuses on the Loxone system installation. The main part is the project documentation of wiring, programming the control of a family house and regulation of the solar thermal system for heating water and the heating system control. It also includes a simple economic evaluation of the proposed solar system.

Keywords

Loxone, system, intelligent wiring, centralized system, project documentation, PLC, home automation, solar collectors, lighting design

Bibliografická citace:

NOVÁK, M. *Návrh řízení a regulace tepelného systému u RD s využitím systémové instalace LOXONE*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 67 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Pěcha.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma Návrh řízení a regulace tepelného systému u RD s využitím systémové instalace LOXONE jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné 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 **22. května 2017**

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Pěchovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne **22. května 2017**

.....

podpis autora

Obsah

1 Úvod.....	11
1.1 Cíle práce	11
2 Požadavky na elektroinstalaci.....	12
2.1 Zásuvkové a světelné obvody.....	13
2.2 Prostory z hlediska nebezpečí úrazu el. proudem	13
2.3 Určování prostorů podle působení vnějších vlivů.....	14
2.4 Ochranné elektrické přístroje, jejich funkce.....	15
2.4.1 Pojistky	15
2.4.2 Jističe.....	16
2.4.3 Proudové chrániče	16
3 Systémová instalace	18
3.1 Rozdělení podle uspořádání	20
3.1.1 Centralizované systémy	20
3.1.2 Decentralizované systémy	20
3.2 Podle kompatibility a normalizace protokolů	21
3.2.1 Otevřené systémy	21
3.2.2 Uzavřené systémy.....	21
3.3 Topologie.....	21
3.4 Sběrnice, protokoly	22
3.4.1 EIB/KNX	23
3.4.2 Loxone Link a Loxone Tree.....	23
3.4.3 Sériová komunikace – RS-232, RS-485	24
3.4.4 Modbus	25
3.4.5 DMX.....	25
3.4.6 DALI	26
3.4.7 1-Wire	26
3.5 Bezdrátová komunikace.....	26
3.5.1 EnOcean.....	27
3.6 Powerline, optické vlákno, ethernet.....	27
4 Systém Loxone.....	29
4.1 Miniserver GO a rozšíření AIR.....	31
4.2 Loxone Tree.....	32
4.3 Music Server.....	32
4.4 Rozšiřující zařízení jiných výrobců	32
4.5 Programování Loxone	34
5 TZB a spotřebiče	36
5.1 Osvětlení.....	36

5.2 Stínící technika.....	37
5.3 Vytápění, chlazení, výměna vzduchu.....	39
5.4 Zabezpečení.....	39
6 Tepelný systém.....	41
6.1 Rozdělení.....	41
6.2 Tepelné zdroje.....	43
6.3 Otopná tělesa.....	43
6.4 Řízení tepelného systému.....	44
6.5 Ohřev TV.....	46
7 Navržené řešení.....	48
7.1 Popis objektu.....	48
7.2 Vytápění a ohřev TV.....	48
7.3 Návrh solárního systému.....	49
7.4 Popis funkce navržené regulace.....	51
7.5 Návrh osvětlení.....	52
7.6 Elektroinstalace.....	52
7.7 Silnoproudé rozvody.....	54
7.8 Rozváděč.....	54
7.9 Slaboproudé rozvody.....	54
7.10 Loxone.....	55
7.11 Ovládání domu.....	56
8 Ekonomické hodnocení, rozpočet.....	58
8.1 Solární systém.....	58
8.2 Hodnocení zvoleného systému.....	59
8.3 Rozpočet elektroinstalace.....	60
9 Závěr.....	62
Literatura.....	63
Seznam symbolů a zkratk.....	66
Seznam příloh.....	67

Seznam obrázků

Obr. 3.1 Příklad topologie a) kruhové, b) liniové, c) hvězdicové, d) stromové.....	22
Obr. 4.1 Loxone Miniserver a rozšíření [29].....	29
Obr. 4.2 Zapojení Unica 1-wire modulu (www.sedtronic.cz).....	33
Obr. 4.3 Ukázka programu místnosti 2.04 – Koupelna 2. NP	35
Obr. 5.1 Graf rozdělení spotřeby v domácnostech [34]	36
Obr. 5.2 Členění stínící techniky	38
Obr. 5.3 Zastiňující objekt [32]	38
Obr. 6.1 Teplotní profily různých typů otopných ploch (převzato z [31])	42
Obr. 7.1 Tlačítko Loxone Touch Tree [29].....	57

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Nejnižší požadované hodnoty E_m , UGR_L a R_a [3]	14
Tab. 3.1 Přehled systémů [5][6]	19
Tab. 4.1 Přehled prvků Loxone	30
Tab. 4.2 Přehled bezdrátových prvků Loxone	31
Tab. 4.3 Přehled prvků Loxone Tree.....	32
Tab. 7.1 Zjednodušení přehled bilance solárního systému	50
Tab. 7.2 Energetická bilance	53
Tab. 7.3 Výpočet proudu zdroje – extension	55
Tab. 7.4 Výpočet proudu zdroje – příslušenství.....	56
Tab. 8.1 Doba návratnosti solárního systému.....	60
Tab. 8.2 Souhrn rozpočtu elektroinstalace	60

1 ÚVOD

Domácí automatizace je stále více se rozšiřujícím odvětvím, ale nadále je pořád málo rozšířená vzhledem k poměru obyčejných a tzv. inteligentních domů. Doménou naší doby je velmi rychlý technologický rozvoj. V každodenním životě se více a více používají nové technologie a naše životy jsou s nimi tak spjaty. Tato zařízení dělají a usnadňují nám každodenní život, tak se nabízí otázka, proč by nám nové technologie nemohly pomoci i v domácnostech a zvýšit nám tak komfort bydlení. Kromě zvýšení komfortu přináší systémová instalace zjednodušení a koncentraci ovládání mnoha spotřebičů, jimiž jsou naše domovy vybavovány.

I přes svojí vyšší pořizovací cenu si systémová instalace postupně nachází cestu do stále více domácností. Aby bylo použití systémové instalace co nejvíce využitelné i v budoucnu, musí se při projektování na to pamatovat. A protože je taková instalace složitější na realizaci, je také důležité mít kvalitní dokumentaci. Na trhu se nachází mnoho výrobců systémové instalace, které se mezi sebou liší jejich přístupem, designem a taky cenou.

V naší zeměpisné poloze je energie potřebná na vytápění objektů majoritní, hned potom následuje energie vynaložená na ohřev vody. Hledáním vhodných technických řešení je snaha dosáhnout co největších úspor nákladů a samozřejmě se chovat šetrně k životnímu prostředí snížením spotřeby primárních zdrojů energie. Správně navržený systém kromě úspory nákladů přináší i vyšší komfort uživatelům objektu.

1.1 Cíle práce

Práce se bude věnovat seznámení se systémovou instalací a její rozdělení. Zvláště se zaměří na systémovou elektroinstalaci Loxone. Hlavním bodem diplomové práce je vypracování projektové dokumentace elektroinstalace pro novostavbu rodinného domu. V práci budou definovány elektrické spotřebiče, tepelné zdroje a spotřebiče. Dalším cílem práce je návrh řízení a regulace tepelného systému daného objektu. Celý návrh řízení, regulace a ovládání domu bude naprogramováno v softwarovém prostředí Loxone Config. Zpracují se požadavky investora – solární termický ohřev teplé vody a ekonomicky se zhodnotí navržené řešení a cena elektroinstalace.

2 POŽADAVKY NA ELEKTROINSTALACI

Veškerá činnost probíhající v rámci stavebního zákona musí být v souladu s platnými právními předpisy – zákony, vyhlášky, technické předpisy, normy atd. Z toho vyplývá, že i vytvoření projektové dokumentace i vlastní instalace musí být prováděna dle pravidel daných předpisů.

Základní právní dokument, v kterém jsou definovány zákonné požadavky pro rozvod elektřiny a osvětlení je vyhláška č. 268/2009 o technických požadavcích na stavby. V právních dokumentech jsou požadavky definovány obecně a odkazují se na normované hodnoty.

Na elektroinstalaci je kladeno mnoho požadavků. Základní požadavky na elektrické rozvody klade norma ČSN 33 2130 ED. 3. Elektrické instalace za přípojkou: Vnitřní elektrické rozvody [2], které jsou v odstavci 4 uvedeny takhle:

- a) *Bezpečnost osob, chovných zvířat a majetku za normálního stavu a při předpokládaných poruchových událostech v napájecí distribuční soustavě;*
- b) *provozní spolehlivost (v daném prostředí při způsobu provozu a vlivu prostředí);*
- c) *přehlednost rozvodu, umožňující rychlou lokalizaci a odstranění případných poruch;*
- d) *snadnou přizpůsobivost rozvodu při požadovaném přemísťování elektrických zařízení a strojů;*
- e) *hospodárnost rozvodu (v investičních i provozních nákladech);*
- f) *hospodárné použití typizovaných jednotek a celků (např. rozvodnic, rozváděčů, transformoven apod.);*
- g) *vzhled;*
- h) *zamezení nepříznivých vlivů a rušivých napětí na křížování a souběhu se sdělovacím vedením (elektrickými komunikacemi);*
- i) *neustálé instalování elektrická řízení s takovou elektromagnetickou kompatibilitou a odolností, aby tato zařízení v elektromagnetickém prostředí uspokojivě fungovala, aniž by sama způsobovala nepříznivé elektromagnetické rušení jiného zařízení v tomto prostředí.*

Každá instalace, než je uvedena do provozu, musí být revidována. Revize elektrické instalace se provádí dle normy ČSN 33 2000-6. Součástí revize je kontrola, zda zjištěné výsledky odpovídají předepsaným požadavkům. Revize se provádí nejen na nových instalacích, ale i po doplnění nebo změně stávající instalace. Provádění pravidelných revizí bytů a rodinných domů není v ČR předepsáno. Je však vhodné je provádět, třeba v delších intervalech. Pro jiné prostory jsou předepsány doporučené lhůty pravidelných revizí.

2.1 Zásuvkové a světelné obvody

Zásuvky v České Republice musí být typu E – tzv. francouzský typ. Ty mají ochranný kolík připojený na ochranný vodič. Národní vzory zásuvek jsou uvedeny v IEC-TR 60083:2006. Jednofázové zásuvky je doporučeno připojit tak, aby byl ochranný kolík nahoře a nulový vodič byl připojen na pravou dutinku při pohledu zepředu – viz ČSN 33 2180:1979, ČSN 33 2000-4-46:2002.

Zásuvky musí vyhovět požadavkům uvedených v normách ČSN EN 60309-1 ed. 3, popř. v ČSN EN 60309-2 ed. 2, když je požadována zaměnitelnost. Zásuvky s jmenovitým proudem, který nepřesahuje 16 A musí odpovídat příslušným národním normám, zmíněných výše.

U jednofázových i trojfázových zásuvek přístupných laické veřejnosti musí mít zásuvkové obvody do 20 A doplňkovou ochranu. Doplňková ochrana je tvořena proudovým chráničem s vybavovacím reziduálním proudem do 30 mA. Trojfázové zásuvky s jmenovitým proudem od 20 do 32 A se doporučuje vybavit proudovým chráničem s reziduálním proudem 30 mA a zásuvky s jištěním nad 32 A proudovým chráničem s vybavovacím reziduálním proudem 100 mA.

Pro elektrické spotřebiče, u nichž je to výrobcem určeno v návodu, se zřizuje samostatný zásuvkový obvod.

Světelné obvody se jistí jističi nebo pojistkami se jmenovitým proudem nejvýše 25 A. Pokud je užito proudových chráničů, pak žádný proudový chránič nesmí chránit více než jeden světelný obvod. Toto platí pro vnější vlivy BD2 až BD4 viz ČSN 33 2000-5-51 ed. 3. Světelnou instalací se zabývá např. ČSN 33 2000-5-559 ed. 2, ČSN 33 2000-7-715 ed. 2.

Osvětlení pro jednotlivé obytné místnosti se navrhuje podle hygienických předpisů a příslušných norem. Pro osvětlení obytných budov platí ČSN 73 4301/Z3 Obytné budovy – viz Tab. 2.1 a pro budovy občanské výstavby ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory.

2.2 Prostory z hlediska nebezpečí úrazu el. proudem

Prostory se z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem rozdělují na: [1]

- *Prostory normální* – prostory, v kterých je používání elektrických zařízení považováno za bezpečné, protože působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem.
- *Prostory nebezpečné* – prostory, kde je působením vnějších vlivů přechodné nebo stálé nebezpečí úrazu elektrickým proudem.
- *Prostory zvláště nebezpečné* – prostory, kde působením vnějších vlivů či zvláštních okolností nebo jejich kombinací trvale existuje nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Tab. 2.1 Nejnižší požadované hodnoty E_m , UGR_L a R_a [3]

Prostor		Udržovaná osvětlenost	Index oslnění	Index podání barev	Výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou
		E_m (lx)	UGR_L -	R_a -	- (m)
1	Domovní dvory, atria	10	-	-	0
2	Domovní, méně frekventované komunikace	20	25	60	0
3	Vnitřní části domovních vstupů, vstupy do výtahů u objektů s malou frekvencí	30	25	60	0
4	Na místě se jménem uživatele bytu, na zvonkovém tablu a na vstupu do bytu	30	-	-	-
5	Celkové osvětlení obytné místnosti (které se doplňuje místním osvětlením)	50	22	80	0,85
6	Komunikace v bytě	75	22	80	0
7	Obytné kuchyně, šatny, spíže	100	22	80	0,85
8	Sušárny, úschovny kočárků a kol	100	28	60	0,85
9	Domovní frekventované komunikace včetně vnitřních částí vstupů a vstupy do výtahu – zvýšený pohyb v objektu nebydlících osob	100	25	60	0
10	Domovní prádelny	150	25	80	0,85
11	Koupelny, WC	200	22	80	0,85
12	Domácí dílny, místnosti pro domácí práce, mandl	300	22	80	0,85
13	Kuchyňská pracovní linka, varná deska sporáku	300	22	90	-

Poznámky:

- 1) Uvedená výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou musí být upravena, je-li činnost vykonávána v jiné výšce.
- 2) Uživatelé bytů si v rozhodující většině případů zřizují, udržují a užívají celkové i místní osvětlení obytných místností sami podle vlastní úvahy. Pro svítidla celkového osvětlení jsou zpravidla podle projektu rozmístěny vývody světelného obvodu, pro místní osvětlení se využívají zásuvky. Osvětlení ostatních prostorů bytu (příslušenství, hygienická zařízení atd.) se navrhuje v projektu. Podobně je tomu u domovních komunikací a dalších společných prostorů.

2.3 Určování prostorů podle působení vnějších vlivů

Každé elektrické zařízení působí na okolí, a naopak okolí působí na elektrické zařízení. V elektrotechnických předpisech je toto působení označováno jako vnější vlivy.

Všechny kategorie se podle pravidel uvedených v normě posuzují co do míry vlivu nebezpečí úrazu elektrickým proudem a pak se dle tabulky protokolárně určí prostor normální, nebezpečný nebo zvláště nebezpečný. Posouzení provádí odborná komise. [1]

Stupeň vnějšího vlivu je vyjádřen kódem, který se skládá ze dvou velkých písmen a číslice. První písmeno označuje kategorii, druhé písmeno povahu vnějšího vlivu, číslice označuje třídu vnějšího vlivu a nabývá hodnoty 1 až 8.

Kategorie vnějšího vlivu:

- A – vnější činitel prostředí,
- B – využití objektů,
- C – konstrukce budovy.

Povaha vnějšího vlivu:

- A – teplota okolí,
- B – atmosférické podmínky v okolí,
- C – nadmořská výška,
- D – výskyt vody,
- E – výskyt pevných cizích těles,
- F – výskyt korozivních nebo znečišťujících látek,
- G – rázy,
- H – vibrace,
- J – ostatní mechanická namáhání,
- K – výskyt rostlinstva nebo plísní,
- L – výskyt živočichů,
- M – elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující působení,
- N – sluneční záření,
- P – seizmické účinky,
- Q – bouřková činnost,
- R – pohyb vzduchu,
- S – vítr.

2.4 Ochranné elektrické přístroje, jejich funkce

K ochraně elektrické instalace nízkého napětí při nadproudech se používají pojistky a jističe. Podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 musí být použito doplňkové ochrany proudovými chrániči v případech zmíněných v kapitole 2.4.3. Na ochrany jsou kladeny požadavky na spolehlivost, rychlost odezvy, citlivost a přesnost ochrany.

2.4.1 Pojistky

Pojistka představuje uměle vytvořené slabé místo. Při průchodu nadproudu dojde k přerušení tavného vodiče uvnitř pojistky, a tím k přerušení obvodu. Výhodou

pojistek jsou nízké ztráty, vysoká odolnost, schopnost vypnout širokou škálu velikostí nadproudů až do maximální vypínací schopnosti. Nevýhodou je jejich destrukce a neodpojení všech fází najednou v případě vybavení jedné fáze.

Pojistky rozlišujeme podle provedení napětí, rychlosti působení a užití. Podle provedení se pojistky rozlišují na závitové, válcové nebo nožové. Pojistky se označují skupinou dvou až tří písmen. První písmeno udává rozsah vypínání: **g** – uvedená charakteristika platí v celém rozsahu, **a** – uvedená charakteristika platí jen v části rozsahu. Druhé písmeno udává kategorii užití. Nejčastěji se jedná o pojistku s charakteristikou gG. [1]

Kategorie užití:

- **G** – pro všeobecné použití,
- **M** – pro jištění motorových vývodů,
- **R** – pro jištění polovodičových prvků,
- **TR** – pro jištění distribučních transformátorů,
- **PV** – pro jištění fotovoltaických systémů.

2.4.2 Jističe

Jistič má stejnou funkci jako pojistka. Jeho výhodou je opětovné použití. Jističe mají menší vypínací schopnosti, proto jim bývají předřazeny pojistky. Běžně má jistič dvě spouště. Nadproudová spoušť (tepelná) je tvořena bimetalovým páskem a reaguje na přetížení s určitým zpožděním. Druhou spouští je zkratová (elektromagnetická), která působí téměř okamžitě (do 0,2 s) na větší nadproudy.

