



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

BUILDING MANAGEMENT SYSTEM S VYUŽITÍM PLC AMIT

BUILDING MANAGEMENT SYSTEM WITH AMIT PLC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Tylšar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

BRNO 2025

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Jan Tylšar

ID: 250850

Ročník: 3

Akademický rok: 2024/25

NÁZEV TÉMATU:

Building Management System s využitím PLC AMiT

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s možnostmi řízení technologií v budovách - možnosti řízení, prostředky pro řízení.
2. Pro zvolenou budovu navrhnete způsob řízení dostupných technologických celků.
3. Proveďte volbu vhodného HW a SW řešení pro řízení.
4. Realizujte programové vybavení a ověřte jeho funkčnost na sestavené technologii.
5. Na základě dlouhodobého měření proveďte finální nastavení parametrů celého systému .
6. Celé řešení zadokumentujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Aplikační poznámky firmy AMiT (www.amit.cz)

Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 10.2.2025

Termín odevzdání: 28.5.2025

Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

Ing. Miroslav Jirgl, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

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

Abstrakt

Tato práce se zabývá regulací kotelen v areálu firmy ESL, která se zabývá technickým zařízením budov. Cílem práce je vytvořit programy pro řídicí systémy, které budou kotelny řídit, dále pro každou kotelnu vytvořit vizualizace, které budou dostupné vzdáleně odkudkoliv a půjde pomocí nich celé kotelny nastavovat do různých režimů podle toho, jak uživatel uzná za vhodné.

Klíčová slova

Řídicí systém, regulace, kotelna, vizualizace, topení, teplá užitková voda

Abstract

This work deals with the regulation of boiler rooms in the premises of the ESL company, a company dealing with technical equipment of buildings. The aim of the work is to create programs for the control systems that will control the boiler rooms, as well as to create visualizations for each boiler room that can be accessed remotely from anywhere and can be used to set the entire boiler room to different modes as the user wants.

Keywords

Control system, regulation, boiler room, visualization, heating, hot water

Bibliografická citace

TYLŠAR, Jan. *Building Management System s využitím PLC AMiT*. Semestrální práce. Václav KACZMARCZYK (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2025.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta: *Jan Tylšar*

VUT ID studenta: *250850*

Typ práce: *Bakalářská práce*

Akademický rok: *2024/2025*

Téma závěrečné práce: *Building Management System s využitím PLC AMiT*

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné 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: 25. května 2025

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	6
ÚVOD.....	7
1. CÍL PRÁCE	8
BUDOVA NOVÝCH SKLADŮ.....	8
HLAVNÍ BUDOVA.....	9
BUDOVA VÝZKUMNÉHO STŘEDISKA.....	10
DÍLNA.....	10
2. TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1 REGULACE ZDROJŮ TEPLA	11
2.1.1 Regulace jednoho kotle	11
2.1.2 Regulace více kotlů.....	13
2.1.3 Regulace tepelného čerpadla	13
2.2 VÝMĚNÍKY.....	14
2.3 SPOTŘEBIČE TEPLA	15
2.3.1 Ekvitermní topný okruh.....	15
2.3.2 TUV (teplá užitková voda).....	15
2.4 ZABEZPEČENÍ KOTELNY.....	16
2.5 ŘÍDICÍ SYSTÉMY.....	18
3. PRAKTICKÁ ČÁST	20
3.1 POUŽÍVANÉ MĚŘICÍ A AKČNÍ ČLENY	20
3.1.1 Použité teplotní senzory	20
3.1.2 Použitá čerpadla	21
3.1.3 Servopohony ke směšovacím ventilům	22
3.2 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ	23
3.2.1 Prostředí DetStudio.....	23
3.2.2 Procesy v DetStudiu	25
3.2.3 Vizualizační systém LookDet.....	26
3.3 NÁVRH CELÉHO ŘÍZENÍ	28
3.4 POPIS STRUKTURY KÓDU	32
3.5 APLIKACE PRO MOBILNÍ TELEFONY S IOS.....	48
3.5.1 Funkčnost aplikace.....	48
3.5.2 Obrázky z aplikace	49
4. ZÁVĚR	50
LITERATURA	51
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Budova nových skladů	8
Obrázek 2 - Hlavní budova	9
Obrázek 3 - Budova výzkumného střediska.....	10
Obrázek 4 - Dílna	10
Obrázek 5 - Výměník AlfaLaval [10]	14
Obrázek 6 - Ekvitermní křivky.....	15
Obrázek 7 - AMRIO-AI12 [5]	19
Obrázek 8 - AMiNi4DW2 [4].....	19
Obrázek 9 - Vnitřek oběhového čerpadla.....	21
Obrázek 10 - Oběhové čerpadlo.....	21
Obrázek 12 - Servopohon Vexve	22
Obrázek 11- Servopohon Belimo[9]	22
Obrázek 13 - Ukázka vizualizace v LookDetu.....	26
Obrázek 14 - Výpočet teplé vody podle evk. konstanty	30
Obrázek 15 - Diagram vytápění	32
Obrázek 16 - Diagram TUV.....	33
Obrázek 17 - Diagram teplovzdušné jednotky.....	34
Obrázek 18 – Obrazovka PLC	35
Obrázek 19 - Přenášené matice	42
Obrázek 20 - Vizualizace	42
Obrázek 21 - Screenshoty z aplikace	49
Obrázek 22 - Prostředí Xcode	49

ÚVOD

Tato práce se zabývá problematikou návrhu a implementace programů a vizualizací do řídicích systémů, které ovládají kotelny. Toto téma spadá do oblasti průmyslové automatizace, které kombinuje znalosti programování PLC, znalosti použití řídicích systémů a uživatelských rozhraní. Regulace kotelen je důležitá pro zajištění efektivního i bezpečného provozu kotelen, hlavní důraz je kladen právě na optimalizaci spotřeby a intuitivní obsluhu. Práce je rozdělena do několika částí. Teoretický základ regulace kotelen, popis používané technologie, použití řídicích systémů a specifikace, programování, vizualizace a samotný návrh.

1. CÍL PRÁCE

Tato práce se zabývá řízením několika kotelen a dalších systémů v areálu firmy ESL. Konkrétně se jedná o čtyři systémy. V každém z těchto systémů se pro řízení používá řídicí systémy od společnosti Amit. Řídí se zdroje tepla, topné větve (oběhová čerpadla, ventily), teplovzdušné jednotky, zásobníky teplé užitkové vody a nádrže na dešťovou vodu. Všechny systémy je možné sledovat a ovládat vzdáleně pomocí SCADA systému LookDet od společnosti Amit.

Budova nových skladů

V této budově se nachází čtyři topné větve. První dvě větve jsou určeny pro vytápění v prvním a druhém podlaží. Třetí větev slouží k ohřevu vody pro speciální vany, které se používají k čištění výměníků. Poslední čtvrtá větev je větev teplé užitkové vody. Dále se zde regulují tři teplovzdušné jednotky, které slouží jako podpora topení v prvním podlaží. Každá teplovzdušná jednotka se nachází v jedné ze tří místností. Tudíž je možnost topit jen do některých z těchto místností. Každá topná větev se skládá ze servopohonu a čerpadla, výjimka je větev pro teplou užitkovou vodu, kde se nachází pouze čerpadlo a celá větev je k rozdělovači vody připojena přes výměník. K ohřevu topného média (vody) zde slouží jeden plynový kotel. V zemi vedle budovy jsou čtyři nádrže na dešťovou vodu. Každá z nich má v sobě senzor hladiny vody a tlakové čerpadlo.



Obrázek 1 - Budova nových skladů

Hlavní budova

V této budově se nachází celkem sedm topných větví. Každá z těchto větví je určena pro topení v určité části budovy (třetí podlaží, školící středisko, prodejna, první podlaží, druhé podlaží, elektro dílna, Autis AVL). Každá topná větev se skládá ze servopohonu a čerpadla a příslušným počtem teplotních čidel. K ohřevu topného média (vody) zde slouží jeden plynový kotel. Mezi kotlem a rozdělovačem vody se nachází výměník. Kotel pracuje na manuální režim, tzn. že kotel ohřívá vodu na konstantní teplotu.

V budoucnu se zde nainstaluje tepelné čerpadlo a kotel se připojí k řídicímu systému kabelem, aby se reguloval jeho chod.



Obrázek 2 - Hlavní budova

Budova výzkumného střediska

V této budově se nachází celkem pět topných větví. Všechny tyto větve jsou určeny k vytápění v celé budově (druhé podlaží, třetí podlaží, čtvrté podlaží, sklad, servis). Každá z těchto větví se skládá z čerpadla a servopohonu a příslušným počtem teplotních čidel. Pro ohřev topného média se zde používá jeden plynový kotel. Mezi tímto kotlem a rozdělovačem vody se nachází výměník. V budoucnu se zde přidá tepelné čerpadlo.



Obrázek 3 - Budova výzkumného střediska

Dílna

V této budově se řídí několik teplovzdušných jednotek, které zde zajišťují vytápění prostor dílen. Tyto jednotky jsou řízeny automaticky podle nastavení obsluhy. Dílny jsou vybaveny teplotními čidly, které se používají pro sledování teploty a následně pro ovládání teplovzdušných jednotek. Dále se zde monitoruje jedna nádrž na dešťovou vodu, neustále se sleduje její hladina.



Obrázek 4 - Dílna

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Regulace zdrojů tepla

2.1.1 Regulace jednoho kotle

Kdysi se kotel reguloval tak, že topné větve nepředávaly informace kotli, tím pádem kotel topil i když to nebylo potřeba. Toto staré řešení bylo velice neefektivní a neekonomické. Zvolené řešení pro tuto práci je, že každá topná větev (topný okruh) dá vědět, zda je potřeba topit a jak teplou vodu daný okruh potřebuje. Když je topných větví více, tak se použije nejvyšší požadovaná hodnota. Tato hodnota se navýší o cca 5 °C, aby výsledná teplota teplé vody stačila na pokrytí všech větví. Na tuto teplotu se pak reguluje zdroj tepla. Lze toto řešení ještě vylepšit tak, že by se teplotní navýšení místo konstantních 5 °C nastavovalo dynamicky podle toho, kolik a jaké topné větve potřebují topit. Příklad: Máme tři topné větve, první požaduje 60 °C, druhá požaduje 65 °C a třetí požaduje 70 °C. Z těchto hodnot vybereme maximální hodnotu, což v tomto případě je 70 °C. Přidáme teplotní navýšení 5 °C. Kotel tedy bude regulován na 75 °C. Teplotní navýšení u topných větví slouží tomu, aby regulační ventily pracovaly v regulačním pásmu 25-75 %. Pro teplou užitkovou vodu neboli TUV se teplotní navýšení používá, aby se zásobník na TUV ohřál rychleji [1].

Elektrické kotle:

Do elektrických kotlů výrobci většinou nedávají žádnou rozmanitější možnost regulace. Většinou se jedná pouze o zapnout/vypnout a nastavení počtu zapnutých spirál. Z celé topné soustavy je zdroj tepla nejdůležitější prvek, protože pokud se řídí neefektivně je pak neefektivní celý systém a jeho náklady rostou. Elektrický kotel se dá řídit několika způsoby. Nejjednodušší způsob je postupné připínání počtu zapnutých spirál podle toho o kolik potřebujeme teplotu zvednout. Příklad: žádaná teplota je 60 °C a voda na výstupu z kotle má pouze 30 °C. Podle rozdílu těchto teplot sepneme daný počet spirál a poté se čeká, jak teplota na výstupu elektrického kotle roste. Pokud teplota roste pomalu tak připneme další spirálu. Pokud teplota roste rychle tak další spirály nepřipínáme. Toto řešení je však vhodné pro elektrické kotle s menším výkonem. Pokud chceme efektivnější řešení anebo máme systém, kde je potřeba větší výkon je mnohem efektivnější řešení k regulaci používat PID regulátory. V tomto řešení zapneme další elektrickou spirálu až potom co používáme 100 % výkonu spirály. Toto řešení je mnohem efektivnější, ale také časově náročnější, proto je potřeba si promyslet jaké řešení bude pro daný systém vhodnější [1].

Plynové kotle:

Plynové kotle lze rozdělit podle výkonu. Ty nejmenší kotle lze rozdělit do dvou skupin. Konkrétně na kotle s pevným výkonem a kotle s plynulou regulací hořáku. Kotle s pevným výkonem jsou ty nejjednodušší, fungují tak, že vypnuto je 0 % výkonu a zapnuto je 100 % výkonu. Tyto mají vstupní prostorový termostat, který lze použít pro jejich regulaci. Toto řešení však není moc efektivní. Existuje také možnost tento kotel řídit pulzně-šířkovou regulací. Toto řešení není úplně vhodné, protože má při startu velkou spotřebu plynu. Pro regulaci kotlů s plynulou regulací hořáku se používá přídavný modul, kterým lze řídit výkon kotle anebo výstupní teplotu pomocí unifikovaného signálu 0-10 V. Tyto moduly se kdysi používali pro ovládání kotlů v vyšším výkonem, ale postupně se začaly přidávat i do kotlů s nižším výkonem. Pro kotle, kde se ovládá výkon většinou platí: 0 V = vypnuto, 1 V = minimální výkon, 10 V = maximální výkon. Pokud se jedná o kotle, kde modul ovládá výstupní teplotu tak obecně platí: pod 0,5 V = vypnuto, 0,6 V = zapínací bod kdy žádaná teplota na výstup z kotle je 15 °C, poté teplota lineárně stoupá až na maximum 10 V neboli 90 °C [1].

