

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**ŘÍZENÍ, MONITORING A VYHODNOCENÍ PROVOZU SOLÁRNÍHO
SYSTÉMU OHŘEVU TEPLÉ VODY PRO RODINNÝ DOMEK**

Lukáš Hála

Bakalářská práce
2017

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Hála**
Osobní číslo: **I14040**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Název tématu: **Řízení, monitoring a vyhodnocení provozu solárního systému ohřevu teplé vody pro rodinný domek**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Navrhněte úpravu řídicí jednotky Tecomat Foxtrot na stávajícím solárním ohřevu vody. Pro možnost vyhodnocení navrhněte rozšíření měřených veličin, vypracujte nový software pro řídicí jednotku Foxtrot. Vyřešte sběr a ukládání dat do databáze, jejich následné vyhodnocování a vizualizaci pomocí webovských stránek. Navržená řešení ověřte v praxi.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

MATUŠKA, Tomáš. Solární soustavy pro bytové domy. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3503-0.

Solární kolektor SUNTIME 2.1 [online]. Pardubice: PROPULS SOLAR s.r.o., 2008 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z:

<http://www.propuls.cz/solarni-kolektor-2-1.html>

Mosaic-Programování dle IEC-61131-3 [online]. Kolín: Teco a.s., 2007 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z:

http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00321_01_Mosaic_ProgIEC

Tecomat Foxtrot - CP-1016 [online]. Kolín: Teco a.s., 2009 [cit. 2016-10-28].

Dostupné z: <http://www.tecomat.com/index.php?ID=287>

Wilo Stratos-ECO [online]. Čestlice: WILO CS, s.r.o., 2007 [cit. 2016-10-28].

Dostupné z: <http://www.wilo.cz/home/#.WBOI9JAcGiQ>

Synology DiskStation [online]. Tchaj-wan: Synology Inc., 2016 [cit. 2016-10-28].

Dostupné z: <https://www.synology.com/cs-cz/>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Škrabánek, Ph.D.

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

15. prosince 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

12. května 2017

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan



L.S.

Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. prosince 2016

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 19.5.2017

Lukáš Hála

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Škrabánkovi, Ph.D. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky.

V Pardubicích dne 19.5.2017

Lukáš Hála

ANOTACE

Práce je zaměřena na využití sluneční energie pro ohřev vody. První část se zabývá teoretickými poznatky komponentů pro řízení solárního ohřevu a využití solární energie. Druhá část práce je zaměřena na návrh solárního systému pro rodinný dům. Závěr práce je zaměřen na celkové zhodnocení solárního ohřevu.

KLÍČOVÁ SLOVA

solární ohřev vody, řízení solárního ohřevu, efektivita solárního ohřevu, návrh solárního systému.

TITLE

DEVELOPMENT OF A CONTROL AND MONITORING FRAMEWORK FOR A SOLAR SYSTEM AIMED ON HEATING OF WATER FOR A FAMILY HOUSE

ANNOTATION

Bachelor work is focused on usage of solar energy for water heat. The first part deals with the theoretical knowledge of components for the control of solar heating and the use of solar energy. The second part of the thesis focuses on the design of a solar system for a family house. The conclusion of the thesis is focused on the overall assessment of solar heating.

KEYWORDS

Solar water heating, Control solar heating, Efficiency of solar heating, Design of the solar system.

OBSAH

Seznam zkratek a značek.....	10
Seznam symbolů proměnných veličin a funkcí.....	11
Seznam ilustrací.....	12
Seznam tabulek.....	14
ÚVOD.....	15
1 TERMOSOLÁRNÍ SYSTÉMY.....	17
1.1 Výhody a nevýhody termosolárních systémů.....	17
1.2 Ohřev teplé užitkové vody.....	17
1.3 Princip činnosti termosolárního systému.....	18
1.4 Typy termosolárních systémů.....	19
1.4.1 High-Flow systém.....	20
1.4.2 Low-Flow systém.....	20
1.4.3 Matched-Flow systém.....	20
1.4.4 Drain-Back systém.....	21
1.4.5 Samotížný systém.....	21
1.5 Termosolární kolektory.....	22
1.5.1 Ploché neselektivní kolektory.....	22
1.5.2 Ploché selektivní kolektory.....	23
1.5.3 Ploché vakuové kolektory.....	23
1.5.4 Trubicové vakuové kolektory.....	24
1.5.5 Teplovzdušné vakuové kolektory (Heat – Pipe).....	25
1.5.6 Koncentrační kolektory s fresnelovými čočkami.....	26
1.5.7 Plastové absorbéry.....	26
1.6 Topná kapalina.....	27
1.6.1 Stagnační teplota.....	27
1.6.2 Termofyzikální vlastnosti.....	28
1.6.3 Koroze.....	28
1.6.4 Stárnutí.....	29
1.7 Zásobníky tepla.....	29
1.7.1 Vysokoteplotní zásobník tepla.....	30
1.7.2 Nízkoteplotní zásobník tepla.....	31
1.8 Výměníky tepla.....	31

1.8.1	Příklady proudění teplotnosných látek ve výměnících	31
1.8.2	Příklady konstrukce výměníků tepla.....	32
1.8.3	Trubkové tepelné výměníky	34
1.8.4	Deskové tepelné výměníky	35
1.9	Expanzní nádoby.....	36
1.10	Oběhové čerpadlo	36
1.11	Třicestný ventil	37
2	PROGRAMOVATELNÝ LOGICKÝ AUTOMAT	38
2.1	Struktura PLC	38
2.2	Typy PLC	39
2.2.1	Mikro PLC.....	39
2.2.2	Kompaktní PLC	39
2.2.3	Modulární PLC	40
2.3	Komunikace.....	40
2.4	Programování PLC.....	40
2.5	Programovací jazyky.....	41
2.5.1	Jazyk memkódů	41
2.5.2	Jazyk kontaktních schémat.....	41
2.5.3	Jazyk strukturovaného textu.....	42
2.6	Vykonávání programu PLC.....	42
2.7	Výhody a nevýhody PLC	43
3	MĚŘENÍ TECHNOLOGICKÝCH VELIČIN	44
3.1	Měření průtoku	44
3.1.1	Suchoběžný mechanický vodoměr	44
3.1.2	Mokroběžný mechanický vodoměr	45
3.1.3	Indukční průtokoměry.....	45
3.1.4	Ultrazvukové průtokoměry	46
3.2	Měření teploty.....	47
3.2.1	Platinové odporové snímače teploty	47
3.2.2	Niklové odporové snímače teploty	47
3.2.3	Měděné odporové snímače teploty	48
4	ŘÍDICÍ A MONITOROVACÍ SYSTÉM SOLÁRNÍHO OHŘEVU TUV.....	49
4.1	Program PLC a popis technologického schéma	49
4.2	Popis hlavních komponentů	50

4.2.1	Řídicí jednotka Tecomat Foxtrot CP–1016.....	50
4.2.2	Solární kolektor	51
4.2.3	Zásobník solárního ohřevu	52
4.2.4	Čerpadlo solárního systému	53
4.2.5	Cirkulační čerpadlo	53
4.2.6	Expanzní nádoba pro zásobník solárního ohřevu	53
4.2.7	Solární expanzní nádoba	53
4.2.8	Vodoměr TEPLÉ A STUDENÉ VODY	53
4.3	Návrh řídicího a monitorovacího systému pro solární ohřev TUV	53
4.4	Řízení systému solárního ohřevu TUV	54
4.5	Zapojení regulačního obvodu	54
4.6	Popis navrženého regulačního schéma	55
4.7	Řídicí program pro solární ohřev TUV	56
4.7.1	Funkční blok fbCalorimeterPulse	57
4.7.2	Funkční blok fbFlowMeterPulse	58
4.7.3	Funkční blok fbHttpRequest	59
4.8	Monitoring systému solárního ohřevu TUV	60
4.8.1	Ukládání dat	60
4.8.2	PHP	61
4.8.3	MySQL.....	62
4.8.4	phpMyAdmin	62
4.8.5	NAS (Network Attached Storage)	62
4.9	Grafické uživatelské rozhraní	65
4.10	Graf teplot v solárním systému.....	66
5	EVALUACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ..... Chyba! Záložka není definována.	
6	ZÁVĚR	68
	POUŽITÁ LITERATURA.....	69
	PŘÍLOHY	73

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CO ₂	Oxid uhličitý
CPU	Central Processor Unit (centrální procesorová jednotka)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IL	Instruction List (instrukční list)
I/O	Input / Output (vstupně / výstupní)
LD	Ladder Diagram (příčkový diagram)
NAS	Network Attached Storage (síťové datové uložště)
NO _x	Oxidy dusíku
PHP	Hypertext Preprocessor (hypertextový preprocessor)
PLC	Programable Logic Controller (programovatelná logická jednotka)
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RPM	Revolutions per minute (otáčky za minutu)
SO ₂	Oxid siřičitý
ST	Structured Text (strukturovaný text)
TTL	Transistor – transistor logic (tranzistorově – tranzistorová logika)
TUV	Teplá užitková voda
XHTML	eXtensible HyperText Markup Language (rozšířitelný hypertextový značkovací jazyk)
XML	eXtensible Markup Language (rozšířitelný značkovací jazyk)

SEZNAM SYMBOLŮ PROMĚNNÝCH VELIČIN A FUNKCÍ

A	celková plocha teplosměnné plochy výměníku, m^2
$Cerp_cirk$	cirkulační čerpadlo
$Cerp_solar$	nabíjecí čerpadlo solární soustavy
G	elektrická vodivost, $S \cdot cm^{-1}$
I	elektrický proud, A
NTU	míra přiblížení teplot vstup/výstup
Q	průtok, $m^3 \cdot s^{-1}$
R	elektrický odpor, Ω
R_0	odpor senzoru při teplotě 0 °C, Ω
R_{100}	odpor senzoru při teplotě 100 °C, Ω
s	tloušťka, m
t_{stg}	stagnační teplota, °C
t_t	teplota tuhnutí, °C
Δt_1	teplota na vstupu výměníku, °C
Δt_2	teplota na výstupu výměníku, °C
t_{11}	vstupní teplota topné kapaliny, °C
t_{12}	výstupní teplota topné kapaliny, °C
t_{21}	vstupní teplota ohřívané kapaliny, °C
t_{22}	výstupní teplota ohřívané kapaliny, °C
t_s	výstupní teplota směšovacího výměníku, °C
T_{solar}	teplota topné kapaliny v solárních kolektorech, °C
$T_{boiler1Up}$	teplota vody v horní části zásobníku pro solární ohřev, °C
$T_{boiler1Dw}$	teplota vody v dolní části zásobníku pro solární ohřev, °C
$T_{boiler2Up}$	teplota vody v horní části zásobníku pro TUV, °C
$T_{boiler2Dw}$	teplota vody v dolní části zásobníku pro TUV, °C
$T_{solarTepla}$	teplota topné kapaliny na vstupu do trubkového výměníku uvnitř zásobníku pro solární ohřev
$T_{solarVrat}$	teplota ohřívané kapaliny na výstupu z trubkového výměníku uvnitř zásobníku pro solární ohřev
U	elektrické napětí, V
$VodomerSol$	měření proteklého množství topné kapaliny soustavou solárního ohřevu, l
$VodomerST$	měření proteklého množství studené vody do zásobníku solárního ohřevu, l

W_{100}	redukovaný odpor, Ω
X	vstupní proměnná
Y	výstupní proměnná

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1.1 – Energetická potřeba a spotřeba tepla během roku	19
Obrázek 1.2 – Schematický model termosolárního systému	20
Obrázek 1.3 – Samotížný systém ohřevu vody	22
Obrázek 1.4 – Plochý neselektivní kolektor	23
Obrázek 1.5 – Plochý selektivní kolektor	24
Obrázek 1.6 – Plochý vakuový kolektor	24
Obrázek 1.7 – Trubicový vakuový kolektor	25
Obrázek 1.8 – Teplovzdušné vakuové kolektory (Heat – Pipe)	26
Obrázek 1.9 – Koncentrační kolektory s Fresnelovými čočkami	27
Obrázek 1.10 – Ohřev bazénové vody pomocí plastového absorbéru	28
Obrázek 1.11 – Zjednodušený princip teplotní stratifikace u solární soustavy	31
Obrázek 1.12 – Schéma souprůdného výměníku	33
Obrázek 1.13 – Schéma protiprůdného výměníku	33
Obrázek 1.14 – Schéma rekuperačního výměníku tepla	34
Obrázek 1.15 – Schéma regeneračního výměníku tepla	34
Obrázek 1.16 – Schéma směšovacího výměníku tepla	35
Obrázek 1.17 – Ležatý výměník se šroubovitě vinutými trubkami	35
Obrázek 1.18 – Principiální schéma skládaného deskového výměníku tepla	36
Obrázek 1.19 – Technologické schéma expanzní nádoby	37
Obrázek 1.20 – Oběhové čerpadlo Wilo Stratos Eco	38
Obrázek 1.21 – Třicestný ventil s elektrickým pohonem	38
Obrázek 2.1 – Blokové schéma vnitřní struktury PLC	39
Obrázek 2.2 – Logická funkce ANDN ve čtyřech základních jazycích	43
Obrázek 2.3 – Cyklické vykonávání programu	44
Obrázek 3.1 – Suchoběžný mechanický vodoměr s impulsním výstupem	45
Obrázek.3.2 – Obecný princip indukčního průtokoměru (vlevo)...	46
Obrázek 3.3 – Průtokoměr založený na Dopplerově jevu	47
Obrázek 3.4 – Princip dvoukanalového uspořádání ultrazvukového průtokoměru	47
Obrázek 4.1 – Technologické schéma solárního systému před rozšířením měřených veličin	50
Obrázek 4.2 – Základní modul CP–1016	52
Obrázek 4.3 – Technologické schéma solárního systému po rozšíření měřených veličin	55
Obrázek 4.4 – Deklarace vstupů/výstupů řídicí jednotky ve vývojovém prostředí Mosaic	56

Obrázek 4.5 – Technologické schéma solárního systému po rozšíření měřených veličin	57
Obrázek 4.6 – Funkční blok fbCalorimeterPulse	58
Obrázek 4.7 – Funkční blok fbFlowMeterPulse	59
Obrázek 4.8 – Funkční blok fbHttpRequest	60
Obrázek 4.9 – Nastavení univerzálního režimu kanálu	60
Obrázek 4.10 – Nástroj phpMyAdmin pro správu MySQL databáze	63
Obrázek 4.11 – Datové úložiště DiskStation firmy Synology	64
Obrázek 4.12 – Balíčky rozšíření úložiště DiskStation	64
Obrázek 4.13 – Webová stránka zobrazující hodnoty proměnných solárního ohřevu TUV	65
Obrázek 4.14 – Graf teplot snímaných v soustavě solárního ohřevu TUV	66

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.1 – Vybrané teplotnosné kapaliny na bázi vodní směsi propylenglykolu	28
Tabulka 1.2 – Orientační hodnoty stagnačních teplot termosolárních kolektorů	29
Tabulka 4.1 –Technické parametry solárního kolektoru SUNTIME 2.1	53
Tabulka 4.2 –Technické parametry zásobníku OKC 250 NTRR/SOL	53
Tabulka 4.3 - Význam nejčastějších stavových kódů na výstupu <i>Result</i>	61

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je navrhnout úpravu programu řídicí jednotky Tecomat Foxtrot na stávajícím solárním ohřevu vody pro rodinný domek. Vyřešit sběr, ukládání dat do databáze a pro možnost vyhodnocení dat, je potřeba rozšířit měřené veličiny. Tyto naměřená data budou zpracována, vyhodnocena a zobrazena skrze webovou stránku.