Oproti pojistkám se jedná o dražší přístroj, náchylnější na poruchu a nemá tak velkou vypínací schopnost, ale velkou výhodou je opakované použití a u lepších jističů nastavení požadované vypínací charakteristiky. Levnější jističe používané v domácnostech mají charakteristiku pevně nastavenou. Vypínací charakteristika určuje jiné nastavení elektromagnetické spouště, dělí se do tří skupin:

- **Typ B** – jištění obvodů bez proudových rázů – běžné spotřebiče, zásuvkové obvody,
- **Typ C** – jištění obvodů, které způsobují proudové rázy – motory, skupiny svítidel,
- **Typ D** – jištění obvodů, které způsobují velké proudové rázy – transformátory, motory s těžkým rozběhem. [1]

2.4.3 Proudové chrániče

Proudové chrániče jsou zařízení sloužící k ochraně živých bytostí před nebezpečným dotykem, nechrání však před nadproudy. Lze použít jen v síti TN-S, a to z důvodu principu jejich funkce. Chránič pracuje na principu součtového transformátoru proudu, kterým procházejí všechny pracovní vodiče. Součtový

transformátor vyhodnocuje rovnost součtu okamžitých hodnot proudu. Dojde-li v chráněném obvodu k úniku proudu z pracovního vodiče do země, tak vznikne rozdíl. Od určité velikosti reziduálního proudu chrániče způsobí vypínací proud indukovaný v sekundárním vinutí transformátoru inicializaci spouště a tím dojde k odpojení chráněného obvodu.

Přehled nejdůležitějších míst související s instalacemi bytovými, kde se použití proudového chrániče vyžaduje:

- **ČSN 33 2000-4-41 ed. 2** pro zásuvky se jmenovitým proudem do 20 A, které jsou používány laiky a jsou pro všeobecné použití,
- **ČSN 33 2000-4-42 ed. 2** pro objekty vybudované zcela nebo zčásti ze dřeva se používá proudových chráničů s reziduálním proudem menším nebo rovno 300 mA,
- **ČSN 33 2000-7-701 ed. 2** pro zásuvkové obvody, vyjmenovaná zařízení v koupelnách,
- **ČSN 33 2000-7-702 ed. 3** pro zásuvky a zařízení v okolí bazénů a fontán,
- **ČSN 33 2000-7-753** pro elektrické podlahové a stropní systémy. [1]

Kromě hodnoty reziduálního proudu se proudové chrániče rozdělují podle vypínací charakteristiky. Bez označení se jedná o proudové chrániče pro všeobecné použití, s označením G se jedná o typ se zpožděním (doba nepůsobení min. 10 ms) a typ S je selektivní (doba nepůsobení min. 40 ms). [1]

3 SYSTÉMOVÁ INSTALACE

Setkáváme se také s pojmem inteligentní či chytrá elektroinstalace, tyto pojmy jsou spíše komerční. Taková instalace žádnou vlastní inteligenci nemá, spočívá pouze v provázanosti všech prvků elektroinstalace. Výhodou takové instalace je provázanost například osvětlení, stínění a topení, kdy se vhodně doplňují, aby bylo dosaženo co nejvyšších energetických úspor, komfortu a pohody uživatele daného objektu. Největší nevýhodou systémové instalace, která brání k její větší rozšíření je její pořizovací cena, která je zpravidla vyšší než při použití klasické instalace, zvláště u menších projektů. U větších projektů a více požadavků na funkci se cena srovnává, dokonce vychází levněji, k tomu přináší bonus ve zvýšení komfortu uživatele a pomáhá efektivněji využívat energie na osvětlení, vytápění a chlazení.

V Tab. 3.1 je uveden přehled některých vybraných systémů systémové instalace. Kromě názvu systémů je v tabulce uvedeno, o jaký systém se jedná, jakou sběrnici využívá a jakým softwarem se dá programovat. V kolonce sběrnice jsou uvedeny jen systémové sběrnice, zpravidla zmíněné systémy umožňují integrovat některé další komunikační protokoly. Pro systém Loxone jsou zmíněné v kapitole 3.4. Některé výrobci integrují do svých řešení spolupráci se systémem KNX, ať už jak v případě Loxone, který má svorky KNX sběrnice přístupné přímo na centrální jednotce nebo pomocí připojitelného modulu u ostatních výrobců. Pak se může stát z centralizovaného systému snadno systém hybridní.

Někteří výrobci se nezaměřují se svými systémy pouze na výrobu svých vlastních senzorů a aktorů, ale snaží se integrovat již stávající řešení domácí automatizace, propojovat více takových systémů v jeden celek, včetně integrování audio-video techniky. Takovým příkladem je například systém SystemOne od společnosti Siemens nebo Control4 od stejnojmenné společnosti. SystemOne je založen na Synco Living společnosti Siemens a systémem pro ovládání multimédií společnosti CUE. Takové systémy mají často velmi dobře graficky zpracované vizualizace a vytvářejí ucelený systém domácí zábavy.

Je spousta nadšenců, kteří se nespolehají na komerční řešení domácí automatizace a pouští se do vlastních projektů. Hlavní motivací je ušetření investičních nákladů a u některých i určité sebeuspokojení, zda to zvládnou. Takové alternativní řešení bývají postavené na Arduino, Raspberry Pi či podobných zařízeních, s vlastními návrhy rozšiřujících karet se vstupy a výstupy.

Tab. 3.1 Přehled systémů [5][6]

Systém	Výrobce	Centralizovaný	Otevřený	Sběrnice	Software
		Decentralizovaný	Uzavřený		
KNX		Decentralizovaný	Otevřený	KNX/EIB	ETS
LOXONE	Loxone Group	Centralizovaný (při použití KNX hybridní)	Uzavřený / Otevřený (KNX)	LoxBUS, Loxone TREE, KNX	Loxone Config, ETS
Foxtrot	Teco	Centralizovaný	Uzavřený	CIB, TCL2	Mosaic
Xcomfort	Eaton	Decentralizovaný	Uzavřený	RF	MRF
Nikobus	Eaton	Hybridní	Uzavřený	-	XSoft Professional
Ego-n	ABB	Centralizovaný	Uzavřený	-	Ego-n Asistent
Free@home	ABB	Decentralizovaný	Uzavřený	-	Free@home - Smart Home
iNels	ELKO EP	Centralizovaný	Uzavřený	CIB, TCL2	iDM
My Home	Legrand	Decentralizovaný	Uzavřený	SCS	MyHome Suit
Logo!	Siemens	Centralizovaný	Uzavřený	-	Soft Comfort
Synco Living	Siemens	Centralizovaný	Uzavřený	KNX RF, KNX TP1	ACS790, ETS
SystemOne	Siemens	Centralizovaný	-	KNX TP KNXnet IP	ETS
In One by Legrand	Legrand	Decentralizovaný	Uzavřený	-	-
Control4	Control4	Centralizovaný	Otevřený	-	Composer
digitalSTROM	digitalSTROM AG	Decentralizovaný	Uzavřený	Silové rozvody	-

Na platformě Raspberry Pi stojí taky komerčně prodávané UniPi od společnosti Faster.cz. Motivací tvůrců tohoto systému byla snaha o levnější řešení, než jsou doposud nabízena a potřeba řešení řízení energetických hodnot vlastního datového centra. Proto zvolili základem výkonný mini počítač Raspberry Pi s cenou okolo 1 000 Kč a k němu připojili desku se vstupy a výstupy. Kromě ceny řešení je další výhodou to, že se jedná o otevřenou platformu, zákazník si tak může zvolit libovolný software nebo zvolit jednu ze dvou nabízených variant softwaru. Podobných příkladů je celá řada. [7]

3.1 Rozdělení podle uspořádání

Jsou dva základní druhy systémových instalací, dělí se na centralizované a decentralizované. Některé systémy jsou kombinované, též zvané hybridní.

Toto rozdělení není vypovídající o tom, kde jsou soustředěné všechny prvky systému. Některé systémy jsou decentralizované, ale mohou mít centralizovanou strukturu zapojení, kdy jsou prvky soustředěné do domovního rozváděče. A naopak centralizované systémy mohou mít akční členy připojené pomocí systémové sběrnice až v místě ovládání jednotlivých spotřebičů.

3.1.1 Centralizované systémy

Centralizovaný systém má hlavní centrální řídicí jednotku, veškerá data jsou ze snímačů posílána do řídicí jednotky, kde jsou zasláná data vyhodnocena a dle naprogramování se řídí aktory. Centrální jednotky obsahují analogové a digitální vstupy a výstupy a připojují se k nim další rozšiřující moduly. [11]

Tento systém má vysokou rychlost komunikace. Řídicí jednotka dokáže přijímat telegramy jen od určitého počtu senzorů a je schopná ovládat pouze určitý počet aktorů. Při požadavcích na další rozšíření se většinou používá více takových centrálních jednotek, které mezi sebou komunikují. [8]

3.1.2 Decentralizované systémy

Decentralizovaný systém nemá hlavní řídicí jednotku. Veškeré řízení spočívá v jednotlivých členech, které mají v sobě integrované komunikační bloky. Výhoda decentralizovaného systému je v jeho spolehlivosti, při výpadku jednoho prvku je zbytek instalace nezasažen.

Rozvoj decentralizovaných systémů je umožněn především díky vývoji v posledních desetiletích dostatečně výkonných procesorů. Chce-li nějaký aktor odeslat telegram, musí se nejprve přesvědčit o volné sběrnici a popřípadě musí vyčkat. Pokud by chtěly vysílat dva aktory telegramy zároveň, dostane přednost aktor s vyšší prioritou, v případě stejné priority rozhoduje fyzická adresa. Fyzická

adresa se určuje podle umístění na sběrnici, přednost dostává prvek s nižší hodnotou fyzické adresy.

Protože v decentralizovaném systému není použita centrální jednotka, obsahuje tento systém navíc komunikační prvek, který umožňuje komunikaci celého systému s uživatelem prostřednictvím osobního počítače. Pro vizualizaci je potřeba zpravidla další prvek nebo nějaké nastavbové řešení, například již zmíněný Control4. [8]

3.2 Podle kompatibility a normalizace protokolů

Systémové instalace se dělí na otevřené a uzavřené neboli firemní systémy. Každé řešení přináší určité výhody a nevýhody.

3.2.1 Otevřené systémy

Komunikační protokoly jsou dané standardem. Proto kompatibilní zařízení může nabízet každý výrobce, je tak možnost si vybrat komponenty v různých cenových hladinách a být nezávislý na výrobci. Jejich nevýhodou je jejich vyšší cena oproti systémům uzavřeným, proto se příliš nepoužívají pro menší aplikace např. byty a rodinné domy. [9]

3.2.2 Uzavřené systémy

Uzavřené systémy pocházejí od jednoho výrobce. Komunikační protokol není veřejný, standardizovaný, proto není možné kombinovat zařízení od různých výrobců. Bývají cenově výhodnější, ale investor zpravidla musí spolupracovat s firmou nebo jejich partnerem po celou životnost instalace. V případě ukončení výroby nastává problém s dalším rozšiřováním a se servisem. [9][10]

Tento typ systému používá například Ego-n, NikoBus, Xcomfort, Inels a Foxtrot.

3.3 Topologie

Jednotlivé zařízení se mezi sebou propojují různými topologiemi a ty jsou dané danou sběrnicí. Jejich grafické znázornění je na Obr. 3.1 a popsány jsou níže.

Liniová topologie – jednotlivé prvky jsou zapojeny postupně za sebou v jedné řadě. Při přerušení sběrnice dojde k výpadku zbývajících struktury.

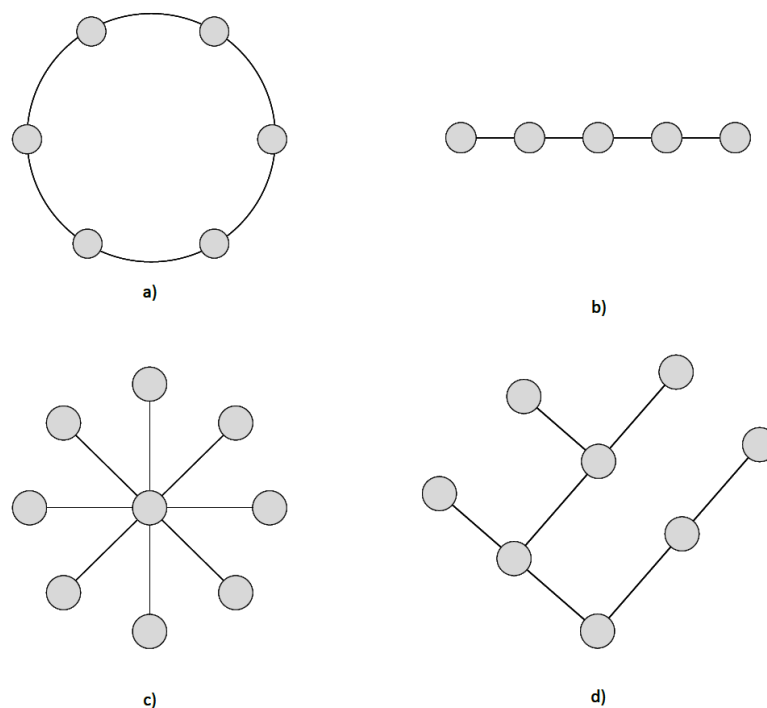
Stromová topologie – větví se podle potřeby. Nevýhoda může být v nepřehlednosti celé struktury při špatně zpracovaném projektu.

Hvězdicová topologie – všechny prvky jsou zapojeny do jednoho bodu, většinou je tento bod centrální řídicí jednotka. Při poruše sběrnice nezpůsobí

porucha výpadek celého systému, ale jen konkrétního prvku. Při této topologii je velká spotřeba kabelů.

Kruhová topologie – výhody liniové topologie, jednotlivé prvky jsou zapojeny za sebou a tvoří uzavřený kruh. Porucha sběrnice v jednom místě nezpůsobí poruchu, toto zapojení se většinou nepoužívá z důvodu možných komunikačních chyb – zacyklení, ale je vhodná při ponechání jednoho konce nezapojeného a v případě problémů, tento volný konec připojit a mít tak alternativu.

Kombinovaná topologie – je variací předcházejících typů topologií. Dochází k ní u rozsáhlých objektů, když to daná sběrnice umožňuje. [12]



Obr. 3.1 Příklad topologie a) kruhové, b) liniové, c) hvězdicové, d) stromové

3.4 Sběrnice, protokoly

Prvky mezi sebou komunikují prostřednictvím sběrnice, kterou tvoří kabel s různým počtem vodičů. Sběrnice může mít různé možnosti zapojení jednotlivých prvků viz. topologie. U systémů decentralizovaných se může skupinou prvků vytvořit oddíl, protože je nutností zachovat komunikaci mezi oddíly, lze je zapojit mezi sebou podle určité topologie. [8]

Použití sběrnic je nejjednodušší a nejpoužívanější přenos dat. Nevýhoda je nutností instalace odpovídající kabeláže a nemožnost jednoduchého rozšíření bez stavebního zásahu. [12]

Sběrnic je velké množství, každý výrobce uzavřeného systému si vytváří i vlastní sběrnici. Níže jsou uvedeny sběrnice, které najdou využití se systémovou

instalací Loxone. O samotném systému Loxone více v kapitole 4. Většinu z nich podporují i ostatní výrobci systémové instalace.

3.4.1 EIB/KNX

Tuto sběrnici používá více než 100 výrobců po celém světě. Využívá ji zejména stejnojmenný systém KNX. Jedná se o nejrozšířenější decentralizovaný systém v Evropě. Všechny zařízení s logem KNX jsou spolu kompatibilní. Výrobci se v rámci konkurence předhánějí v množství funkcí jednotlivých prvků, tím umožňují široký výběr.

Komunikace probíhá po dvou vodičové sběrnici, většinou se jedná o kabel YCYM 2x2x0.8 mm², jeden pár vodičů se používá pro sběrnici a druhý pár se nepřipojuje vůbec nebo se používá pro aplikace využívající bezpečné malé napětí (SELV), již samotná sběrnice kromě komunikace poskytuje i napájení prvků. Po této sběrnici se posílají telegramy, rychlost komunikace po sběrnici při použití krouceného páru je 9,6 kb/s. KNX umožňuje přenos dat i po silovém vedení, s definovanou přenosovou rychlostí 1,2 kb/s, s nosnou frekvencí 110 kHz. Další možnosti komunikace využívající protokol KNX je při použití infračerveného a radiového přenosu a mimo tato vyjmenovaná média lze díky unifikovaným KNX službám použít i média založená na IP komunikaci – Ethernet, Bluetooth, Wi-Fi nebo FireWire.

V tomto systému může komunikovat až 65 536 zařízení pomocí 16 bitového adresování. Síť se skládá ze tří úrovní. Nejvyšší úroveň je páteřní linie s 15 hlavními liniemi, na každou z těchto linií může být napojeno dalších 15 linií. Na jednu linku je umožněno připojit až 256 zařízení, které mohou být zahrnuty do jedné skupiny. Délka vodičů v jedné linii může být až 1000 m, vzdálenost mezi sousedními zařízeními může být maximálně 700 m. Pokud se jedná o zařízení napájené po sběrnici, tak nesmí být připojeno dále než 350 m od zdroje napájení. Dva zdroje by od sebe měly být vzdáleny minimálně 200 m, přičemž v jedné linii mohou být maximálně dva zdroje.