Plynové kotle s vyšším výkonem se dělí také na kotle s pevným výkonem a kotle plynule regulovatelné. Kotle s pevným výkonem jsou stupňovitě regulovatelné. Většinou buď jednostupňově, dvoustupňově nebo výjimečně vícestupňově. U dvoustupňových kotlů první stupeň bývá 70 % výkonu. Řízení kotlů s vyšším výkonem taktéž probíhá pomocí 0-10 V signálu. Některé kotle však lze řídit 3bodovou regulací (více, stop, méně). V tomto případě se reguluje hořák. Start kotle zajistí sepnutí elektrického vstupu kotle, výkon hořáku je pak regulován 3polohově. Standardní rozsah regulace hořáku je 20-100 % výkonu. Je potřeba aby po vypnutí kotle byly čerpadla zapnuté a ventily otevřené na nějakou dobu, tato doba se nazývá doběh. Doběh zabrání přehřátí kotle. Lze také používat předběh, což je doba, kdy jsou čerpadla zapnutá a ventily otevřené před startem kotle, předběh ale není tak důležitý jako doběh.

2.1.2 Regulace více kotlů

Pokud máme více zdrojů tepla (kotlů) je potřeba je zapojit do tzv. kaskádního řízení. Kaskádní řízení určuje, kolik kotlů má být v danou chvíli v provozu. V tomto řízení se též zdroje tepla střídají rovnoměrně, aby docházelo ke stejnému opotřebení. Toto však lze provádět jen u typově stejných kotlů. Toto střídání se neprovádí, pokud kotle mají výrazně rozdílný výkon. Kotle by se měly střídat podle počtu provozních hodin a mělo by to být v moment kdy jsou všechny kotle ve klidovém stavu. V kaskádním řízení je také třeba kotle vyměnit, pokud se kotel, který je aktuálně v provozu dostane do poruchy, tento kotel se nahradí jiným dostupným kotlem z kaskádního zapojení. Výstupní teplota kaskády se reguluje podle teplotního čidla na výstupu z kaskády. Další teplotní čidla jsou umístěna hned na výstupu každého z kotle, aby se vědělo, zda nedochází k přehřátí jednoho z kotlů. Teplotní čidla se dávají do speciálních jímek [1].

2.1.3 Regulace tepelného čerpadla

Princip tepelných čerpadel je založen na odběru nízko potenčního tepla z vody, vzduchu nebo půdy na tepelnou energii, která se používá pro vytápění. Tepelné čerpadlo dokáže ohřát vodu maximálně na 55 °C. Z tohoto důvodu se spíše používá na přehřev teplé užitkové vody a podlahové topení. Pokud chceme tepelné čerpadlo použít na ohřívání radiátorů, musí na to být radiátory speciálně navrženy. Tepelné čerpadla mají svoji vlastní regulaci, ta reguluje vlastní běh tepelného čerpadla. Pokud regulace tepelného čerpadla neobsahuje přídatné funkce je potřeba je zajistit. Jedná se o: hlídání minimálního tlaku teplotního média, pokud klesne pod určitou je potřeba vyhlásit poruchu pro obsluhu. Blokace chodu čerpadla kvůli teplé vratné vodě (40-50 °C), pokud by byla vratná voda takto teplá tak teplo nebylo odebráno a tepelné čerpadlo se začne přehřívat. Dodržování minimální doby chodu a minimální doby odstávky, aby nedocházelo k častému cyklování, protože to zkracuje jeho životnost [1].

2.2 Výměníky

Deskové výměníky tepla, jako jsou například ty od společnosti AlfaLaval, slouží k efektivnímu přenosu tepla mezi dvěma médii, což může zahrnovat různé kapaliny, jako topná voda. Jsou důležitými komponenty pro hodně průmyslových aplikací, jako ohřev, vytápění, chlazení, rekuperace tepla, kondenzace par.

Existují dva hlavní typy deskových výměníků tepla: skládané výměníky a pájené výměníky. Skládané výměníky se skládají z několika desek s těsněním, které jsou uspořádány za sebou a drží pomocí šroubů, což umožňuje jednodušší údržbu a čištění. Pájené výměníky, používají měděný nebo niklový pájený spoj místo těsnění, to zajišťuje vysokou odolnost proti vyššímu tlaku a teplotám, a jsou vhodnější pro aplikace, kde je požadována kompaktnost a vyšší odolnost vůči korozi.

Jedním z pokročilejších typů jsou celonerezové výměníky AlfaNova, které jsou kompletně vyrobeny z nerezové oceli a využívají patentovanou technologii spojování materiálů nazvanou AlfaFusion. Tento typ výměníku je ideální pro aplikace, kde dochází k používání chladiv, které mohou způsobit korozi mědi, nebo v systémech, kde se vyžaduje vyšší čistota vody.

Deskové výměníky tepla AlfaLaval jsou navrženy pro široké spektrum aplikací s různými požadavky na výkon. Díky jejich stavební konstrukci mohou být přizpůsobeny specifickým potřebám jednotlivých aplikací. Certifikace ISO 9001 zaručuje vysokou kvalitu a spolehlivost výrobků, testování těsnosti héliem a odolnosti vůči tlaku u každého pájeného výměníku zajistí dlouhou životnost a minimalizují se náklady na údržbu a servis.

Pravidelný servis a čištění výměníků, je důležité pro zajištění jejich dlouhodobé funkčnosti. Výměníky se mohou zanášet, což může ovlivnit jejich efektivitu, a proto je důležité provádět čištění buď mechanicky nebo chemicky (v závislosti na typu výměníku). Údržba zajišťuje vyšší výkon a delší životnost výměníku.

Deskové výměníky tepla AlfaLaval se využívají v různých průmyslových odvětvích a nabízejí vysoce efektivní řešení pro přenos tepla v náročných podmínkách jako například v kotelnách v této práci. [10]



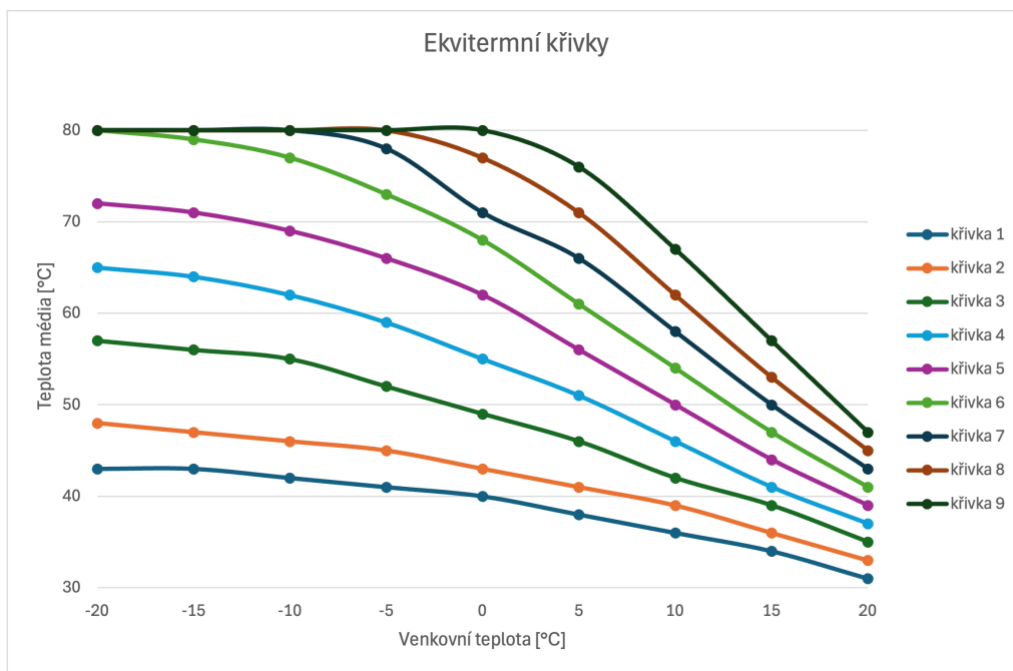
Obrázek 5 - Výměník AlfaLaval [10]

2.3 Spotřebiče tepla

Spotřebiče tepla se v zásadě dělí na dva hlavní. První je ekvitermní topný okruh, který slouží k vytápění v určitém objektu. Druhý je teplá užitková voda, která slouží pro užitkové použití teplé vody (sprcha, umyvadlo atd.). Další spotřebič může být například podlahové topení.

2.3.1 Ekvitermní topný okruh

Tuto regulaci lze popsat jako závislost teploty topných okruhů na venkovní teplotě. Snaha o udržení žádané teploty v prostoru při jakékoliv venkovní teplotě. K tomuto se používá ekvitermní křivka, která v podstatě popisuje závislost teploty topné vody na venkovní teplotě s ohledem na tepelné ztráty budovy. (Tzn. pokud se v budově používá ekvitermní křivka a budova se zateplí tak je potřeba tuto křivku upravit). V práci si uživatel může vybrat z devíti předem nadefinovaných křivek. Každá křivka se dá upravit korekcí a nočním útlumem, jedná se o konstantní hodnoty, které křivku posunují nahoru nebo dolů.



Obrázek 6 - Ekvitermní křivky

2.3.2 TUV (teplá užitková voda)

K nahřívání teplé užitkové vody se používá snímač teploty umístěný v zásobníku TUV. Pokud je nastavená žádaná teplota větší, než naměřená teplota v zásobníku vody tak se zapne příslušné čerpadlo a topí se, dokud teplota nedosáhne žádané teploty.

2.4 Zabezpečení kotelny

Tato kapitola se zabývá obecným zabezpečením kotelen. Každá kotelna je zabezpečena jinak, to proto, protože každá kotelna má jiné dostupné možnosti zabezpečení. Pokud v kotelně nastane porucha, rozsvítí se červená signalizace na rozvaděči. Pokud tato signalizace není k dispozici, použije se displej řídicího systému. V některých kotelnách může být možnost použití zvukové signalizace. Poruchová signalizace se dá rozdělit na poruchové a havarijní stavy. Havarijní stavy odstaví určité topné okruhy z provozu. Poruchové stavy jen signalizují, že něco není v pořádku. Pokud nastane poruchový nebo havarijní stav tak k deaktivaci toho stavu nemá docházet automaticky, je nutné, aby danou poruchu kvitoval uživatel. To z toho důvodu, aby uživatel o poruše vůbec věděl a aby podnikl kroky k odstranění poruchy nebo havárie. Každá porucha nebo havarijní stav se zaznamená do provozního deníku společně s daty a přesnými časy kdy k chybám došlo. Každá kotelna by měla být vybavena STOP tlačítkem, které se většinou nachází na rozvaděči u řídicího systému nebo u vstupu do kotelny [1].

Jako často sledovaný havarijní stav je únik plynu. Pokud se jedná o detektory plynu na zemní plyn, tak se usazují ke stropu kotelny, pokud se jedná o detektory na propanbutan, tak ty se usazují k podlaze. Detektory plynu jsou většinou dvoustupňové, tzn., že hlídá dvě hranice. Pokud se v kotelně vyskytuje plyn do 10 %, tak tato hranice není kritická, tudíž se jen zapne signalizace. Pokud se v kotelně nachází ventilace, tak se zapne. Další hranice je zpravidla 20 %, to už se bere jako nebezpečná koncentrace. Při překročení této hranice se ihned vypíná kotel a zapne se ventilace.

Minimální tlak v systému je další havarijní stav. Slouží pro ochranu všech zařízení, které potřebují mít určitý tlak vody pro bezproblémový provoz. Pokud tento stav nastane tak se spustí dopouštění, které dopouští vodu do celého systému. Pokud po nějaké době dopouštění tlak zůstane stejný nebo se nezvětší tak to může indikovat například prasklé potrubí nebo jinou závadu. V takovém případě je nutné kotelnu odstavit od provozu.

Přesažení maximální teploty TUV. Tento havarijní stav slouží pro zamezení příliš velké teploty teplé vody, aby nedocházelo k opaření lidí.

Přesažení maximální teploty topné vody. Tento havarijní stav se hlídá proto, protože většina zařízení topného systému jsou připravena na teplotu 110 °C, tudíž aby nedošlo k jejich poškození.

Přesažení maximální teploty v místnosti kotelny. Tento havarijní stav slouží k hlídání stavu kotlů, kterým může vysoká teplota způsobit poškození.

Zaplavení prostoru samotné kotelny je další havarijní stav, který slouží k odpojení kotelny, aby nedošlo k většímu poškození. Zaplavení může být způsobeno prasklou částí topného systému anebo například povodněmi.

Porucha snímače, je porucha nikoliv havarijní stav. Může se stát, že se nějaký snímač poškodí. Proto se hlídají hranice, které snímač teoreticky může snímat. Pokud jde o snímač teploty je potřeba sledovat hodnotu, kterou snímač měří. Pokud je tato hodnota zcela nelogická (například kdyby se jednalo o naměřenou teplotu 500 °C) tak je jasné, že snímač není v pořádku.

Další poruchový stav je mráz. Pokud je topný systém vypnut a je mráz tak by mohlo dojít k zamrznutí různých částí systému což by mohlo vést k poškození. Aby se tomuto předešlo tak se sledují teploty jak venku, tak i například v kotelně. Pokud dojde k mrazu je vhodné zapnout čerpadla, popřípadě lehce zatopit, aby nedošlo k zamrznutí.

2.5 Řídicí systémy

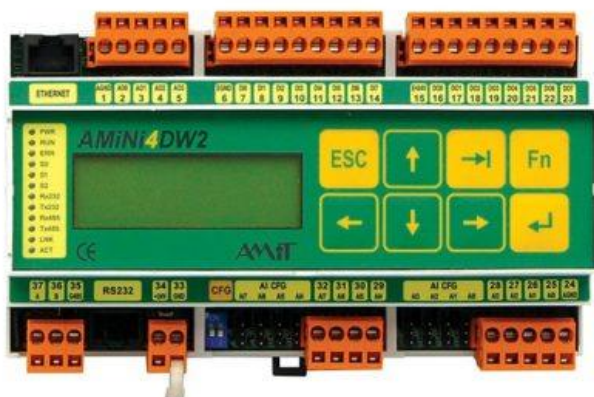
V práci jsou použity řídicí systémy od společnosti Amit. Společnost Amit je český výrobce řídicích systémů a další elektroniky pro průmyslovou automatizaci a automatizaci budov.