Tato bakalářská práce je rozdělena na dvě části. První část je teoretická a obsahuje tři kapitoly. V první kapitole se věnuji problematice solárního ohřevu, kde je popsán princip termosolárního systému a používané technologie. Dále jsou zde popsány zásobníky tepla, výměníky tepla a další důležité součásti solárního systému. V druhé kapitole se věnuji programovatelným logickým automatům, jejich typům, programovacím jazykům a výhodám/nevýhodám PLC. Třetí kapitola je věnována měření technologických veličin, kde je čtenář seznámen s typy průtokoměrů a teploměrů,

Druhá část práce je praktická a obsahuje dvě kapitoly. První kapitola se zaměřuje na návrh a implementaci řešení, druhá se pak zabývá jeho verifikací.

1 TERMOSOLÁRNÍ SYSTÉMY

Termosolární systémy jsou nejčastěji využívány k ohřevu teplé užitkové vody (TUV), přitápění domů a bazénů, nebo k výrobě technologického tepla, či k provádění solárního chlazení. Termosolární systémy představují jednu ze dvou možností aktivního využití sluneční energie (ECONET, 2012a).

1.1 VÝHODY A NEVÝHODY TERMOSOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

Mezi hlavní výhody termosolárních systému patří (Solární–energie.info):

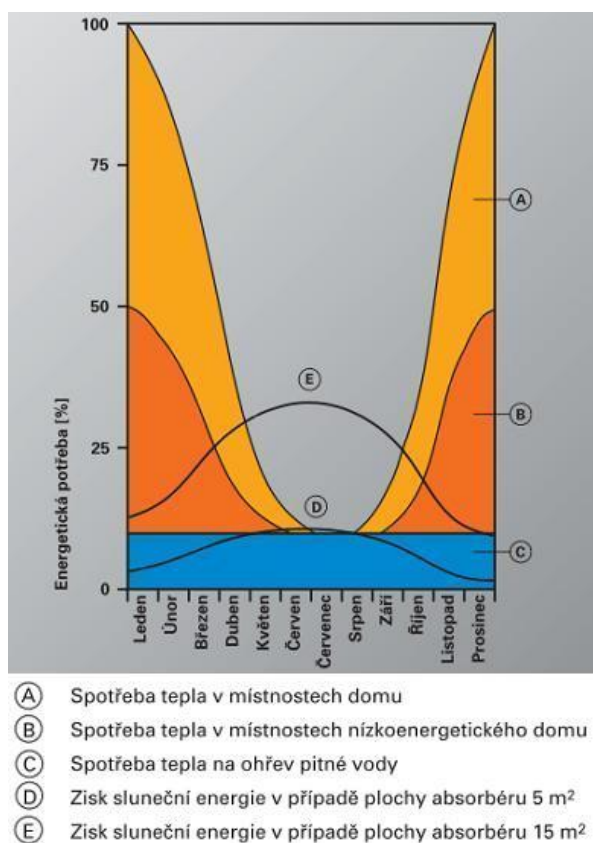
- slunce, jako nevyčerpatelný zdroj energie,
- nízké provozní náklady,
- brzká návratnost investice,
- snadná obsluha,
- vysoká životnost (obvykle garantována na 15 let ÷ 20 let, lze dosáhnout až 50 let, je však nutné počítat s postupnou ztrátou účinnosti),
- ochrana planety před emisemi CO₂, SO₂, NO_x a prachových částic, (vznikají při spalování fosilních paliv).

Nevýhody termosolárních systémů jsou:

- nutnost sekundárního zdroje tepla (solární ohřev nepokryje celoroční spotřebu tepla),
- vyšší počáteční investice,
- nutné úpravy objektu, do kterého se bude solární soustava instalovat (úprava topné soustavy, zateplení, změna doplňkového zdroje, apod.).

1.2 OHŘEV TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY

Ohřev teplé užitkové vody je nejlepším způsobem využití termosolárních systémů, a to z hlediska návratnosti investice. Na obrázku 1.1 (ECONET, 2012a), je modře vyznačeno, kolik procent tepla se spotřebuje na ohřev TUV. Křivka D vyznačuje zisk sluneční energie, když je plocha absorberu 5 m² a křivka E, když je plocha absorberu 15 m². Ohřev teplé vody je v letních měsících pokryt termosolárním systémem, ale od září do dubna je nutné využít jiný způsob ohřevu užitkové vody (např. plynový či elektrický kotel, průtokový ohřívač apod.) (ECONET, 2012a).

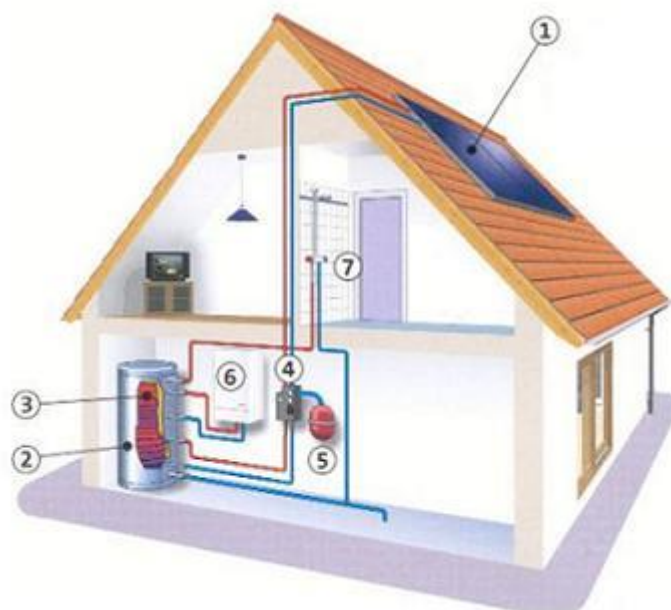


Obrázek 1.1 – Energetická potřeba a spotřeba tepla během roku

Termosolární systémy které jsou navrženy efektivně, mohou dosáhnout ročních úspor okolo 60 % ÷ 70 % z běžných nákladů na ohřev vody. Kolem 75 % těchto úspor připadá na období od dubna do října. Nejvyšší úroveň solárního krytí (90 % ÷ 100 % maximální úrovně solárních zisků) je však v období od května do srpna. Proto během období léta (květen–srpen) lze počítat s nulovou, nebo minimální potřebou dohřevu vody pomocí sekundárního zdroje tepla. Termosolární systém během zimních měsíců přispívá k omezení nákladů na cirkulační způsob ohřevu tím, že dokáže předejít vodě z 5 °C na 20 °C ÷ 30 °C (ECONET, 2012a).

1.3 PRINCIP ČINNOSTI TERMOSOLÁRNÍHO SYSTÉMU

Princip činnosti termosolárního systému pro ohřev teplé užitkové vody je znázorněn na Obrázku 1.2 (ECONET, 2012b). Termosolární kolektory 1 připevněné na střeše zachycují solární záření, které následně transformují na teplo. To je v kolektorech odebíráno topnou nemrznoucí kapalinou a dodáváno potrubím do zásobníku 2. V zásobníku se teplo předá užitkové vodě 3 a ochlazená topná kapalina se vrací zpět do kolektorů 1.



Obrázek 1.2 – Schematický model termosolárního systému

Celý cyklus tohoto tzv. solárního okruhu se neustále opakuje. Cirkulace v solárním okruhu je zajištěna oběhovým čerpadlem 4. To je do chodu uváděno elektronickou regulací, která zabezpečuje automatický a bezobslužný provoz. Regulace zvyšuje výkon systému v závislosti na teplotách v kolektorech a v zásobníku, které stanoví pomocí teplotních čidel. Pokud je teplota topné kapaliny v kolektorech vyšší než teplota vody v zásobníku o definovaný teplotní rozdíl, je cirkulační okruh uveden do chodu. Poté co se vyrovná teplota v kolektorech a v zásobníku, je čerpadlo opět vypnuto regulací, aby mohlo dojít k opětovnému nahřátí topné kapaliny v kolektorech. Expanzní nádoba 5 v systému vyrovnává výkyvy tlaku v důsledcích změn teplot. Při nedostatečném pokrytí ohřevu teplé užitkové vody termosolárním systémem zajišťuje dodatečný ohřev vody sekundární zdroj (např. plynový kotel) (ECONET, 2012b).

1.4 TYPY TERMOSOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

Základní typy termosolárních systémů se dělí podle rychlosti a způsobu průtoku topné kapaliny. Rozlišujeme: High-Flow, Low-Flow, Matched-Flow, Drain-Back systémy a samotížný systém (ECONET, 2012c).

1.4.1 HIGH-FLOW SYSTÉM

U High-Flow systémů je rychlost průtoku topné kapaliny $30 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2} \div 70 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ plochy kolektorů. U těchto systémů dochází k rychlejšímu ochlazení topné kapaliny v kolektorech, takže při plném slunečním záření je teplota kolektorů vyšší pouze o $8 \text{ }^\circ\text{C} \div 12 \text{ }^\circ\text{C}$ než teplota okolního prostředí. K dosažení vyšší teploty musí topná kapalina systémem oběhnout vícekrát, proto je zásobník vyhříván pomaleji. High-Flow systémy jsou vhodné hlavně pro menší solární soustavy, například pro ohřev teplé vody u rodinných domů. (ECONET, 2012c). Výhodami jsou typizované soustavy pro rodinné domy a volná dostupnost High-Flow systémů na tuzemském trhu. Nevýhodou je nutné použití nemrznoucí kapaliny do kolektorů a pomalý ohřev zásobníku na žádnou teplotu (Šourek, 2010b).

1.4.2 LOW-FLOW SYSTÉM

U Low-Flow systémů je rychlost průtoku topné kapaliny $8 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2} \div 15 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ plochy kolektorů. Proto se může teplota kolektoru zvýšit oproti okolí až o $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Při tak vysokém rozdílu teplot však dochází ke snížení účinnosti kolektorů. Na druhou stranu, vyšší teplota topné kapaliny dokáže ohřát vodu v zásobníku na vyšší teplotu. Aby bylo plně využito této výhody, je doporučeno Low-Flow systém kombinovat se zásobníkem s nabíjením ve vrstvách (které jsou dále popsány v kapitole 1.7.1). V němž jsou při optimálně nakonfigurovaných komponentách možné výnosy vyšší až o 20 % než u High-Flow systému (ECONET, 2012c). Low-Flow systémy jsou vhodné celoroční přípravu teplé vody (TV), přitápění domů a ohřev bazénové vody. Výhodou je dostupnost na tuzemském trhu. Nevýhodou je nutné použití nemrznoucí topné kapaliny do kolektorů (Šourek, 2010b).

1.4.3 MATCHED-FLOW SYSTÉM

U Matched-Flow systémů je rychlost průtoku topné kapaliny $10 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2} \div 40 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ plochy kolektorů. Tento systém spojuje výhody předchozích dvou systémů (ECONET, 2012c). Tedy dosáhnouti dostatečně vysoké teploty, a přitom optimalizování výnosů. Systém Matched-Flow vyžaduje relativně náročný systém regulace, protože kombinace systémů Low-Flow a High-Flow vyžaduje rozdílné komponenty (zásobník vody, cirkulační čerpadlo) (Kramoliš, 2004a).

1.4.4 DRAIN-BACK SYSTÉM

U Drain-Back systémů netvoří topná kapalina uzavřený okruh. Pokud není sluneční záření dostatečné, je topná kapalina umístěna v záchytné nádrži a kolektory jsou prázdné. Při zvýšení slunečního záření, je topná kapalina přečerpána do kolektorů pomocí čerpadla a po dosažení požadované teploty, je tato kapalina vypuštěna zpět do nádrže, kde předá teplo dále (ECONET, 2012c). Hlavní výhodou Drain-Back systémů je systémem zaručená automatická ochrana kolektorů před zamrznutím a přehřátím. Z finančního hlediska je výhodou to, že se jedná o beztlaký systém, proto je možné použít levnější plastové zásobníky a není zde nutnost použít nemrznoucí kapalinu. Hlavními nevýhodami, v porovnání s High-Flow systémem, je vyšší spotřeba elektrické energie pro cirkulaci vody v systému. Dále hrozí nebezpečí koroze trubek při cyklickém vypouštění z důvodu nevhodných materiálů trubek. V neposlední řadě nutnost instalace čerpadla s vyšší výtlačnou výškou (Šourek, 2010b).

1.4.5 SAMOTÍŽNÝ SYSTÉM

Samotížný systém, který je zobrazen na obrázku 1.3 (Tubosol, 2011), využívá princip přirozené cirkulace topné kapaliny, kdy ohřátá topná kapalina stoupá z kolektoru vzhůru do zásobníku, kde předává teplo vodě v zásobníku a ohřivaná kapalina klesá dolů do kolektoru. Tento proces je cyklický a nepotřebuje žádný přívod elektrické energie. Ideální využití tohoto systému je v chatách, rekreačních objektech, nebo jako ohřev vody v bazénu (Dvořanová, 2009–2017).



Obrázek 1.3 - Samotížný systém ohřevu vody

1.5 TERMOSOLÁRNÍ KOLEKTORY

Termosolární kolektor je zařízení, určené k jímání slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, předávanou teplotonosné kapalině protékající kolektorem. Mezi termosolární kolektory se řadí: ploché neselektivní kolektory, ploché selektivní kolektory, ploché vakuové kolektory, trubčové vakuové kolektory, teplovzdušné vakuové kolektory (Heat–Pipe), koncentrační kolektory s Fresnelovými čočkami a plastové absorbéry (ECONET, 2012d).

1.5.1 PLOCHÉ NESELEKTIVNÍ KOLEKTORY

Ploché neselektivní kolektory patří k levnějším produktům. Jsou tvořeny měděnými plechy (tzv. absorbéry), které jsou natřené černou, nebo jinou tmavou barvou. Absorpční plocha kolektoru se zahřívá vlivem slunečního záření. Tím vzniká teplo, které je přenášeno na trubičku z mědi ve tvaru meandru. Měděná trubička je nalisovaná, nebo navařená na absorbér. Vzniklé teplo je odváděno, protékající topnou kapalinou, do solárního okruhu. Kostra solárního kolektoru se vyrábí z hliníku nebo oceli, a je vyplněna izolačním materiálem, ve kterém jsou uloženy všechny funkční části kolektoru. Strana kolektoru, která přijímá sluneční záření, je kryta tvrzeným sklem, které je opatřeno texturováním, a má nízký obsah oxidů železa. Tyto úpravy jsou použity s cílem snížit nežádoucí odrazivost kolektoru (ECONET, 2012d). Jedna z možných konstrukcí kolektoru je zachycena na obrázku 1.4 (Solární energie s. r. o., 2014).



Obrázek 1.4 – Ploché neselektivní kolektor

1.5.2 PLOCHÉ SELEKTIVNÍ KOLEKTORY

Tyto kolektory se od neselektivních kolektorů liší tím, že je absorbér, místo nátěru, opatřen speciální vysoce selektivní vrstvou, snižující tepelné ztráty sáláním z povrchu absorbéru o 15 % ÷ 30 %. V současnosti je využívání těchto kolektorů nejrozšířenějším způsobem termosolárního ohřevu užitkové vody pro většinu domácností. A to proto, že dosahují velmi dobrých výkonnostních vlastností při celoročním provozu. Díky vysoké spolehlivosti a dlouhé životnosti prokazují dobrý poměr výkonu vůči nákladům. Jejich účinnost se pohybuje mezi 70 % ÷ 80 %. U špičkových výrobků dosahuje účinnost až 88 % (ECONET, 2012d). Na obrázku 1.5 (Bosch, 2017), lze vidět řez plochým selektivním kolektorem.



Obrázek 1.5 – Plochý selektivní kolektor

1.5.3 PLOCHÉ VAKUOVÉ KOLEKTORY

Tento typ kolektorů, který je zachycený na obrázku 1.6 (JH SOLAR, 2011), je technicky shodný s plochými selektivními kolektory. Díky vakuování prostoru však vykazuje menší tepelné ztráty vyzařováním do okolí. Vyšší účinnost plochých vakuových kolektorů tak kompenzuje jejich vyšší pořizovací náklady. Vzhledem ke svým výkonnostním parametrům se tyto kolektory používají zejména ve vytápěcích systémech či v průmyslových aplikacích. (ECONET, 2012d).