Pro parametrizaci zařízení KNX se používá software ETS. [15]

3.4.2 Loxone Link a Loxone Tree

Sběrnice Loxone Link, dříve známa jako LoxBUS je určena pro komunikace Miniserveru systému Loxone s rozšířeními. Technicky je založena na CAN sběrnici, která je známa především z automobilového průmyslu, ale rozšířila se i do průmyslové automatizace. Elektrické parametry jsou specifikované normou ISO 11898. Maximální přenosová rychlost sběrnice je 1 Mb/s při délce sběrnice cca 40 m. Při větších vzdálenostech komunikační rychlost rychle klesá a pro vzdálenosti 1200 m činí cca 70 kb/s. Protokol sběrnice je ovšem vlastní, tak se jiné zařízení

k této sběrnici nemohou připojit. Topologie této sběrnice je přísně liniová, poslední zařízení musí být zakončeno odporem o hodnotě 120 Ω . [16][17]

Loxone Tree je proprietární sběrnice určená pro připojení tlačítek, pohybových senzorů a termostatických hlavic. Výrobci ji představil teprve v dubnu roku 2016. Na jednu větev sběrnice Loxone Tree lze připojit 50 zařízení, maximální délka jedné větve je 500 m. Sběrnice je čtyřvodičová, napájení je oddělené od datových vodičů. Topologie této sběrnice může být kombinovaná, ale nesmí být uzavřený kruh. Stejně jako Loxone Link, je založena na CAN sběrnici. [18]

3.4.3 Sériová komunikace – RS-232, RS-485

Na začátek by stálo připomenout, že se zásadně musí rozlišovat mezi fyzickou podobou sběrnice a protokolem, který na ní běží. S nedostatečným značením je možné se setkat v technických specifikacích výrobců, kteří uvádějí, že jejich zařízení má rozhraní RS-485, což ale neznamená, že tímto protokolem i komunikuje.

Dříve měl rozhraní RS232 vyveden každý běžný počítač, tak byla komunikace po této lince nejvíce rozšířena. Toto rozhraní se používá na vzdálenost maximálně 15 m, bez možnosti větvení. Komunikační rychlost dosahuje maximálně 115,2 kb/s. RS232 využívá pro přenos dat dva vodiče a dále obsahuje ještě další vodiče pro řízení toku dat, ale ne všechny zařízení toho využívají.

Standart RS485 sériové komunikace definovaný v roce 1983 sdružením EIA. Jeho uplatnění je především v průmyslovém prostředí. Komunikace probíhá po dvou vodičích, možná je i varianta čtyřvodičová, kdy komunikace probíhá obousměrně a odpadá nutnost řízení směru signálu. K počtu vodičů patří ještě jeden společný vodič, zem, ne vždy se tento společný vodič využívá. Při použití bude směrodatná technická dokumentace.

Standart RS-232 se od RS-485 liší především jinou definicí napěťových úrovní, nepřítomností modemových signálů, možností vytváření sběrnice sestávající až z 32 zařízení a možností komunikace na vzdálenost až 1200 m. Přenosová rychlost až 200 kb/s, typicky se používá nižší rychlosti – 19,2 kb/s. U krátkých spojů, do 10 m, může dosahovat až 10 Mb/s. [20]

Linka RS232 pracuje typicky s úrovněmi -12 V a +12 V, zatímco u linky RS485 jsou rozdíly menší, typicky je rozdíl mezi vodiči 2 V. Mezi RS-232 a RS-485 lze použít jednoduchých převodníků úrovně. Možnou nevýhodou je, že není ve standardu specifikován konektor, a tedy ani jeho standardní zapojení. Z toho důvodu v praxi dochází k záměně signálů A a B. Podle normy má vodič A zápornější napětí než vodič B, v praxi tomu bývá občas naopak. [19]

3.4.4 Modbus

Modbus není sběrnice, ale otevřený protokol pro vzájemnou komunikaci různých zařízení na úrovni aplikační vrstvy ISO/OSI modelu. Umožňuje přenášet data po různých sítích a sběrnících. Komunikace funguje na principu master – slave předáváním datových zpráv. Byl vytvořen v roce 1979 firmou MODICON. Komunikace probíhá po řadě komunikačních médií, např. sériová linka, optické, rádiové sítě, síť Ethernet s využití protokolu TCP/IP. V závislosti na použitém přenosovém médiu jsou také dány přenosové rychlosti a vzdálenosti. [28]

Nejvíce rozšířenou sběrnici pro Modbus je sériová linka RS485. Této sběrnice využívá rozšiřující modul pro Modbus od Loxone. Protokol Modbus má dva vysílací režimy, Modbus RTU a Modbus ASCII. Režim určuje formát vysílaných dat. Všechny jednotky na jedné sběrnici musejí komunikovat ve stejném režimu a stejnou přenosovou rychlostí. Každá jednotka musí podporovat RTU, režim ASCII je dobrovolný. [28]

Modbus čítač mohou obsahovat elektroměry, vodoměry a plynoměry a řídicí systém, tak může mít informaci o spotřebě elektrické energie, vody a plynu. Dále pomocí Modbus komunikují topná a chladicí zařízení jako jsou fan-coily, tepelná čerpadla, kotle, rekuperační jednotky apod.

3.4.5 DMX

Sběrnice DMX512 je už dlouhou dobu používána pro ovládání pódiových světel a světelných efektů. Digitální komunikace odstraňuje nedluhy předchozího používaného analogového řešení a přináší daleko více možností, které nejsou pomocí analogového řízení realizovatelné.

Protokol DMX512 byl navržen v roce 1986 institutem USITT, vychází z osvědčeného průmyslového standardu EIA485, označovaného taky RS-485. Vzhledem k používání tohoto standardu v průmyslu jsou technické prostředky připravené pro náročné podmínky. Maximální délka sběrnice je 1200 m při přenosové rychlosti 400 kb/s, avšak rychlost byla stanovena na 250 kb/s. Data jsou po sběrnici posílána sériově a označení DMX512 napovídá, že paket obsahuje maximálně 512 datových bytů. Po sběrnici se posílají pouze data bez adresy. Připojené zařízení má nastavenou vlastní adresu a v závislosti na této adrese přečte požadovaný počet bytů. Na sběrnici mohou mít dvě zařízení stejnou adresu, pak budou na povely reagovat společně.

Z počet adres vyplývá maximální počet kanálů na jednom DMX segmentu, a to 512. Sběrnice má liniovou topologii, zařízení musí být zakončeno terminátorem – rezistor o hodnotě 120 Ω . [21][23]

3.4.6 DALI

DALI je sběrnice určená pro ovládání osvětlení a dnes je často používán především v komerčních a veřejných budovách. Jedná se o otevřený protokol, který byl vyvinut elektrotechnickou komisí IEC (International Electrotechnical Commission). Standart DALI slučuje všechny předřadníky, transformátory, relé moduly nouzové výbavy do jednoho řídicího systému.

Tento systém přináší nespočet výhod. Umožňuje automatické stmívání, vypínání svítidel podle intenzity venkovního osvětlení. Jednotlivé skupiny svítidel jde spínat bez ohledu na silové okruhy. Při změně dispozice lze skupiny svítidel libovolně měnit atd.

Pro instalaci se používá kabel s 5 vodiči, 3 vodiče slouží pro napájení a 2 pro komunikaci. DALI pracuje v režimu master – slave. V síti DALI může být maximálně 64 master zařízení a 64 slave zařízení. Zapojení může mít libovolnou topologii, jen kruhová není povolena. Systém se dá rozdělit do 16 skupin, se 16 scénami. Maximální délka sběrnice mezi prvky je 300 m. Přenosovou rychlost specifikuje norma na 1,2 kb/s. [24][25]

3.4.7 1-Wire

Sběrnice 1-Wire je navržena firmou Dallas Semiconductor, nyní Maxim Integrated. Umožňuje připojit několik zařízení k řídicí jednotce, komunikace probíhá v režimu master (server) – slave (klient). Sběrnice se může zapojit dvojnásobem. V jednodušším provedení lze využít pouze dvou vodičů – zem a obousměrný signálový vodič. Jednotlivá zařízení se v tomto případě napájí ze signálového vodiče, takovému zapojení říká parazitní. Spolehlivější variantou je použití třívodičového zapojení – zem, napájení, signál. Komunikace probíhá malou rychlostí 16,3 kb/s. Délka sběrnice při použití kvalitní kabeláže až 500 m. Doporučená topologie je hvězdicová, liniová, liniová s malými odbočkami a v omezené míře liniová s většími odbočkami, podle zvolené topologie se mění doporučená délka vedení. Z hlediska počtu připojených zařízení, délky a spolehlivosti je nejoptimálnější použití liniové topologie.

Většinou slouží k připojení teplotních senzorů, senzorů osvětlenosti, vlhkosti, CO₂, kouře, pohybu atd.

Tuto sběrnici používá i technologie iButton, která se používá u elektronických zabezpečovacích systému, vrátníků a docházkových systémů. [26][27]

3.5 Bezdrátová komunikace

Prvky mezi sebou nebo s centrální jednotkou komunikují bezdrátově pomocí rádiové komunikace. Výhodou bezdrátové komunikace je snadná instalace bez

nutnosti natahovat komunikační sběrnici, možná přemístitelnost ovládacího prvku, případně možnost rozšíření bez nutnosti stavebních úprav, přidělení bezdrátových senzorů na místa, kam by to s drátovou variantou nebylo možné, třeba na skleněnou příčku. Nevýhodou takového řešení je potřeba měnit baterie v takových zařízeních a jistá další omezení z toho plynoucí.

System KNX využívá bezdrátovou sběrnici KNX RF. Komunikace probíhá na frekvenci 868,3 MHz. Ostatní výrobci mají podobné řešení, většinou s frekvencí okolo 868 MHz.

3.5.1 EnOcean

EnOcean je bezdrátová samonapájecí technologie pracující na frekvenci 868,3 MHz. Tento standard byl specifikován normou IEC 14543-3-10 v roce 2012. Technologie EnOcean se liší od jiných bezdrátových technologií podobného užití jako ZigBee a Z-Wave hlavně v principu získávání pro napájení. energii získává z nepatrného pohybu, energii ze světla a energii z tepla. K tomu se využívá piezoelektrických měničů umístěných ve vypínači, drobné solární buňky a Peltierových článků (teplotní rozdíl již 2 °C), proto většina zařízení EnOcean nepotřebuje žádné externí napájení. Tím odpadá nevýhoda výměny baterie v bezdrátových prvcích. Baterii obsahují například hlavice na otopná tělesa, kdy jejich pohon má větší nároky na energii.

Komunikace funguje až na vzdálenost 700 m ve venkovním prostředí a 60 m uvnitř budov. [14]

3.6 Powerline, optické vlákno, ethernet

Komunikace po silovém vedení se často označuje jako powerline. Pomocí powerline adaptérů je snadné si doma rozšířit kabelové připojení k internetu pomocí stávajících rozvodů silového vedení. Kromě toho, pomocí powerline může systémová elektroinstalace komunikovat s domácími spotřebiči. Po silovém vedení umí komunikovat například systém KNX, ale toho moc nevyužívá, není dostatek prvků, které tuto možnost nabízejí. Některé spotřebiče značky Miele umějí komunikovat po silovém vedení při použití patřičného hardwaru, tím je umožněno je řídit, bez nutnosti tahání dalšího vodiče nebo využívání bezdrátového přenosu.

Komunikace po optickém kabelu se používá pro komunikaci na větší vzdálenosti bez nutnosti používat opakovače, protože optické vlákno má nízký útlum, dosahuje vysoké rychlosti přenosu dat a je odolné proti elektromagnetické interferenci. U systémové instalace je toto vhodný způsob přenosu dat mezi více řídicími jednotky v rozsáhlých areálech.

Ethernového rozhraní se dnes hojně používá pro svoji jednoduchost a univerzálnost. Nejčastěji se používá pro připojení zařízení k místní síti a internetu,

ale i pro další aplikace. Dnes se již nevyužívá CCTV (analogový kamerový systém), ale IP kamery, které právě využívají ethernetového rozhraní pro datový přenos i pro vlastní napájení – POE (Power Over Ethernet). Pomocí tohoto rozhraní se většinou i systémová instalace programuje, připojuje k síti Ethernet, pro možnost vzdáleného dohledu a ovládání. Vlastní kabely a konektory nacházejí mnohem širší uplatitelnost, a to vzhledem k jejich velké univerzálnosti a nízké ceně.

4 SYSTÉM LOXONE

Práce se dále bude zabývat především systémem Loxone, protože tento systém byl vybrán pro realizaci projektové dokumentace daného objektu. Systém Loxone byl zvolen z důvodu uživatelsky přívětivého programového prostředí, hotovou aplikací pro mobilní zařízení a přímou podporu sběrnice KNX.

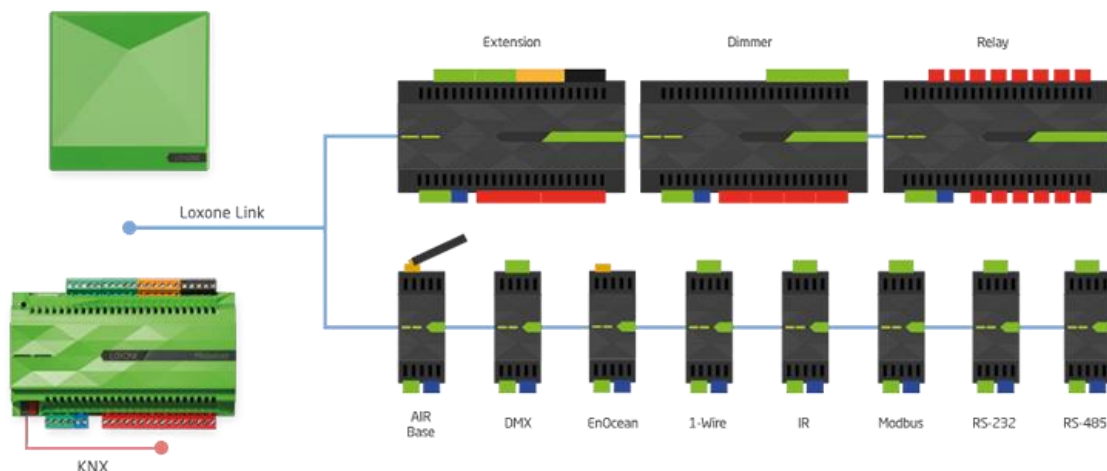
Loxone Group je rakouská společnost založená v roce 2008, která vyvíjí svůj vlastní systém domácí automatizace Loxone. V této oblasti se jedná o jeden z nejmladších systémů, který se neustále vyvíjí a zdokonaluje. Loxone je centralizovaný systém domácí automatizace.

Centrální jednotkou systému Loxone je Miniserver. Centrální jednotka disponuje ethernetovou zdířkou RJ-45 pro připojení k síti, slot na paměťovou kartu s programem, svorky sběrnice KNX a Loxone Link, napájecí svorky, vstupní a výstupní svorky. Počet a typ vstupů je uveden v Tab. 4.1 spolu s ostatními prvky připojitelné k systému Loxone.

Rozšiřující moduly se připojují pomocí sběrnice LoxBUS k Miniserveru, které zvyšují počet vstupů a výstupů, přidávají další komunikační možnosti pomocí různých protokolů.

Na jeden Miniserver lze připojit až 30 rozšiřujících modulů, což v součtu znamená až 498 vstupů a 372 výstupů. V případě potřeby je možné provozovat více Miniserverů a nastavit jejich vzájemnou komunikaci. Miniserver má procesor o taktu 400 MHz a 64 MB RAM paměti. Z toho je využito přibližně 10 MB pro běh operačního systému.

K systému Loxone je velmi dobře zpracovaná dokumentace přístupná online na webových stránkách i offline v podobě textového dokumentu. Dokumentace obsahuje návody ke všem zařízením Loxone a spoustu praktických ukázek zapojení, programování a integraci dalších zařízení. Systém Loxone se programuje v softwaru Loxone Config, který je k dispozici zdarma.



Obr. 4.1 Loxone Miniserver a rozšíření [29]

Parametry vstupů a výstupů:

DI – Digital Input – digitální vstup

- 24 VDC
- Minimální odezva: 3 ms
- Maximální frekvence: 150 Hz
- Přesnost: ± 1 Hz
- Vstupní odpor: 10 k Ω
- Zatížení: max. 100 mA

DO – Digital Output – digitální výstup

- Relé – 5 A, 16 A, při větších zatíženích nutno použít pomocné relé

AI – Analog Input – analogový vstup

- 0–10 V s 10 bitovým rozlišením
- Lze využít jako digitální vstupy až do 24 V_{DC}
- Vstupní odpor: 10 k Ω

AO – Analog Output – analogový výstup

- 0–10 V_{DC}

Tab. 4.1 Přehled prvků Loxone

Název	Funkce
Miniserver	8x DI, 8x DO, 4x AI, 4x AO
Extension	12x DI, 8x DO (5 A), 4x AI, 4x AO
Dimmer	8x DI, 4 stmívatelné kanály 230 V
Relay	14x DO (16 A)
AIR Base	128 bezdrátových zařízení Loxone
DMX	1x DMX výstup, až 128 DMX kanálů
EnOcean	1x EnOcean vysílač, až 128 EnOcean zařízení
1-Wire	1x 1-wire rozhraní, 20 senzorů, neomezený počet iButton
IR-Extension	1x IR rozhraní, 8 IR modulů, délka vodičů až 500 m
IR-Modul	2x vstup pro IR vysílač (3,5 mm vstup)
Modbus	1x Modbus RTU rozhraní, 32 zařízení, 253 senzorů
RS-232	1x RS232 rozhraní
RS-485	1x RS485 rozhraní
DALI	1x DALI rozhraní, 64 zařízení, 16 skupin
Tree extension	2 Tree větve, 50 zařízení na větev, délka větve 500 m
Internorm	Integrace Internorm I-tec větrání a stínění, 40 komponent
Fröling	Integrace ovládání kotlů Fröling
Intercom	Rozšíření o funkci video vrátného

4.1 Miniserver GO a rozšíření AIR

System Loxone disponuje i druhým typem centrální jednotky a tím je Miniserver GO. Ten je určen pro již hotové domy a rekonstrukce bez nutnosti předělávat elektrické rozvody. Komunikace se senzory a aktory probíhá bezdrátově na frekvenci 868 MHz nebo 915 MHz, podle regionu. Pro lepší dosah je použita tzv. MESH technologie. K tomuto Miniserveru jsou používány bezdrátové prvky, které se stejně tak dají použít ke klasickému Miniserveru určeného pro montáž do rozváděče. Na AIR modul se může připojit až 128 bezdrátových zařízení.