Nejpoužívanější řídicí systém v této práci je Amini 4DW2(/G) (univerzální řídicí systém). Jedná se o nejuniverzálnější malý volně programovatelný automat, které splňuje předpoklady pro řízení a ovládání menších soustav a systémů za rozumnou cenu. Tento řídicí systém je vybaven malým podsvíceným LCD displejem s rozlišením 122 x 32 pixelů. Tento displej je určený pro snadné ovládání přímo na místě u rozvaděče. K dispozici je také 8 kláves, které souží pro ovládání obrazovek a celého řídicího systému. Je možnost také používat integrovaný webový server, ten se však v práci nepoužívá, protože celá vizualizace je udělaná pomocí LookDetu na vzdáleném serveru. Řídicí systém je také vybaven slotem pro SD kartu. SD karta je vhodná pro dlouhodobou archivaci dat. Pokud se jedná o systém Amini 4DW2G, tak je možnost zasílat sms zprávy, protože tento systém je vybaven GSM modulem. Pokud je nedostatečné množství zabudovaných vstupů a výstupů, tak je možnost rozšíření o vzdálené vstupy a výstupy pomocí rozšiřujících modulů s protokolem Arion nebo Modbus.

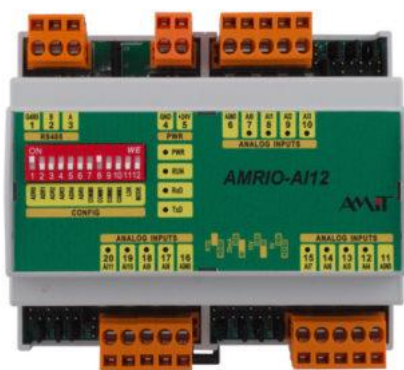
Technické specifikace Amini 4DW2 jsou: 8 digitálních výstupů 24 V a 0,3 A. 8 digitálních vstupů 24 V a 0,3 A. Všechny digitální vstupy a výstupy jsou galvanicky odděleny. 8 analogových vstupů s možností nastavení parametrů vstupu (0 V až 5 V, 0 V až 10 V, 0 mA až 20 mA nebo Ni1000/Pt1000). 4 analogové výstupy 0 V až 10 V. Dostupné komunikační linky jsou RS485, Ethernet, RS232 s GSM modul (Amini 4DW2G). Grafický displej s rozlišením 122 x 32 pixelů a 8 kláves. Slot pro SD kartu. Krytí kategorie IP20. Napájení 24 V stejnosměrným proudem. Pracovní teplota se pohybuje mezi 0 °C a 50 °C. Celý řídicí systém se montuje na DIN lištu 35 mm. Systém disponuje FLASH pamětí o velikosti 2 MB + 256 KB. Paměť RAM 1024 KB, zálohování RAM probíhá pomocí lithiové baterie Panasonic až 5 let [4].

V práci jsou také použity vzdálené rozšiřující moduly. AMRIO-AI12 je rozšiřující modul, který komunikuje po síti Arion nebo Modbus RTU (RS485). Má 12 analogových vstupů s nastavitelnými rozsahy (0 až 5 V, 0 až 10 V, 0 až 20 mA, RTD, bezpotenciálový kontakt, analogový vstup 24 V). Má krytí IP20 a montuje se na DIN lištu 35 mm. Pracovní rozsah je -20 °C až 70 °C. Lze programovat pomocí DetStudia nebo EsiDetu [5].

Dále je použit rozšiřující modul AMRIO-DI24, jedná se o modul se 24 digitálními vstupy 24 V. Jsou galvanicky odděleny po osmi. Komunikace taktéž probíhá pomocí sítě Arion a Modbus RTU (RS485). Má krytí IP20 a rozsah pracovních teplot je je -20 °C až 70 °C. Montáž probíhá taktéž na DIN lištu 35 mm. Lze programovat pomocí DetStudia nebo EsiDetu.



Obrázek 8 - AMiNi4DW2 [4]



Obrázek 7 - AMRIO-AI12 [5]

3. PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Používané měřicí a akční členy

V rámci návrhu a realizace systému regulace kotelny mají důležitou roli jednotlivé komponenty, které umožňují měření fyzikálních veličin a následné řízení. Mezi základní prvky tohoto systému patří teplotní senzory, která slouží k monitorování teploty vody a vzduchu, čerpadla zajišťující cirkulaci topné vody a servopohony ovládající směšovací ventily. Tyto prvky společně vytvářejí funkční systém, který umožňuje automatické a efektivní řízení provozu kotelny s cílem zajistit požadovaný teplotní komfort a zároveň optimalizovat energetickou spotřebu.

3.1.1 Použité teplotní senzory

Mezi nejpoužívanější senzor v této práci patří teplotní senzor Ni1000. Teplotní senzor Ni1000 je odporový snímač, který využívá nikl jako základní materiál, protože je citlivý na změny teploty. Jeho název vychází z vlastního jmenovitého odporu, který je 1000Ω při referenční teplotě 0°C . Odpor niklového vodiče se s rostoucí teplotou zvyšuje, senzory tohoto typu mají teplotní koeficient odporu (tzv. TCR) přibližně 6180 ppm/K , což odpovídá nárůstu odporu cca o $0,618 \Omega$ na každý 1°C . Tato relativně vysoká hodnota TCR znamená, že Ni1000 senzory jsou velmi citlivé i na malé teplotní změny, což je činí vhodnými pro řadu aplikací v oblasti řízení budov a různých HVAC systémů. Nevýhodou oproti platinovým sensorům, jako je například Pt100, je nižší dlouhodobá stabilita a také užší rozsah provozních teplot – typicky od -60°C do $+180^\circ\text{C}$. Zatímco Pt1000 může fungovat až do $+850^\circ\text{C}$, Ni1000 senzory jsou více omezeny, a to zejména kvůli vlastnostem niklu, který není tak stabilní při vyšších teplotách. Na druhou stranu jsou Ni1000 senzory levnější a stále dostatečně přesné pro většinu běžných aplikací, jako je například regulace vytápění, teploty ve vzduchotechnice nebo například chlazení. Je potřeba počítat s jejich nelineární charakteristikou, což může klást vyšší nároky na přesnost kalibrace nebo vyžadovat odpovídající korekce v regulační elektronice. Při jejich použití je také důležité brát v potaz kompatibilitu s měřicími zařízeními, protože některé řídicí systémy jsou optimalizovány pro práci s platinovými senzory a s niklovými nemusí být zcela přesné. Přesto zůstává Ni1000 oblíbenou volbou v projektech, kde je rozhodující poměr ceny a výkonu. [7]

3.1.2 Použitá čerpadla

Vodní čerpadla jsou nezbytná část většiny teplovodních otopných soustav a hrají důležitou roli v zajištění cirkulace topné vody mezi jednotlivými částmi systému, jako jsou kotel, akumulární nádrž TUV, směšovací ventily (servopohony) a otopná tělesa. Jejich hlavním úkolem je překonávat hydraulický odpor potrubní a také udržovat požadovaný průtok vody v závislosti na tepelné potřebě objektu. V moderních topných soustavách se stále častěji využívají oběhová čerpadla s regulovatelnými otáčkami, která dokážou automaticky přizpůsobovat svůj výkon dle provozních podmínek a přispívají tak k úspoře elektrické energie i ke zvýšení celkové účinnosti systému.

Oběhová čerpadla:

V rámci této práce bylo použito například oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-40 130, které je určeno pro cirkulaci topné vody v topných soustavách, jako jsou systémy s otopnými tělesy nebo například podlahovým vytápěním. Čerpadlo využívá moderní ECM technologii s motorem s permanentními magnety, která zajišťuje vysokou účinnost a nižší spotřebu elektrické energie. Čerpadlo je vybaveno třemi regulačními režimy, včetně režimu pro otopná tělesa, podlahového vytápění a tří křivek konstantních otáček. Čerpadlo také podporuje i řízení pomocí PWM signálu, což umožňuje jeho integraci do inteligentních řídicích systémů. Díky konstrukci mokroběžného čerpadla jsou ložiska mazána čerpanou kapalinou, což eliminuje vyšší potřebu údržby. Hřídel čerpadla je keramická, ložiska jsou z uhlíku a těleso čerpadla je z litiny, elektrolyticky pokovované pro zvýšenou odolnost proti korozi. Mezi další výhody patří samo odvzdušňovací schopnost, kompaktní rozměry a jednoduché ovládání tlačítko na čele čerpadla. Čerpadlo je přizpůsobeno pro provoz s vodou o teplotách mezi 2 až 95 °C, s maximálním provozním tlakem 1.0 MPa, přičemž jeho příkon se pohybuje od 4 do 25 W. Díky těmto vlastnostem je čerpadlo vhodné pro efektivní a spolehlivý provoz v domácích i menších komerčních aplikacích. [8]



Obrázek 9 - Vnitřek oběhového čerpadla



Obrázek 10 - Oběhové čerpadlo

Tlaková čerpadla pro čerpání dešťové vody:

Tlaková čerpadla jsou zařízení, která automaticky udržují tlak vody v rozvodech bez manuálního spínání. Čerpadlo nasává vodu z nádrže a tlakuje ji do vodovodního systému. Jakmile tlak v systému dosáhne určité hodnoty, tak se čerpadlo automaticky vypne. Při poklesu tlaku (otevření kohoutku) se čerpadlo automaticky zapne, aby se tlak v systému obnovil.

3.1.3 Servopohony ke směšovacím ventilům

Servopohon je jedním z hlavních prvků v moderních regulačních systémech, zejména ve vytápěcích soustavách, kde je potřeba zajistit přesnou kontrolu nad směšováním teplé a studené vody za účelem regulování výstupní vody na žádanou teplotu. V případě směšovacích ventilů zajišťuje servopohon automatické řízení těchto ventilů. Servopohon umožňuje otevírání a zavírání ventilu podle potřeby na základě signálů z regulátoru nebo řídicího systému, tím pak dochází k optimálnímu rozdělení tepelné energie a zajišťuje dodávku stabilní teploty do částí systému. Správné fungování servopohonu je velmi důležité pro dosažení požadovaných parametrů a efektivity kotelny.

Jedním z používaných servopohonů je Vexve 1920752. Tento servopohon umožňuje ovládání 3 a 4cestných ventilů, servopohon se ovládá signálem 0-10 V. Pokud by došlo k výpadku elektrického proudu nebo z jiných důvodů lze nastavit servopohon do ručního režimu a pak lze ventilem libovolně otáčet.

Další příklad z používaných servopohonů je pohon Belimo HT24-SR-T. Je to zařízení určené pro otáčení směšovacích ventilů v aplikacích HVAC, nabízí krouticí moment motoru 10 Nm. Doba otočení pohonu je 140 sekund na úhel otáčení činí 90°, což je dostatečné pro mnoho aplikací jako systémy vytápění, ventilace a klimatizace. Pohon je navržen pro stacionární systémy a poskytuje vysokou funkční bezpečnost, včetně ochrany proti přetížení, tzn. pokud dojde k zablokování tak se automaticky vypne a pokusí se restartovat. Také je možnost ručního otáčení ventilu pomocí páky, která zároveň slouží pro zobrazení aktuální polohy přímo na čele servopohonu. Pohon je vybaven funkcí trvalého nebo dočasného vyřazení převodu, což usnadňuje manipulaci v případě potřeby.

Pohon je chráněn proti prachu a vodě krytím IP40, není vhodný pro venkovní použití. Servopohon zajišťuje spolehlivost a dlouhou životnost v běžných provozních podmínkách.[9]



Obrázek 11 - Servopohon Vexve



Obrázek 12- Servopohon Belimo[9]

3.2 Programové vybavení

Programovatelný řídicí systém Amini4DW2, který je použit v této práci, pochází od společnosti Amit. Pro vývoj programu se používá vývojové prostředí DetStudio, které je taktéž vyrobeno společností Amit. Jako vizualizační SCADA systém se používá LookDet, což je rovněž systém vyvinutý společností Amit.

3.2.1 Prostředí DetStudio

DetStudio je programovací prostředí vyvinuté společností Amit. Toto vývojové prostředí je určeno pro tvorbu různých aplikací pro většinu řídicích systémů a programovatelné regulátory. Pro novější řídicí systémy od společnosti Amit se používá DetStudio 2. generace. To se, ale v této práci nepoužívá, protože jsou použity starší, ale za to ověřené systémy. V DetStudiosu se daná aplikace vytvoří a také se vytvoří obrazovky, které půjdou vidět a používat na samotném řídicím systému (pokud se jedná o řídicí systém s vestavěnou obrazovkou). Tyto obrazovky se používají na pozorování chodu celého systému (v tomto případě převážně kotelen), také na ovládání a nastavování celého systému přímo na místě (v rozvaděči a bez nutnosti PC nebo vzdáleného přístupu). Tyto obrazovky po vytvoření lze v DetStudiosu odsimulovat, tzn. není nutnost obrazovky testovat na řídicím systému, ale přímo v aplikaci DetStudio. DetStudio také umožňuje definovat chybová hlášení, on-line ladit a pozorovat běžící aplikaci včetně sledování stavu proměnných v reálném čase. Pomocí DB-Net/IP je možnost kód do řídicího systému nahrát i dálkově (není nutnost být připojen přímo k řídicímu systému v rozvaděči). DetStudio vychází ze staršího prostředí PSP3, DetStudio je s PSP3 kompatibilní, což se týče vstupních zdrojových kódů [2].

Programovací prostředí nabízí několik možností, jak programovat.