Obrázek 1.6 – Plochý vakuový kolektor

1.5.4 TRUBICOVÉ VAKUOVÉ KOLEKTORY

Jak je patrné z obrázku 1.7 (Kuta, 2012), trubicové vakuové kolektory jsou tvořeny skleněnými trubicemi. Tyto trubice mají dvojitou stěnu. Prostor mezi stěnami trubice je evakuovaný. Vnitřní stěna trubice je opatřena selektivní vrstvou, z níž měděná trubička, naplněná topnou kapalinou, odnímá teplo. Díky lepší tepelné izolaci jsou tyto kolektory v jarních a podzimních měsících účinnější než ploché kolektory. V porovnání s nimi vykazují trubicové vakuové kolektory nižší účinnost v létě, ale vyšší účinnost v celoročním průměru, a proto se lépe hodí pro fasádní systémy. Během zimních měsíců může led a sníh efektivitu kolektorů snižovat, protože sníh kvůli tvaru kolektoru velmi pomalu odtává. Přestože se ceny těchto kolektorů snižují, je jejich cena poměrně vysoká a poměr dosaženého výkonu, vůči pořizovacím nákladům je méně příznivý než u plochých kolektorů (ECONET, 2012d).



Obrázek 1.7 – Trubicový vakuový kolektor

1.5.5 TEPLOVZDUŠNÉ VAKUOVÉ KOLEKTORY (HEAT – PIPE)

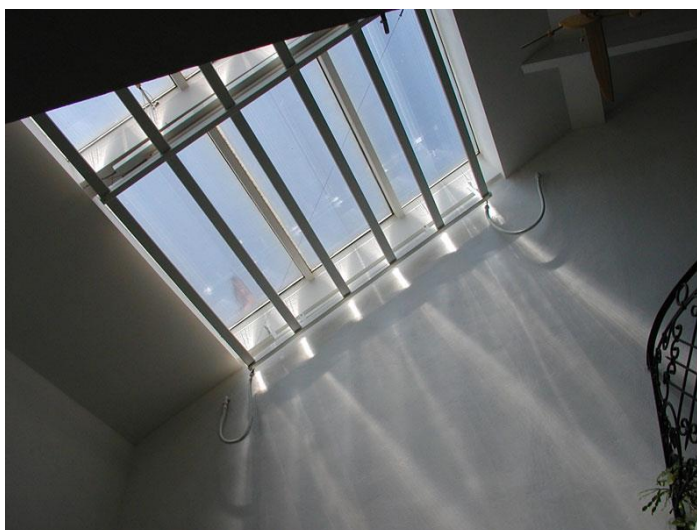
Tyto kolektory jsou vzhledově podobné trubicovým vakuovým kolektorům. Teplo je předáváno do tepelné hermeticky uzavřené trubice, kterou lze vidět na obrázku 1.8 (IP solární a topné systémy, 2016). Tato hermeticky uzavřená trubice obsahuje těkavou látku, která se teplem odpařuje. Odpařená těkavá látka vstoupá vzhůru k výměníku, kde předává teplo trubicím s topnou kapalinou. Po výměně tepla těkavá látka kondenzuje a stéká dolů do spodní části tepelné trubice, aby mohla znovu absorbovat teplo ze slunečního záření. Teplovzdušné vakuové kolektory se využívají k přitápění objektů v přechodových obdobích, tedy během jarních a pozimních měsíců. Umístění kolektorů se doporučuje na jih střech nebo fasád a jejich využití je například pro udržování teploty v rekreačních objektech po dobu nepřítomnosti osob. Jejich výhodou je nízké riziko přehřátí systémů. Mezi nevýhody patří, vyšší pořizovací cena a snížení účinnosti během zimních měsíců, při kterých jsou kolektory zasněženy (ECONET, 2012d).



Obrázek 1.8 – Teplovzdušné vakuové kolektory (Heat–Pipe)

1.5.6 KONCENTRAČNÍ KOLEKTORY S FRESNELOVÝMI ČOČKAMI

Tyto kolektory pracují na principu kombinace aktivního a pasivního využití solární energie. Tento systém využívá tzv. lineární Fresnelovu čočku, která je zabudovaná do střešní konstrukce, pod kterou je v ohniskové vzdálenosti 40 cm umístěn pohyblivý rám s absorberem. Čočka umožňuje separovat přímou a difúzní složku dopadajícího slunečního záření. Přímá složka je namířena na absorber, kde dochází k přeměně tepla prostřednictvím topné kapaliny, která je odváděna k dalšímu použití. Difúzní složka proniká do vnitřních prostor, kde osvětluje interiér. Tento typ kolektorů je vhodný na místech, kde je potřeba zabránit sluneční tepelné zátěži, a přitom zajistit denní osvětlení. Například ve sklenících a bazénech. Na obrázku 1.9 (ECONET, 2012d) lze vidět, jak Fresnelova čočka koncentruje přímou složku slunečního záření do lineárních ohnisek (ECONET, 2012d).



Obrázek 1.9 – Koncentrační kolektory s Fresnelovými čočkami

1.5.7 PLASTOVÉ ABSORBÉRY

Vzhledem k nízké ceně jsou textilně–plastové absorbéry ideální k ohřevu bazénů [jak je vidět na obrázku 1.10 (Petříček, 2016)], nebo pro přípravu teplé vody pro autokempy. Absorbér má hladký černý povrch, který pohlcuje sluneční záření. To je poté přeměněno na teplo a předáváno bazénové vodě, která proudí absorberem. Absorbér lze snadno nainstalovat a je vhodný pro umístění na slunná místa. (ECONET, 2012d).



Obrázek 1.10 – Ohřev bazénové vody pomocí plastového absorbéru

1.6 TOPNÁ KAPALINA

U celoročně provozovaných kapalinových solárních soustav se, za účelem ochrany soustavy před poškozením mrazem, používají nemrznoucí kapaliny. Ve většině případů se jedná o roztok (mono)propylenglykolu, který není, na rozdíl od dříve používaného etylenglykolu, jedovatý. V závislosti na požadované teplotě tuhnutí se používají 40 % ÷ 50 % vhodné roztoky propylenglykolu (objemovém ředění) (Matuška, 2011a).

Přehled používaných nemrznoucích kapalin a jejich teplot tuhnutí t_t , je uveden v tabulce 1.1 (Matuška, 2011a).

Tabulka 1.1 - Vybrané topné kapaliny na bázi vodní směsi propylenglykolu

Teplonosná látka	Výrobce	t_t , °C
Solaren EKO	Velvana, a.s.	-31
Kolektor P Super	Agrimex, s.r.o., Třebíč	-30
Tyfocor L	Tyforop Chemie, GmbH	-50
Tyfocor LS	Tyforop Chemie, GmbH	-28
Antifrogen SOL	Gerling, Holz & CO Handels, GmbH	-34

1.6.1 STAGNAČNÍ TEPLOTA

Pro charakterizaci stagnačních podmínek v kolektoru je důležitou veličinou tzv. stagnační teplota t_{stg} . Je to ustálená teplota kolektoru přijímajícího sluneční záření, bez odvodu

tepla. Orientační stagnační teploty termosolárních kolektorů jsou uvedeny v tabulce 1.2 (Matuška, 2006).

Tabulka 1.2 - Orientační hodnoty stagnačních teplot termosolárních kolektorů

Typ kolektoru	$t_{stg.}^{\circ C}$
nezasklený kolektor	65
zasklený neselektivní kolektor	100
zasklený selektivní kolektor	180
trubicový vakuový kolektor	300

Topnou kapalinu je nutné vždy volit s ohledem na stagnační teplotu konkrétní tepelné soustavy. V dnešní době jsou k dispozici následující (Matuška, 2006):

- klasicky inhibované směsi, pro použití v plochých kolektorech jejichž stagnační teploty jsou pod 180 °C,
- pokročilejší směsi s kapalnými inhibitory, pro použití v trubkových vakuových kolektorech, se stagnačními teplotami pod 300 °C.

1.6.2 TERMOFYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Vodní směs propylenglykolu má v běžných otopných soustavách oproti vodě jiné termofyzikální vlastnosti. Tento typ topné kapaliny má (Matuška, 2011a):

- nižší tepelnou kapacitu,
- nižší tepelnou vodivost,
- větší objemovou roztažnost,
- vyšší kinetickou viskozitu, s výraznou teplotní závislostí.

1.6.3 KOROZE

Standartní součástí dnešních vodních směsí propylenglykolu jsou inhibitory koroze. Inhibitory koroze, vytvářejí na povrchu kovů tenké ochranné vrstvy. Tyto vrstvy mají chránit kov před korozivními účinky topné kapaliny. Vzhledem k tomu, že solární soustavy obsahují různé materiály (např. měď, bronz, ocel), nelze zajistit dostatečnou ochranu všech částí jen jedním inhibitorem. V praxi se tak běžně kombinují inhibitory s různým ochranným potenciálem, s cílem dosáhnout maximální ochrany celé tepelné soustavy (Matuška, 2011a).

Abychom zajistili ochranu proti korozi, je rovněž potřeba pravidelně tepelnou soustavu odvzdušňovat a udržovat pH topné kapaliny nad hodnotu 7. Rovněž je vhodné sestavit tepelnou soustavu tak, aby obsahovala materiály s nízkým vzájemným elektrochemickým potenciálem (Matuška, 2011a).

1.6.4 STÁRNUTÍ

Vlivem provozních podmínek dochází k postupné degradaci topné kapaliny. Proces degradace bývá nejintenzivnější zejména v letních měsících, kdy při nulovém odběru tepla z kolektorů (stagnace) může docházet k přehřívání teplotnosné kapaliny. U propylenglykolu dochází vlivem přílišného tepelného zatížení k rozkladu, jehož důsledkem vznikají oxidační reakce, při kterých dochází k tvorbě kyseliny. K výraznému poklesu pH kapaliny pak dochází při opakovaném přehřívání. Původní hodnota pH, která je standardně okolo 8, může klesnout až na mezních 6,8, což se projeví ztmavnutím kapaliny. Rychlost degradace je přímo úměrná teplotním výkyvům a obsahu kyslíku. Proto je pro včasnou výměnu topné kapaliny vhodné sledovat nejen její bod tuhnutí, ale i její pH (Matuška, 2011a).

1.7 ZÁSObNÍKY TEPLA

Zásobníky tepla jsou v solární technice velmi důležité. Slouží k akumulaci tepelné energie přiváděné ze solárních kolektorů a její pozdější využití. Podle účelu použití se rozlišují na zásobníky teplé vody a zásobníky tepla (otopné vody) (Matuška, 2011b).

Zásobníky teplé vody, které slouží k akumulaci tepla přímo do připravované teplé vody, podléhají hygienickým požadavkům na pitnou vodu. Nádrž zásobníku teplé vody musí být vyrobena z nerezové oceli, nebo musí být opatřena povrchovou úpravou s hygienickým atestem. Nerezové nádrže zásobníků jsou podstatně dražší (více než dvojnásobně), než běžné smaltované nebo ocelové nádrže (Matuška, 2011c).

Zásobníky tepla (otopné vody) využívají k akumulaci tepla běžné ocelové nádrže bez vnitřní úpravy (Matuška, 2011c).

Zásobníky tepla se podle typu konstrukce dělí na beztlaké a tlakové (Matuška, 2011c).

Výhodou beztlakých zásobníků tepla je menší tlakové namáhání, proto odpadá nutnost instalace expanzní nádoby. Změna objemu teplotnosné kapaliny vlivem teploty uvnitř zásobníku se projeví změnou výšky hladiny. Z důvodu styku teplotnosné kapaliny s okolním vzduchem je potřeba beztlaký zásobník tepla oddělit dalším výměníkem od soustavy přípravy teplé vody nebo otopné soustavy. Toto oddělení snižuje využitelnou teplotu naakumulovaného tepla ze solární soustavy. Použití beztlakých zásobníků tepla je vhodné ve špatně dostupných prostorech, kde je potřeba zásobník sestavit na místě. Sestavení zásobníku na místě klade požadavky na důkladnou kontrolu provedené práce (Matuška, 2011c).

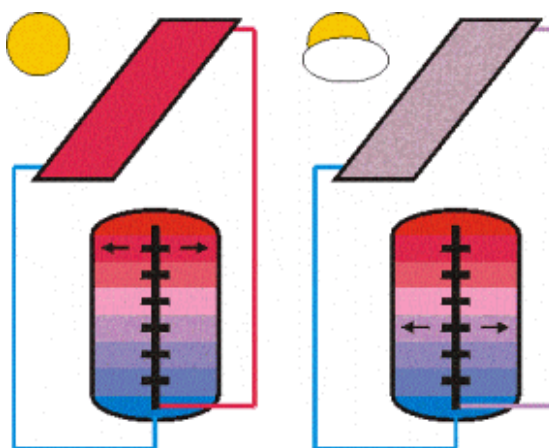
Tlakové zásobníky tepla jsou navrženy a konstruovány pro provoz za tlaků běžných ve vodovodním řádu (pro zásobníky teplé vody 0,6 Mpa ÷ 1 MPa) nebo v otopné soustavě

(zásobníky tepla 250 kPa ÷ 300 kPa). Při objemových změnách vlivem teplotní roztažnosti vody vyžadují tlakové zásobníky tepla expanzní nádobu. Její velikost je zpravidla 5 % ÷ 6 % akumulačního objemu zásobníku (Matuška, 2011c).

Výtěžek tepla je ve svém důsledku závislý na účinnosti kolektorů, způsobu oběhu teplotnosné kapaliny, ale hlavně na kvalitě zásobníků tepla. Jedná se buď o nízkoteplotní (40 °C ÷ 60 °C) nebo vysokoteplotní (60 °C ÷ 90 °C) zásobníky (Kramoliš, 2004b).

1.7.1 VYSOKOTEPLTNÍ ZÁSObNÍK TEPLA

U vysokoteplotních zásobníků tepla je potřeba dodržet stratifikaci (rozdílné teploty v různých hloubkách), a tu pak důsledně udržovat. Proto byly vytvořeny speciální stratifikační zásobníky s vestavbami. Tyto vestavby rozdělují zásobník na několik teplotních úrovní. Princip stratifikace můžeme vidět na obrázku 1.11 (Matuška, 2011b). Levý obrázek zobrazuje, jak je voda z kolektoru ohřívána, při plném slunečním záření, (např. na 80 °C). Takto ohřátá voda je přiváděna do nejvyšší úrovně zásobníku. Pravý obrázek zobrazuje, jak voda z kolektoru ohřívána při snížením slunečním záření, (např. na 40 °C) je přiváděna do střední úrovně zásobníku. Jiný systém má pak solární výměník na dně zásobníku, který vede ohřátou vodu vestavbami do vyšších teplotních úrovní. Pro vysokou tepelnou účinnost solárního systému jsou tyto zásobníky nutností, protože mohou zvýšit výtěžnost solárního zisku o 15 % ÷ 20 % za rok (Kramoliš, 2004b).



Obrázek 1.11 – Zjednodušený princip teplotní stratifikace u solární soustavy

1.7.2 NÍZKOTEPLTNÍ ZÁSOBNÍK TEPLA

Nízkoteplotní systémy nejsou citlivé na teplotní stratifikaci (rozvrstvení), a proto nejsou vestavby nutné. Teplotní rozdíl mezi spodní a horní částí zásobníku je nízký, proto stačí odebírat chladnější vodu ze spodní části zásobníku a vracet jí do kolektorů. Přívod teplé vody z kolektorů přivést do horní části zásobníku. Díky tomu je snížena cena o vestavbu, která není nutná. Nízkoteplotní zásobníky tepla využívají hlavně High-Flow systémy, tzn. s vysokým průtokem teplotnosné kapaliny (Kramoliš, 2004b).