Tab. 4.2 Přehled bezdrátových prvků Loxone

Název	Funkce
Smart socket Air	Dávkově ovládaná zásuvka
Multi extension Air	12x DI, 8x DO, 1-Wire, RGBW/PWM výstup (1x RGB pásek nebo 3x jednobarevný pásek)
RGBW 24V Dimmer Air	4x LED stmívač - 50 W na kanál
Remote Air	Dálkové ovládání s 5 dotykovými tlačítky
IR control Air	IR přijímač a vysílač, 4x externí vysílací oko, 1x přijímací oko
Detektor kouře Air	Detektor kouře, optický a akustický alarm
Senzor teploty a vlhkosti Air	Měření teploty a vlhkosti, 2x DI
Touch Air	5 tlačítko, stavové LED, zpětná odezva při dotyku
Touch Pure Air	5 tlačítko, stavové LED, zpětná odezva při dotyku, LED podsvícení
Nano IO Air	2x DO, 6x DI, 24 V _{DC} výstup (max. 1 W)
Nano Dimmer Air	1x stmívatelné výstup
Aquastar Air	6 cestný ventil pro bazén, 1x 1-wire
Hlavice Air	Hlavice na ventil otopného systému, senzor teploty
Geiger SolidLine Air	Trubkový motor pro stínící techniku
IR elektroměr Air	Vyčítání dat elektroměru přes IR
Okenní a dveřní senzor Air	Magnetický kontakt na dveře a okna
Pohybový senzor Air	Senzor pohybu, stavové LED – 2 barvy
Záplavový senzor Air	Senzor zaplavení, stavová LED
Okenní klika Air	Detekuje otevření, zavření, vyklopení okna. Zaznamená vibrace způsobené rozbitím okna.

4.2 Loxone Tree

Výrobce udává, že se při použití zařízení připojených pomocí sběrnice Loxone Tree ušetří až 80 % kabeláže, místo a počet svorek v rozváděči. Dále se zjednoduší montáž a programování, ale to je vykoupeno vyšší pořizovací cenou sběrnicových prvků. V současnosti je k dispozici 6 sběrnicových prvků. Do budoucna se dá předpokládat další rozšiřování nabídky, jen na začátku roku 2017 přibyly poslední dva prvky.

Tab. 4.3 Přehled prvků Loxone Tree

Název	Funkce
Pohybový senzor Tree	360° senzor pohybu se 100° kuželem, senzor osvitů
Loxone hlavice Tree	Proporcionální hlavice na ventil otopné soustavy, stavové LED ukazující pozici ventilu
Loxone Touch Tree	5x dotykové tlačítko, senzor teploty a vlhkosti, zvukový feedback
Loxone Touch Pure Tree	5x dotykové tlačítko, senzor teploty a vlhkosti, zvukový feedback, LED podsvícení
Loxone Nano DI Tree	6x DI
RGBW 24V Dimmer Tree	24 V, 4 kanály, výkon 50 W na kanál

4.3 Music Server

Loxone nabízí svůj Loxone Music Server. Je to multiroom audio systém, který dokáže přehrávat v každé místnosti jinou hudbu, umožňuje vybírat z různých zdrojů, integruje např. služby Spotify, Google Play Music a TuneIn. Music Server se dá používat také jako budík, alarm či zvonek. Music Server je nabízen pro 4, 8, 12, 16 a 20 zón a připojuje se k vícekanálovému zesilovači, který mají taky v nabídce.

Loxone má v nabídce také reproduktory a instalační boxy pro reproduktory. Takový audio systém je nákladný na pořízení. Samozřejmě nejsme odkázáni pouze na oficiální řešení a můžeme integrovat libovolný systém, který se dá ovládat pomocí Ethernetu nebo Wi-Fi, např. hudební zařízení Sonos, Google Chromecast Audio, rádio Lara od Elko-EP apod.

Loxone nenabízí žádnou možnost svého řešení pro video techniku. Tu je možné instalovat libovolnou a ovládat ji pomocí IR modulu, popř. u některých zařízení po ethernetu.

4.4 Rozšiřující zařízení jiných výrobců

Velice zajímavou možností je využití rozšiřujících modulů jiných výrobců. Lákavá na nich je zejména cena, kdy by se při využití rozšiřujících modulů Loxone cena vyšplhala podstatně výše nebo možnost integrovat funkce, které zatím Loxone

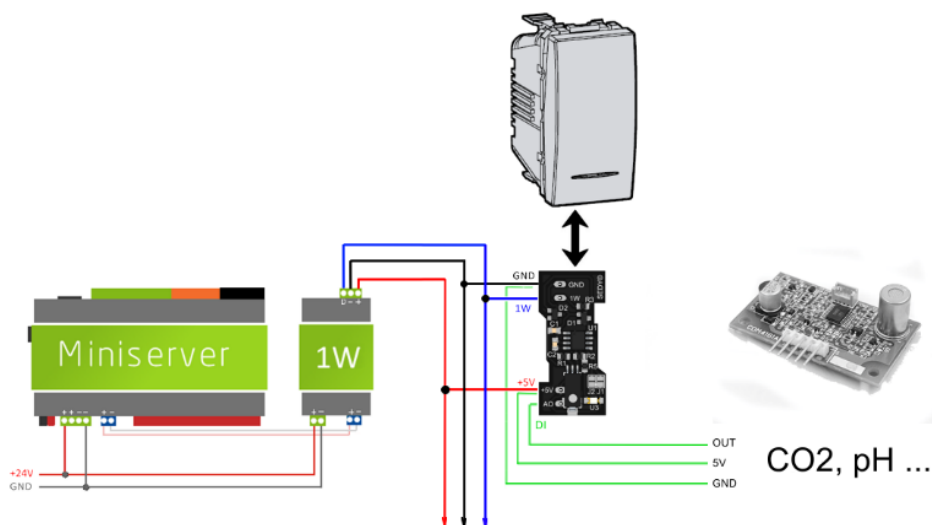
nativně nepodporuje. Z toho plyne i nevýhoda a to, že se musejí dané funkce doprogramovat nebo vložit funkční bloky, které nejsou standardně součástí programovacího prostředí.

Tato rozšíření se k Miniserveru připojují přes Ethernet, sériovou linku RS-232 a RS-485 apod. Bohužel, momentálně je Loxone Config při použití Modbus protokolu, ať už při použití sériové linky nebo ethernetu je omezen obnovováním jednou za 5 s. Tím se nehodí na řadu aplikací.

Jednou takovou možností je využití zařízení od firmy SEDtronic. Tento výrobce nabízí v současnosti 3 výrobky.

Modul Railduino – jedná se o automat (PLC), který najde využití v mnoha aplikacích, je nastaven tak, aby fungoval ve spojení s nadřazeným systémem Loxone. Nadřazený systém je pak schopný ovládat výstupy modulu, případně snímat hodnoty na analogových a digitálních vstupech. Jedno zařízení Railduino disponuje 24 digitálními vstupy, 12 reléovými výstupy, 3 analogovými vstupy, 4 PWM výstupy, 1-wire rozhraním pro 5 senzorů. Komunikace s nadřazeným systémem je možná pomocí sériového rozhraní RS485 nebo pomocí ethernetové komunikace. Nyní používá protokol Modbus, tak se k němu vztahují informace uvedené výše. Je možné, že se do budoucna něco změní.

Unica 1-wire modul – jedná se o senzor pro připojení ke sběrnici 1-wire. Tento modul lze namontovat do tlačítek Schneider UNICA s podsvícením, které se pro montáž toho rozšíření musí vyjmout. Vyrábí se v různých provedeních s různou funkcionalitou a umožňuje podle provedení snímat několik veličin – teplotu, vlhkost, CO2, pohyb atd. Příklad zapojení je na Obr. 4.2, který je převzat ze stránek výrobce.



Obr. 4.2 Zapojení Unica 1-wire modulu (www.sedtronic.cz)

Možné funkce osazeného tlačítka UNICA:

1. Využití sběrnice 1-wire v místnosti pro snímání veličin
 - teploty, vlhkosti a intenzity světla pomocí obvodu DS2438.
2. Univerzální signalizační LED dioda
 - ovládaná pomocí analog. nebo digitálního výstupu Loxone,
 - výběr barev – modrá, červená, bílá,
 - pouze ve variantě bez senzoru vlhkosti a měření intenzity světla.
3. 1x digitální vstup – pouze ve variantě bez měření intenzity světla.
4. 1x analogový vstup – pouze ve variantě bez měření vlhkosti.
5. Spínací kontakt tlačítka
 - Signál 24 V pro binární vstup.

VNX moduly – jsou určeny pro pohony oken a rolet Velux. Toto řešení plně nahrazuje řídicí systém od výrobce. Jednotlivé varianty se rozlišují podle použití – ovládání okna, rolety.

Další možností je použití například I/O karty řady Quido od Papoucha (www.papouch.com). Quida jsou zařízení, která mají vstupy a výstupy, a která lze sledovat a ovládat přes Ethernet, USB, RS232/RS485. Zařízení používají vlastní komunikační protokol nazvaný Spinel. Který je k nastudování přístupný na webu výrobce.

4.5 Programování Loxone

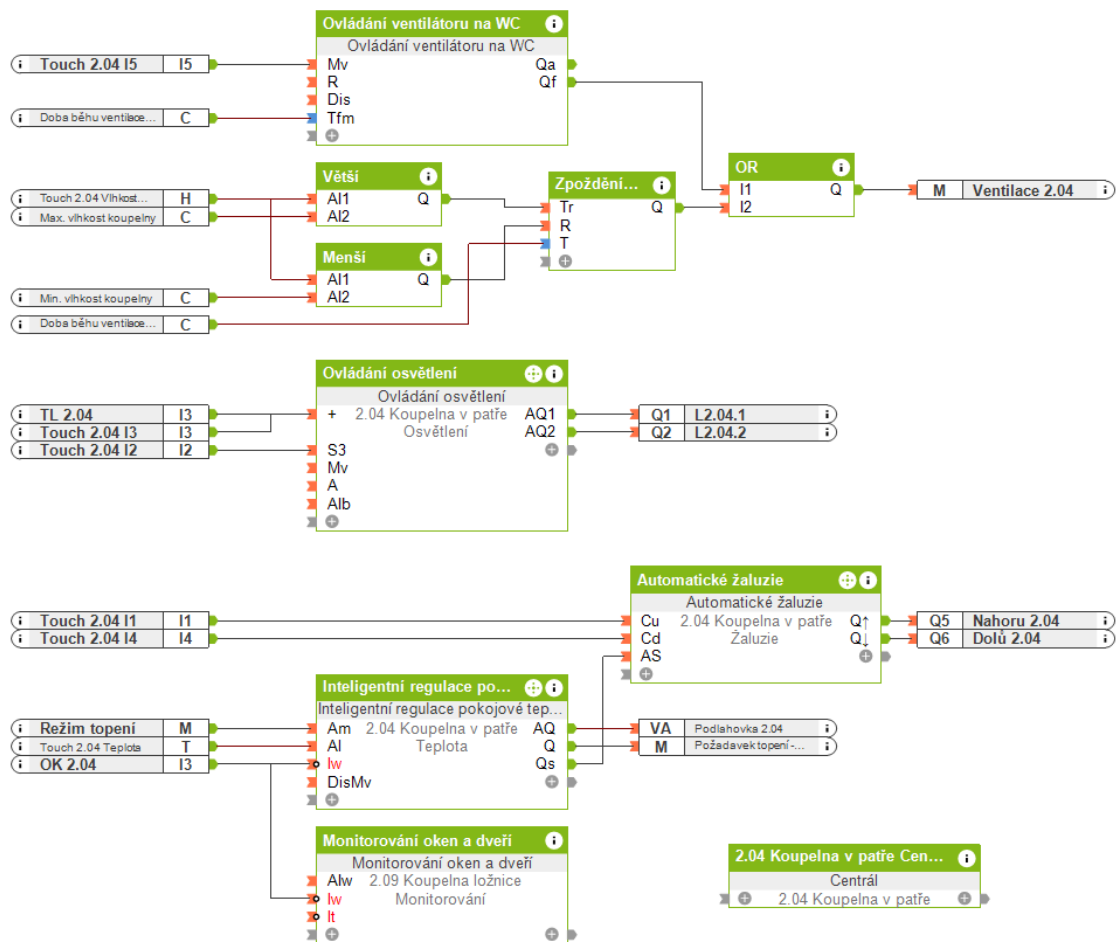
Programování systému Loxone se provádí v již zmíněném softwaru Loxone Config. Tento software je nabízen zdarma a je pravidelně aktualizován. Práce s ním je intuitivní, protože respektuje zvyklosti. Je zde snaha o moderní vzhled a je myšleno na jednoduchost použití, přijdou vhod funkce jako Drag & Drop nebo automatické programování, které šetří čas základním rozmístěním funkčních bloků a do záložek podle místností. Díky předpřipraveným funkčním blokům, nápovědě, ukázkám použití zvládne základní věci programovat pokročilejší uživatel bez znalostí vyšších programovacích jazyků.

Loxone Config nabízí i režim simulace a Live View. Prvně zmíněná možnost umožňuje programovat Loxone bez nutnosti mít k dispozici daný hardware a umožňuje tak otestování konfigurace před nasazením do ostrého provozu. Druhá zmíněná možnost je prostředek ladění programu, umožňuje sledovat v reálném čase chování celého systému, aniž by bylo potřeba běhat po celém objektu.

Když se k systému Loxone připojí komponenty KNX je nutné tyto komponenty neparаметrizovat v prostředí ETS. Tím se docílí jejich správná funkčnost a pak se pomocí digitálních značek s nimi dále pracuje jako se standardními vstupy a výstupy systému Loxone.

Největší výhodou tohoto softwaru je již zmíněná jednoduchost, která umožní uživateli, který sám nezvládne oživit celou instalaci po rychlém zaškolení měnit základní věci – změna chování tlačítek, doba svícení apod. Tím odpadá zpoplatnění příjezd technika nebo jeho vzdálené připojení kvůli jednoduchým zásahům do ovládání.

Na Obr. 4.3 je ukázka programu ovládání místnosti 2.04 Koupelna v 2.NP, ukazuje ovládání osvětlení, spínání ventilátoru v závislosti na vlhkosti, ovládání žaluzií a topení.

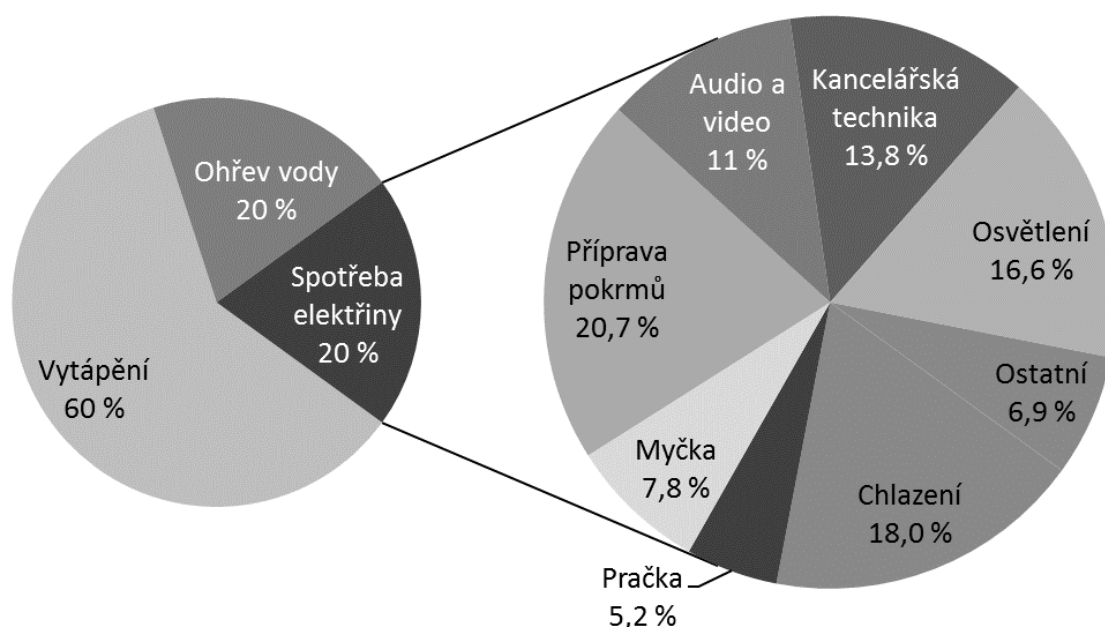


Obr. 4.3 Ukázka programu místnosti 2.04 – Koupelna 2. NP

5 TZB A SPOTŘEBIČE

Zkratka TZB označuje obor Technická Zařízení Budov. Zahrnuje obory instalace (vytápění, vzduchotechnika, chlazení, rozvody plynu, vody a kanalizace), elektrotechnické rozvody (měření a regulace, elektrorozvody, zabezpečovací technika, hromosvody, telefonní rozvody, rozvody televizního signálu, počítačové sítě) a ostatní technická zařízení (osvětlení, výtahy).

Celých 80 % spotřeby energie v domácnosti připadá na vytápění a ohřev vody, zbytek připadá na spotřebu elektrické energie pro ostatní spotřebiče v domácnostech, jako jsou spotřebiče pro přípravu jídla – pečící trouba, varná deska, chlazení, osvětlení, praní, mytí nádobí, kancelářská a audio-video technika v poměru vyjádřeném na Obr. 5.1.