- ST (structured text)

Jedná se o vysoce úroňový programovací jazyk (podobný jazyku C). Jedná se o složitější variantu programování, ale za to je vhodnější pro složitější algoritmy a matematické operace. Tento způsob programování je v práci používán.

- LD (ladder diagram)

Tento způsob programování je grafický, to znamená, že je inspirovaný elektrickými obvody (žebříkové schéma). Tento způsob je jednodušší, než ST, ale hůře se v něm vytváří složitější algoritmy a matematické operace. Tento způsob programování je v práci používán.

- IL (instruction list)

Jedná se o nízko úrovněový programovací jazyk. Je podobný Assembleru. Je jednodušší, ale méně pochopitelný. Je vysoce efektivní pro jednoduché operace a logické úlohy. Tento způsob programování se v práci nepoužívá.

- FB (function block diagram)

Jedná se o grafický programovací jazyk. Pracuje s funkčními bloky, které jsou propojeny datovými a řídicími signály. Je vhodný pro aplikace, které využívají opakované bloky.

- CFC (continuous function chart)

Jedná se o grafický programovací jazyk. Je podobný LD a FB, ale má větší volnost a možnosti. Umožňuje programátorům volně umisťovat různé funkční bloky a propojovat je čarami, který znázorňují tok dat. Je vhodný pro kontinuální aplikace jako řízení atd. DetStudio umožňuje v CFC procesu přidávat různé funkční bloky, ale také řádek ST. Je tedy možnost používat kombinaci CFC a ST. Díky tomuto je možnost psát složitější operace více intuitivně. Například přidáním řádku ST, do kterého se napíše IF a podmínka, poté se naprogramuje daná činnost, graficky pomocí CFC, která se má konat platí-li podmínka. A nakonec se přidá ST řádek ENDIF. Tímto se v CFC procesu naprogramuje takový „oddělený úsek“. CFC se v této práci používá nejvíce.

3.2.2 Procesy v DetStudios

Celý kód je rozdělen do několika částí. V PLC od společnosti Amit se kód píše do tzv. procesů. Procesů může být více a může se jim nastavit perioda, typ a název. Mezi typy procesů patří: **Normal**, **Idle**, **Quick**, **Hi**, **Interrupt** a **Init**.

- **Normal**: Tento proces je běžně využíván pro provádění standardních operací. Je určen pro klasické úkoly, které nevyžadují žádnou rychlejší nebo speciální reakci, běží v pravidelných intervalech (perioda procesu).

- **Idle**: Tento proces se používá pro úkoly, které mohou běžet v době, kdy systém aktivně nezpracovává jiné důležité úkoly. V podstatě čeká na vykonání, dokud není prostor pro jeho spuštění.

- **Quick**: Tento proces je nastaven pro rychlé operace, které je potřeba provádět často a s nízkou latencí. Využívá se pro úkoly, které mají vysoké požadavky na časovou přesnost, ale nejsou tak náročné jako procesy typu **Hi**.

- **Hi**: Tento proces je pro ty nejvíc časově citlivé operace. Používá se pro úkoly, které je potřeba vykovávat s velmi krátkou dobou odezvy a v úzkých intervalech. Má prioritu vyšší než procesy **Normal** a **Quick**.

- **Interrupt**: Tento proces se používá pro zpracování přerušení. Pokud nějaký externí signál nebo událost požaduje okamžitou pozornost, tento proces přeruší běžný chod ostatních procesů a zpracuje danou událost s vysokou prioritou.

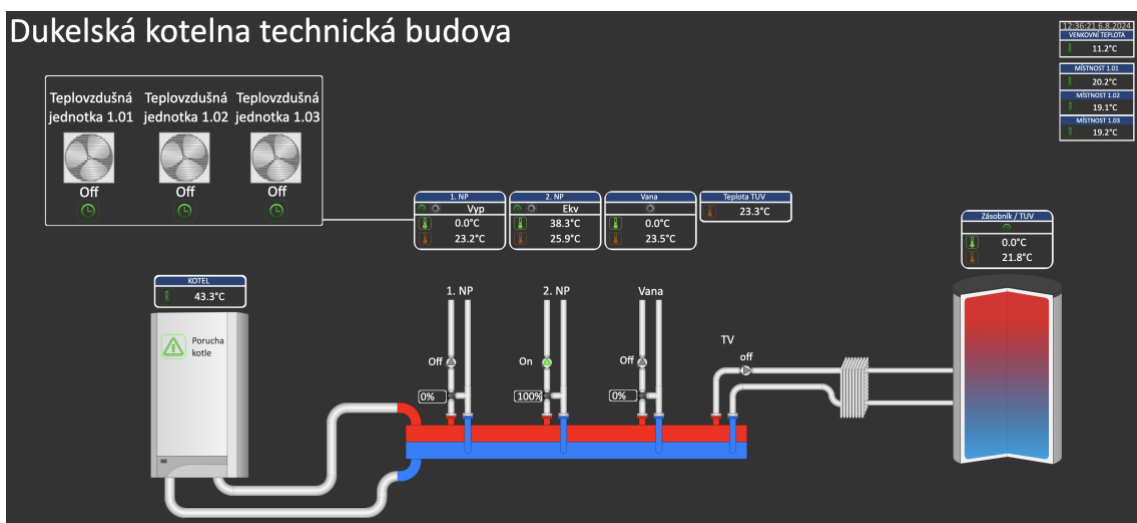
- **Init**: Tento proces je spuštěn při startu systému. Slouží pro inicializaci zařízení a konfiguraci systémových parametrů před tím, než začnou běžet ostatní procesy.

Každý z těchto procesů má specifický účel a funguje tak, aby vyhovoval různým potřebám řízení v reálném čase. V kódu se používají převážně typy **Normal**, **Idle**, **Init** a **Quick**.

3.2.3 Vizualizační systém LookDet

LookDet je dispečerský vizualizační systém vyrobený společností Amit. Jedná se o moderní SCADA systém (Supervisory Control and Data Acquisition) využívající cloudové technologie. Nabízí inovativní přístup k dispečerskému řízení a sběru dat. Umožňuje vytvoření vlastního dispečerského systému s možností vzdálené správy odkudkoli. Celý systém je postaven na webových technologiích, což je vhodné pro jednoduché používání v podstatě na jakémkoliv zařízení, které má k dispozici webový prohlížeč. LookDet musí běžet na Linux serveru.

Mezi základní vlastnosti LookDetu patří vizualizace monitorované technologie ve formě webových stránek. Přístup k datům z řídicích systémů a měřicích zařízení odkudkoliv s možností zápisu a čtení dat. Informace o stavu komunikace s konkrétními stanicemi, pokud se daná stanice odpojí od připojení k internetu nebo vypne tak LookDet na to upozorní. Předdefinované speciální grafické prvky pro zobrazení a editaci dat (časové plány, topné křivky atd.). Export dat do CVS formátu s možností výběru skladby exportovaných dat. Automatická archivace dat na externí disk v uživatelem nastavené periodě. Zabezpečený přístup k stanicím a datům. Možnost nastavit práva pro každého uživatele jinak (tzn. uživatel má přístup pouze ke své stanici i když se používá LookDet server na kterém je více stanic). Speciální systém pro zpracování poruch, lze vidět v tabulce přesný čas, kdy daná porucha nastala. Jednotlivé poruchy lze nastavit tak, aby LookDet poslal mail přes mailového klienta danému uživateli. Synchronizace časů řídicích systémů. Mezi další užitečné funkce patří například možnost tvorby pluginů pomocí PHP nebo JavaScriptu, díky tomuto lze například vytvořit náhled spotřeb energií nebo další libovolné funkce [3].



Obrázek 13 - Ukázka vizualizace v LookDetu

Postup návrhu vizualizace:

Jako první je třeba si uvědomit a promyslet, jak bude celá vizualizace vypadat. Pokud se jedná o kotelnu musí se počítat s tím kolik má kotlů a topných větví a jestli má nádrž na teplou vodu. Poté je potřeba vytvořit graficky celý návrh včetně číselných hodnot ve formátu .svg tedy ve vektorové grafice. V práci k tomuto byl použit program InkScape, jedná se o program, který je ideální pro tvorbu vektorové grafiky. Jako první se nastaví rozlišení v pixelech celého obrázku. Poté přidáváme nebo kreslíme všechny potřebné prvky jako kotle, potrubí, rozdělovače, výměníky, čerpadla, ventily, zásobníky. Ke každému prvku, který nějakým způsobem „pracuje“ je potřeba přidat textové hodnoty. Tedy ke kotli přidáme číselné pole pro teplotu výstupu z kotle a nějakou ikonku nebo textové pole pro poruchu kotle. Pro čerpadla přidáme textové pole, kde se nám zobrazí stav on/off. Pro ventily přidáme číselné pole, kde se zobrazí stav otevření ventilu v procentech. K zásobníku teplé užitkové vody přidáme dvě číselná pole, jedno pro reálnou teplotu v zásobníku a druhé pro žádanou teplotu v zásobníku. Také přidáme ikonku, která bude sloužit jako tlačítko pro nastavení TUV, bude se jednat o časový plán (dayplan – nastavení teploty zásobníku ve různě během dne). Ke každé topné větvi je třeba přidat dvě číselná pole, jedno pro teplotu žádanou a jedno pro teplotu naměřenou. Dále je potřeba přidat dvě tlačítka. Jedno na nastavení časového plánu nočního útlumu(dayplan) a nastavení režimu celé topné větve. Do návrhu je potřeba také přidat informace o venkovní teplotě, aktuálním čase, tlak systému a například teploty v místnostech. V případě této práce jsou tyto data v rámečku v pravém horním rohu.

Jakmile je návrh vytvořen, vyexportuje se do vektorového formátu .svg. V LookDetu se vytvoří nový náhled a do něho se nahraje vytvořená vektorová grafika. Každý aktivní prvek (tj. tlačítka, číselná pole atd.) se nastaví do „klikatelného režimu“. Poté se klikne na daný prvek a zobrazí se nastavení kde je možnost daný prvek nastavit podle potřeb. Pokud se jedná například o zobrazení teploty vody, vybere se z nabídky nastavení „Zobrazení číselné hodnoty“, zde se nastaví kanál dané proměnné, jednotky, barvy atd.

3.3 Návrh celého řízení

Uživatel si může dálkově nebo přímo u řídicího systému zobrazit stavy celé kotelny a také ji nastavit.

Budova nových skladů

Topné větve pro ústřední topení lze nastavit na několik režimů.

Režim vypnuto

V tomto režimu, jak z názvu vypovídá je všechno vypnuto.

Režim léto

Režim léto funguje stejně jako režim vypnuto, ale až na několik výjimek. V tomto režimu se hlídá, pokud venku není mráz. Pokud ano, začne se topit na minimální teplotu, aby nedošlo k zamrznutí některých částí systému. V tomto režimu se také hlídá nastavená časová perioda protočení všech ventilů a oběhových čerpadel. To proto aby nedošlo k zaseknutí vlivem vodního kamene.

Režim ekvitermní křivky

Tento režim reguluje topení podle naměřené venkovní teploty, k tomuto se používá lineární interpolace. V práci je použito devět různých ekvitermních křivek. Interpolace použije naměřenou venkovní teplotu a podle ekvitermní křivky nastaví na výstup danou teplotu pro topnou větev. Toto je nejvíce používaný způsob, protože je efektivnější a úspornější oproti konstantnímu režimu. Ekvitermní křivky lze měnit podle požadavků uživatele, to je důvod, proč je v práci na výběr z devíti křivek. Uživatel má dále možnost nastavit si noční útlum, toto je vhodné, pokud se jedná o topení například právě ve firmě, protože zde není potřeba topit v noci. Noční útlum se nastavuje jako konstanta, která se v nastaveném čase odečte od žádané teploty dané topné větve.

Režim konstantní

Poslední režim pro větve ústředního topení je režim konstanta. Jedná se o režim, který topí do větve podle nastavené konstanty a nezajímají ho okolnosti jako je venkovní teplota.

Pokud je žádaná teplota dané větve ÚT větší než nula, tak se sepne čerpadlo a do PID regulátoru se pošle žádaná teplota a naměřená teplota. Příkaz PID regulátoru vyreguluje servopohon do potřebné polohy. PID regulátor je nastaven na hodnoty $K = 2$, $T_i = 250$, $T_d = 0$, jedná se o ověřené hodnoty. Tyto hodnoty se, popřípadě upraví na místě podle potřeby. Kotel se reguluje signálem 0–10 V, kdy napětí reprezentuje žádaná hodnota.

Uživatel si také může nastavit teplotní limity pro odstavení, jak pro den, tak pro noc (když je zapnutý útlum). Pokud venkovní teplota přesáhne nastavený limit tak se vypne topení (žádaná teplota se nastaví na nulu).

Teplovzdušné jednotky

V budově se nachází tři teplovzdušné jednotky, z toho jsou všechny v prvním podlaží. Tyto jednotky slouží k vytápění. Každá z těchto jednotek se nachází v jiné místnosti a má vlastní časový plán. V každé z těchto místností je teplotní čidlo. Pomocí časového plánu se nastaví, na jakou teplotu chceme danou místnost vytopit. K tomuto se používá porovnání s hysterezi, aby nedocházelo k častému spínání. Pokud je teplota v místnosti nižší, než nastavená hodnota tak se teplovzdušná jednotka zapne. K chodu těchto jednotek je také třeba topit do topné větve prvního podlaží. Z tohoto důvodu se používá interpolace podle venkovní teploty (pokud je venkovní teplota $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ bude se topit na $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, pokud je venkovní teplota $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ bude se topit na $50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Tlaková čerpadla v nádržích na dešťovou vodu

V každé ze čtyř nádrží je umístěn senzor hladiny a také tlakové čerpadlo. Pokud je hladina vody v nádrži větší než 30 cm tak se čerpadlo zapne. Nachází se zde jedna nádrž, která vede do jiné nádrže (nádrž 2), jedná se o nádrž u hlavní budovy. Pokud je v této nádrži více vody než 30 cm a zároveň nádrž 2 není plná tak se čerpadlo zapne. Uživatel může nastavit, zda tyto čerpadla mají takto fungovat anebo je úplně vypnout. Čerpadla lze také přepnout do ručního režimu.