1.8 VÝMĚNÍKY TEPLA

Výměníky tepla jsou zařízení využívané k předávání tepla tam, kde nelze předávat teplo přímo ze zdroje do spotřebiče. V žádném tepelném výměníku nelze dosáhnout 100% účinnosti, proto existuje vždy rozdíl mezi vstupní **topnou** a výstupní **ohřívanou kapalinou**. Velmi důležitý je v každém termosolárním systému, návrh tepelného výměníku, na kterém závisí funkčnost a účinnost celého solárního ohřevu teplé užitkové vody (REGULUS, 2015–2017a).

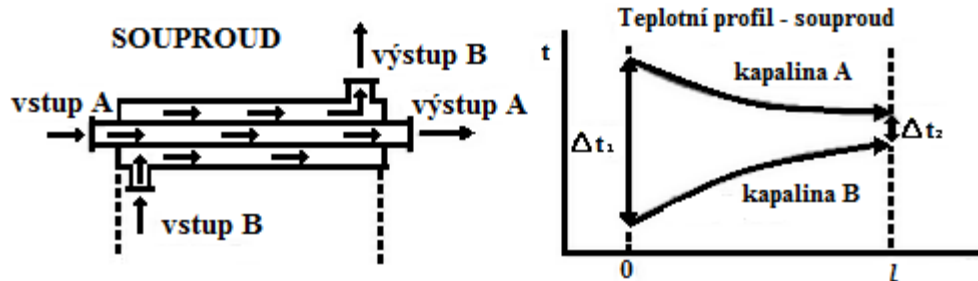
Nejdůležitějším parametrem pro návrh tepelného výměníku je parametr míry přiblížení teplot vstup/výstup – *NTU*. Parametr *NTU* vychází ze základních technických parametrů, kterými jsou: součinitel prostupu tepla *U* a velikost teplosměnné plochy *A*. Nebo se může měnit s mnoha faktory, jako je teplotní spád výměníku (teplotní rozdíl mezi topnou a ohřívanou stranou), průtok, nebo typ protékající kapaliny. Součinitel přestupu tepla je fyzikální jev, při kterém dochází na rozhraní dvou látek s různou teplotou k přenesení tepla z jedné látky do druhé. (Výměníky tepla, s. 15–16, 2011; BCB PLZEŇ, 2013). Pro aplikaci výměníku v solárním systému, je potřeba navrhnout tepelný výměník tak, aby byl rozdíl teplot mezi topnou a ohřívanou kapalinou co nejmenší. Vyšší teplotní rozdíl, mezi topnou a ohřívanou kapalinou znamená vyšší pracovní teplotu termosolárního systému a jeho horší účinnost (REGULUS, 2015–2017a)

1.8.1 PŘÍKLADY PROUDĚNÍ TEPLONOSNÝCH LÁTEK VE VÝMĚNÍCÍCH

Teplotnosné kapaliny mohou mít ve výměníku různý vzájemný směr proudění. Níže bude popsáno souproudé a protiproudé uspořádání proudů.

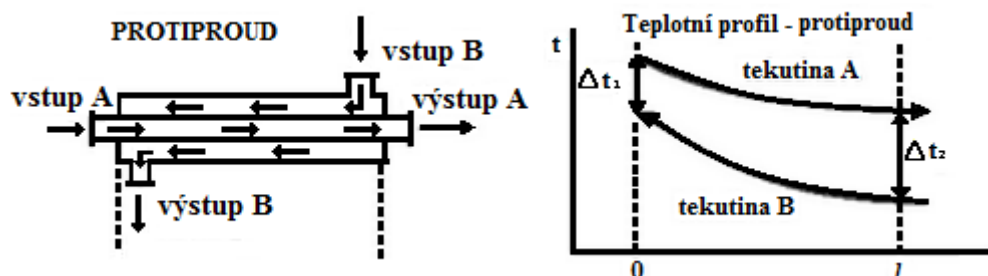
- Souproudé uspořádání – jak je z levého obrázku 1.12 (Schreiberová, 2011, s. 152) patrné, směry os proudů topné a ohřívané kapaliny jsou rovnoběžné a mají stejný směr vektorů rychlostí. Průběh teplot *t* podél délky *l* souproudého výměníku je znázorněného na pravém

obrázku 1.12 (Schreiberová, 2011, s. 152). Teplota topné kapaliny A podél výměníku klesá a teplota ohřívané kapaliny B ve stejném směru stoupá. Rozdíl teplot Δt_1 na vstupu výměníku je vyšší než rozdíl teplot Δt_2 na výstupu výměníku. Nejčastěji využívá teplotní spád (Havlů, 2009, s. 13).



Obrázek 1.12 – Schéma souproutého výměníku

- Protiproudé uspořádání – na levém obrázku 1.13 (Schreiberová, 2011, s. 152), můžeme vidět, že směry proudů jsou rovnoběžné s opačným smyslem. Teplotní spád je zde využíván nejlépe. Výměníky tohoto typu umožňují dosažení nejvyšší výstupní teploty ohřívané kapaliny nebo nejnižší výstupní teploty chlazené kapaliny (Havlů, 2009, s. 13). Z pravého obrázku 1.13, je patrné, že teplota t ohřívané kapaliny B na výstupu B výměníku, může dosahovat teploty topné kapaliny A na vstupu A výměníku.



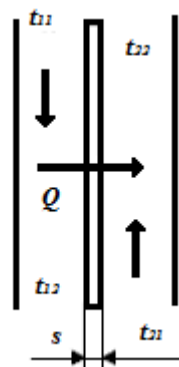
Obrázek 1.13 – Schéma protiproudého výměníku

1.8.2 PŘÍKLADY KONSTRUKCE VÝMĚNÍKŮ TEPLA

Výměníky tepla se dělí na: rekuperační, regenerační a směšovací.

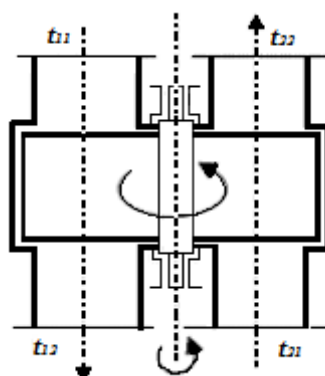
V **rekuperačních** výměnících tepla dochází k plynulé výměně tepla mezi topnou a ohřívanou kapalinou, které jsou odděleny teplosměnnou stěnou o tloušťce s , s plochou nepropustnou pro hmotu a propustnou pro teplo Q , viz obrázek 1.14 (Rozsypal, 2010, s. 11). Tato stěna má vysokou tepelnou vodivost (Havlů, 2009, s. 12). Teplota t_{11} je vstupní teplota

topné kapaliny a t_{12} je výstupní teplota topné kapaliny. Teplota t_{21} je vstupní teplota ohříváné kapaliny a teplota t_{22} je výstupní teplota ohříváné kapaliny.



Obrázek 1.14 – Schéma rekuperačního výměníku tepla

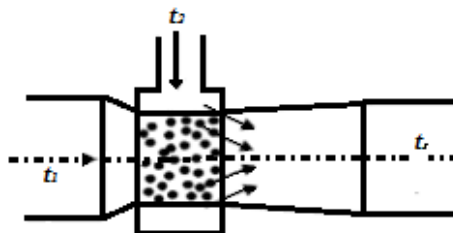
V **regeneračních** výměnících tepla procházejí topná a ohříváná kapalina střídavě jedním prostorem, ve kterém je uložena akumulární hmota. Na obrázku 1.15 (Rozsypal, 2010, s. 11) lze vidět, že v první fázi protéká prostorem topná kapalina o teplotě t_{11} a předává teplo akumulární hmotě, čímž se ochlazuje na teplotu t_{12} . V druhé fázi protéká prostorem ohříváná kapalina o teplotě t_{21} , která akumulární hmotu ochlazuje a tím se ohřívá na teplotu t_{22} . Tento výměnný proces je většinou periodický (Havlů, 2009, s. 12). Přepínací regenerační výměník tepla viz obrázek 1.14 (Rozsypal, 2010, s. 11), v jehož středu se otáčí akumulární hmota, která střídavě odebírá a předává teplo.



Obrázek 1.15 – Schéma regeneračního výměníku tepla

Ve **směšovacích** výměnících probíhá přenos tepla přímým stykem topné i ohříváné kapaliny (Havlů, 2009, s. 13). Na obrázku 1.16 (Rozsypal, 2010, s. 11) lze vidět schéma směšovacího výměníku tepla, kde teploty t_1 a t_2 představují teploty vstupní topné a ohříváné kapaliny a teplota t_s představuje výstupní teplotu směšovacího výměníku. Tento typ výměníku

je často používán v energetice, kde se k regulaci teploty přehřáté vody u kotle používá vstřík vody do páry, čímž se sníží teplota páry z kotle (Výměníky tepla, 2011, s. 8)

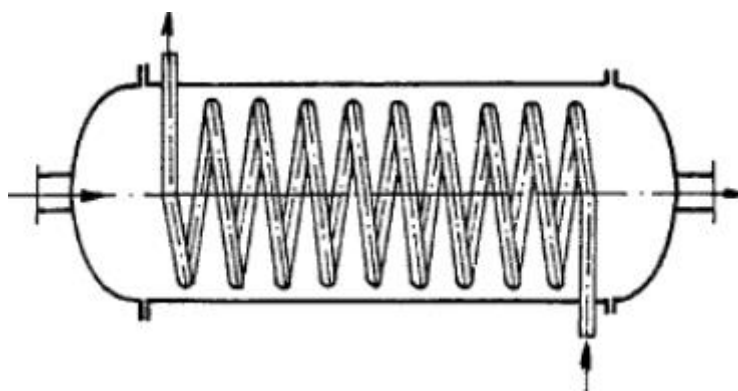


Obrázek 1.16 – Schéma směšovacího výměníku tepla

V dalších kapitolách se budeme zabývat pouze rekuperačními výměníky tepla, kterými jsou: trubkové a deskové tepelné výměníky. Protože tento typ výměníků je využíván u solárního ohřevu TUV.

1.8.3 TRUBKOVÉ TEPELNÉ VÝMĚNÍKY

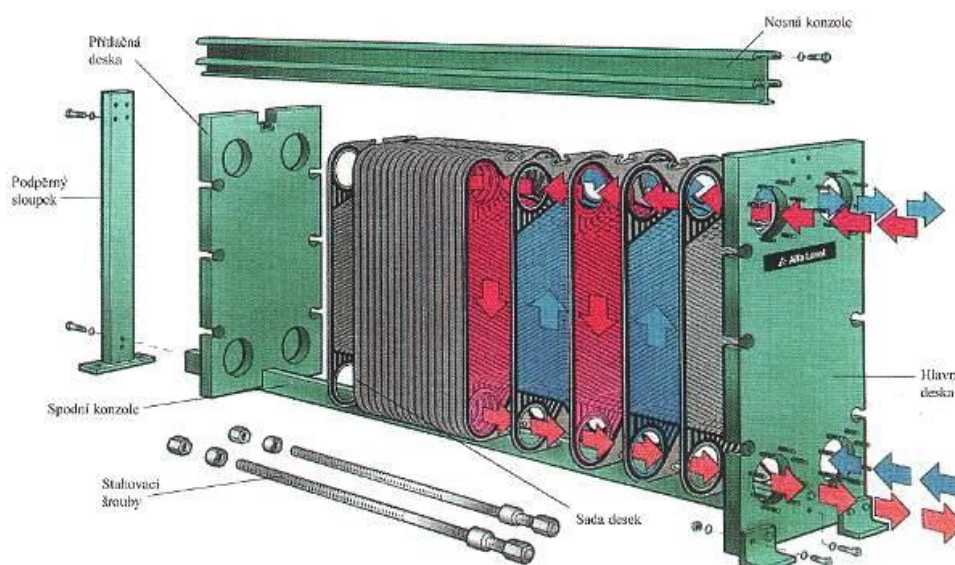
Trubkové tepelné výměníky jsou jednoduchá zařízení, tvořená z jedné nebo více stočených trubek. Průřez trubek je často kruhový, může však být i oválný nebo kosočtvercový. Přestupní plochu tvoří vnější plášť těchto trubek. Využívá se často protiproudé uspořádání proudů topné a ohřívané kapaliny. Nejčastěji jsou těmito výměníky vybaveny zásobníky teplé vody nebo akumulární nádrže. Výhodou těchto výměníků je jejich nízká cena a jednoduchá výroba. Nevýhodou je nutnost výměny celé trubky, jestliže dojde k jejímu porušení. Tento typ výměníku se používá v relativně malých solárních systémech, např. pro rodinný či řadový dům (REGULUS, 2015–2017a; Havlů, 2009, s. 14). Na obrázku 1.17 (Výměníky tepla, 2011, s. 4) je zachycen ležatý výměník se šroubovitě vinutými trubkami.



Obrázek 1.17 – Ležatý výměník se šroubovitě vinutými trubkami

1.8.4 DESKOVÉ TEPELNÉ VÝMĚNÍKY

Přestupní plochu tepla deskových výměníků tvoří rovinná deska, která může být profilovaná, hladká, spirálově vinutá, popř. žebrovaná. Jednotlivé desky jsou k sobě přitisknuty a mají ve svém profilu vylisované kanálky. Desky výměníku jsou spojeny svařováním, pájením nebo jsou staženy šroubovými svorníky. Spojení desek šroubovými svorníky vyžaduje těsnění mezi jednotlivými deskami. Jak lze vidět na obrázku 1.18 (BCB PLZEŇ, 2013), topná kapalina vyznačená červenými šipkami, protéká levou horní přírubou a každým druhým mezideskovým souborem kanálků klesá dolů ve směru červených šipek, kde opouští výměník levou dolní přírubou. Ohřívána kapalina protéká pravou dolní přírubou a protéká svými mezideskovými kanálky. Topná i ohřívána kapalina proudí v deskovém výměníku protiproudě. Nejvýhodnější z hlediska přestupu tepla je protiproudý tok. (Havlů, 2009, s. 14–15).



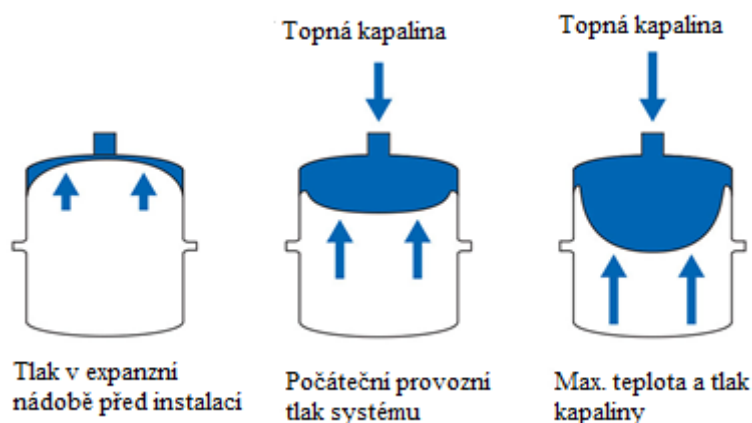
Obrázek 1.18 – Schéma skládaného deskového výměníku tepla

Výhodou deskových výměníků je jejich variabilita ve velikostech, typech provedení, či zvětšení výkonu přiřazením dalších desek. Nebo v možnosti navrhnout výměník i na velmi malý teplotní spád a tím předání velkého topného výkonu. Nevýhodou je, že je nelze použít jako integrované výměníky, které, na rozdíl od trubkových, nemohou být uvnitř zásobníku tepla. Další nevýhodou je potřeba použít další oběhové čerpadlo, což zvyšuje jak provozní, tak pořizovací náklady (REGULUS, 2015–2017a).

1.9 EXPANZNÍ NÁDOBY

Expanzní nádoby se využívají k vyrovnání změn objemu kapaliny způsobených změnami její teploty a udržují přetlak kapaliny v soustavě v předepsaných hodnotách. Jsou vyrobeny z ocelového plechu, který je opatřený antikorozií povrchovou úpravou. Ocelová nádoba je nepropustná a obsahuje elastickou membránu odolnou vůči vysokým teplotám. Tato membrána odděluje kapalinu od plynné fáze (REGULUS, 2015–2017b).