Obr. 5.1 Graf rozdělení spotřeby v domácnostech [34]

5.1 Osvětlení

Mezi nejvíce využívané spotřebiče v domácnosti patří bezesporu osvětlovací technika. Ačkoliv se používají stále úspornější světelné zdroje, pořád patří osvětlení mezi hlavní spotřebiče elektrické energie. Vhodným řízením, čímž rozumíme spínání a stmívání, je možné část elektrické energie ušetřit. Kromě toho stmívání přispívá ke zvýšení životnosti světelných zdrojů a pro uživatele je i příjemnější postupný náběh a sestup světelného toku.

Světelné zdroje se dělí na 3 druhy:

- teplotní zdroje – klasické a halogenové žárovky,
- výbojové zdroje – nízkotlaké (zářivky a kompaktní zářivky) a vysokotlaké (nemají velké využití v domácnostech),
- polovodičové – LED světelné zdroje.

Řízení osvětlení umožňuje vytvářet světelné scény spínáním, stmíváním či změnou barvy osvětlení. Osvětlení se dá provázat na běžný život v domácnosti, např. ztlumit osvětlení při sledování televize. Řídicím systém se ovládají předřadníky světelných zdrojů. Existuje několik druhů řídicích systémů – analogových a digitálních, více v *Řízené osvětlování a stínění v inteligentním domě* [5].

5.2 Stínící technika

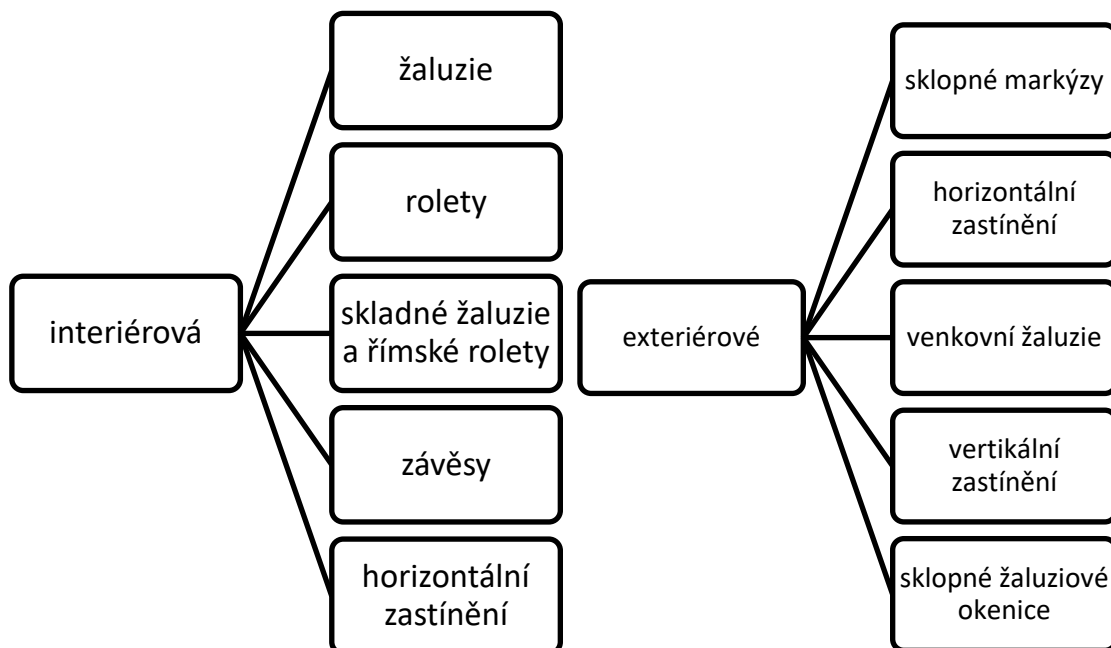
Stínící technika umožňuje vytvářet v interiéru komfortní prostředí prostřednictvím regulace světelných podmínek a teploty. Obzvláště v moderních stavbách, kde jsou použité vysoké standardy zateplení a mnoho prosklených ploch pomáhají bojovat proti přehřívání interiéru a udržet tak příjemnější klima.

Vhodně zvolené řízení stínící techniky zabraňuje v letních měsících přehřívání interiéru, kdy by náklady na chlazení značně vzrostly. V opačném případě by bylo zapotřebí zbytečně svítit, z důvodu přílišného zastínění místnosti a nevyužil by se potenciál denního světla. V zimních měsících se situace obrací, využívá se slunečních paprsků k prohřívání interiéru. Dalším požadavkem může být snaha o poskytnutí soukromí nebo bezpečnosti.

Základní členění stínící techniky je na interiérovou a exteriérovou stínící techniku, viz Obr. 5.2. Na venkovní stínící techniku se kladou větší požadavky jak na samostatné prvky, tak i jejich řízení zejména kvůli klimatickým vlivům, aby se vlivem špatného počasí nepoškodily.

Ruční ovládání stínící techniky je sice jednoduché a levné, ale určitě není komfortní. U rezidenčních objektů je manuální ovládání představitelné, avšak nekomfortní a nevyužije se výše zmíněných výhod řízení. U větších objektů se stínící technika neobjede bez základního řízení.

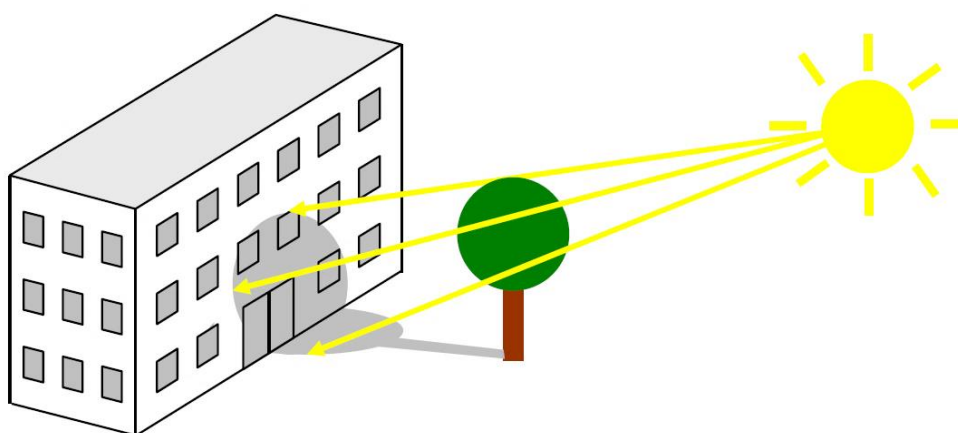
Každý výrobce stínící techniky osazuje do svých výrobků jiný typ motorů. Nejčastěji se jedná o asynchronní motor, u kterého se přímo spínají jeho vinutí nebo mají integrovaný svůj řídicí systém, se kterým systémová elektroinstalace komunikuje. U méně náročných aplikací, jako vnitřní a meziskelní žaluzie, se používají stejnosměrné motory.



Obr. 5.2 Členění stínící techniky

Exteriérovou stínící techniku je nutné chránit před nepříznivými klimatickými podmínkami, především před větrem a namrzajícím deštěm. Nemělo by se zapomenout na možnost vypnutí automatického režimu systému řízení žaluzií proti nechtěnému zablokování cesty přes dveře na terasu či zahradu nebo pro případ údržby stínící techniky.

Při řízení stínící techniky lze brát ohled i na zastiňující objekty – stromy, okolní budovy, viz Obr. 5.3.



Obr. 5.3 Zastiňující objekt [32]

Méně známé a používané je použití skleněné výplně s PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal) fólií. Tato fólie je připojena ke zdroji napětí, když se fólie odpojí od napájení, jsou tekuté krystaly náhodně rozptýlené a fólie se zneprůhlední a je netransparentní. Při zapnutí napájení se krystaly seřadí a tím se stane fólie

transparentní. Přechod z jednoho stavu do druhého je téměř okamžitý a lze jej libovolně opakovat. Obchodní názvy jsou např. Smart glass nebo LCD glass. [37]

5.3 Vytápění, chlazení, výměna vzduchu

Značnou energetickou náročností se vyznačuje vytápění, chlazení a výměna vzduchu v místnostech. Tato zařízení mohou být samostatně nebo jedno zařízení může kombinovat více funkcí.

Popis vytápění je kvůli své rozsáhlosti umístěný v samostatné následující kapitole. Klimatizace jsou v zásadě tepelná čerpadla a jsou probrány tamtéž.

Větrání slouží k výměně vzduchu v místnostech, tím dochází k odvádění znehodnoceného vzduchu s množstvím znečišťujících látek – vlhkost, prach, bakterie, pach, CO, CO₂, VOC. V domácnostech se výměna vzduchu provádí většinou otevřením okna. Větrat tímto způsobem není vždy možné a je energeticky nevýhodné. Spolu s výměnou vzduchu přímo souvisí únik tepla či chladu. V moderních stavbách, nízkoenergetických, pasivních domech, výškových budovách, kde vzhledem ke konstrukci nejsou ani otevíratelná okna, je prováděno nucené větrání s rekuperací tepla. Rekuperace je zpětné získávání tepla, teplo se získává z odchozího vzduchu a ve výměníku je předáváno vzduchu čerstvému. Rekuperační jednotky jsou pasivní a aktivní. Pasivní rekuperační jednotky potřebují zdroj tepla, jinak by nebylo možné z čeho získávat teplo, protože rekuperační jednotky pracují s určitou účinností. Aktivní rekuperační jednotky jsou v principu tepelná čerpadla spojená s výměnou vzduchu, přiváděný vzduch je ohříván, dochlazován, a kromě výměny vzduchu mohou aktivní rekuperace ohřívat vodu.

5.4 Zabezpečení

Další důležitou součástí vybavení obytných budov jsou zabezpečovací zařízení pro ochranu zdraví a majetku. Jedná se o zařízení označované zkratkou PZTS (Poplachové Zabezpečovací a Tísňové Systémy), dříve jako EZS (Elektronický Zabezpečovací Systém), EPS (Elektronická Požární Signalizace) a kamerový systém. PZTS je soubor kontaktů, čidel, detektorů, hlásičů, ústředen, prostředků poplachové signalizace a ovládacích zařízení. Vše dohromady vytváří celek, který detekuje narušení a následně signalizuje (opticky, akusticky) informaci o narušení střeženého objektu.

Základním prvkem je ústředna, která řídí celou funkčnost a jsou k ní připojené všechny senzory a aktory. PZTS by měl být nezávislý na dodávce elektrické energie – zálohování bateriemi. Prvky se mohou rozdělovat do 3 skupin ochrany.

Prvky plášťové ochrany jsou magnetické kontakty, které detekují otevření oken a dveří, čidla na ochranu skleněných ploch – detekce rozbití skleněné výplně, vibrační čidla – detekce průrazu stěn, podlah, stropů či jiných stavebních konstrukcí. Prostorová ochrana je doplnění ochrany plášťové. Tvoří ji pasivní a aktivní detektory. Do této skupiny patří pasivní a aktivní infračervená čidla (PIR, AIR), ultrazvuková a mikrovlnná čidla. Nejčastěji se v praxi používá PIR čidlo.

Tísňová ochrana je pro případ přímého ohrožení. Poplach je vyvolán manuálním stiskem tlačítka, vždy záleží na prostředí, ve kterém se tlačítko bude nacházet a pak se dělí na hlásiče veřejné a skryté. Veřejné hlásiče musí být umístěny na veřejném viditelném místě a chráněny proti neúmyslnému vyhlášení poplachu. Většinou se používají k vyhlášení požárního poplachu. Skryté hlásiče se využívají do místností se zvýšenou ochranou jako jsou banky, kde slouží k přivolání pomoci.

EPS je soubor technických zařízení k detekci požáru, signalizaci a přivolání pomoci. Tu lze rozlišovat na pasivní a aktivní. Při aktivní pomoci systém kontaktuje hasičský sbor a případné spuštění automatického hasicího zařízení. Systém pasivní pomoci informuje bezprostřední okolí, majitele. Pro detekci se používají detektory překročení teploty, pyrometrické detektory plamene, optické hlásiče kouře, ionizační hlásiče nebo tlačítkové hlásiče. Moderní metodou je využití rozpoznávání obrazu z kamer. [35][36]

6 TEPELNÝ SYSTÉM

Problematika vytápění je velmi rozsáhlé téma. Pro návrh efektivního způsobu vytápění je potřeba znát tepelné ztráty, možnosti místních zdrojů, určení a využívání prostor budovy.

Vytápění obytných prostor je nezbytnou součástí života člověka. Zdroje tepla se využívají nejen pro vytápění, ale i pro ohřev teplé vody.

6.1 Rozdělení

Dělení systémů vytápění je celá řada – druh použitého paliva, způsob dodávky tepla, podle způsobu předávání a podle látky předávající teplo.

Podle druhu použitého paliva:

- vytápění tuhými palivy,
- vytápění plynnými palivy,
- vytápění tekutými palivy,
- vytápění elektrickou energií.

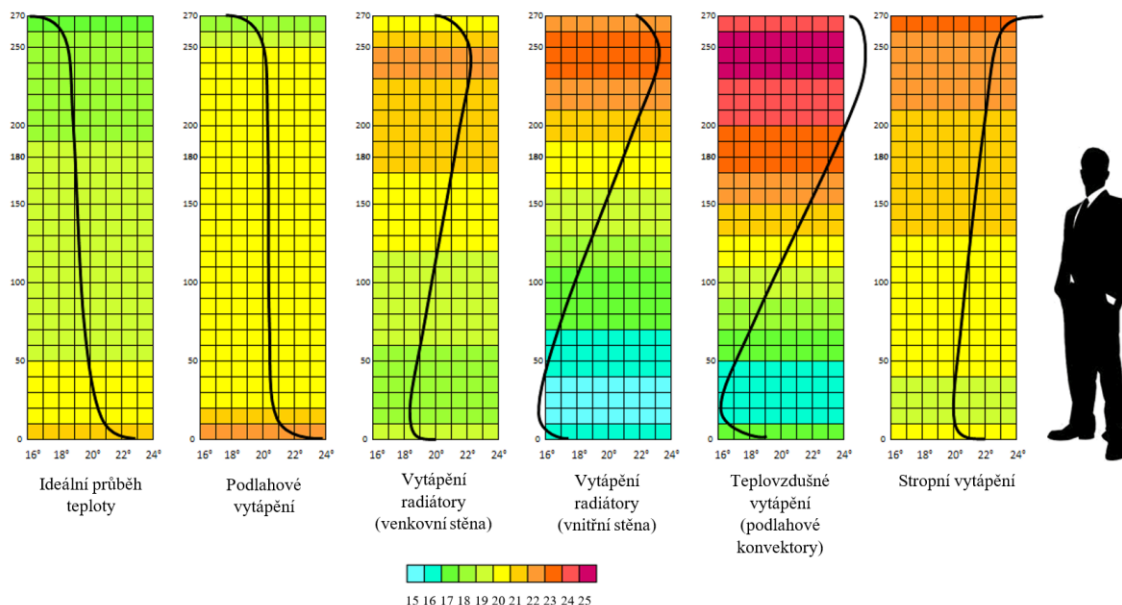
Podle způsobu dodávky tepla: [30]

- lokální – vytápění jedné místnosti jedním topidlem bez rozvodů tepla a otopných těles,
- etážové – jedním topidlem se systémem rozvodů tepla a otopných těles, vytápí více místností jednoho bytu,
- ústřední – jedno topidlo vytápí několik bytů jednoho objektu,
- dálkové – více objektů je vytápěno z jednoho topidla umístěného ve vzdálené kotelně nebo pomocí výměníku.

Podle způsobu přenosu tepla do místností: [30]

- vytápění otopnými tělesy – systémem rozvodů tepla se teplo od topidla přenáší do systému otopných těles, které teplo předávají do místností,
- podlahové vytápění – systém trubek umístěných v podlaze předává teplo do místnosti bez otopných těles přímým přestupem tepla do podlahy,
- stěnové vytápění – systém trubek s topnou kapalinou je umístěn ve stěnách a předává teplo do místnosti sáláním,
- teplovzdušné vytápění – vypění teplým vzduchem ohřátým teplovzdušným topidlem – krby, ventilátory, klimatizační jednotky apod.

Podle Obr. 6.1, na kterém jsou zobrazené profily rozložení teploty v místnosti pro různé způsoby přenosu tepla se jeví jako nejvhodnější použití podlahového vytápění, které se nejvíce blíží k ideálnímu stavu.



Obr. 6.1 Teplotní profily různých typů otopných ploch (převzato z [31])

Kromě technických požadavků se na otopnou soustavu kladou i nároky hygienické. Mezi ně patří případ nuceně větrané místnosti, kdy při provozu větracího zařízení nesmí poklesnout teplota v místnosti pod hodnotu stanovenou projektem a rychlost proudění vzduchu v místnosti, která je určena k trvalému pobytu nesmí překročit hodnotu podle platných hygienických předpisů. Teplota otopné vody se volí v souladu se zdroji tepla a hygienickými nároky tak, aby nebyly překročeny povrchové teploty otopných těles. Pro sálavé otopné plochy je předepsaná maximální teplota kontaktních ploch podle místa umístění a u podlahového vytápění je teplota podlahy daná účelem vytápěného prostoru. [33]

Přípustné teploty otopného tělesa:

- místnosti s trvalým pobytem osob (obytné místnosti) 90 °C,
- místnosti s kancelářským a podobným provozem 90 °C,
- místnosti se zvýšenými hygienickými nároky 85 °C,
- výrobní provozy <110 °C.

Povrchová teplota podlahy u podlahového vytápění:

- v místnostech, kde osoby převážně stojí 26 °C,
- u obytných a administrativních budov 28 °C,
- u koupelen, chodeb a bazénů 32 °C.

6.2 Tepelné zdroje

U rodinných domů se setkáváme s lokálním způsobem dodávky tepla. Lokální topidla se dále rozlišují podle použitého paliva a podle něho se může jednat o jeden z následujících zdrojů:

- Elektrická topidla:
 - elektrické přímotopy,
 - nástěnné infrazářiče,
 - akumulární elektrické kamna,
 - elektrické krby.
- Plynová lokální topidla:
 - nástěnná plynová lokální topidla,
 - přenosná plynová lokální topidla.
- Lokální topidla na tuhá paliva:
 - kamna,
 - krby,
 - krbová kamna.