Teplá užitková voda

Ohřev teplé užitkové vody funguje jen pomocí časového plánu (dayplan). Uživatel si nastaví časové intervaly a jak teplou vodu chce v daném intervalu v zásobníku TUV. Pokud se v zásobníku nachází voda o nižší teplotě, než je žádaná hodnota, tak se zapne oběhové čerpadlo. Pokud je voda v zásobníku větší nebo stejná jako žádaná teplota, tak se oběhové čerpadlo vypne. Toto porovnání také používá hysterezi, aby nedocházelo k častému spínání oběhového čerpadla.

Kotel

Kotel se reguluje tak, že vezme ze všech topných větví žádanou hodnotu teploty a k maximální hodnotě přičte teplotní navýšení $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, to z toho důvodu, aby byla teplota dostatečná, pokud by bylo potřeba topit do většího množství topných větví.

Hlavní budova a budova výzkumného střediska

V těchto budovách již předtím bylo řízení topení. Toto starší řízení se v této práci upravilo a přidala se vizualizace. V těchto budovách není tolik možností nastavení, protože zaměstnanci firmy již jsou zvyklí na nastavení, jaké bylo předtím. Úkol v těchto budovách tedy bylo inovovat staré řízení a příslušné jej upravit podle požadavků a udělat celou vizualizaci.

Topné větve pro ústřední topení jsou také rozděleny do několika režimů.

Režim vypnuto

V tomto režimu, jak z názvu vypovídá je všechno vypnuto.

Režim léto

Režim léto funguje stejně jako režim vypnuto, až na několik výjimek. V tomto režimu se hlídá, pokud venku není mráz. Pokud ano, začne se topit na minimální teplotu, aby nedošlo k zamrznutí některých částí systému. V tomto režimu se také hlídá nastavená časová perioda protočení všech ventilů a oběhových čerpadel. To proto aby nedošlo k zaseknutí vlivem vodního kamene.

Režim ekvitermní konstanty

Tento režim reguluje topení podle naměřené venkovní teploty, k tomuto se používá ekvitermní konstanta. Podle požadované teploty v místnosti a naměřené venkovní teploty a ekvitermní konstanty <2.0–4.0> se vypočítá doporučená teplota vody.

Výpočet teploty topné vody

$$T_v = E * T_p + (1 - E) * T_e$$

T_v - teplota vody

T_p - teplota požadovaná v místnosti

T_e - teplota venkovní (externí)

E - ekvitermní konstanta

Obrázek 14 - Výpočet teplé vody podle evk. konstanty

Toto je zastaralejší, ale stále efektivní a úsporný režim v porovnání s režimem konstantním. Ekvitermní konstantu lze měnit podle požadavků uživatele. Uživatel má tedy možnost nastavit si teplotu v místnosti v čase, tím má možnost nastavit v noci teplotu nižší.

Režim konstantní

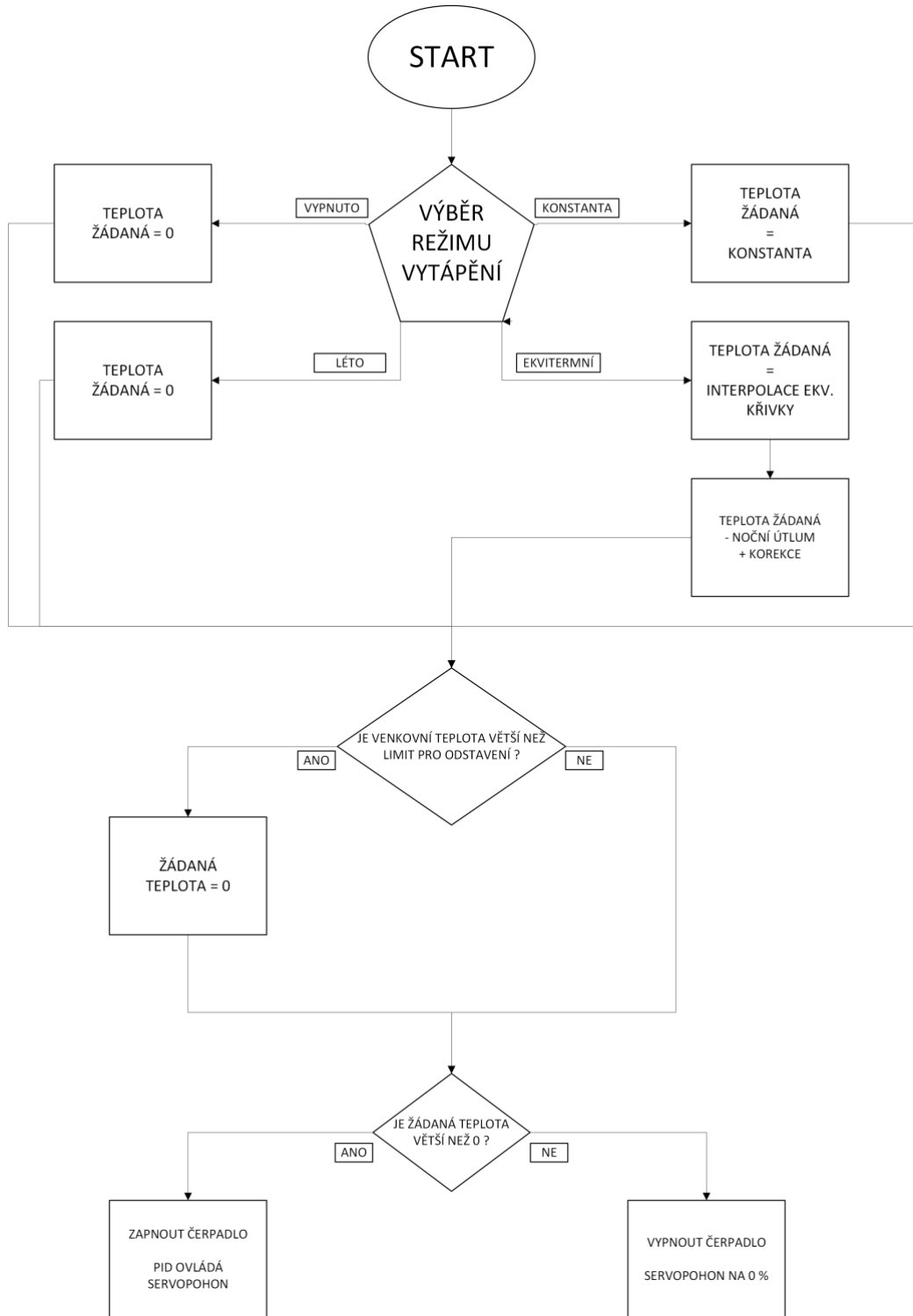
Poslední režim pro větve ústředního topení je režim konstanta. Jedná se o režim, který topí do větve podle nastavené konstanty a nezajímají ho okolnosti jako je venkovní teplota.

Kotel v hlavní budově

Kotel nyní konstantně topí na nastavenou teplotu. V budoucnu bude kotel ovládán signálem 0-10 V, kde napětí reprezentuje žádanou teplotu. Kotel nyní není fyzicky připraven na toto ovládání.

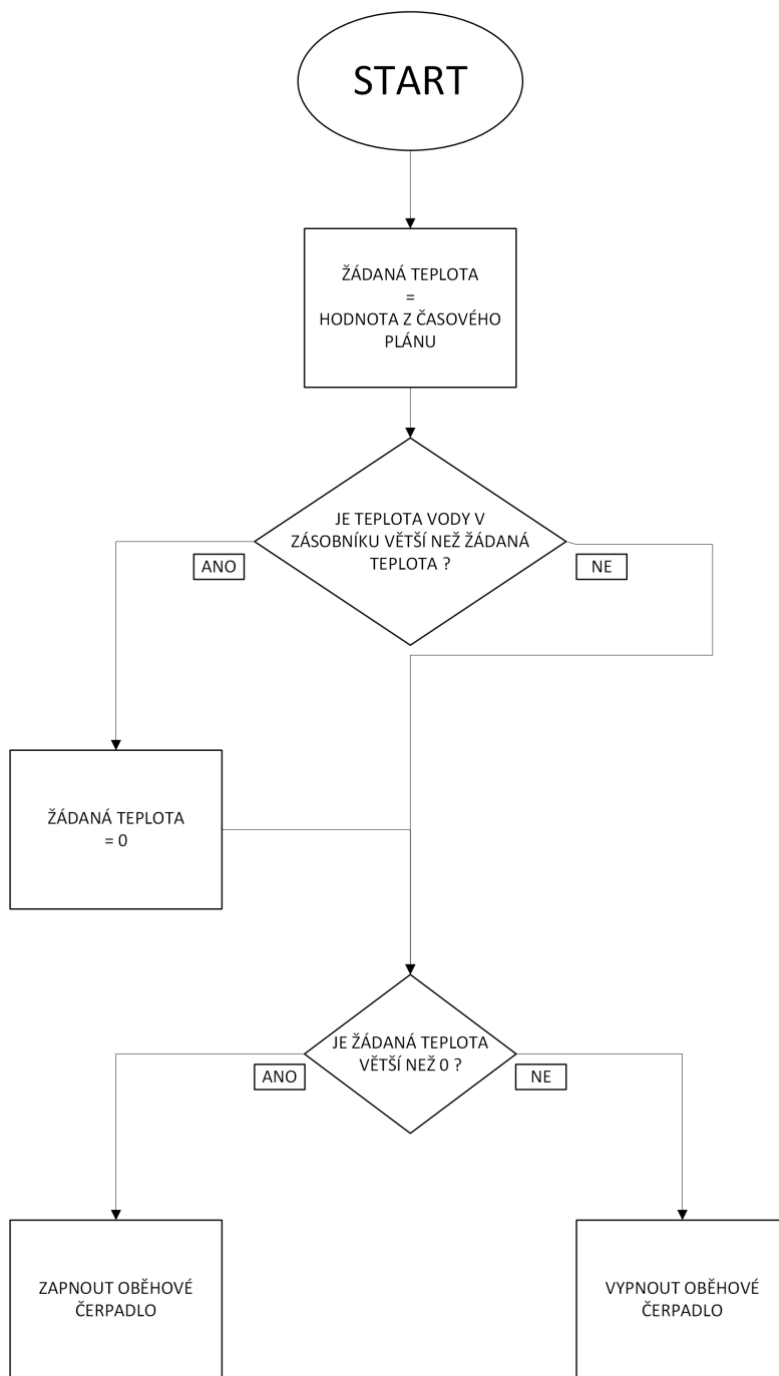
3.4 Popis struktury kódu

Diagram vytápění



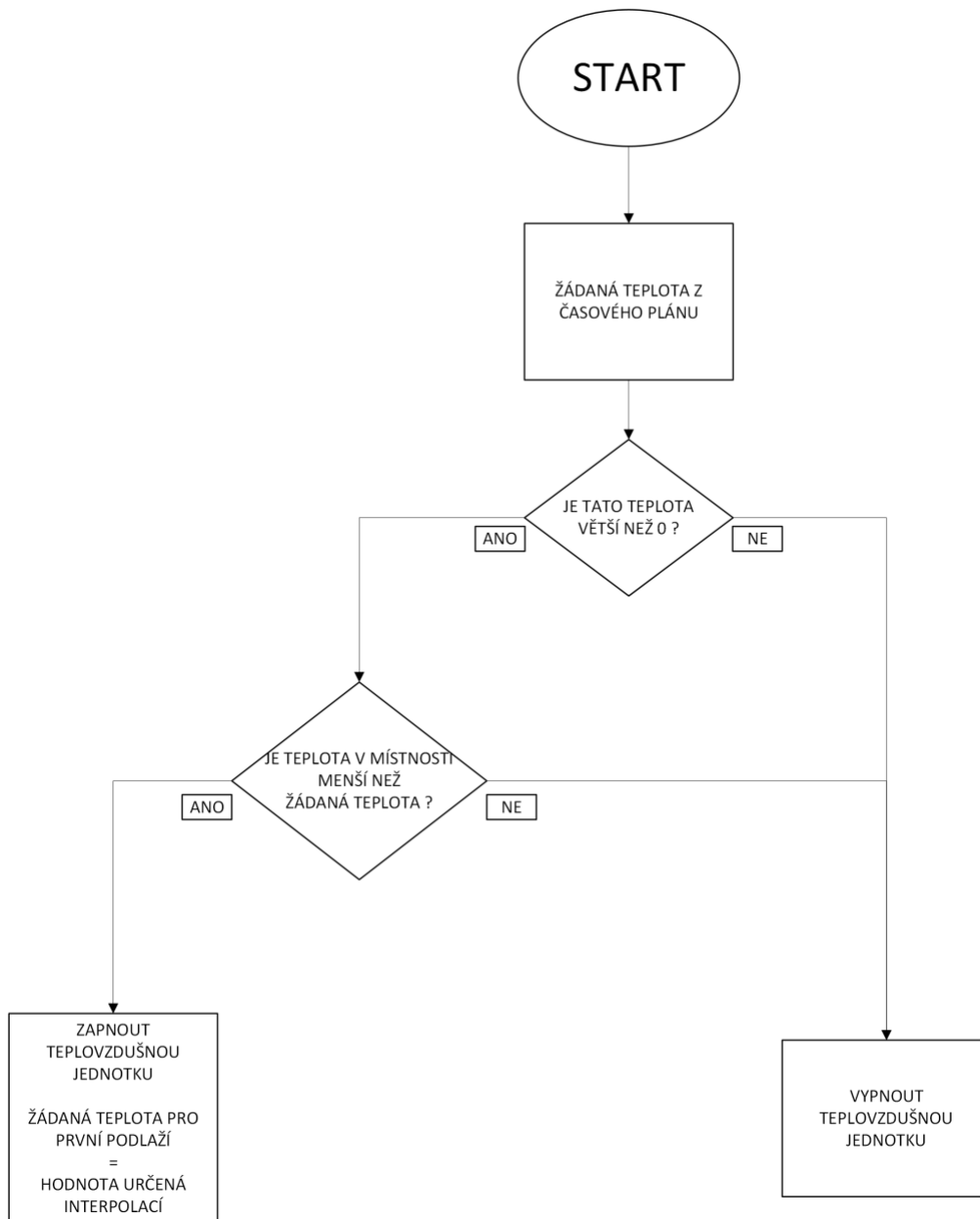
Obrázek 15 - Diagram vytápění

Diagram ohřevu teplé vody



Obrázek 16 - Diagram TUV

Diagram teplovzdušné jednotky



Obrázek 17 - Diagram teplovzdušné jednotky

Proces Init

Proces typu init se používá pro inicializaci systému, tzn. provede se jen jednou, a to při startu PLC. V tomto procesu je nejdůležitější příkaz EthNetSeg. Ten slouží pro inicializaci s vizualizací se SCADA systémem LookDet. Nastavuje se IP adresa serveru a příslušný port a další parametry.

```
:1001 EthNetSeg 0x50BC887A, 10001, 0, 3000, StationState, NONE
```