Na obrázku 1.19 (Woodruff, 2014) vlevo lze vidět, jaký je tlak v expanzní nádobě před instalací do solárního systému. Celý prostor expanzní nádoby je vyplněn plynem. Na obrázku 1.19 (Woodruff, 2014) uprostřed lze vidět vychýlení membrány a modře jaký je počáteční tlak kapaliny v expanzní nádobě po jejím připojení do solárního systému. Na obrázku 1.19 (Woodruff, 2014) vpravo je vidět, jak je vychýlená membrána expanzní nádoby při maximální teplotě kapaliny. Ve studeném stavu je téměř celý objem expanzní nádoby vyplněn plynem. S rostoucí teplotou se zvyšuje objem a tlak kapaliny, která vstupuje do expanzní nádoby a stlačuje plyn. Při poklesu teploty vytlačuje plyn kapalinu z expanzní nádoby zpátky do soustavy (REGULUS, 2015–2017b).



Obrázek 1.19 – Popis instalace a provozu expanzní nádoby v solárním systému

1.10 OBĚHOVÉ ČERPADLO

Oběhové (cirkulační) čerpadlo zachyceno na obrázku 1.20 (TempEco, 2012) zajišťuje cirkulaci topné kapaliny mezi kolektory a tepelným výměníkem. Oběhové čerpadlo je osazeno barometrem s ukazatelem tlaku, který se pohybuje od dvou do čtyř barů. S rostoucí teplotou kapaliny roste její objem, tím roste i tlak v systému. Oběhové čerpadlo má svojí expanzní nádobu, kde se vyrovnávají změny tlaku. Když je tlak moc vysoký, oběhové čerpadlo odvede

část teplotonosné kapaliny hadicí do připravené nádoby, čímž sníží tlak v systému (Schlieger, 2015). V systému jsou minimálně dvě expanzní nádoby, jedna pro oběhové čerpadlo, druhá pro solární systém. Oběhové čerpadlo je voleno dle parametrů specifikovaných projektantem. Výběr oběhového čerpadla se volí dle těchto parametrů (IMPEA):

- použití (teplovodní vytápění nebo cirkulace teplé vody),
- dimenze připojení,
- maximální průtok,
- maximální dopravní výška a způsob regulace výkonu.



Obrázek 1.20 - Oběhové čerpadlo Wilo Stratos Eco

1.11 TŘÍCESTNÝ VENTIL

Funkce třícestného ventilu je rozdělení primárního okruhu na několik větví k jednotlivým spotřebičům (příprava TUV, protočení teplé vody soustavou apod.) (Šourek, 2010a). Na obrázku 1.21 je zachycen třícestný ventil se servopohonem, který umožňuje ovládání pomocí PLC (Programovatelný logický automat), dále rozvedeno v kapitole 2.



Obrázek 1.21 - Třícestný ventil s elektrickým pohonem

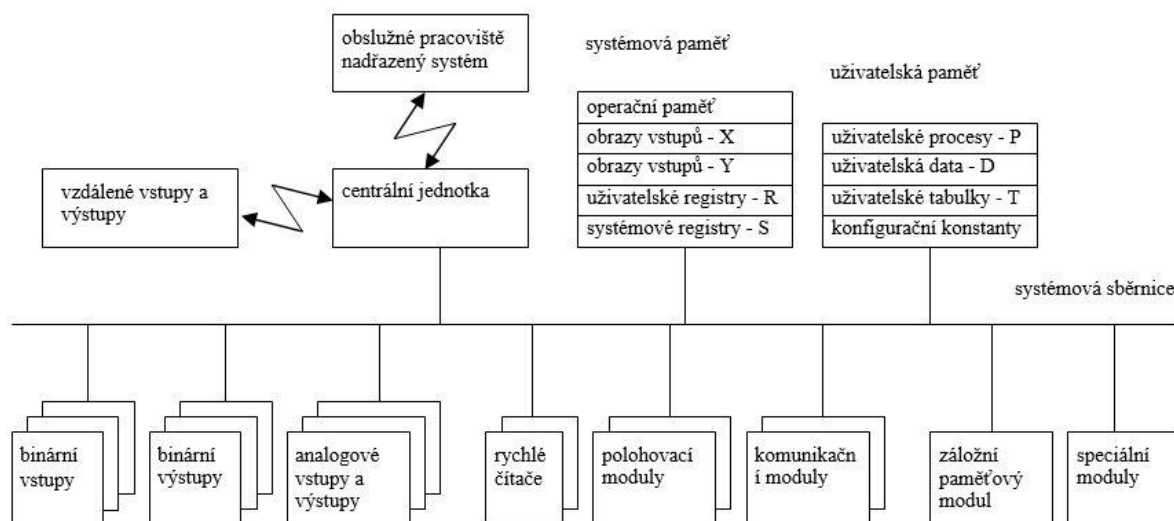
2 PROGRAMOVATELNÝ LOGICKÝ AUTOMAT

Programovatelný logický automat označující se zkratkou PLC (z anglického Programmable Logic Controller) je malý průmyslový počítač, určený pro řízení procesů. Používá se například k řízení výrobních, dopravních, či balících linek, k řízení strojů, nebo ovládání inteligentních budov. Tyto řídicí systémy jsou navrženy tak, aby odolávaly nepříznivým podmínkám a byly chráněny před teplem, chladem, vibracemi, prachem, vlhkostí a dalšími nepříznivými vlivy (Šmejkal, 1999, s. 39).

V současnosti je na trhu k dispozici celá řada produktů od nejrůznějších firem. Výrobci PLC dodávají společně s hardwarem i vlastní vývojová prostředí. Některé z těchto produktů bývají vybaveny i vnitřními diagnostickými funkcemi, které průběžně kontrolují činnost systému. Diagnostické funkce včas zjistí případnou závadu, lokalizují ji, bezpečně ji ošetří a usnadní její odstranění (Šmejkal, 1999, s. 39).

2.1 STRUKTURA PLC

Moduly PLC si uživatel vybírá tak, aby nejlépe vyhovovaly jeho požadavkům, a byly propojeny prostřednictvím jedné, nebo více sběrnic. Vnitřní struktura PLC je blokově znázorněna na obrázku 2.1 (Šmejkal, 1999, s. 38).



Obrázek 2.1 – Blokové schéma vnitřní struktury PLC

Jak uvádí (Prokopová), plnohodnotné PLC se skládá z řídicí jednotky a rozšiřujících modulů. Řídicí jednotka je základní blok PLC a skládá se z následujících částí:

- zdrojová část – napájení jednotky, příp. dalších modulů,
- procesorová část – tvořená CPU,
- komunikační rozhraní – základní propojení s PC a dalšími PLC,
- binární/analogové vstupy a výstupy,

Moduly umožňují rozšíření základní jednotky o další prvky vyžadované uživatelem.

Může se jednat například o:

- vstupy – digitální a analogové,
- výstupy – tranzistory spínané, reléové, výkonové a analogové,
- komunikační sběrnice – RS232/422/485, LPT, Ethernet, PROFIBUS, MODBUS, GSM apod.,
- speciální moduly – regulátory motorů, PWM výstupy, sběrnicové opakovače apod.

2.2 TYPY PLC

Sestavu a typ PLC uživatel volí podle požadavků konkrétní aplikace. Na výběr má z řady různých variant. Pro jednoduché úlohy může využít cenově dostupnější mikro PLC nebo kompaktní PLC. Pro komplexní úlohy pak musí zvolit vhodnou konfiguraci modulárního PLC, kde se počet modulů odvíjí od složitosti řízeného systému (Šmejkal, 1999, s. 40).

2.2.1 MIKRO PLC

Jedná se o systém, patřící mezi nejmenší a nejlevnější produkty. Tyto sestavy není možné rozšiřovat, nabízejí uživateli pevnou sestavu vstupů a výstupů, většinou jen digitálních. Např. v kombinacích 4 binární vstupy/4 binární výstupy, popř. 8/6, 8/8, 12/12, atd. U těchto produktů je programátorský a funkční komfort omezen na nezbytné minimum a často chybí možnost komunikace mezi PLC a PC. Mikro PLC se využívá u jednoduchých strojů, které byly dříve řízeny reléovou logikou (Šmejkal, 1999, s. 40).

2.2.2 KOMPAKTNÍ PLC

PLC v kompaktním provedení nabízí uživateli pevně danou vstupně/výstupní sestavu, kterou je možné rozšířit různými přídatnými moduly. Tyto moduly jsou pevnou kombinací vstupů a výstupů. Jedná se například o modul s osmi digitálními vstupy a výstupy (TTL nebo

reléovými), modul rychlých čítačů, analogový vstupní nebo výstupní modul apod. Nechybí zde komunikace PLC s počítačem či přímé programování přes ethernet. Od mikro PLC se liší v množství hardwarových a softwarových funkcí. Tyto PLC jsou vhodné pro použití v oblasti řízení, regulace a měření. (Šmejkal, 1999, s. 40–41)

2.2.3 MODULÁRNÍ PLC

Ve srovnání s mikro PLC či kompaktním PLC nabízí modulární PLC větší volnost ve volbě konfigurace. U modulárních PLC jsou řídicí systémy rozděleny do modulů (typicky v počtu 4, 6, 8 a 11 modulů), které se zasouvají do rámu (v délkách 11", 13", 15" a 19"). Systém je tvořen základními moduly:

- napájecí modul,
- centrální modul (neboli CPU modul),
- vstupně–výstupní moduly,
- rozšiřovací moduly.

Rozšiřovací moduly obsahuje komunikační a specializované moduly jako jsou: modul rychlých čítačů, jednoosý polohovací modul apod. (Šmejkal, 1999, s. 41).

2.3 KOMUNIKACE

Komunikace mezi PLC a řídicím PC, mezi několika PLC, nebo mezi PLC a vzdálenými moduly vstupů a výstupů, jsou obvykle realizovány sériově. Základní přenosy jsou většinou realizovány pomocí sítě Ethernet. Nechybí ani asynchronní sériový kanál, který je osazen rozhraním RS–232. A druhý asynchronní sériový kanál, který je osazen různými typy rozhraní, dle volby zákazníka (RS–232, RS–485, RS–422). Volitelně mohou být podporovány i jiné průmyslové protokoly a sběrnice, např. MODBUS, PROFIBUS DP, CAN, apod. Systémy FOXTROT, společnosti Teco a. s., podporují přenosy pomocí průmyslové sítě EPSNET, kde při použití rozhraní RS–485 může být na jedné úrovni až 32 účastníků a délka sériové linky může dosahovat až 1200 m (TECO, 2017, s. 5).

2.4 PROGRAMOVÁNÍ PLC

V dnešní době slouží k programování logických automatů počítače, s nainstalovaným vývojovým prostředím. Na trhu je mnoho výrobců PLC a většina z nich používá vlastní

vývojové prostředí. Toto prostředí umožňuje zápis programu, který je přeložen z vytvořeného programu do strojového kódu, a jeho přenos do PLC. Umožňuje i monitorování stavových proměnných s možností krokování a trasování programu nebo možnost monitorovat a měnit aktuální proměnné. Mnohé, z těchto vývojových prostředí, umožňují simulaci programu, kde je možné vyzkoušení funkcí daného programu, popř. daný program odladit, čímž se odstraní chyby (Šmejkal, 1999, s. 51).

2.5 PROGRAMOVACÍ JAZYKY

K programování PLC se využívají specializované jazyky, původně navržené pro snadnou a účinnou realizaci logických funkcí. Programovací jazyky různých výrobců si jsou podobné, ale přenositelnost programů mezi PLC různých výrobců není možná. Programovací jazyky sjednocuje mezinárodní norma IEC 1131–3, která rozlišuje čtyři typy jazyků (Šmejkal, 1999, s. 49).

2.5.1 JAZYK MEMKÓDŮ

(„Instructions List“ v angličtině, zkratka „IL“) je strojově orientovaný jazyk, typu assembler. Každé instrukci programovatelného automatu odpovídá stejně pojmenovaný příkaz jazyka. IL poskytuje způsob označení bodu v programu pro cíle skoků a volání, symbolická jména pro číselné hodnoty, vlastní pojmenování vstupních, výstupních, vnitřních proměnných a pro zadávání číselných hodnot v různých číselných soustavách (Šmejkal, 1999, s. 49).

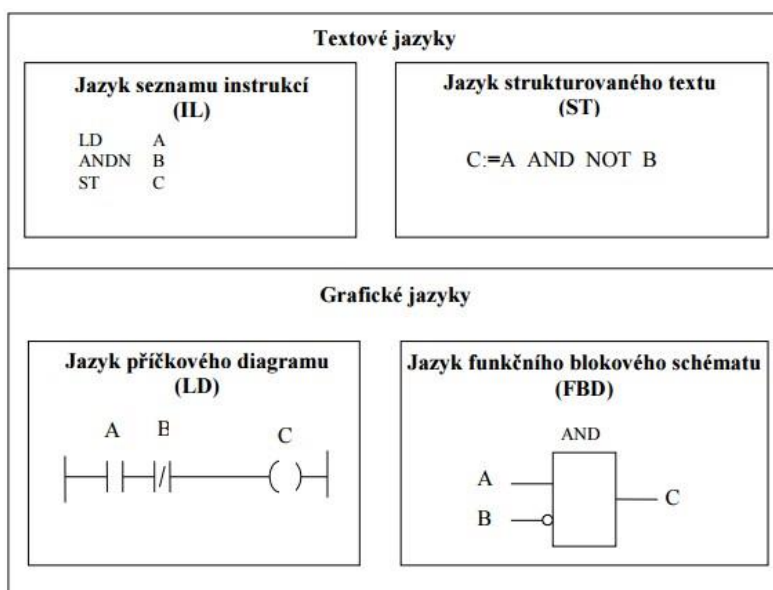
2.5.2 JAZYK KONTAKTNÍCH SCHÉMAT

(„Ladder Diagram“ v angličtině, zkratka „LD“) je grafický program se základními logickými operacemi. Je zobrazován ve formě obvyklé pro kreslení schémat při práci s reléovými a kontaktními prvky. Symboly pro kontakty a cívky jsou zjednodušeny, kvůli jejich semigrafickému vytváření. Např. spínací kontakt je zobrazen jako dvojice svislých čárek. Rozpínací kontakt je ztvárněn podobně, je však „přetržen“ lomítkem. Cívky jsou pak zobrazeny jako dvojice závorek. Funkční bloky jsou kresleny jako obdélníkové značky. Tento jazyk je výhodný při programování jednoduchých logických operací, nebo v případě, když s ním pracuje laický personál v oblasti programování (Šmejkal, 1999, s. 49–50).

2.5.3 JAZYK STRUKTUROVANÉHO TEXTU

(„Structured Text“ v angličtině, zkratka „ST“) je velmi výkonný vyšší programovací jazyk, který má kořeny v jazycích jako je např. Pascal nebo C. Jsou v něm obsaženy všechny podstatné prvky moderního programovacího jazyka, např. větvení (CASE OF a IF–THEN–ELSE), a smyčky (FOR, WHILE a REPEAT), které lze vnořovat. Dále umožňuje úsporný zápis algoritmů, v němž lze definovat komplexní funkční bloky, které mohou být použity v kterémkoli jiném programovacím jazyce (*Programování PLC podle normy IEC 61 131–3 v prostředí Mosaic*, 2007, s. 7).

Pro přehled syntaxe jednotlivých programovacích jazyků je na obrázku 2.2 (*Programování PLC podle normy IEC 61 131–3 v prostředí Mosaic*, 2007, s. 6) znázorněná stejná logická funkce. Součinu proměnné A a negované proměnné B, s výsledkem v proměnné C, vyjádřena ve čtyřech základních programovacích jazycích používaných v PLC (*Programování PLC podle normy IEC 61 131–3 v prostředí Mosaic*, 2007, s. 6).