Topidla můžeme rozdělit na klasická a alternativní. Mezi klasická patří kotle na tuhá a kapalná paliva, plynové kotle, kotle elektrické, přímotopy plynové a elektrické, krby a kamna. Alternativními topidly jsou tepelná čerpadla, solární vytápění, teplovzdušné vytápění nebo infra vytápění. [30]

6.3 Otopná tělesa

Pro předávání tepla do místnosti se používají otopná tělesa. Nejčastěji se v domácnostech vyskytuje teplovodní vytápění ve spojení s prvními třemi zástupci konvenčních otopných těles uvedených níže. Existuje mnoho dalších způsobů vytápění, jak už vyplývá z výše uvedeného textu, a otopná tělesa lze je obecně rozdělit takto:

- Konvekční:
 - článková,
 - desková,
 - trubková,
 - konvektory.
- Sálavé topné plochy,
 - podlahové,
 - stěnové,
 - stropní.
- Přímotopy – lokální topidla.

Otopná tělesa se dále mohou dělit např. dle použitého materiálu, použití, způsobu připojení apod. Vše má své určité výhody a nevýhody.

V nových stavbách je trend používat nízkoteplotní systémy, sálavé topné plochy s energeticky úspornými zdroji tepla.

Otopný systém musí být navržen jako celek, různá otopná tělesa kladou nároky na rozdílnou teplotu otopné vody, topného média, jednotlivé tepelné zdroje pracují v rozdílných provozních stavech.

6.4 Řízení tepelného systému

Hlavní důvody k regulaci vytápění je teplotní pohoda, úspora tepelné energie a tím finančních nákladů a komfort uživatele. Příjemná teplota v obytné místnosti je obvykle 20–22 °C, přičemž se jedná o individuální hodnotu každého uživatele, dost záleží na fyzické aktivitě. K úspoře tepelné energie tedy dochází, když se nebude vytápět obytný prostor nad požadovanou teplotu. Domácí automatizace přináší komfort uživateli, tím, že minimalizuje počet zásahů a případné zásahy mu co nejvíce zjednoduší.

Při špatném návrhu otopného systému nemusí sebelepší regulace pomoci, proto by se měl klást důraz na správný návrh. Řízení je pak už poslední možností, jak dosáhnout požadovaného cíle.

Dalším důvodem, proč dochází k regulaci je skutečnost, že otopná soustava je navržena na výpočtovou teplotu, což je minimální teplota, která v dané oblasti nastane. Doba trvání výpočtové teploty je vzhledem k celému roku zanedbatelná. Z toho vyplývá, že po většinu topné sezóny je otopná soustava předimenzovaná. Obecně lze v objektech uplatnit různou regulaci. Regulaci lze jednoduše rozdělit podle:

- Výstupní teploty vody ze zdroje tepla.
- Vnitřní teploty vzduchu:
 - přímo – regulace zdroje tepla,
 - nepřímo – regulace teploty otopné vody,
 - místně – regulován výkon jednotlivých otopných těles.
- Venkovní teploty vzduchu – ekvitermní:
 - přímo – regulace zdroje tepla,
 - nepřímo – regulace teploty otopné vody.

Podle zmíněného dělení se regulace může rozdělit na regulaci tepelného zdroje a regulaci otopných těles. K regulaci tepelného zdroje se běžně používají pouze dva základní principy:

Termostat v referenční místnosti:

Ve vytápěném objektu je zvolena jedna místnost, jejíž teplotní režim určuje a rozhoduje o míře vytápění celého objektu. V domácnostech to nejčastěji bývá obývací pokoj. Při dosažení požadované teploty je termostatem vyslán povel ke

zdroji s požadavkem k jeho vypnutí nebo omezení výkonu. Při snížení teploty pod požadovanou míru, která je dána hysterezí termostatu, dojde k vyslání požadavku k zapnutí nebo zvýšení výkonu zdroje tepla.

Ekvitermní regulace:

Ekvitermní regulace přizpůsobuje okamžitý výkon soustavy aktuální venkovní teplotě prostřednictvím regulace teploty otopného média. Závislost venkovní teploty na teplotě otopného média je ve formě vhodně zvolené křivky, která se zadá ekvitermnímu regulátoru. Často je ekvitermní regulace v kombinaci s prostorovým termostatem. Prakticky se teplota otopné vody reguluje řízením hořáku nebo řízením směšovací armatury. V prvním případě hovoříme o přímém okruhu, v druhém o směšovacím okruhu, ve kterém je přívodní voda smíchána s vodou výstupní. Modifikací je ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu. Regulace je upravována na základě teploty v místnosti.

Oba popsané způsoby byly v minulosti široce využívány a používají se stále, a to hlavně z důvodu, že je dodávají výrobci kotlů. Tyto systémy regulace jsou neefektivní a neekonomické, neboť regulací zdroje nelze řešit řízenou distribuci tepla do jednotlivých částí objektu. Metody regulace zdroje tepla jsou na hranici svých možností a dál je nelze rozvíjet. Krokem vpřed je zónové vytápění po jednotlivých místnostech. Cílem je vytápět obytné místnosti na takové teploty, které jsou v danou chvíli požadované a potřebné. To znamená přechod od regulace zdroje k regulaci výkonu otopných těles, v případě teplovodních radiátorů k omezování průtoku otopné vody radiátorem. Tato změna má dopad na hydrauliku otopné soustavy.

Regulace otopných těles:

- ruční,
- termostatické hlavice,
- elektronická regulace plynulá – servopohony,
- elektronická regulace dvoustavová – termostatická.

Nejjednodušší metodou je ruční otevírání a uzavírání ventilu radiátoru. Manuální obsluha je však nekomfortní a nespolehlivá.

Termostatické hlavice jsou komfortnější, požadovaná teplota se nastavuje prostřednictvím otočné části hlavice s vyznačenými stupni. Jedná se o přímočinné proporcionální regulátory s malým pásmem proporcionality, používané pásmo proporcionality bývá zpravidla 2 K. Například to znamená, že při 20 °C bude ventil otevřen a při 22 °C uzavřen. Ke své činnosti nepotřebují energii, hlavice jsou založené na teplotní roztažnosti pracovní látky. Pro správnou funkci je nezbytné, aby soustava byla hydraulicky vyvážená, při regulačním zásahu dochází

k vzájemnému ovlivňování ostatních okruhů a dokonalé vyvážení je prakticky nemožné. Existuje řešení v použití speciálních radiátorových ventilů s integrovaným regulátorem diferenčního tlaku nebo elektronické regulační soupravy s rychlou reakcí. Systémovou nevýhodou těchto hlavice je absence časového řízení a jejich ručního přenastavení.

K odstranění nevýhod výše uvedených regulací vznikla řada kombinovaných systémů. Mezi hlavní patří zónová regulace a kombinace ekvitermní regulace s termostatickými ventily.

Elektronické regulační prvky dosahují vyšší přesnosti regulace a nabízejí možnost programování časového plánu. Jednotlivé druhy se liší typem použitého akčního členu a systémem komunikace řídicí jednotky s akčním členem. U elektronických hlavice se servopohonem se může jednat o nastavování místně, centrálně nebo kombinací. Servopohon se stará o nastavování zdvihu a tím ovlivňuje průtok otopné vody radiátorem. U hlavice s termostatickým akčním členem dochází vlivem připojení na napájecí napětí k vestavenému topnému článku k otevření nebo uzavření, podle zvolené varianty. Princip je stejný jako u klasických termostatických hlavice, zahříváním dojde ke změně roztažnosti a tím působení na dřík regulačního ventilu. Tento typ ventilů má tudíž jen dvě polohy – otevřeno/zavřeno. Na trhu existují i speciální modely hlavice ovládané zpravidla řídicím napětím 0-10 V, ale jejich cena je podstatně vyšší. Další nevýhodou je dlouhý reakční čas na změnu stavu, nutnost napájení pro požadovaný stav (spotřeba 2-3 W). Výhodou je absolutně tichý provoz. U hlavice se servopohonem je umožněno nastavení libovolné polohy, energie se spotřebovává jen během přenastavení, když se nebere spotřeba řídicí elektroniky. Nevýhodou je hluk při práci servopohonu, jeho intenzita je závislá na výrobci a použitém typu pohonu. [39][40]

Situace se navíc zkomplikuje, když se nebude uvažovat jen jeden tepelný zdroj, ale jejich kombinace, kdy roste náročnost jejich řízení, zařazením akumulčních nádob, současnosti ohřevu teplé vody apod.

6.5 Ohřev TV

Zejména z hlediska tepelných ztrát platí, že příprava teplé vody by měla být co nejbližší spotřebě.

Příprava teplé vody se rozděluje na lokální, centrální a ústřední. U lokálního ohřevu je každé odběrné místo vybaveno vlastním ohříváčem. Centrální ohřev zajišťuje teplou vodu pro několik odběrných míst a ústřední příprava vody pro všechna odběrná místa v budově.

Konstrukčně se ohříváče vody rozdělují na zásobníkový a průtokový ohřev, otevřené (beztlaké) a uzavřené (tlakové) ohříváče, přímo a nepřímo ohřívání. Jednotlivé způsoby mají své výhody a nevýhody.

Potřebu teplé vody řeší norma ČSN 06 0320. Na způsobu ohřevu vody závisí regulace její teploty. Při jednoduchém akumulacním ohřevu vody se ohřívá voda do doby, než je dosažena požadované teplota a termostat vyše požadavek na ukončení dodávky tepla. U průtočného ohřevu vody se reguluje množství předávaného tepla, směšovačem nebo kombinací.

Při návrhu soustavy na přípravu teplé vody se musí respektovat i hygienické požadavky, např. zohlednit množení bakterie *Legionella pneumophila* – běžně se vyskytující v povrchových vodách v zanedbatelných koncentracích, ideální teplota pro množení od 35 do 42 °C. Při teplotě nad 70 °C dochází k úhynu bakterií během několika sekund. Další možnosti odstranění je sterilizace UV zářením, chlorováním, filtrací a anodickou oxidací. [38]

7 NAVRŽENÉ ŘEŠENÍ

V této kapitole se práce věnuje představení objektu, návrhu řízení a regulace tepelného systému pro vytápění a ohřev vody a navrženému řešení systémové elektroinstalace Loxone.

7.1 Popis objektu

Řešený objekt pro zpracování projektové dokumentace elektroinstalace s návrhem řízení a regulace systému je rozestavěná stavba rodinného domu v rané fázi v obci, která se nachází nedaleko Olomouce.

Plánovaný objekt bude vystaven na pozemku o ploše 992 m², podlahová plocha objektu bude 330 m², zastavěná plocha bude přibližně 185 m², obestavený prostor je 1606 m³. Dvoupodlažní objekt rodinného domu má půdorysný tvar obdélníku, který je v 1.NP spojen chodbou s objektem garáže. Objekt je přístupný jak v 1.NP tak v 1.PP. Ze zahrady, tj. na jihozápadní straně, jsou k objektu přiřčeny dvě terasy ve dvou úrovních.

Ve všech obytných místnostech je možné přirozené větrání okny. Všechny obytné místnosti mají dostatečné denní osvětlení, doplněné o umělé osvětlení. Místnosti bez oken jsou opatřeny umělým osvětlením.

7.2 Vytápění a ohřev TV

V objektu je navrženo vytápění dvěma systémy. Jedná se o podlahové vytápění a teplovodní vytápění. Podlahové vytápění je řešeno topným potrubím uloženým na systémové desce zalité v podlahách samonivelačním anhydritovým potěrem. Teplovodní vytápění je řešeno otopnými tělesy – radiátory a otopné žebříky. Třída energetické náročnosti budovy je B.

Na střeše garáže je navrženo umístění trojice plochých solárních kolektorů s celkovou plocha cca 7,5 m² pro přípravu TV a přitápění. K solárním panelům náleží kombinovaná akumulární nádrž Regulus DUO 600/200 PR o celkovém objemu 534 l s integrovaným zásobníkem TV o objemu 190 l, která je umístěna v technické místnosti. V technické místnosti je umístěno také technologické zařízení pro obsluhu solárních panelů a sběrač/rozdělovač podlahového vytápění.

Doplňkovým zdrojem tepla je navržen plynový kondenzační kotel. Kotel je umístěn v 1.NP v místnosti 1.04 (technická místnost), Koaxiální svislý odtah spalin 60/110 mm vyvedený nad střechu. Kotel má dostatečný výkon, aby zvládl ohřev TV a vytápění objektu bez pomoci solárního systému.

Otopná soustava je navržena teplovodní, dvoutrubková s nuceným oběhem vody s max. teplotou topné vody 60 °C, soustava je dimenzována pro následující teploty:

- Okruh otopných těles 60/45 °C, tj. $\Delta t = 15$ °C
- Okruh podlahového vytápění 44/33 °C, tj. $\Delta t = 9$ °C

Potřeba tepla byla stanovena dle ČSN EN 12831 pro oblastní teplotu -15 °C. Topná voda je napojena z kotle nebo akumulární nádrž přes 3 cestný ventil, který ovládá nadřazený systém podle požadavků regulace, na topný systém přes anuloid a rozdělovač se sběračem.

Otopnou plochu klasického vytápění tvoří:

- Ocelová desková topná tělesa
- Topné žebříky umístěné v místnostech 0.03 v 1.PP, 1.08 a 1.10 v 1.NP a 2.05 ve 2.NP.

Otopná tělesa jsou umístěna převážně pod okny a okenními parapety. Radiátorové ventily a ventily podlahového vytápění budou osazeny motorickými hlavicemi.

7.3 Návrh solárního systému

Dle ČSN EN 15316-3-1 je specifická spotřeba teplé vody na jednu osobu v rodinném domě 40-50 litrů o teplotě 60 °C. Pro potřeby výpočtu bilance solárních termických systému pro potřeby z programu Nová zelená úsporám (NZÚ) se uvažuje potřeba vody na 40 l/osoba o teplotě 55 °C.

V uvažovaném objektu se běžně budou vyskytovat 4 osoby, podle výše uvedených kritérií je potřeba 160 l teplé vody denně. Navržený zásobník toto s přehledem pokryje, vzhledem ke konstrukci celé akumulární nádoby poskytne toto řešení mnohem více vody, záleží na teplotě vody v nádrži, průtoku teplé vody a místa prohřátí zásobníku – část nad dělicím plechem, celý objem. Více informací v příloze. Větší zásoba teplé vody se hodí i z hlediska faktu, že se jedná o větší objekt a bude využito řízené cirkulace TV.

Navržený solární systém má v přechodném období zvládnout přitápění, tudíž se nepředpokládá, že by bylo potřeba ohřívat akumulární zásobník a tím teplovodu plynovým kotlem.

Jak již bylo řečeno, na střeše budou umístěny tři solární kolektory, konkrétně solární kolektory Regulus KPG1+ s celkovou plochou cca 7,5 m². Maximální výkon jednoho kolektoru při osvětlení 1000 W·m⁻² je 1883 W, optická účinnost $\eta_0 = 0,816$, lineární součinitel tepelných ztrát kolektoru $a_1 = 3,9$ W·m⁻²·K⁻¹ a kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_2 = 0,0049$ W·m⁻²·K⁻². Další informace opět v příloze.

Navržený systém splňuje požadavky na dotaci z programu NZÚ v oblasti podpory C.3.2 – Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění. Je požadováno, aby vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy byl $\geq 2200 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$, vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy $\geq 280 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$, instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztáženém k celkové ploše apertury $\geq 45 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}$. Výše podpory v této oblasti je 50 000 Kč. Přehled bilance solárního systému je uveden v Tab. 7.1 a v příloze. [41]

Tab. 7.1 Zjednodušení přehled bilance solárního systému

Potřeba tepla pro přípravu TV	3973	kWh·rok-1
Potřeba tepla pro vytápění	17104	kWh·rok-1
Měrný využitelný zisk solárního systému	431	kWh·m ⁻² ·rok-1
Celkový využitelný zisk solárního systému	3099	kWh·rok-1
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla)	14	%

Cena solárního systému na základě poptávky u firmy Regulus je 103 575 Kč bez DPH. Cena montáže solárního systému se pohybuje od 10 000 do 15 000 Kč včetně 15 % DPH. Nabídka obsahuje:

- 3 ks Sluneční kolektor KPG1+
- 1 ks Sada přípojovací pro kolektorové pole – KPS, KPG, KTU
- 1 ks Sada pro uchycení a propojení 3 kolektorů KPG1
- 4 ks Trojúhelníková podpěra 45°
- 1 ks Vzpěra zavětrovací
- 1 ks Odvzdušňovací ventil
- 1 ks Kulový kohout solární 3/8" M/F
- 1 ks Předizolovaná nerez. trubka SOLARFLEX A – DUO DN16x13, 10 m
- 1 ks Předizolovaná nerez. trubka SOLARFLEX A – MONO DN16x13 10 m
- 1 ks Expanzní nádoba SL018
- 1 ks Ventil pro expanzní nádoby 3/4" s držákem na zeď
- 1 ks Trubka pro připojení expanzní nádoby
- 1 ks Čerpadlová skupina S2 Solar3, UPM3
- 1 ks Akumulační nádrž se zásobníkem DUO 600/200 PR
- 1 ks Izolace DUO 600/200 PR
- 1 ks Ventil termostatický směšovací TV mix G 3/4" M

Výkon plynového kotle se zvolí tak, aby pokryl požadavky na vytápění a ohřev TV bez pomoci solárního systému. Typově se bude jednat o závěsný plynový kondenzační kotel jen pro vytápění, protože ohřev vody je řešen v externím zásobníku. Předpokládaný výkonový rozsah kotle 2–14 kW.

7.4 Popis funkce navržené regulace

Pro potřeby realizace solárního regulátoru je potřeba údaj ze tří čidel teploty. Další čidla jsou potřeba pro řízení systému vytápění a ohřev teplé vody plynovým kotlem.