:1001 – návěští příkazu, používá se pro „propojení s jiným příkazem“

0x50BC887A – veřejná IP adresa serveru LookDet v hexadecimálním tvaru

10001 – Port (číslo UDP portu vzdálené stanice – brány na které probíhá komunikace)

0 – Přihlašovací heslo vzdálené stanice – brány (heslo se zde nepoužívá)

3000 – Maximální doba čekání (ms) na odpověď od vzdálené stanice (timeout)

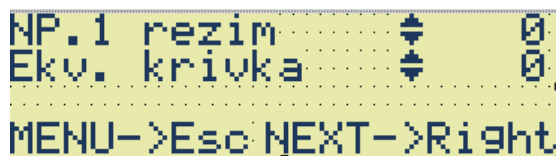
StationState – Proměnná posílána do příkazu. Příznak, zda se má pro vzdálené stanice aktivně udržovat jejich stav

NONE – Jméno proměnné do které se bude průběžně ukládat stav komunikace s DB-Netem

Proces Idle

V tomto procesu je důležitý jen příkaz, který se používá pro připojení grafického terminálu parametrizovaného v editoru obrazovek. Zajišťuje přenos dat mezi softwarovou částí pro monitor, která se vytvoří v editoru obrazovek.

```
Lcw3Idle NONE
```



```
NP.1 rezim ..... ↕ 0  
Ekv. krivka ..... ↕ 0  
.....  
MENU->Esc NEXT->Right
```

Obrázek 18 – Obrazovka PLC

Proces Quick

V tomto procesu stojí za zmínku příkaz ImpIn, který ošetřuje šestnácti impulzních vstupů, načítaných z logického kanálu digitálních vstupů. Předzpracované hodnoty neukládá do databáze, ale uchovává je ve vnitřních proměnných. Tyto hodnoty musejí být dále zpracovány modulem DImp. Modul ImpIn musí být umístěn v rychlém procesu (ProcQuick, Hi, Hi). Každý ze šestnácti signálů může mít aktivní vzestupnou nebo sestupnou hranu případně obě hrany. U netvarovaných signálů bývá většinou aktivní pouze vzestupná hrana.

```
:1000 ImpIn #3, 0, 60, 0xFFFF, 0x0000
```

:1000 – návěští příkazu, používá se pro komunikaci s příkazem DImp

#3 – číslo čteného logického kanálu DI. Všechny signály tohoto kanálu budou ošetřeny jako impulzní, to ale nebrání použití příkazu DigIn, který vybrané signály nastaví jako stavové

0 – Minimální přípustná délka mezi pulzy (ms)

60 – Maximální přípustná délka mezi pulzy (ms)

0xFFFF – nastavení všech 16 bitů ať jsou aktivní na náběžnou (rising) hranu

0x0000 – nastavení všech 16 bitů ať nejsou aktivní na sestupnou (falling) hranu

Tento příkaz v podstatě připraví digitální vstupy na vstupy impulzní. Toto je důležité, pokud se používají impulzní elektroměry, vodoměry, plynoměry nebo elektroměry.

Proces se vstupy a výstupy

V rámci řízení kotelen je klíčové správně načítat vstupy a výstupy do proměnných, které následně umožní jejich využívání pro rozhodovací procesy a ovládání zařízení. Tento proces se obvykle skládá z několika fází, které zahrnují získání hodnot z fyzických zařízení, jejich převod na použitelné formáty a přiřazení do proměnných v programu.

Načtení analogových vstupů:

V této ukázce kódu čteme teplotu z větve 1.NP (ústřední topení). Používá se snímač Ni1000, následně se hodnota filtruje přes příkaz Filtr1R aby nedocházelo k šumění hodnoty:

```
Ni1000 ni10001_1, TN_1NP, 6180  
Filtr1R TN_1NP, TF_1NP, 10.000
```

Ni1000 – příkaz čte analogový údaj z logického kanálu analogového vstupu a přepočítává jej na teplotu měřenou odporovým snímačem Ni1000

ni10001_1 – konkrétní kanál analogových vstupů

TN_1NP – proměnná do které se ukládá naměřená teplota [°C]

6180 – citlivost snímače [ppm], standardně 6180 nebo 5000

Filtr1R – příkaz realizuje filtr 1. řádu (setrvačný členek)

TN_1NP – proměnná vstupu

TF_1NP – výstupní filtrovaná proměnná

T – Časová konstanta filtru [s]. Je to doba, za kterou výstup dosáhne 63% hodnoty vstupu při odezvě na skok vstupu

Načtení digitálních vstupů:

```
DigIn #0, DI, 0x0000
```

DigIn – Modul čte šestnáctici digitálních vstupních signálů z logického kanálu digitálních vstupů do databázové proměnné typu I (Int)

#0 – číslo logického kanálu DI, ze kterého bude příkaz číst

DI – Jméno proměnné do jejíž bitů budou načteny hodnoty

0x0000 – negace jednotlivých bitů

Jelikož jsou hodnoty jednotlivých vstupů uloženy v bitech proměnné, je potřeba si usnadnit práci a vytvořit si tzv. aliasy. Ty slouží k tomu aby se vytvořila bitová proměnná (nabývá pouze stavu 1 a 0 neboli True a False). Díky aliasům je poté snadnější práce v přístupu k určitým bitům.

Zápis do digitálních výstupů:

```
DigOut DO, #0, 0x0000
```

DigOut – Příkaz запиše šestnáct digitálních výstupních signálů z databázové proměnné typu I na výstupní logický kanál DO.

DO – Jméno proměnné, jejíž bity (hodnoty), budou zapisovány příkazem do výstupního kanálu

#0 – číslo logického kanálu digitálních výstupů, na který bude příkaz zapisovat

0x0000 – negace jednotlivých bitů

Zápis do analogových výstupů:

V této ukázce kódu se zapisuje hodnota na analogový výstup, konkrétně se jedná o servopohon 0-10 V. Je potřeba převádět mezi fyzikální jednotkou [%] a elektrickou jednotkou [V]. To tento příkaz umožňuje.

```
AnOut #AO00_0, SP_UT1, 10.000, 0.000, 10.000, 0.000, 100.000
```

Anout – Příkaz zapisuje hodnotu proměnné, jejíž fyzikální rozměr přepočítává na rozsah převodníku, do kanálu

#AO00_0 – číslo výstupního logického kanálu analogových výstupů

SP_UT1 – jméno proměnné, hodnota ve fyzikálních jednotkách

10.000 – (Range) Celkový výstupní rozsah HW modulu v elektrických jednotkách

0.000 – Dolní mez signálu v elektrických jednotkách

10.000 – Horní mez signálu v elektrických jednotkách

0.000 – Dolní mez signálu ve fyzikálních jednotkách

10.000 – Horní mez signálu ve fyzikálních jednotkách

Čtení analogových vstupů ze vzdáleného modulu AMRIO-AI12:

V této ukázce kódu je příkaz `ARI_AnIn`, který čte analogový údaj z vyrovnávací paměti sběrnice ARION a přepočítává jej na fyzikální rozměr. Příkaz umožňuje v zájmu zkrácení kódu přečíst více signálů současně (všechny signály z jednoho analogového vstupního uzlu)

```
ARI_AnIn 1, 0, 11, AMRIO_AI12[0,0], Mtx_conv[0,0], 10.000, 0.000,
10.000, 0.000, 10.000

//teplota mistnost 1.01
Ni1000U2T AMRIO_AI12[0,0], AMRIO_AI12_T[0,0], 6180, 15.000, 3920.000
Filtr1R AMRIO_AI12_T[0,0], TF_101, 10.000
```

ARI_AnIn – Příkaz čtení a převodu analogových vstupů v síti ARION

1 – adresa uzlu v síti ARION

0 – číslo signálu v rámci uzlu, který se má načíst

11 – Počet signálů v rámci uzlu, který se má načíst (číslováno od nuly)

AMRIO_AI12[0,0] – přepočítávaná hodnota ve fyzikálních jednotkách

Mtx_conv[0,0] – Matice převodních konstant, sloupce matice: Range, ElMin, ElMax, PhysMin, PhysMax

10.000 – horní hranice měřicího rozsahu HW modulu v elektrických jednotkách

0.000 – Dolní mez signálu v elektrických jednotkách

10.000 – Horní mez signálu v elektrických jednotkách

0.000 – Dolní mez signálu ve fyzikálních jednotkách

10.000 – Dolní mez signálu ve fyzikálních jednotkách

Následuje klasické čtení z daného kanálu, akorát se použije proměnná z příkazu `ARI_AnIn`.

Čtení digitálních vstupů ze vzdáleného modulu AMRIO-DI24:

V této úkazce kódu je příkaz `ARI_DigIn`, který čte 16 nebo 32 digitálních vstupních signálů z vyrovnávací paměti sběrnice ARION do databázové proměnné. Každý ze čtených signálů lze jednotlivě negovat. Modul nemá vliv na fyzický přenos dat po síti.

```
ARI_DigIn 2, 0, DI24_AMRIO, 0x00000000
```

ARI_DigIn – Příkaz čtení digitálních vstupů v síti ARION

2 – adresa uzlu v síti ARION

0 - číslo signálu v rámci uzlu, od kterého se má začít načítat (číslováno do nuly)

DI24_AMRIO – název proměnné do jejíž bitů budou zapsány stavy vstupů

0x00000000 – negace jednotlivých bitů

Jelikož jsou hodnoty jednotlivých vstupů uloženy v bitech proměnné, je potřeba si usnadnit práci a vytvořit si tzv. aliasy. Ty slouží k tomu aby se vytvořila bitová proměnná (nabývá pouze stavu 1 a 0 neboli True a False). Díky aliasům je poté snadnější práce v přístupu k určitým bitům.

Zápis digitálních výstupů do vzdáleného modulu AMRIO-DO21

V této ukázce kódu je příkaz `ARI_DigOut`, který zapíše zvolený počet digitálních výstupních signálů z databázové proměnné do vyrovnávací paměti sběrnice ARION. Každý ze zapisovaných kanálů lze jednotlivě negovat. Modul nemá vliv na fyzický přenos dat po síti.

```
ARI_DigOut 3, 0, 16, DO21_AMRIO_1, 0x00000000  
ARI_DigOut 3, 0, 2, DO21_AMRIO_2, 0x00000000
```

ARI_DigOut – Příkaz zápisu digitálních výstupů v síti ARION

3 – adresa uzlu v síti ARION

0 – číslo signálu v rámci uzlu, od kterého se má začít načítat (číslováno do nuly)

16 – Počet signálů, které se mají zapsat. Zápis se ukončí po dosažení posledního signálu uzlu nebo po vyčerpání všech bitů vstupní proměnné (co nastane dříve).

DO_AMRIO_1 – název proměnné jejíž bity se zapisují

0x00000000 – negace jednotlivých bitů

V tomto případě je taktéž dobré používat a správně namapovat aliasy, které slouží k jednodušší práci s jednotlivými bity proměnné.

Proces exportu do vizualizace

Tento proces je nezbytný pro efektivní monitorování provozu kotelny, protože se stará o pravidelný export důležitých provozních dat, jako jsou teploty, režimy provozu atd. na vzdálený server pro vzdálenou vizualizaci a analýzu. Díky tomu je možné v reálném čase pozorovat stav celého systému, optimálně nastavit příslušný režim řízení vytápění a ohřevu teplé vody s cílem snížit energetickou náročnost a provozní náklady.

```
EthDynSnd :1001, 0x0000, "DukelskaTechBudova", NONE[0,*], NONE, NONE, NONE
```

V tomto kódu se nachází příkaz EthDynSnd, který žádá o přenos informace o IP adrese, na které je řídicí systém komunikačně dostupný.

:1001 – návěstí příkazu EthNetSeg, který definuje vzdálené PC, kam se IP adresa posílá **“DukelskaTechBudova“** - jedná se o uživatelské jméno řídicího systému, pod kterým je stanice definovaná v komunikačním ovladači na PC

```
let EXPORT_F[0,0] = HLADINA_HLB  
let EXPORT_F[1,0] = HLADI_12m3_1  
.  
.  
.
```

Do maticové proměnné typu float, se ukládají proměnné typu float, které je potřeba exportovat.

```
let EXPORT_I[0,0] = DI  
.  
.  
.
```

To samé se děje i s proměnnými typu Integer.

```
EthReqDb :1001, 0x0001, 30, EXPORT_F[0,0], 29, 1, -1, NONE, NONE
```

Při každém spuštění příkazu se přenáší žádaná proměnná. Pokud je typ proměnné matice, lze přenášet jak celou matici, tak i její výřez. Pokud se přenáší matice, lze přenášet jen část matice. Maximální velikost výřezu matice, kterou je modul schopen v současné verzi přenést je 240 B.