Obrázek 2.2 – Logická funkce ANDN ve čtyřech základních jazycích PLC

2.6 VYKONÁVÁNÍ PROGRAMU PLC

Program PLC se skládá ze souboru instrukcí a příkazů. Je vykonáván cyklicky, tzn., že se programátor nestará o to, aby se po konci programu vrátil jeho program znovu na začátek. Toto je automaticky zajištěno systémem PLC. Tento systém zajišťuje i ochranu před „zamrznutím“ programu. Dlouhé setrvání ve smyčce je vyhodnoceno jako chyba a systém jí hlásí jako „překročení doby cyklu“ (Šmejkal, 1999, s. 46–47).

Program PLC nepracuje s aktuálními hodnotami vstupů a výstupů, ale s jejich obrazy, uloženými v tzv. zápisníkové paměti. V režijní části (otočce cyklu) jsou v první řadě na výstupy vyslány aktuální vyčíslené hodnoty obrazů výstupů proměnné Y , poté jsou provedeny režijní operace systému, aktualizace systémových a časových proměnných apod. Na závěr jsou načteny aktuální hodnoty fyzických vstupů PLC, které jsou pro celý následující cyklus drženy, jako obrazy vstupů X . Ve fázi otočky cyklu se provádí aktualizace hodnot vstupů a výstupů, jejichž obrazy jsou dále předávány k řízenému objektu. Tím je zajištěna synchronizace vstupních a výstupních dat s během programu, tedy omezení vzniku chyb způsobených nevhodným souběhem měnících se hodnot (Šmejkal, 1999, s. 47). Celý tento proces je zachycen na obrázku 2.3 (Šmejkal, 1999, s. 47).



Obrázek 2.3 – Cyklické vykonávání programu

2.7 VÝHODY A NEVÝHODY PLC

Největší výhodou PLC je možnost rychlé realizace navrhované sestavy, kde uživatel nemusí vyvíjet technické vybavení. Uživatel však musí navrhnout projekt, podle kterého vytvoří vhodnou sestavu PLC. K uvedení sestavy do chodu je pak nutné napsat a odladit program. Nevýhodou je velká diverzita vývojových prostředí. Výrobci se v rámci konkurenčního boje snaží neustále zdokonalovat své produkty, tak aby byly uživatelsky, co nejpříjemnější. To se odráží i v oblasti hardware. Například PLC se mezi sebou mohou lišit typem použité sběrnice. Další nevýhodou je vyšší poměr cena/výkon (Šmejkal, 1999, s. 39).

3 MĚŘENÍ TECHNOLOGICKÝCH VELIČIN

Měření technologických veličin je v problematice solárního ohřevu stěžejní. Naměřená data se využívají jak při regulaci, tak při vyhodnocování účinnosti solárního ohřevu. Měření je zajištěno teplotními čidly a průtokoměry instalovanými v soustavě solárního ohřevu.

3.1 MĚŘENÍ PRŮTOKU

Měření průtoků kapalin patří mezi důležité oblasti měření neelektrických veličin. Existuje velké množství průtokoměrů a vodoměrů. Vodoměry lze rozdělit do dvou skupin, na suchoběžné a mokroběžné. Průtokoměry se dělí dle typu použitého principu měření na indukční a ultrazvukové.

3.1.1 SUCHOBĚŽNÝ MECHANICKÝ VODOMĚR

Suchoběžný mechanický vodoměr je zachycen na obrázku 3.1 (ENBRA, 2015). Uvnitř suchoběžného vodoměru je tlaková deska oddělující prostor počítadla od hydraulické části. Přes tuto stěnu je proveden magnetickou spojkou přenos otáčení hřídelky. Magnet je často dvou, čtyř, nebo šesti pólový. Je-li magnet opatřen stínícími kroužky, je vodoměr antimagnetický a lze jej hůře ovlivnit vnějším magnetickým polem (ENBRA, 2015). Běžné suchoběžné vodoměry poskytují informaci o proteklém objemu vody na počítadle. K dostání jsou i speciální vodoměry s impulsním výstupem, který umožňuje odesílat informaci o proteklém množství pomocí pulzů přímo do PLC. Lze pořídit suchoběžné vodoměry s různou četností pulzů, např. jeden pulz na jeden proteklý litr vody apod.



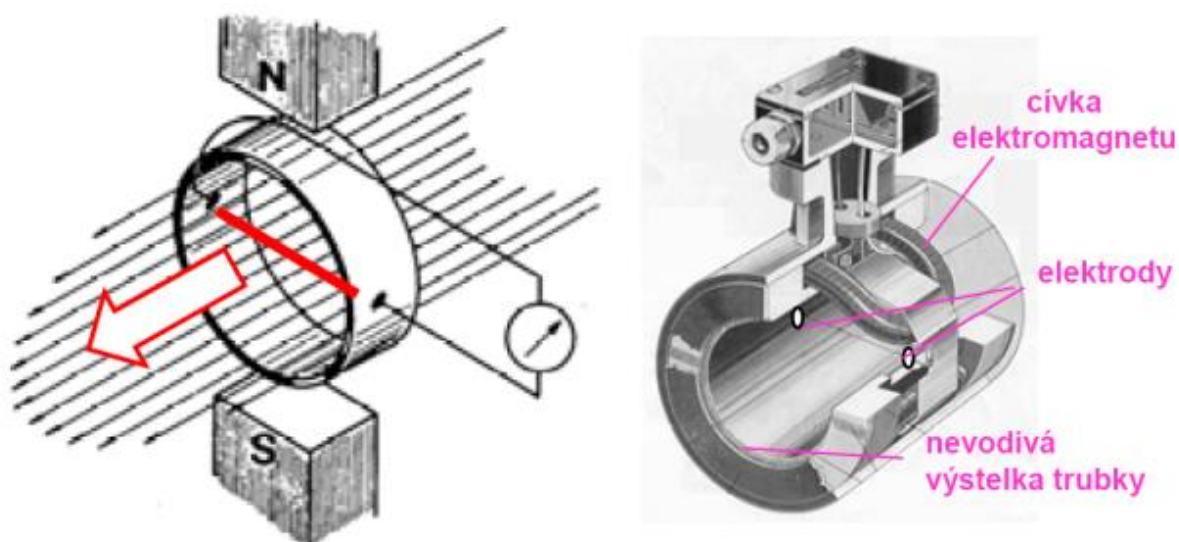
Obrázek 3.1 – Suchoběžný mechanický vodoměr s impulsním výstupem

3.1.2 MOKROBĚŽNÝ MECHANICKÝ VODOMĚR

Mokroběžný mechanický průtokoměr má oproti suchoběžnému průtokoměru měřicí mechanismus a počítadlo ponořeno v kapalině. Jeho nevýhodou je možnost zanesení počítadla nečistotami a vodním kamenem. Jako výhodu lze brát absolutní antimagnetičnost (ENBRA, 2015).

3.1.3 INDUKČNÍ PRŮTOKOMĚRY

Indukční průtokoměry, viz obrázek 3.2 (Vojáček, 2009), jsou bezkontaktní průtokoměry elektricky vodivých kapalin. Jejich největší výhodou je to, že neobsahují žádné pohyblivé mechanické části, které by se mohly porouchat nebo opotřebovat. Měření není ovlivněno tlakem, teplotou, hustotou kapaliny, nebo průřezem potrubí, proto je možné měřit i průtok chemicky agresivních, korozivních, nebo kašovitých látek. Jediná podmínka, kterou musí měřené médium splňovat, je elektrická vodivost G alespoň $0,05 \mu\text{S cm}^{-1}$ a potrubí musí být elektricky nevodivým izolantem. Indukční průtokoměry potřebují vlastní napájení, a to: 230 V AC, 12 VDC, 24 V DC nebo 24 V AC. Jejich výstupní signál může být: proudový (4 mA ÷ 20 mA), impulsní, digitální přenášen pomocí sběrnic Profibus PA/DP, RS485, apod. (Vojáček, 2009).

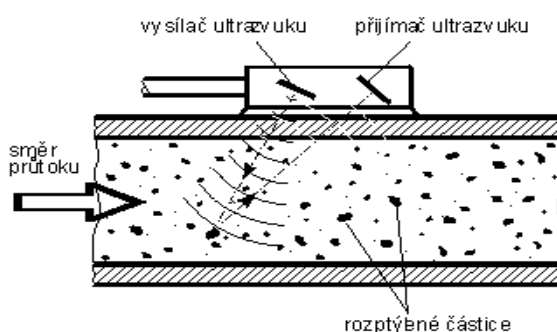


Obrázek 3.2 – Obecný princip indukčního průtokoměru (vlevo) a praktická realizace indukčního průtokoměru (vpravo)

3.1.4 ULTRAZVUKOVÉ PRŮTOKOMĚRY

Ultrazvukové průtokoměry jsou bezdotykové. Umožňují měřit průtok téměř libovolné kapaliny, tedy i kapaliny agresivní, korozivní, elektricky vodivé i nevodivé. Jejich využití je široké (jsou použitelné ve rozsáhlé škále odvětví). Tento typ průtokoměrů může být založen na dvou odlišných fyzikálních principech (Elis Plzeň, 1997–2017).

Prvním typem jsou přístroje, které využívají Dopplerův princip, který je znázorněn na obrázku 3.3 (Kmínek, 2005). Tyto přístroje vysílají do tekutiny ultrazvukové vlny s konstantní frekvencí a přijímají vlnění odražené od bublin či pevných částic. Kvůli pohybu částic nebo bublin s tekutinou, je frekvence přijatého ultrazvukového vlnění rozdílná od frekvence vysílané vlny. Rozdíl frekvencí je pak přímo úměrný rychlosti proudění tekutiny (Miller, 1996, s. 168; Jenčík, 1998, s. 300–303).



Obrázek 3.3 – Průtokoměr založený na Dopplerově jevu

Druhým typem jsou přístroje založené na principu měření doby průchodu tekutinou. Konstrukce takového typu průtokoměru je zobrazena na obrázku 3.4 (Smolík, 2016). Tyto průtokoměry jsou dvoukanálové a obsahují dvojici vysílačích/přijímacích jednotek, které jsou umístěny za sebou ve směru proudění. Jeden z vysílačů vysílá ultrazvukové vlny po směru proudění, a druhý proti směru proudění tekutiny. Rozdíl mezi dobami průchodu obou signálů je úměrný rychlosti proudění tekutiny. Tyto průtokoměry umožňují pouze měření rychlosti proudění čistých tekutin (Miller, 1996, s. 168; Jenčík, 1998, s. 300–303).



Obrázek 3.4 – Princip dvoukanálového uspořádání ultrazvukového průtokoměru

3.2 MĚŘENÍ TEPLoty

Měření teploty patří mezi nejdůležitější z oblasti měření neelektrických veličin. Jsou dva různé typy měření teploty a to: dotykové a bezdotykové. Bezdotykové se využívají k měření teploty povrchu těles a jsou založené na principu měřeného elektromagnetického záření, které tělesa vysílají. K dotykovému měření teploty je potřeba kontakt mezi měřidlem a měřeným objektem. K tomuto typu měření se využívají různé druhy teploměrů: dilatační, tlakové, tyčové, bimetalické, atd. Pro měření teploty, kde je třeba naměřené teploty vyhodnocovat a zapisovat, se používají elektrické snímače (Mareš, 2006; Špringl, 2004). Mezi elektrické snímače teploty patří kovové odporové snímače teploty, které se dále dělí na:

- platinové odporové snímače teploty,
- niklové odporové snímače teploty,
- měděné odporové snímače teploty.

3.2.1 PLATINOVÉ ODPOROVÉ SNÍMAČE TEPLoty

Platinové teploměry jsou vyráběny drátkovou, tenkovrstvou nebo tlustovrstvou technologií. Drátkový měřicí odpor je tvořen spirálovitě stočeným tenkým drátkem, který je zatavený do keramiky nebo skla. Tenkovrstvé odporové snímače se vyrábí napařováním a iontovým leptáním platinového odporu na korundovou destičku. Výhodou tenkovrstvých odporových snímačů oproti drátkovým, je jejich rychlejší odezva, vyšší odpor a nižší cena. Časově stabilnější jsou však drátkové odpory (Špringl, 2004).

U kovů se elektrický odpor R s teplotou zvyšuje a pro malý teplotní rozsah, lze považovat závislost za lineární. Teplotní rozsah platinových snímačů teploty je $200\text{ °C} \div 650\text{ °C}$. Čistota platiny pro provozní teploměry je posuzována podle tzv. **redukovaného odporu** W_{100} , který je dán poměrem odporů senzoru při 100 °C a 0 °C . Základním odporovým snímačem je platinový snímač Pt 100, s hodnotou elektrického odporu $R_0 = 100\ \Omega$ při teplotě 0 °C a $W_{100} = 1.385$. Vyrábějí se též Pt snímače $50\ \Omega$, $200\ \Omega$, $1000\ \Omega$ a $2000\ \Omega$ (Mareš, 2006; Špringl, 2004).

3.2.2 NIKLOVÉ ODPOROVÉ SNÍMAČE TEPLoty

Niklové odporové snímače teploty, jsou vyráběny tenkovrstvou technologií. Mezi jejich výhody patří: malé rozměry, rychlá časová odezva a vysoká citlivost. Oproti platinovým snímačům teploty trpí značnou nelinearitou, menší dlouhodobou stálostí a mají omezenější

teplotní rozsah ($-60\text{ °C} \div 180\text{ °C}$). Nejpoužívanější niklové odporové snímače teploty jsou snímače s $W_{100} = 1,6180$ a $R_0 = 100\ \Omega$ (Špringl, 2004).

3.2.3 MĚDĚNÉ ODPOROVÉ SNÍMAČE TEPLoty

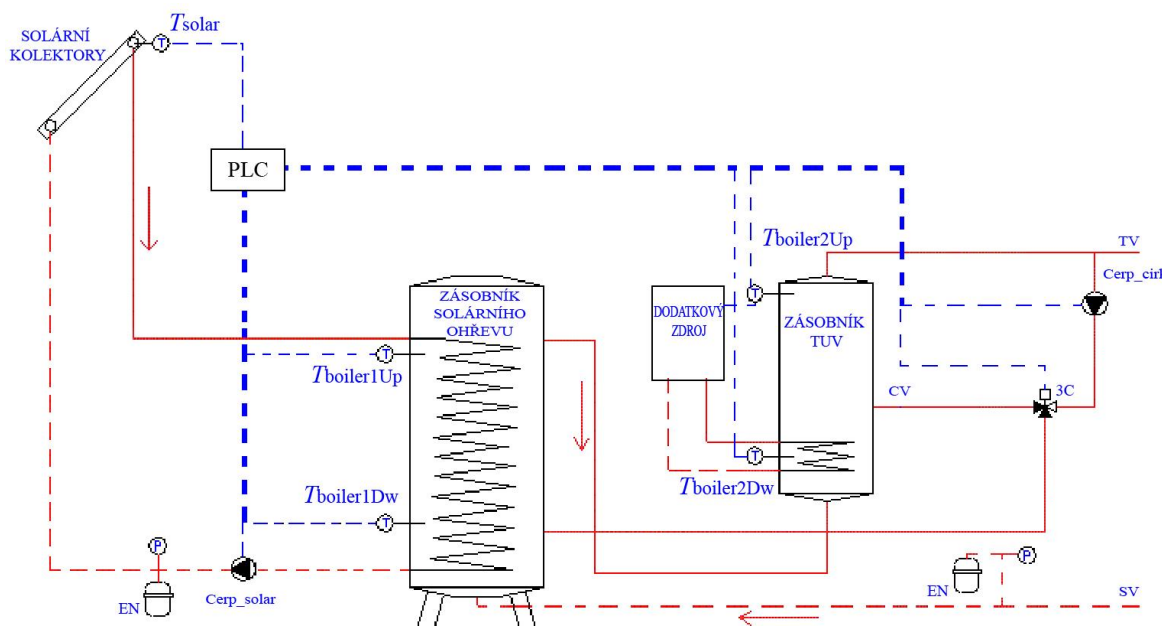
Měděné odporové snímače teploty se příliš nevyužívají, vzhledem k jejich malé rezistivitě a oxidaci mědi. Mohou být použity pro měření teplot od $-200\text{ °C} \div 200\text{ °C}$. Lze se s nimi setkat ve formě vinutých čidel s $W_{100} = 1,4260$ a hodnotou odporu $50\ \Omega$ nebo $100\ \Omega$. Jejich výhodou je použití při měření teploty měděného vinutí elektromotoru (Špringl, 2004).