Označení a umístění jednotlivých čidel:

- T1 – teplota solanky v kolektoru
- T2 – teplota zásobníku dole
- T3 – teplota zásobníku nahoře
- T4 – teplota teplé vody
- T5 – teplota otopné vody pro radiátory
- T6 – teplota otopné vody pro podlahové vytápění
- T7 – teplota zásobníku uprostřed

Pro sepnutí solárního čerpadla je potřeba, aby byly splněny následující podmínky. Teplota T1 solanky v kolektoru musí být větší než 20 °C a zároveň musí být vyšší než teplota T2 zásobníku ve spodní části, a to minimálně o nastavenou diferenci 10 °C. Solární čerpadlo se vypne, pokud klesne rozdíl teploty T1 solanky na výstupu solárního kolektoru a teploty T2 ve spodní části zásobníku na 5 °C. Dál se tak stane, pokud voda v akumulární nádobě překročí přednastavenou hranici 90 °C nebo pokud solanka má vyšší teplotu než 115 °C.

Nastavené hodnoty jsou shodné s doporučenými hodnotami pro regulátory od firmy Regulus. V praxi je vhodné případně některé hodnoty upravit. Například spínací a vypínací difference, kdy při nastavení příliš velké difference bude docházet k cyklování, což může vést ke snížení celoročních solárních zisků. Naopak při nastavení příliš malé hodnoty nastává situace, kdy je oběhové čerpadlo solárního systému v provozu, i když není nebo je k dispozici málo slunečního záření. Systém je tak zbytečně v provozu, ale má jen minimální zisk a příkon oběhového čerpadle může být vyšší, než je dodávaný výkon solárním systémem.

Sleduje se doba provozu oběhového čerpadla solárního systému a po nastavení času údržby informuje o této skutečnosti uživatele.

Pro ohřev teplé vody a vytápění je navržena následující regulace. V případě, kdy není dostatečná teplota teplé vody – přednastaveno 50 °C, spustí se kotel a dohřívá horní část zásobníku, dokud teplota nedosáhne 55 °C. Tato funkce je dvoustupňová, při dosažení prvního limitu se spustí časovač a až po uplynutí zadané doby se spustí kotel, v případě ochlazení ještě o jeden stupeň se ohřev spustí ihned.

Systém má ochranu proti bakterii *Legionella pneumophila*, počítá dobu, po kterou nebylo dosaženo teploty přes 60 °C, po zadané době se zásobník dohřeje plynovým kotlem a provede se teplotní dezinfekce systému, a to nejen zásobníku, ale i potrubí.

Zvláštní funkcí je tzv. party režim, kdy se předpokládá zvýšená potřeba teplé vody, tak se v případě, kdy je teplota vody v zásobníku nižší, než požadovaná v tomto režimu zapne plynový kotel a na zadanou teplotu vodu v zásobníku ohřeje.

Cirkulační čerpadlo teplé vody je v provozu jen tehdy, je-li někdo doma, vypíná se odchodových tlačítkem, spíná se příchodových tlačítkem a taky se řídí podle časového plánu.

Spínání čerpadel otopné soustavy je závislé na požadavcích bloků inteligentních regulátorů pokojové teploty, které nastavují nejen pozici dříku na elektromotorické hlavici, ale i dávají požadavek na topení. Ekvitermní regulátory nastavují požadovanou teplotu zvláště pro okruh radiátoru a zvláště pro okruh podlahového vytápění. Také čerpadla jednotlivých okruhů se spínají samostatně.

Otopný systém si bere otopnou vodu ze střední části akumulární nádrže. Při požadavku na vyšší teplotu, než jaká je právě ve střední části zásobníku se přepne třícestný ventil a plynový kotel ohřívá jen otopnou vodu, která cirkuluje v podlahovém systému a v radiátorech. Na základě požadované teploty otopné vody se reguluje výkon kotle.

Ohřev teplé vody má prioritu, během této doby topný systém využívá otopnou vodu o teplotě, jaká je ve střední části akumulární nádoby.

7.5 Návrh osvětlení

Návrh umělého osvětlení byl proveden pomocí softwaru Building Design s modulem Wils 7 pro výpočet umělého osvětlení. Tento program provádí výpočet osvětlenosti bodovou metodou dle EN 12464. Pro osvětlení obytných budov se upravili požadované hodnoty dle normy ČSN 73 4301/Z3 Obytné budovy, která již byla zmíněna v kapitole 2.1 a požadované hodnoty jsou vypsány v Tab. 2.1.

Software umožňuje spolupráci s CAD programy a tím umožňuje snadně a rychle modelovat jednotlivé místnosti, objekty a stavební otvory. Po vypracování návrhu je možný export svítidel, hodnot osvětlenosti a seznamu svítidel do výkresu. Databáze svítidel se dělí na databáze zdarma poskytované a placený balíček databází. Další svítidla je možné naimportovat do programu z LDT a IES souborů.

Návrh umělého osvětlení byl vytvořen a dosažené hodnoty ověřeny pro všechny vnitřní prostory. Kontroluje se dodržení minimálních hodnot průměrné osvětlenosti a rovnoměrnosti. Zjednodušený přehled výsledků osvětlení je v Příloha G. Kompletní protokol o provedených výpočtech je vzhledem k rozsahu jen na příloženém datovém nosiči – Příloha I.

7.6 Elektroinstalace

Elektroinstalace zahrnuje návrh silnoproudých rozvodů, slaboproudých rozvodů a systému Loxone.

Objekt bude připojen z elektroměrového rozváděče, který se nachází na hranici pozemku. V ER bude hlavní jistič o jmenovité hodnotě 3x25 A. Přívodní kabel CYKY-J 4x10 mm² od ER k RH se uloží v chrániče, která bude v zemi v min. hloubce 75 cm dle ČSN 33 2000-5-52.

Objekt je zařazen do 3. stupně zabezpečení dodávky dle ČSN 34 1610. Elektrizace objektu je stupně B. V Tab. 7.2 je uvedena energetická bilance instalovaných elektrických zařízení. Celkový instalovaný výkon je $\sum P_i = 35,2$ kW, na základě výpočtového proudu $I_{VYP} = 22,55$ A je zvolen hlavní jistič s charakteristikou B o hodnotě 3x25 A jako nejbližší vyšší hodnota.

Tab. 7.2 Energetická bilance

Název instalace	Instalovaný příkon P_i (kW)
Zásuvkové obvody	10,0
Osvětlení	2,7
Myčka	2,2
Pračka	2,2
Sušička	0,9
Varná deska	7,5
El. trouba	3,5
Lednice	0,2
Mikrovlnka	1,2
Kávovar	1,0
Žaluzie	3,0
Pohony vrat	0,8
$\sum P_i$ (kW)	35,2
β (-)	0,4
P_S (kW)	14,06
I_{VYP} (A)	22,55

Výpočet proveden dle následujících rovnic:

$$P_S = \beta \cdot \sum P_i = 0,4 \cdot 35,2 = \underline{\underline{14,06 \text{ kW}}}, \quad (7.1)$$

kde P_S je soudobý příkon, β je soudobost, P_i je instalovaný příkon.

$$I_{VYP} = \frac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{14,06}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = \underline{\underline{22,55 \text{ A}}}, \quad (7.2)$$

kde I_{VYP} je výpočtový proud, U je napětí, $\cos\varphi$ je účinník.

7.7 Silnoproudé rozvody

Ochrana před úrazem elektrickým proudem je řešena samočinným odpojením od zdroje dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2., ochranným pospojováním a proudovými chrániči s reziduálním proudem 30 mA. Ochrana živých částí je provedena základní izolací vodičů. Spolu se spojí ochranné vodiče, uzemňovací přívod a ochranné pospojování. Pospojovány budou neelektrické vodivé materiály, zejména kovová potrubí, v objektu konkrétně plynové potrubí, pospojování bude provedeno vodičem CY 6 mm².

Silnoproudé rozvody jsou zakresleny na výkresech č. 503 v Příloha A. Vícenásobné zásuvky jsou ve skupině ve společném rámečku, na místech, kde jsou umístěny i slaboproudé rozvody – televizní a datové zásuvky, umístěny ve společném rámečku spolu se silovými zásuvkami. Všechny silové rozvody jsou napojeny do RH umístěného v technické místnosti. Většina zásuvek je připojena kabelem CYKY-J 3x2,5, výjimku tvoří vybrané zásuvky, které jsou připojeny kabelem CYKY-J 3x1,5, stejně jako všechny obvody osvětlení. Stínící technika je připojena kabelem CYKY-J 4x1,5. Všechny kabely vedou do RH, kde jsou připojeny na silové jednořadé svorky Wago. Osvětlovací obvody a stínící technika je připojena na reléové výstupy systému Loxone, který provádí jejich spínání automaticky nebo na základě požadavku uživatele prostřednictvím tlačítek nebo mobilního zařízení.

7.8 Rozváděč

V rozváděči je místo rozdělení sítě TN-C-S. Jsou zde umístěny všechny ochranné a jistící prvky, přepětová ochrana a prvky systému Loxone.

Byla vybrána rozvodnicová skříň OEZ DN43-4611. V 11 řadách po 46 modulech nabízí místo pro 506 modulů. V prvních 4 řadách bude umístěna propojovací lišta, nulovací můstky, silové svorky Wago a svorkovnice Krone. V následujících třech řadách budou prvky Loxone. Následuje volná řada jako rezerva. Poslední tři řady jsou vyhrazeny pro proudové chrániče, jističe a přepětovou ochranu. Jednotlivé prvky nezabírají celý prostor rozváděče, ale byla nechána dostatečná rezerva pro případné rozšiřování a bylo zaručeno dostatečný volný prostor pro chlazení. Rozváděč bude zapojen podle jednopólového schématu rozváděče. Návrh jištění byl ověřen v softwaru Sichr.

7.9 Slaboproudé rozvody

V objektu je plánován příjem pozemního televizního vysílání DVB-T anténou umístěnou na střeše budovy. Pro případnou změnu jsou do rezervy nataženy spolu s koaxiálním kabelem pro tuto anténu další 4 koaxiální kabely pro případný satelitní příjem. Kabely ústí v datovém rozváděči, kde je umístěn rozbočovač, ze kterého vedou koaxiální kabely ke všem televizním zásuvkám. V rozváděči bude v případě

použití satelitu použit satelitní multipřepínač. V datovém rozváděči jsou také zakončeny na patch panelu všechny FTP CAT6 kabely od ethernetových zásuvek. Dále se v něm budou nacházet router a switch. V 2. NP je plánováno umístění AP pro bezdrátové připojení k domácí síti a internetu. Koaxiální a FTP kabely jsou vedeny v chrániče. Slaboproudé rozvody jsou zakresleny na výkresech č. 303 v Příloha A.

Na zabezpečení řešeného objektu není požadován autonomní elektronický zabezpečovací systém. Jelikož otevíratelná okna v sobě obsahují magnetické kontakty a v některých prostorech je umístěno pohybové čidlo, jsou tato zařízení použita pro zabezpečovací funkce, které jsou realizovány pomocí systému Loxone. Objekt je vybaven autonomními kouřovými hlásiči s duální detekcí kouře a tepla.

7.10 Loxone

Rozváděč bude osazen prvky Loxone, typ a počet je uveden v Tab. 7.3. Zapojení jednotlivých prvků je na výkrese viz Příloha C – Schéma rozváděče Loxone. Centrální jednotka – Miniserver je propojen datovým kabelem se switchem umístěným v datovém rozváděči. Rozmístění tlačítek, pohybových senzorů, radiátorových hlavic je uveden na výkresech č. 303. Podrobnější informace o Loxone jsou v kapitole 4. Označení jednotlivých prvků odpovídá z programování systému v prostředí Loxone Config. Připojení vstupních a výstupních svorek je přes Krone svorkovnice a silové svorky Wago.

Pro napájení těchto prvků je použit jeden zdroj Loxone 24 V s maximálním proudem 4,2 A, který podle jednoduchého výpočtu v tabulce níže bude dostatečně dimenzován i s rezervou pro případné rozšiřování.

Tab. 7.3 Výpočet proudu zdroje – extension

Produkt	Počet (ks)	Proud / jednotka (A)	Celkový proud (A)
Miniserver	1	0,12	0,12
Extension	4	0,06	0,24
Relay Extension	5	0,30	1,50
1-Wire Extension	1	0,0048	0,0048
Tree Extension	1	0,0048	0,0048
			1,8948

Pro napájení příslušenství – tlačítka, pohybové senzory, radiátorové hlavice apod. bude použit další zdroj o stejných parametrech. Ten kromě uvedeného příslušenství v Tab. 7.4 bude napájet ještě step-down měnič pro napájení tabletu. Napájení tabletu vyžaduje cca 2 A při 5 V, při přepočtu na 24 V a při uvažování účinnosti měniče bude požadovaný rezervovaný proud pro tuto aplikaci 0,5 A.

Největší spotřebu z příslušenství Loxone mají Hlavice Tree, které při pohybu požadují až 200 mA, softwarově je omezena činnost hlavic, v jednu chvíli se může pohybovat pouze 5 hlavic, dohromady tudíž proud o hodnotě 1 A. Z tohoto zdroje budou napájeny i další zařízení na 24 V, jako jsou běžné pohybové senzory.

Tab. 7.4 Výpočet proudu zdroje – příslušenství

Produkt	Počet (ks)	Proud / jednotka (A)	Celkový proud (A)
Touch Tree	16	0,0048	0,0768
Motion Sensor Tree	8	0,0048	0,0384
Hlavice Tree	22	0,2	1,0 ¹⁾
			1,1152

1) Max. 5 hlavic současně v pohybu.

Na celkový proud pro napájení zařízení využívajících napětí 24 V by stačil pouze jeden zmíněný zdroj, avšak neměl by rezervu. Obecně se doporučuje rezerva 30 % do maximálního výkonu. Použití dvou či více zdrojů, a rozdělení tak napájení rozšíření a příslušenství, je i doporučení výrobce.

7.11 Ovládání domu

Ve většině místností, kde to bylo obhajitelné, jsou umístěny nástěnná tlačítka Loxone Touch Tree, které v sobě zahrnuje 5 tlačítek, sensor teploty a vlhkosti. Tam, kde se nevyužil naplno potenciál takového tlačítka, tak bylo zvoleno klasické tlačítko v designu Unica od fy Schneider Electric, ve stejném designu jsou i silové, datové zásuvky, krytky atd.

Při použití pětinasobného tlačítka jsou zpravidla dvě levé (1, 4) použity na ovládání žaluzií, prostřední tlačítko (3) na ovládání osvětlení a pravé dvě (2, 5) mají různých místností rozdílné funkce. Od spouštění nastavených světelných scén po ovládání garážových a vjezdových vrat v případě tlačítka umístěného u hlavního vstupu a v garáži. Čísla v závorkách odpovídají tlačítkům na nástěnném ovladači Loxone Touch, které je zobrazeno na Obr. 7.1. S jednotlivými podrobnostmi budou seznámeni uživatelé domu.

V každé místnosti, kde je potřeba regulovat teplotu, se teplota měří buď pomocí tlačítka Loxone Touch nebo teplotního 1-wire čidla DS18B20, které je instalováno buď do klasického tlačítka nebo jiným příhodným způsobem – vykukuje u pohybové senzoru apod. Nastavování požadované teploty se provádí automaticky na základě zvoleného programu a časového naprogramování nebo pomocí mobilní aplikace, přes internetový prohlížeč nebo aplikaci v tabletu, který je umístěn v hlavní obytné místnosti 1.12 v 1. NP. Tablet je taky převážně určen pro ovládání osvětlení a žaluzií v této místnosti. Díky své univerzálnosti, však může být použit na libovolnou aktivitu.

Regulace teploty funguje v součinnosti s ovládáním žaluzií, když je aktivní autopilot. Funkce autopilota se dá přerušit, když je požadavek nastavit žaluzie individuálně podle aktuálních požadavků. Po určité době nebo po stisknutí odchodového tlačítka se autopilot znovu aktivuje. V případě otevřeného okna nebo dveří se ztlumí vytápění, pokud se okno nebo dveře neuzavře nebo neklesne teplota pod nastavenou mez. Při otevřených dveřích na terasu je také blokována funkce autopilota, aby nedošlo k zatarasení.



Obr. 7.1 Tlačítko Loxone Touch Tree [29]

Ovládání osvětlení se provádí příslušným tlačítkem nebo se spíná na základě detekce pohybového senzoru. Centrálně se osvětlení vypíná odchodovým tlačítkem a většina svítidel má nastavenou maximální dobu svícení, po které se sami vypnou, taková funkce není použita u hlavních obytných místnostech.

Je naprogramována funkce alarmu, který je realizován systémem Loxone, používá instalované magnetické kontakty na otevíratelných oknech, dveřích a pohybové senzory používané pro spínání osvětlení. Alarm má několik stupňů poplachu, nejprve se spustí všechna světla a vytáhnou se žaluzie, v druhém kroku systém zavolá nebo odešle upozornění majiteli, v dalším kroku se spustí siréna. Funkce zabezpečení se spouští odchodových tlačítkem. Poplach se dá deaktivovat přes aplikaci nebo v případě zavolání systémem odpovědí zmáčknutím příslušné číslice.

8 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ, ROZPOČET

Nezbytným podkladem pro rozhodování investora je ekonomické hodnocení investice. Ekonomická efektivnost se měří penězi, a tudíž nemůže obsahovat neměřitelné veličiny jako je ekologický přínos životnímu prostředí. Vstupními údaji pro hodnocení jsou investiční náklady, doba životnosti zařízení, provozní náklady a velikost úspor, zisků. V případě systémové elektroinstalace nejde jen o úspory nákladů, ale i o určité pohodlí, které něco stojí a nejde přepočítat na peněžitou hodnotu.