EthRegDb – Příkaz žádosti o přenos databázové proměnné po Ethernetu.

:1001 – návěstí které definuje vzdálenou stanici na kterou se má posílat

0x0001 – Nastavení režimu write

30 – číslo stanice se kterou se má komunikovat

EXPORT_F[0,0] – exportovaná maticová proměnná

29 – počet řádků přenášené části matice

1 - počet sloupců přenášené části matice

-1 - WID proměnné na vzdálené stanici, která se komunikuje.

Pokud je zadáno -1, použije se WID proměnné dosazené za parametr Variable

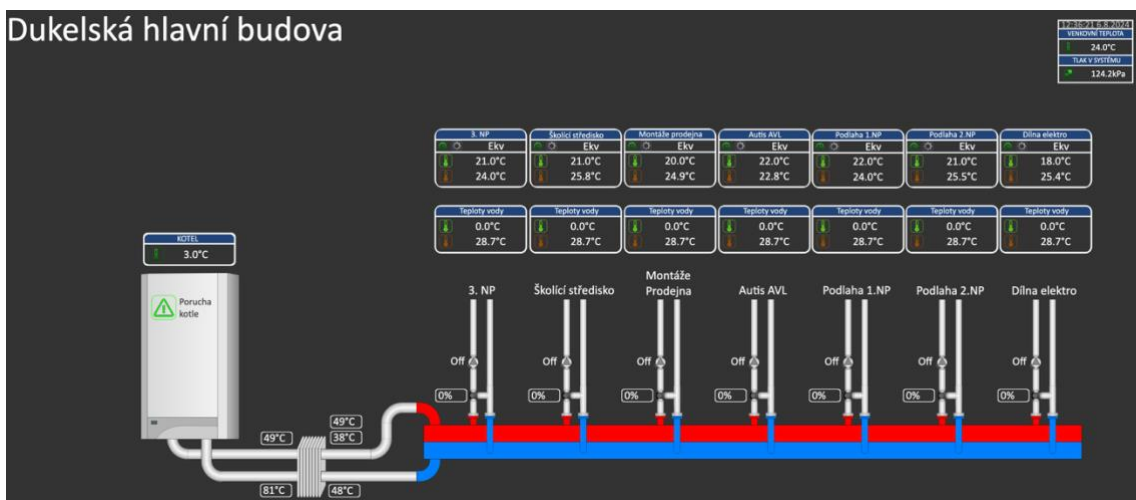
NONE – chybový kód vložení požadavku

NONE – stav přenosového požadavku

V práci se pro jednoduchost a efektivitu přenáší jen matice, a to buď typu Int nebo Float. To z toho důvodu, protože to ušetří řádky v kódu a lépe se ukládá kanál proměnné. Kanály exportovaných proměnných totiž nemůžou být stejné, protože by se přepisovaly. To platí i pokud posíláme data z úplně jiného PLC na jiném místě. Je tedy dobré si čísla kanálů někde poznamenávat, aby se při instalaci nového systému s PLC jednoznačně vědělo, které kanály jsou volné. Tedy při používání jedné matice o například 20 hodnotách se použije jen jeden kanál, bez použití matice by se muselo použít všech 20 kanálů.

AMIT DYN IP	Dukelska Hlavni Budova	3
54220 (0:0-28:0), AMIT	Dukelska Hlavni Budova	
54221 (0:0-28:0), AMIT	Dukelska Hlavni Budova	
54222 (0:0-28:0), AMIT	Dukelska Hlavni Budova	

Obrázek 19 - Přenášené matice



Obrázek 20 - Vizualizace

Proces pro výběr režimu vytápění dané větve topení

Tento proces slouží pro výběr režimu vytápění pro dané patro. Je na výběr z celkem čtyř režimů, tj. vypnuto, léto, ekvitermní křivka, konstanta. Pro samotný výběr se používá proměnná typu Integer s switch příkaz. Podle hodnoty proměnné se vybere příslušný případ (case) switche.

```
Switch NP1_rezim
    Case 0 //VYPNUTO
        let TZ_NP1 = 0
    EndCase
```

Zde je příklad, jak vypadá case pro režim vypnuto. V podstatě se jen nastaví žádaná hodnota pro první patro jako nula.

```
Case 1 //LETO
    let TZ_NP1 = if(@mráz,10,0)
EndCase
```

Zde je příklad, jak vypadá case pro režim léto. Je zde vidět podmínka, která kontroluje, zda je alias @mráz True nebo ne. Pokud je venku mráz tudíž alias @mráz je nastaven na True tak se nastaví žádaná teplota pro první patro na 10 °C, jinak se nastaví na 0 °C.

```
Case 2 //KRIVKA
    Switch NP1_krivka
        Case 1
            Interpol TF_Out, TZ_NP1_pom, K_NP2_1
        EndCase
        .
        .
        .
```

Zde je část kódu, jak vypadá režim ekvitermní křivky. V case 2 proměnné NP1_Switch se nachází další switch, kterým se nastavuje konkrétní ekvitermní křivka. Příkaz Interpol nastaví žádanou teplotu do proměnné TZ_NP1_pom na základě venkovní teploty TF_Out a samotné ekvitermní křivky uložené v maticové proměnné K_NP2_1.

```
Let TZ_NP1_pom = if(NP1_útlum_z == 0, TZ_NP1_pom - NP1_Útlum, TZ_NP1_pom)
Let TZ_NP1_pom = TZ_NP1_pom + NP1_posun
```

Zde je další část kódu case ekvitermní křivky, zde se od proměnné žádané teploty odečítá útlum (pokud je útlum zapnutý (0)), jinak se nestane nic. Dále se k žádané teplotě přičte posun, který si uživatel nastaví skrze vizualizace.

```

Case 3 //KONSTANTA
    let TZ_NP1 = NP1_konstant
EndCase
EndSwitch

```

Zde je uvedena část kódu pro poslední režim, a to režim konstanta, kde se do proměnné žádané teploty uloží hodnota z proměnné NP1_konstant.

S proměnnou žádané teploty se poté pracuje dále v řízení kotle.

Proces hlavního ovládání

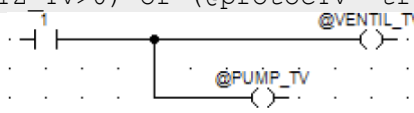
V tomto procesu se nachází jak ohřev teplé vody, tak i vytápění pro různá patra, popřípadě ovládání teplovzdušných jednotek, také se zde nachází signalizace poruch. Jelikož je tento proces hodně obsáhlý, tak zde budou uvedeny jen nejdůležitější a nejzajímavější části kódu.

Ohřev teplé vody:

```

DayPlan 0x0000,8,0x0001,0x0002,...SVATKY,NP4_Times,NP4_Values,NP4_DP
Let TZ_TV = NP4_DP
Hyst TF_Stack1,@TV_ZASOB,TZ_TV,5,0
If @TV_ZASOB
    Let TZ_TV=0
Endif
If (TZ_TV>0) or (@protocTV==true)

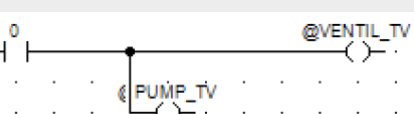
```



```

Else

```



```

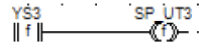
Endif

```

- Příkaz časového plánu nastaví hodnotu z časového plánu do proměnné NP4_DP
- Porovnání s hysterezí porovná žádanou a naměřenou teplotu vody
- Pokud je teplota v zásobníku větší než žádaná, nastaví se žádaná teplota na nulu
- Pokud je žádaná teplota > 0 nebo je potřeba protočit prvky, tak se zapne čerpadlo a otevře se ventil
- Jinak se vypnou

Vany:

```
If @zapnout_van == true
  Let TZ_VANA=Nastav_Vanu
  PID Nastav_Vanu, TF_VANA, YS3, MODE, PID
```



Else

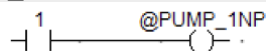
```
Let YS3 = 0
  PID 0, TF_VANA, YS3, MODE, PID
  Let TZ_VANA = 0
```

Endif

- Pokud je bit @zapnout_van nastaven na true, tak se do žádané proměnné uloží teplota z nastavené proměnné
- Zapne se čerpadlo
- PID regulátor začne regulovat servopohon
- Jinak se čerpadlo vypne a servopohon nastaví na 0 %

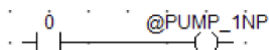
Patro:

```
DayPlan 0x0000,8,0x0001..., SVATKY, NP1_Times, NP1_Values, NP1_utlum_z
Let TZ_NP1 = max (TZ_NP1, TZ_Sahara1, TZ_Sahara2, TZ_Sahara3)
If NP1_utlum_z == 0
  Hyst TF_Out, @Out_Lim_1, Out_Lim_Night,1,0
Else
  Hyst TF_Out, @Out_Lim_1, Out_Lim_Day,1,0
Endif
If @Out_Lim_1 == true
  Let TZ_NP1=0
Endif
If (TZ_NP1>0) or (@protocNP1 == true)
```



```
PID TZ_NP1, TF_1NP, YS1, MODE, PID
```

Else



```
Let YS1=0
```

Endif

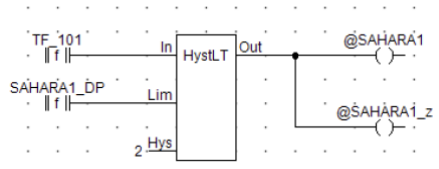


- Podle časového plánu se uloží hodnota do proměnné NP1_utlum_Z
- Do žádané teploty se uloží nejvyšší teplota (v tomto případě i z teplot vzdušných jednotek)
- Pokud je zapnutý noční útlum, tak se porovnává venkovní teplota s nočním limitem
- Pokud je noční útlum vypnutý, tak se porovná venkovní teplota s denním limitem
- Pokud je venkovní teplota větší než limit, žádaná teplota se nastaví na 0

- Když je žádaná teplota větší než 0 nebo je potřeba protočit prvky, zapne se čerpadlo a PID vyreguluje servopohon
- Jinak se vypne čerpadlo a servopohon se nastaví na 0 %

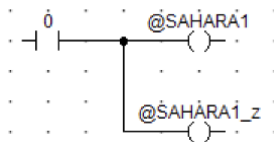
Teplovzdušné jednotky:

```
DayPlan 0x0000, 3, ..., SVATKY, SAHARA1_Time, SAHARA1_Valu, SAHARA1_DP
If SAHARA1_DP>0
```



```

If @SAHARA1_z == true
    Interpol TF_Out, TZ_Sahara1, K_SAHARA
Else
    Let TZ_Sahara1=0
Endif
Endif
If SAHARA1_DP==0
    Let TZ_Sahara1=0
```

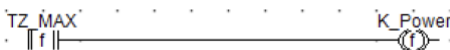


```
Endif
```

Kotel:

```

Let TZ_MAX = max (TZ_NP1, TZ_NP2, TZ_VANA, TZ_TV)
If TZ_MAX > 0
    Let TZ_MAX = TZ_MAX + 5
Endif
If @K_Porucha == false
```



```
Endif
```

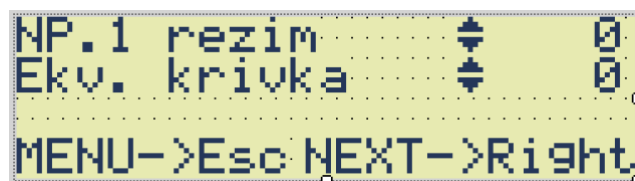
- Do proměnné maximální žádané teploty se uloží maximum všech větví
- Pokud je žádaná teplota větší než nula, tak se navýší o 5 °C
- Pokud není porucha kotle tak se tato teplota uloží do proměnné K_Power
- Ta se následně v procesu vstupů a výstupů převede na signál 0-10 V

Nastavení obrazovky na řídicím systému

Nastavení obrazovek řídicího systému je nezbytné pro ovládání celého systému na místě (v rozvaděči). Jako první obrazovka, která se zobrazí hned po zapnutí řídicího systému by se měla obvykle objevit přihlašovací obrazovka, kde se obsluha přihlásí, pokud potřebuje něco upravit, přenastavit nebo jen sledovat. Toto zabezpečení však není v tomto případě potřeba, protože se kotelny nachází v samotném areálu firmy. Tudíž nikdo nežádoucí nemá přístup do dané budovy. V tomto případě se tedy rovnou zobrazí obrazovka s hlavním menu.



Obrazovka se tvoří tak, že se na jakékoliv místo přidají různé prvky, které se posléze nastaví na konkrétní funkci. V tomto případě na obrázku XXX, lze vidět textové prvky nalevo a blok menu napravo. V editaci bloku výběrového menu jsou nastaveny další obrazovky, na které může obsluha překliknout pomocí vestavěné klávesnice. Tyto tlačítka je potřeba namapovat na určitou funkci, např. klávesa Enter na dané obrazovce bude sloužit jako potvrzení.



Příklad obrazovky pro nastavení prvního patra, obsluha nastaví režim a ekvitermní křivku. Může jít zpět kliknutím klávesy Escape anebo na další obrazovku na které lze nastavit další parametry, jako je útlum, časový plán útlumu, posun, konstanta atd. Obrazovek je tolik, aby se zde vešlo každé důležité nastavení, protože samotný displej má malé rozlišení, a tak nelze zobrazit tolik informací najednou.