4 ŘÍDICÍ A MONITOROVACÍ SYSTÉM SOLÁRNÍHO OHŘEVU TUV

V této kapitole bude popsáno řízení a technologické schéma solárního ohřevu TUV před jeho upravením a rozšířením měřených veličin. Dále budou popsány hlavní použité komponenty v okruhu solárního ohřevu, včetně PLC Tecomat Foxtrot CP – 1016. Na závěr se tato kapitola bude zabývat návrhem a implementací řídicího a monitorovacího systému, který byl navržen pro stávající systém solárního ohřevu TUV s rodinném domku.

4.1 PROGRAM PLC A POPIS TECHNOLOGICKÉHO SCHÉMA

Program řídicí jednotky je napsán v programovacích jazycích LD a ST, vývojového prostředí Mosaic. V jazyku LD je napsána část, podle které byl řízen solární ohřev a v jazyce ST jsou deklarovány proměnné a určeny podmínky rozhodování pro řízení čerpadel. Na obrázku 4.1 (Šourek, 2010b) lze vidět technologické schéma solárního systému rodinného domku, před rozšířením měřených veličin.



Obrázek 4.1 - Technologické schéma solárního systému před rozšířením měřených veličin

Řízení čerpadla *Cerp_solar* které má za úkol dopravení topné kapaliny (nabíjení) do zásobníku solárního ohřevu v soustavě ohřevu TUV má dvě podmínky. První podmínka je, že teplota topné kapaliny T_{solar} je vyšší než $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, druhá podmínka je, že teplota topné kapaliny T_{solar} má o $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyšší teplotu, než je teplota $T_{boiler1Dw}$ v dolní části zásobníku pro solární ohřev.

Řízení cirkulačního čerpadla *Cerp_cirk*, které má za úkol přečerpávat vodu ze zásobníku pro solární ohřev do zásobníku TUV má jednu podmínku. A to, že teplota $T_{\text{boiler1Up}}$, v horní části zásobníku pro solární ohřev, je o 20 °C vyšší než teplota $T_{\text{boiler2Dw}}$ ve spodní části zásobníku TUV. Po splnění této podmínky se překlápí poloha třicestného ventilu (v technologickém schématu 3C) a začne se teplejší voda, ze zásobníku pro solární ohřev přepouštět do zásobníku TUV. Díky tomu, je menší potřeba dohřevu dodatkovým zdrojem tepla.

Cirkulační čerpadlo *Cerp_cirk*, které má nastavený týdenní cyklus, 2× denně (ráno a večer) cirkuluje vodu v soustavě. Tato cirkulace vody je z důvodu, soustavné výměny chladné vody v potrubí za teplou. V případě potřeby teplé vody odpadá nutnost odtáčení studené vody do odpadu.

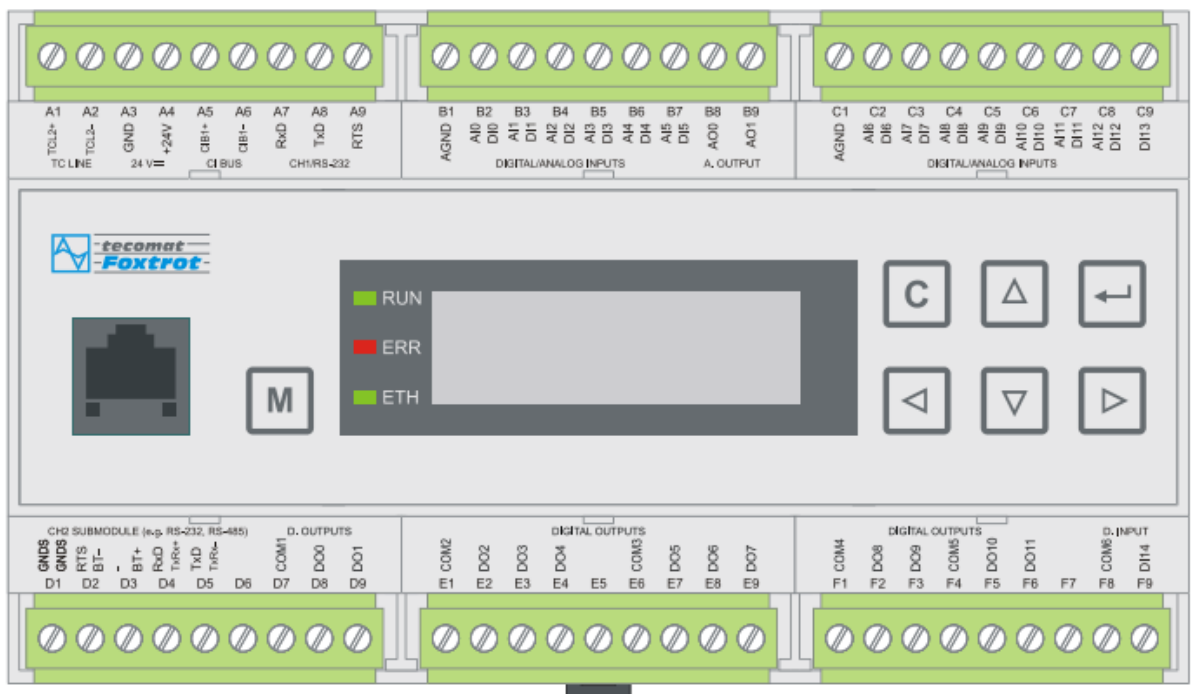
4.2 POPIS HLAVNÍCH KOMPONENTŮ

V kapitolách níže, budou popsány hlavní použité komponenty soustavy solárního ohřevu TUV.

4.2.1 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA TECOMAT FOXTROT CP–1016

Programovatelný logický automat CP–1016 slouží jako řídicí a monitorovací systém soustavy solárního ohřevu TUV. Jeho úkolem je vyhodnocovat signály ze snímačů teplot, umístěných v soustavě solárního ohřevu. Na základě vyhodnocení těchto signálů jsou řízeny čerpadla a poloha třicestného ventilu v soustavě. Cena modulu činí 18 000 Kč.

Základní modul CP-1016 je ze sortimentu základních modulů modulárních programovatelných PLC řady Foxtrot. Tento model je zobrazen na obrázku 4.2 (TECO, 2009), a je vybaven třinácti vstupy. Každý lze využít jako analogový nebo binární. Dále je vybaven jedním rychlým binárním vstupem, využitelným jako vstup čítače, a jedním binárním vstupem pro napětí 230 V AC, dvěma polovodičovými výstupy, dvěma analogovými výstupy $0\text{ V} \div 10\text{ V}$ a deseti reléovými výstupy. Komunikace probíhá přes rozhraní Ethernet 10/100 Mbit/s, které je osazeno konektorem RJ-45 se standartním rozmístění signálů. Toto rozhraní umožňuje použití přímých i křížených kabelů. Napájení základního modulu CP-1016 je zajištěno adaptérem 230 V AC/24 V DC. Základní zobrazovací a ovládací prvky jsou rozšířeny o LCD displej 4×20 znaků a šest uživatelských tlačítek (TECO, 2009).



Obrázek 4.2 - Základní modul CP-1016

4.2.2 SOLÁRNÍ KOLEKTOR

Pro solární ohřev TUV je využit solární kolektor SUNTIME 2.1 od firmy Propuls Solar s. r. o. Jedná se o celoměděný pájený absorbér s vysoce selektivním povrchem, který zaručuje 95% přeměnu slunečního záření na teplo a maximálně 4% ztráty způsobené sáláním. Rám kolektoru je vyroben z hliníkových profilů. Konstrukce rámu zabraňuje zachycení sněhu na ploše kolektorů, což zvyšuje solární zisk během zimních měsíců. Plocha solárních kolektorů je chráněna 4 mm silným solárním kaleným sklem. Kvůli snížení tepelných ztrát je kolektor

SUNTIME 2.1 izolován minerální vatou. Pro napojení kolektoru do solárního okruhu, slouží měděné trubičky o průměru 22 mm, počet kolektorů 3 ks, cena 31500 Kč (PROPULS SOLAR, 2004). V tabulce 4.1 (PROPULS SOLAR, 2004) jsou technická data solárního kolektoru.

Tabulka 4.1 - Technické parametry solárního kolektoru SUNTIME 2.1

Plocha apertury	1,84 m ²
Absorpční plocha	1,83 m ²
Vnější rozměr	1895 mm x 1063 mm
Objem teplotnosné kapaliny	1,1 l
Hmotnost	38 kg
Solární absorptivita	95 % ± 2 %
Doporučená pracovní teplota	do 100 °C
Doporučený průtok	40 ÷ 120 l·h ⁻¹ kolektor
Stagnační teplota	203 °C
Energetický zisk	800 ÷ 1200 kWh · rok ⁻¹
Cena za jeden kolektor	10500 Kč

4.2.3 ZÁSOBNÍK SOLÁRNÍHO OHŘEVU

Zásobník solárního ohřevu OKC 250 NTRR/SOL 1MPa patří mezi nepřímotopné ohřivače určené k přípravě TUV pomocí solárního systému. Jedná se o stacionární zásobník se dvěma spirálovými výměníky pro ohřev TUV topnou vodou ze dvou zdrojů. V tabulce 4.2 (Družstevní závody Dražice-Strojírna, 2012) jsou hlavní technické parametry zásobníku vody OKC 250 NTRR/SOL 1 MPa (Družstevní závody Dražice-Strojírna, 2012).

Tabulka 4.2 - Technické parametry zásobníku vody OKC 250 NTRR/SOL

Typ bojleru	OKC 250 NTRR/SOL
Objem	242 l
Max. hmotnost zásobníku bez vody	109 kg
Výška zásobníku	1 562 mm
Průměr zásobníku	584 mm
Max. provozní přetlak v nádobě	1 Mpa
Max. provozní přetlak ve výměníku	1 MPa
Maximální teplota topné vody	110 °C
Maximální teplota teplé vody	90 °C
Objem spodního výměníku	7 l
Objem horního výměníku	5,5 l
Výhřevná plocha spodního výměníku	1 m ²
Výhřevná plocha horního výměníku	0,8 m ²
Cena	15 900 Kč

4.2.4 ČERPADLO SOLÁRNÍHO SYSTÉMU

Čerpadlo (*Cerp_solar*) Wilo Stratos ECO-ST 25/1–5, napájení 230 V AC, počet otáček 1400 rpm ÷ 3500 rpm, cena 9500 Kč.

4.2.5 CIRKULAČNÍ ČERPADLO

Čerpadlo cirkulační (*Cerp_cirk*) typ Wilo Star Z15, napájení 230 V AC, cena 6000 Kč.

4.2.6 EXPANZNÍ NÁDOBA PRO ZÁSOBNÍK SOLÁRNÍHO OHŘEVU

Membránová expanzní nádoba Reflex NG 25/6. Objem nádoby 25 l, dimenzováno na tlak 6 bar, cena 1100 Kč.

4.2.7 SOLÁRNÍ EXPANZNÍ NÁDOBA

Membránová expanzní nádoba ICMA, pro směsi s větším obsahem glykolu (do 50 %). Objem nádoby 24 l, dimenzováno na tlak 1 MPa, cena 1100 Kč.

4.2.8 VODOMĚR TEPLÉ A STUDENÉ VODY

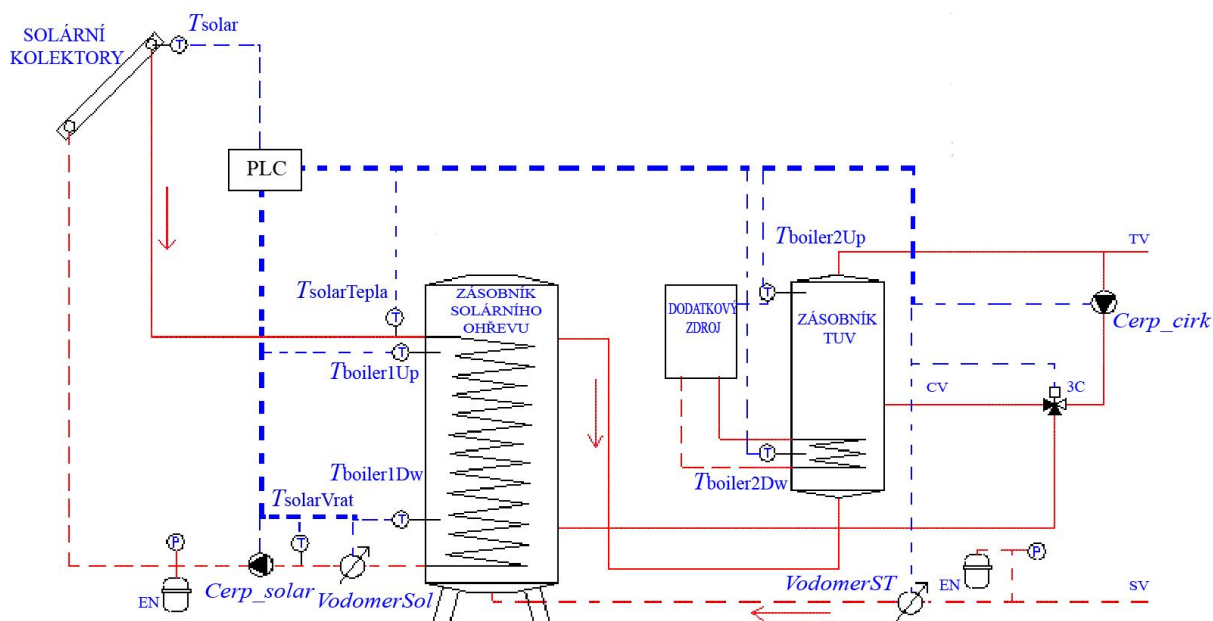
Pro měření průtoku teplé a studené vody byly použity suchoběžné vodoměry USLF a USLC s impulsním výstupem. 1 pulz · dm⁻³. Cena 1000 Kč / ks.

4.3 NÁVRH ŘÍDICÍHO A MONITOROVACÍHO SYSTÉMU PRO SOLÁRNÍ OHŘEV TUV

Řídicí systém je upravován z důvodu rozšíření měřených veličin, jejich sběru a zasílání do databáze. V této databázi jsou dále zpracovávány a vyhodnocovány. Pokud jsou rozšiřovány měřené veličiny, je potřeba rozšířit i technologické schéma. Na obrázku 4.3 (Šourek, 2010b) lze vidět technologické schéma solárního systému po rozšíření měřitelných veličin. Technologické schéma je rozšířeno o:

- měření teploty topné kapaliny $T_{\text{solarTepla}}$ na vstupu do trubkového výměníku uvnitř zásobníku solárního ohřevu,
- měření teploty topné kapaliny $T_{\text{solarVrat}}$ na výstupu z trubkového výměníku,
- měření proteklého množství topné kapaliny soustavou (zajišťuje vodoměr s impulsním výstupem *VodomerSol*,)

- měření proteklého množství studené vody SV do zásobníku solárního ohřevu (zajišťuje vodoměr s impulsním výstupem *VodomerST*.)



Obrázek 4.3 - Technologické schéma solárního systému po rozšíření měřených veličin

4.4 ŘÍZENÍ SYSTÉMU SOLÁRNÍHO OHŘEVU TUV

Řídicí systém musí být schopný automaticky a bezchybně řídit prvky v soustavě solárního ohřevu TUV, jako jsou: třicestný ventil, cirkulační a nabíjecí čerpadlo. Sbírat data ze snímačů teplot v soustavě a tyto data zasílat do MySQL serveru, běžícím na NAS uložišti. Dále musí být schopný část dat vyhodnotit.