8.1 Solární systém

Ekonomickou výhodnost investice do solární soustavy výrazně ovlivňuje několik faktorů, těmi jsou investiční náklady, provozní náklady, energetické zisky, diskontní sazba, místní cena energie a její předpokládaný růst. Do investičních nákladů se započítávají všechny výdaje spojené s instalací solárního systému, od ceny projektu, materiálu, dopravy a montáže. V případě dodávky včetně montáže lze uplatnit sníženou sazbu DPH 15 % do staveb sociálního bydlení (byty o podlahové ploše do 120 m², rodinný dům do 350 m²). [42]

Investiční náklady na pořízení solárního systému se dají snížit využitím veřejné podpory, momentálně dotace Ministerstva životního prostředí z programu Nová zelená úsporám. Konkrétně oblast podpory C – Efektivní využití zdrojů energie. Pro solární termický systém je to bod C.3.1 – Solární termický systém na přípravu teplé vody a C.3.2 – Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění. V prvním případě výše dotace může dosahovat až 35 000 Kč, v druhém až 50 000 Kč.

Do provozních nákladů patří především náklady na pomocnou energii pro pohon solární soustavy, servisní náklady na obsluhu a údržbu zařízení, opravy apod. Obecně platí, že čím je větší solární soustava, tím jsou menší poměrné provozní náklady vztažené k zisku solární soustavy. Náklady na spotřebu pomocné elektrické energie pro pohon solární soustavy, kam patří spotřeba čerpadel, regulátoru, závisí na velikosti soustavy a ceně elektrické energie. Většinou se pohybuje do 1 % využitelného tepelného zisku solárního systému. Roční náklady na údržbu a opravy je možné odhadnout na 0,5 % z investičních nákladů bez odečtení dotace. Opatřebením solární soustavy je menší oproti konvenčním zdrojům. Náklady jsou zejména na výměnu solární kapaliny cca po 5 letech, výměna oběhového čerpadla po cca 10 letech, výměna zásobníku po cca 15 letech. Životnost komponentů je však individuální záležitostí a může se měnit instalace od instalace. [42]

Dobu návratnosti ovlivňuje cena nahrazované energie a skutečně využitý zisk. Špatně odhadnutelné je budoucí růst cen energií, zvláště pokud se jedná

o dlouhý časový horizont až 30 let, což je životnost solárních kolektorů. Doba návratnosti je proto spíše pro přehled a srovnání různých systémů.

8.2 Hodnocení zvoleného systému

Při ekonomické analýze investic do solárních soustav se hodnotí prostá doba návratnosti a diskontovaná doba návratnosti. Prostá doba návratnosti T_s nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz ani peněžní toky za dobu návratnosti. Při počítání dle následujícího vzorce nezohledňuje náklady na provoz, ani cen energií. Vstupní data pro výpočty dob návratnosti jsou uvedena v Tab. 8.1.

$$RU = \frac{q_{ss,u}}{\eta} \cdot c = \frac{3099}{0,9} \cdot 1,74 = 5991 \text{ Kč}, \quad (8.1)$$

kde RU jsou roční úspora nákladů, $q_{ss,u}$ je celkový využitelný zisk solární soustavy, η je účinnost primárního zdroje energie, c je cena primární energie.

$$T_s = \frac{IN}{RU} = \frac{81111}{5991} = 13,5 \text{ let}, \quad (8.2)$$

kde T_s je prostá doba návratnosti, IN jsou investiční náklady, RU je roční úspora nákladů. [43]

Prostá doba návratnosti vyjde na základě vstupních dat na 13,5 let v případě výpočtu 1. U toho se uvažují celé investiční náklady. Investiční náklady na soustavu se skládají z ceny vycházející z cenové nabídky s uvažováním 15 % DPH, ceny montáže 12 000 Kč vč. DPH. V případě výpočtu 2 se od investičních nákladů na solární soustavu odečetla částka 9 700 Kč za pořízení samostatně stojícího zásobníku teplé vody o objemu 100 l, který by se případně musel pořídit, kdyby nebyla akumulární nádoba s vnořeným zásobníkem teplé vody. Tím dojde v tomto případě pak vyjde prostá doba návratnosti 11,9 let. Ze stejných podmínek vycházejí i další výpočty.

Při uvažování alternativní investiční příležitosti a předpokládaného tempa růstu ceny energie, kterou nahrazujeme, lze získat lepší vypovídající hodnotu, než má prostá doba návratnosti pomocí reálné doby návratnosti. Reálná doba návratnosti T_d je definována jako konkrétní rok, kdy skutečný výnos pokryje investiční náklady podle následující podmínky:

$$\sum_{t=1}^{\tau_d} RU \frac{(1+p)^t}{(1+r)^t} = IN, \quad (8.3)$$

kde IN jsou investiční náklady, RU je roční úspora nákladů, p je tempo růstu cen energie, r je diskontní míra, t je doba. [43]

Tab. 8.1 Doba návratnosti solárního systému

	Výpočet 1	Výpočet 2	
Celkový využitý zisk soustavy	3 099		kWh·rok ⁻¹
Investiční náklady na soustavu	131 111	121 411	Kč
Dotace	50 000		Kč
Investice s dotací	81 111	71 411	Kč
Diskontní míra	1		%
Tempo růstu cen energie	6		%
Cena energie	1,74		Kč·kWh ⁻¹
Účinnost zdroje	90		%
Roční úspora (1. rok)	5 991		Kč
Prostá doba návratnosti	13,5	11,9	let
Diskontovaná doba návratnosti	10,1	9,1	let

Ve výpočtech nejsou zohledněny provozní náklady na údržbu a spotřebu elektrické energie oběhového čerpadla a regulaci. Pro podrobnější výpočet by se musely uvažovat všechny aspekty popsané výše. Spotřeba pomocné energie se u solárních soustav pohybuje do 1 % z využitelných tepelných zisků. [42]

8.3 Rozpočet elektroinstalace

Na základě projektu byla vytvořena kalkulace množství a ceny materiálu. Rychlý přehled je v Tab. 8.2, výsledná cena za materiál je 587 088,07 Kč. Podrobný rozpis po jednotlivých položkách je v Příloze E.

Tab. 8.2 Souhrn rozpočtu elektroinstalace

Části rozpočtu	Cena (Kč)
Silnoproud	292 336,32,-
z toho kabely	53 095,50,-
z toho osvětlení	164 672,80,-
z toho rozváděč	40 122,95,-
Slaboproud	294 513,75,-
z toho prvky Loxone	228 966,17,-
Celková cena za materiál vč. DPH	587 088,07,-

V kalkulaci nejsou zahrnuty spotřebiče – kuchyňské, spotřební elektronika, pohony žaluzií, vrat; cena montáže, doprava, cena projektu a programování systému. Dále kalkulace nezahrnuje cenu magnetických kontaktů oken

a elektromechanický samozamykací zámek dveří, což jsou položky, které jsou součástí dodávky oken a dveří.

Cena také nezahrnuje v předchozí kapitole zmíněný solární systém, náklady na otopnou soustavu a další prvky pro regulaci vytápění a ohřev vody – oběhová čerpadla pro vytápění, pohony ventilů apod. Tyto položky budou u takhle zvoleného systému vytápění stejné nebo podobné, ať při použití regulace systémem Loxone nebo jiným regulátorem, systémem. Avšak obsahuje teplotní čidla pro realizace popsané regulace.

9 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá systémovou elektroinstalací. V prvních kapitolách je obecné seznámení se se systémovou instalací doplněné o výčet některých řešení od různých výrobců. Následuje základní seznámení s topologiemi, které využívají různé sběrnice, které jsou v práci taktéž popsány. Práce se konkrétně zaměřuje na systémovou instalaci Loxone, jejichž prvky jsou zde i s jejich vlastnostmi vypsány. V dalších kapitolách je seznámení s elektrickými spotřebiči, tepelnými zdroji, spotřebiči, principem řízení topného systému a ohřevu teplé vody. Další kapitola je zaměřena na představení programového prostředí Loxone Config a možnosti programování systémové instalace Loxone. Na závěr práce je představen řešený objekt rodinného domu, pro který byla vypracována dokumentace elektroinstalace pro provedení stavby. Z požadavků investora vyplynulo použít pro ohřev vody solární termický systém, ten byl zvolen, aby zvládl v přechodném období i přitápět. Navržený systém splňuje podmínky pro získání dotace z programu Nová zelená úsporám. Systém je doplněn kondenzačním kotlem a k tomuto řešení bylo navrženo řízení, a spolu s ovládáním zbytku rodinného domu pomocí systémové instalace bylo navržené řešení naprogramováno v již představeném prostředí. Posledním bodem je provedení ekonomického hodnocení solárního systému a vypracování detailního rozpočtu materiálu elektroinstalace.

V praxi se často během postupující stavby objevují změny, které se musejí zapracovat. Změny se nevyhýbají ani elektroinstalaci. Další věc, co se musí při, popř. po realizaci dořešit, je nastavení individuální vizualizace, personalizace, vložení parametrů pro žaluzie, odladění systému řízení solárního regulátoru atd. To jsou parametry, které zatím nebyli do předu známé. Celé naprogramované chování domu a regulace se ověřovalo pomocí simulace v programovacím prostředí. Ani tato skutečnost však nemusela podchytit všechny události, které mohou nastat v reálném domě.

Literatura

- [1] KADLEC, Radim a Miloslav STEINBAUER. *Bezpečná elektrotechnika*. Brno, 2015.
- [2] ČSN 33 2130 ED. 3. *Elektrické instalace za přípojkou: Vnitřní elektrické rozvody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [3] ČSN 73 4301/Z1. *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [4] OEZ S.R.O. *Příručka elektrikáře*. Letohrad, 66 s.
- [5] NOVÁK, M. *Řízené osvětlování a stínění v inteligentním domě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 88 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora, Ph.D..
- [6] MATOUŠ, M. *Nové laboratorní úlohy se systémovou elektroinstalací Foxtrot*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a Komunikačních technologií, 2016. 96 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora, Ph.D..
- [7] ŠKORPÍK, Adam. *Představení UniPi – nejlevnější a nejjednodušší řešení pro inteligentní budovy a IoT*. In: [Http://elektro.tzb-info.cz/](http://elektro.tzb-info.cz/) [online]. 2014 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/12038-predstaveni-unipi-nejlevnejsi-a-nejjednodussi-reseni-pro-inteligentni-budovy-a-iot>
- [8] BAUDYŠ, A. *INELS jako řídicí systém domovní elektroinstalace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 74 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora.
- [9] HUBÁLEK, M. *Návrh a počítačové řízení inteligentní elektroinstalace Ego-n*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora.
- [10] HOLUB, J. *Řízení osvětlení pomocí protokolu DALI v sběrnicovém systému KNX*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora.
- [11] KLEIN, T. *Moderní systémy pro řízení osvětlení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Branislav Bátora.
- [12] KRETEK, F. *Smart Home – projekt inteligentního domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 93 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Mišurec. CSs..

- [13] KLABAN, Jaromír. *Inels a sběrnice CIB – moderní systém inteligentní elektroinstalace*. Odborné časopisy [online]. [cit. 2014-12-26]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38218
- [14] Technology. *EnOcean* [online]. 2017 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <https://www.enocean.com/en/technology/>
- [15] MICHALEC, Libor. *Úvod do KNX*. In: *Automatizace.hw.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/teorie-a-praxe/knx.html>
- [16] CAN FD – NOVÁ VERZE CAN PROTOKOLU. *MACH SYSTEMS* [online]. 2015 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.machsystems.cz/novinky/2015/can-fd-nova-verze-can-protokolu>
- [17] Loxone Link. In: *Loxone Community Wiki* [online]. 2015 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.loxwiki.eu/display/LOX/Loxone+Link>
- [18] Loxone Tree. In: *Loxone Community Wiki* [online]. 2016 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.loxwiki.eu/display/LOX/Loxone+Tree>
- [19] Přenos dat po linkách RS485 a RS422. *HW server: Vývoj* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/prenos-dat-po-linkach-rs485-a-rs422.html>
- [20] Lekce 35 - Arduino – komunikace přes RS485 až na vzdálenost 1200 m. *Arduino8: Arduino, elektronika a vše okolo* [online]. 2015 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.arduino8.cz/lekce-35-arduino-komunikace-pres-rs485-az-na-vzdalenost-1200m/>
- [21] Protokol DMX512. *Svět očima hudby* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.soh.cz/podpora/teorie>
- [22] ŠIPR, Jan. *Komplexní osvětlovací systém: semestrální projekt*. BRNO: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav Radioelektroniky, 2014. 57 s. Vedoucí práce byl Ing. Martin Friedl.
- [23] Amatérské rádio: Praktická elektronika. 2012, **2012**(12).
- [24] KUNC, Josef. *Výhody systémové instalace ABB i-bus®KNX/EIB při řízení osvětlení*. *Elektro: Odborný časopis pro elektrotechniku*. 2007, 2007(10).
- [25] Vmlight. *DALI regulace*. 2 s.
- [26] *Sběrnice 1-Wire™*. In: *Vyvoj.hw.cz: profesionální elektronika* [online]. 2004 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/sbornice-1-wiretm.html>
- [27] *1-wire snímače na I2C, přesnější měření teploty*. In: *Raspi.cz* [online]. 2012 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://www.raspi.cz/2012/11/1-wire-snimace-na-i2c-presnejsi-mereni-teploty/>
- [28] RONEŠOVÁ, Andrea. *Přehled protokolu MODBUS*. 2005. 20 s.
- [29] LOXONE. *Firemní literatura*.

- [30] Instalatéři EKOMPLEX. *Systémy vytápění budov a místností* [online]. [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni.php>
- [31] BAŠTA, Jiří. *Podlahové vytápění*. In: TZB-INFO [online]. [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
- [32] KUNC, Josef. *Stručně o systémové instalaci KNX* [PREZENTACE]. 2014, 78 S.
- [33] TZB pro FBI: *Vytápění objektu* [online]. [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/5.html>
- [34] HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. *Spotřeba elektrické energie domácností, predikce a potenciální úspory pomocí BACS*. In: TZB-INFO: elektro [online]. 2012 [cit. 2016-11-19]. Dostupné z: www.elektro.tzb-info.cz/8570-spotreba-elektricke-energie-domacnosti-predikce-a-potencialni-uspory-pomoci-bacs
- [35] MICHÁLEK, L. *Komplexní zabezpečení objektů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 78 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ivo Herman, CSc..
- [36] HORNÍK, Jan. *Model zabezpečení inteligentního domu*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2010. 77 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Miroslav Husák, CSc..
- [37] PDLC film. *ProDisplayMotion* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://www.prodisplay.cz/pdlc-film.htm>
- [38] VAVŘIČKA, Roman. *Příprava teplé vody*. Praha. Presentace. ČVUT v Praze.
- [39] BAŠTA, Jiří. *Možnosti moderních způsobů regulace*. In: TZB-INFO [online]. 2007 [cit. 2017-02-16]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
- [40] Obecně o regulaci vytápění. *Etatherm* [online]. [cit. 2017-02-16]. Dostupné z: <http://www.etatherm.cz/cesky/obecne.htm>
- [41] *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám*. Praha, 2016.
- [42] MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3503-0.
- [43] MATUŠKA, Tomáš. *Ekonomika solárních tepelných soustav I*. In: TZB-INFO [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7072-ekonomika-solarnich-tepelnych-soustav-i>

Seznam symbolů a zkratek

Zkratky:

CIB	Common Instalation Bus	Označení sběrnice fy Tecomat
DALI	Digital Addressable Lighting Interference	Protokol pro ovládání osvětlení
DMX	Digital Multiplex	Protokol pro digitální přenos
EIB	European Installation Bus	Evropská sběrnice instalace
EPS		Elektronická Požární Signalizace
ER		Elektroměrový rozváděč
ETS	European Tool Software	Evropský softwarový nástroj
EZS		Elektronický Zabezpečovací Systém
iDM	iNELS Designer and Manager	Software pro iNELS
IES	Illuminating Engineering Society	Fotometrický formát
IR	Infrared	Infračervené záření
KNX	KONNEX	KONNEX
LDT	Eulumdat	Fotometrický formát
LED	Light Emitting Diode	Světlo vyzařující dioda
NP		Nadzemní podlaží
NZÚ		Nová Zelená Úsporám
PP		Podzemní podlaží
PZTS		Poplachové Zabezpečovací a Tísňové Systémy
RAM	Random Access Memory	Polovodičová paměť
RF	Radio Frequency	Radiofrekvenční
RH		Rozváděč hlavní
S/FTP	Shielding Foil Twisted Pair	Stíněný kroucený pár
SELV	Safety Extra Low Voltage	Bezpečné malé napětí
TL2		Označení sběrnice fy Tecomat
UTP	Unshielded Twisted Pair	Nestíněný kroucený pár
UV	Ultraviolet	Ultrafialové
VOC	Volatile Organic Compound	Těkavá organická sloučenina

Symboly:

η_0	Optická účinnost	-
a_1	Lineární součinitel tepelných ztrát kolektoru	W/m ² K
a_2	Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru	W/m ² K ²
Δt	Teplotní spád	°C

Seznam příloh

A. Tištěné přílohy

Příloha A	Projektová dokumentace elektroinstalace	7x A4, 3x A3
Příloha B	Schéma rozváděče 1-pólové	8x A4
Příloha C	Montážní schéma Loxone	6x A4
Příloha D	Technická zpráva	7x A4
Příloha E	Rozpočet elektroinstalace – materiál	2x A4
Příloha F	Kabelová listina	7x A4
Příloha G	Přehled výsledků výpočtu osvětlení	1x A4
Příloha H	Bilance solárních termických systémů	1x A4

B. Elektronické přílohy na datovém nosiči

Příloha A	Projektová dokumentace elektroinstalace.pdf
Příloha B	Schéma rozváděče 1-pólové.pdf
Příloha C	Montážní schéma Loxone.pdf
Příloha D	Technická zpráva.pdf
Příloha E	Rozpočet elektroinstalace – materiál.pdf
Příloha F	Kabelová listina.pdf
Příloha G	Přehled výsledků výpočtu osvětlení.pdf
Příloha H	Bilance solárních termických systémů.pdf
Příloha I	Protokol o provedených výpočtech osvětlení.pdf
Příloha J	Výstup z Loxone Config.pdf
Příloha K	DP.Loxone