3.5 Aplikace pro mobilní telefony s iOS

Aby se uživatel mohl podívat na své systémy (kotelny atd.) skrze vlastní mobilní telefon je nutné použít prohlížeč a tam se následně dostat na adresu serveru a následně vyplnit uživatelské jméno a heslo. Toto řešení není úplně uživatelsky příjemné, proto se práce zaměřila i na tento nedostatek.

Aplikace byla vytvořena pro mobilní telefony s operačním systémem iOS. Aplikace byla vyvinuta v prostředí Xcode, což je běžné pro tvorbu aplikací na iPhone. Ideálně by měla mít uložené přihlašovací údaje (uživatelské jméno a heslo) uživatele a ty následně použít jako přihlašovací údaje na server LookDet. Tzn. aby přihlášení bylo automatizováno. Použit byl programovací jazyk Swift, což je programovací jazyk vyvinutý společností Apple. Je to nástupce objektivně orientovaného jazyka C.

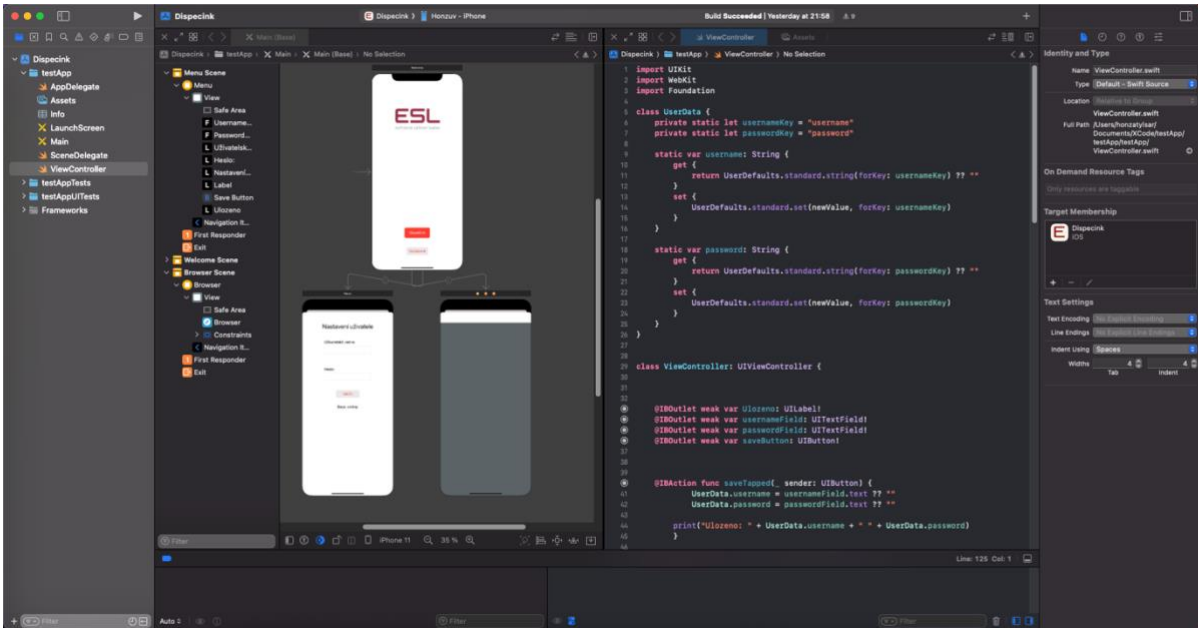
3.5.1 Funkčnost aplikace

Aplikace po spuštění nabídne úvodní obrazovku s dvěma tlačítky a logem firmy. Na jednom tlačítku je napsáno „Dispečink“ a na druhém „Nastavení“. Po kliknutí na tlačítko nastavení se otevře nová obrazovka, kde uživatel zadá své uživatelské jméno a heslo a následně jej uloží. Tyto údaje stačí zadat pouze jednou, protože se uloží do dat aplikace, nikoliv do dočasné paměti. Poté se vrátí zpět a uživatel stiskne tlačítko dispečink. Tím se otevře nová obrazovka, kde je integrován webový prohlížeč pomocí Webkitu (WKWebView). Automaticky se načte přihlašovací obrazovka LookDetu. Po dokončení načtení webové stránky se spustí JavaScript skript, který do příslušných html vstupních polí zadá uložené uživatelské jméno a heslo ihned poté automaticky stiskne tlačítko na přihlášení.

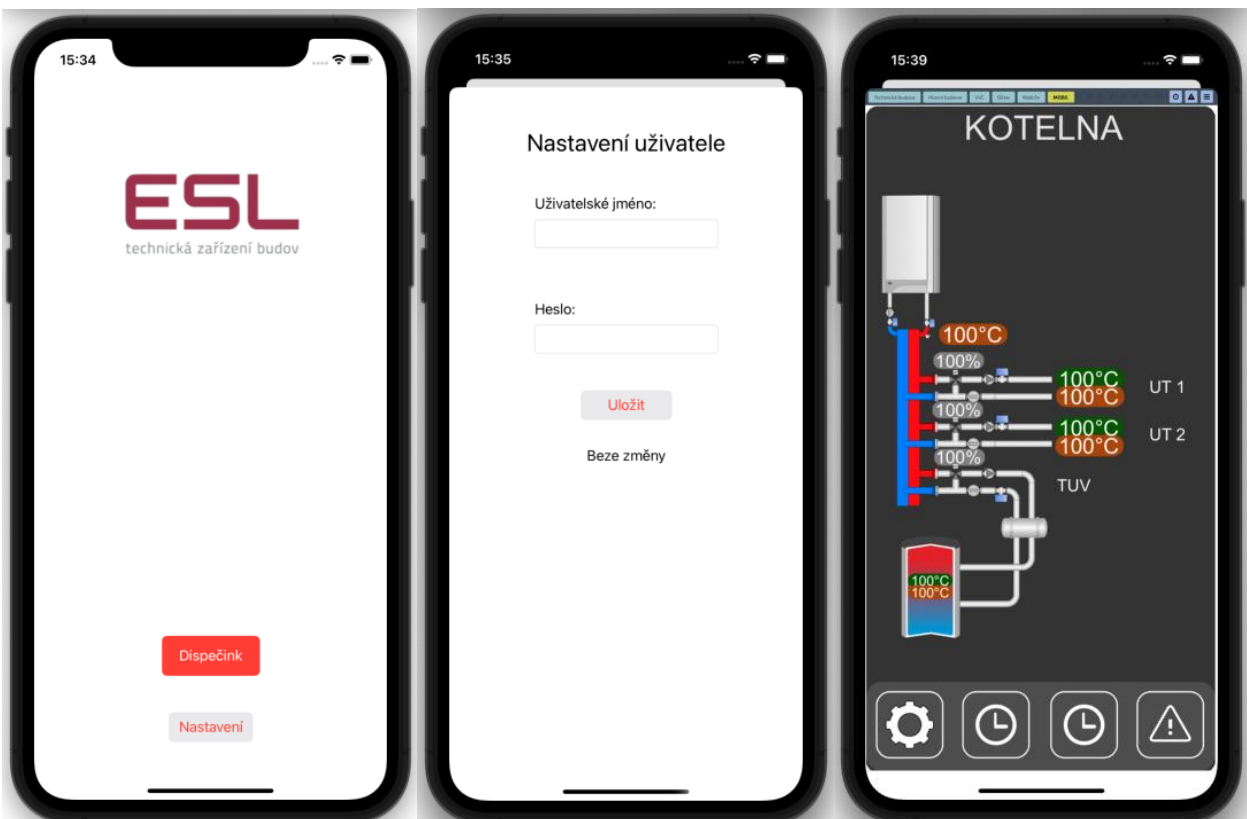
Aby byla tato funkce možná, bylo nutné povolit přístup na webové stránky s nezabezpečeným protokolem http a povolit JavaScript. O automatizované přihlášení se stará právě JavaScript, který hledá potřebné vstupní html prvky podle názvu a následně do nich vyplní hodnoty z globálních proměnných.

Aplikace bude nést název Dispečink. V obchodě aplikací AppStore se zatím nenachází, protože tento proces je složitější. V budoucnu každá kotelna bude mít i návrh vizualizace na výšku, aby byla dobře a intuitivně ovládána z mobilního telefonu (viz. Obrázek 14).

3.5.2 Obrázky z aplikace



Obrázek 22 - Prostředí Xcode



Obrázek 21 - Screenshots z aplikace

4. ZÁVĚR

V práci bylo dosaženo teoretického rozboru, co se týče problematiky topení a kotlen z hlediska základních technologií. Byly rozebrány požadavky a možnosti řízení systémů v budově nových skladů, hlavní budově, budově výzkumného střediska i v dílně. Byly rozebrány kotle a jejich samotné ovládání, ať už se jedná o jeden elektrický či plynový kotel, tak také kaskádní zapojení kotlů. Bylo seznámeno s problematikou tepelného čerpadla. V práci byla vysvětlena funkčnost výměníků, které se běžně používají v kotelnách. Byly vysvětleny základní topné okruhy, jako okruh teplé užitkové vody a ekvitermní topný okruh. Práce se dále zabývala praktickou částí, byly vysvětleny použité prvky jako teplotní senzory, oběhová a tlaková čerpadla a také servopohony. Práce klade důraz na programové vybavení a seznámení s programovacím prostředím DetStudio a vizualizačním systémem LookDet. Dále jak probíhá samotné programování a samotná tvorba vizualizace. Byl vysvětlen návrh celého řízení a rovněž byly vysvětleny nejzajímavější části kódu. Nakonec se práce zabývala vlastní aplikací pro mobilní telefony s operačním systémem iOS, bylo popsáno programování v prostředí Xcode a programovací jazyk Swift.

Bylo dosaženo funkčního řízení topení ve všech budovách, které byly součástí řešené práce. Každá kotelná je vybavena vlastním řídicím systémem s vlastní vizualizací, které umožňují uživateli přesně sledovat aktuální stav a zároveň provádět různá nastavení. Pomocí těchto vizualizací může obsluha samostatně ovládat jednotlivé parametry každé kotelny. Celý systém je navržen tak aby byl uživatelsky přívětivý a spolehlivý z hlediska dlouhodobého provozu.

V budoucnu se přidá a zapojí tepelné čerpadlo do kotlen v hlavní budově a v budově výzkumného střediska. Ovládání tepelného čerpadla bude mít na starosti řídicí systém. V rámci dalšího vylepšení systému je plánováno doplnění měřičů spotřeb, aby si uživatel mohl zobrazit jednoduchou tabulku spotřeb ve vizualizaci. Také se plánuje přidat elektrický kotel do budovy nových skladů, který bude poháněn elektřinou z fotovoltaické elektrárny, tudíž bude třeba toto kaskádní zapojení naprogramovat a příslušně nastavit.

LITERATURA

- [1] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi, aneb, Jak to dělám já*. Praha: BEN-technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-256-5.
- [2] AMIT AUTOMATION S.R.O. *DetStudio – vývojové prostředí*. Online. AMIT AUTOMATION S.R.O. Amitomation.cz. © 2025. Dostupné z: <https://amitomation.cz/produkt/software/detstudio-navrhove-prostredi/>. [cit. 2025-01-03].
- [3] AMIT AUTOMATION S.R.O. *LookDet – dispečerský vizualizační systém*. Online. AMIT AUTOMATION S.R.O. Amitomation.cz. © 2025. Dostupné z: <https://amitomation.cz/produkt/software/lookdet/>. [cit. 2025-01-03].
- [4] AMIT AUTOMATION S.R.O. *AMiNi4DW2(/G) – univerzální řídicí systém*. Online. AMIT AUTOMATION S.R.O. Amitomation.cz. © 2025. Dostupné z: <https://amitomation.cz/produkt/ridici-systemy/amini4dw2g/>. [cit. 2025-01-03].
- [5] AMIT AUTOMATION S.R.O. *AMRIO – moduly vzdálených Vstupů/Výstupů*. Online. AMIT AUTOMATION S.R.O. Amitomation.cz. © 2025. Dostupné z: <https://amitomation.cz/produkt/vzdalene-vstupy-vystupy/amrio/>. [cit. 2025-01-03].
- [6] *Topné křivky podlahové topení*. Online. In: REGULACE OD JARDY. Jvalter.cz. Dostupné z: <https://jvalter.cz/ekvitermni-regulace>. [cit. 2025-01-03].
- [7] ANDIVI. *What's the Difference Between PT100 and Ni1000 Sensors?* Online. ANDIVI. Andivi.com. -, -. Dostupné z: <https://www.andivi.com/whats-the-difference-between-pt100-and-ni1000-sensors/>. [cit. 2025-04-10].
- [8] KOTEL NA KLÍČ. *GRUNDFOS ALPHA1 25-40 130mm oběhové čerpadlo 1x230V*. Online. KOTEL NA KLÍČ. Kotelnaklic.cz. -, -. Dostupné z: <https://www.kotelnaklic.cz/prislusenstvi/grundfos-alpha1-l-25-40-130-obe--hove-c--erpadlo-1x230v/>. [cit. 2025-04-10].
- [9] BELIMO. *Technický list HT24-SR-T*. Online. BELIMO. Belimo.cz. 2023, 2023-03-10. Dostupné z: https://www.belimo.cz/store/products/datasheets/belimo_HT24-SR-T_datasheet_cs-cz.pdf. [cit. 2025-04-10].
- [10] ESL. *Deskové výměníky AlfaLaval*. Online. ESL. Esl.cz. -, -. Dostupné z: <https://www.esl.cz/deskove-vymeniky-alfa-laval-1>. [cit. 2025-04-10].

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
TUV	Teplé užitková voda
ÚT	Ústřední topení
PLC	Průmyslový počítač / řídicí systém
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition

Symboly:

U	napětí	(V)
I	proud	(A)