Teploty v soustavě jsou měřeny kontinuálně, to znamená, že v každém časovém okamžiku je známá teplota všech čidel. Informace o teplotě se do MySQL serveru zasílají každou minutu, to je 1440 záznamů denně. Z toho plynou výhody v úspoře místa na NAS uložišti. Nevýhodou je graf, který není vyhlazen.

4.5 ZAPOJENÍ REGULAČNÍHO OBVODU

Tato kapitola bakalářské práce se bude zabývat popisem vstupů/výstupů řídicí jednotky Tecomat Foxtrot CP-1016.

Na obrázku 4.4 (autor) jsou zobrazeny deklarované proměnné ve vývojovém prostředí Mosaic. Na binárním vstupu DI3 je deklarována proměnná *VodomerST*, kde na svorku B5 řídicí jednotky je připojen vodoměr studené vody, označený v technologickém schématu jako

VodomerST. Dále jsou deklarovány proměnné jako *VodomerSol* na binárním vstupu DI13 svorce C9 a označený v technologickém schématu jako *VodomerSol*. Níže jsou deklarovány analogové vstupy AI0 až AI7, kde na analogový vstup AI0 svorku B2 je připojeno teplotní čidlo

Struktura dat	Úplný zápis	Alias	Svorka	Abs./délka	Hodnota	Fixace	Poznámka
DI : TBIN_15DI	r0_p3_DI				...		
DI3 : BOOL	r0_p3_DI~DI3	VodomerST	B5	%X30.3	...		
DI13 : BOOL	r0_p3_DI~DI13	VodomerSol	C9	%X31.5	...		
AI0 : TAI	r0_p3_AI0	Tsolar	B2	%X44 / 12	...		
AI1 : TAI	r0_p3_AI1	Tboiler1Up	B3	%X56 / 12	...		
AI2 : TAI	r0_p3_AI2	Tboiler1Dw	B4	%X68 / 12	...		
AI4 : TAI	r0_p3_AI4	Tboiler2Dw	B6	%X92 / 12	...		
AI5 : TAI	r0_p3_AI5	TsolarTepla	B7	%X104 / 12	...		
AI6 : TAI	r0_p3_AI6	TsolarVrat	C2	%X116 / 12	...		
AI7 : TAI	r0_p3_AI7	Tboiler2Up	C3	%X128 / 12	...		
DO : TBIN_12DO	r0_p3_DO				...		
DO2 : BOOL	r0_p3_DO~DO2	Cerp_solar	E2	%Y6.2	...		
DO3 : BOOL	r0_p3_DO~DO3	Cerp_cirk	E3	%Y6.3	...		
DO4 : BOOL	r0_p3_DO~DO4	TUV_klapka	E4	%Y6.4	...		
A00 : TAO_TC6	r0_p3_A00	Cerp_solar_ot	B8	%Y14 / 10	...		

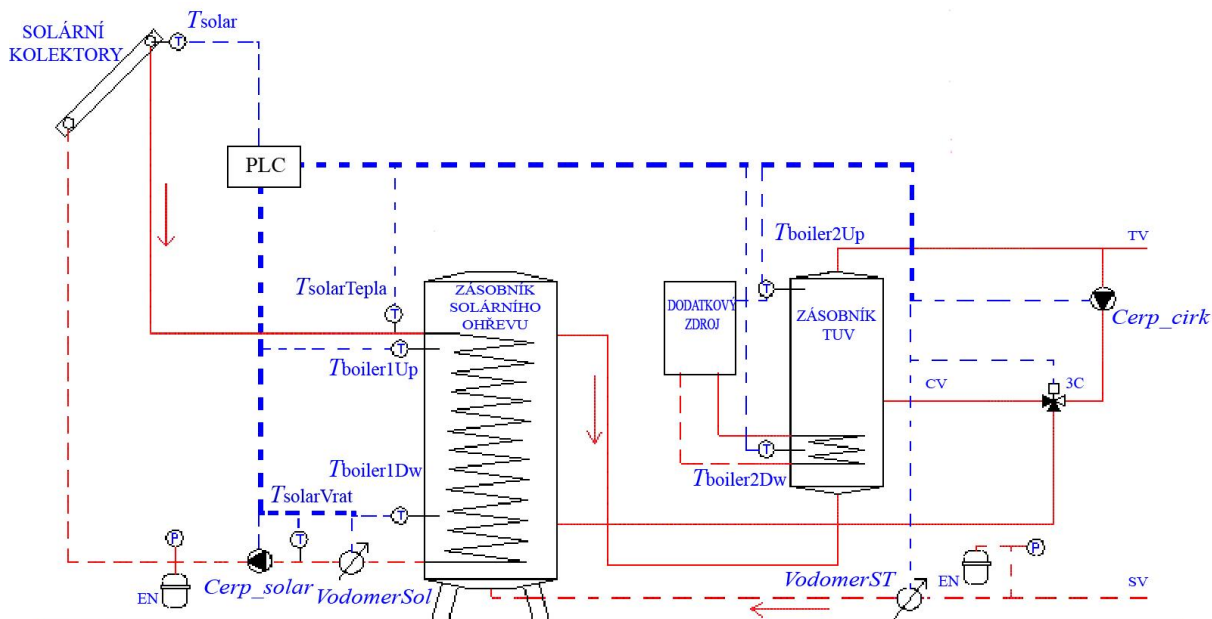
Obrázek 4.4 - Deklarace vstupů/výstupů řídicí jednotky ve vývojovém prostředí Mosaic

T_{solar} , na analogový vstup AI1, svorku B3 je připojeno teplotní čidlo $T_{boiler1Up}$ atd. Na digitální vstup DO2, svorku E2, je připojeno solární čerpadlo (*Cerp_solar*).

4.6 POPIS NAVRŽENÉHO REGULAČNÍHO SCHÉMA

Tato kapitola se zabývá popisem upraveného technologického schéma solárního ohřevu TUV. Na obrázku 4.5 (Šourek, 2010b) lze vidět technologické schéma solárního systému po rozšíření měřitelných veličin. Technologické schéma je rozšířeno o:

- měření teploty topné kapaliny $T_{solarTepla}$ na vstupu do trubkového výměníku uvnitř zásobníku solárního ohřevu,
- měření teploty topné kapaliny $T_{solarVrat}$ na výstupu z trubkového výměníku,
- měření proteklého množství topné kapaliny soustavou (zajišťuje vodoměr s impulsním výstupem *VodomerSol*),
- měření proteklého množství studené vody SV do zásobníku solárního ohřevu (zajišťuje vodoměr s impulsním výstupem *VodomerST*.)



Obrázek 4.5 - Technologické schéma solárního systému po rozšíření měřených veličin

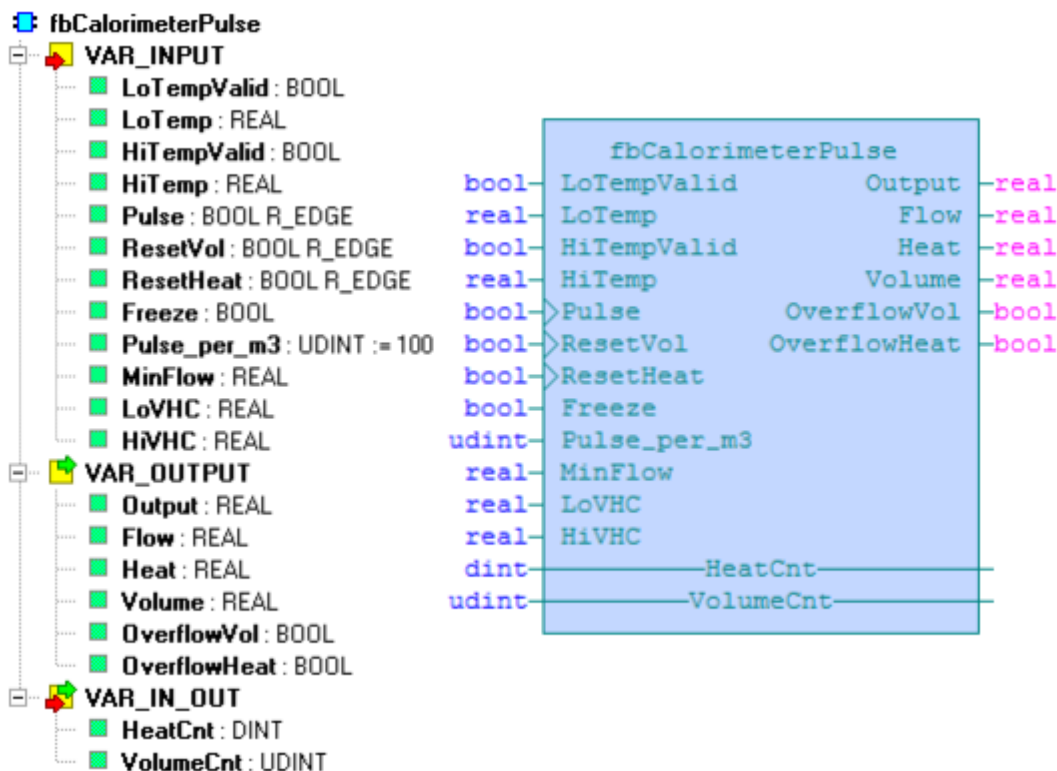
4.7 ŘÍDICÍ PROGRAM PRO SOLÁRNÍ OHŘEV TUV

Vytvoření řídicího programu pro solární ohřev TUV, spočívá v upravení stávajícího programu a rozšíření měřitelných veličin (teplota topné kapaliny vstupující do zásobníku solárního ohřevu $T_{solarTepla}$, teplota vratné topné kapaliny $T_{solarVrat}$) a použití vhodných funkčních bloků ve vývojovém prostředí Mosaic pro:

- výpočet vyrobeného tepla a aktuálního výkonu solárního ohřevu,
- čítání proteklého množství studené vody do zásobníku solárního ohřevu,
- čítání proteklého množství topné kapaliny soustavou solárního ohřevu,
- zaslání a ukládání naměřených dat metodou POST do uložení NAS.

4.7.1 FUNKČNÍ BLOK FBCALORIMETERPULSE

Výpočet vyrobeného tepla, aktuálního výkonu a celkového proteklého množství teponosné kapaliny probíhá ve vývojovém prostředí Mosaic, kde je použit funkční blok fbCalorimeterPulse, který lze vidět na obrázku 4.6 (TECO, 2012).

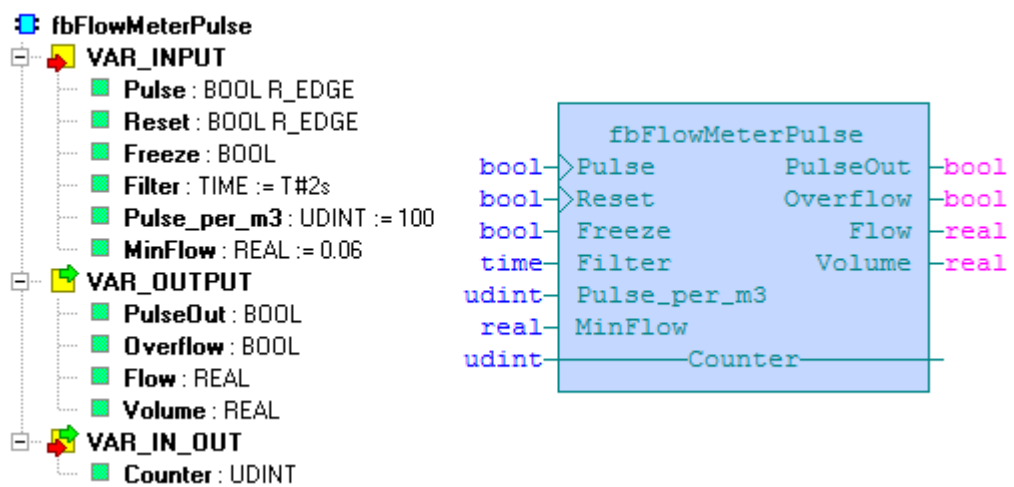


Obrázek 4.6 - Funkční blok fbCalorimeterPulse

Vstupní proměnné (dále jen vstupy) *LoTempValid* a *HiTempValid* podmiňují platnost měřených teplot pro měření tepla a výkonu. Pokud nejsou v logické „1“, je počítáno pouze proteklé množství. Na vstupech *HiTemp* (*TsolarTepla*) a *LoTemp* (*TsolarVrat*) je očekávána teplota vstupující a vystupující topné kapaliny. Přes vstup *Pulse* (*VodomerSol*) reagující na naběžnou hranu pulzu, jsou předávány pulzy z průtokoměru. Pokud je k dispozici informace o běhu čerpadla, lze její negaci využít k vnucení nulového průtoku v čase, kdy čerpadlo neběží a tím zpřesnit měření. K tomuto účelu slouží vstup *Freeze* (*Cerp_solar*). Vstupy *HiVHC* a *LoVHC* slouží k zadání objemové tepelné kapacity topné kapaliny. Vstup *Pulse_per_m3* slouží k definování počtu pulzů na jeden kubický metr. Výstupy funkčního bloku jsou hodnota aktuálního výkonu *Output* (*aktVykon*), výpočet celkového tepla *HeatCnt* (*PocitadloTeplo*) a celkové proteklé množství topné kapaliny *VolumeCnt* (*MnozstviTeplyVody*). Přivedením naběžné hrany na vstup *ResetVol* a *ResetHeat*, lze vynulovat hodnotu celkového proteklého množství topné kapaliny a hodnotu celkového tepla (TECO, 2012)

4.7.2 FUNKČNÍ BLOK FBFLOWMETERPULSE

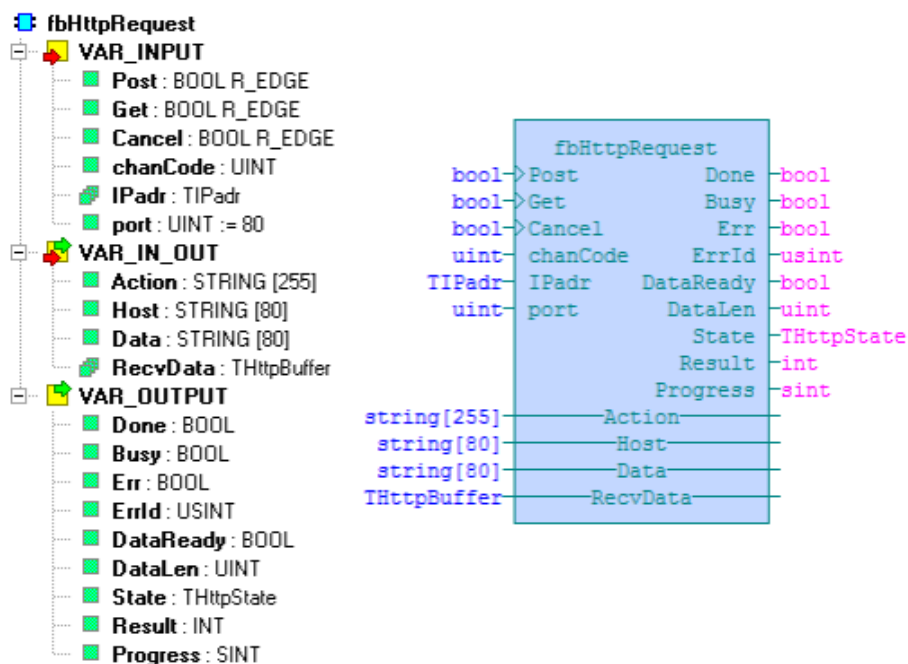
Funkční blok fbFlowMeterPulse zachycen na obrázku 4.7 (TECO, 2012), slouží k výpočtu celkového proteklého množství vody na základě pulzů poskytovaných průtokoměrem. Jako u předchozího funkčního bloku je k dispozici proměnná *Freeze*. Vstupní proměnná *Pulse* předává pulzy z průtokoměru (*VodomerST*). Vstupní proměnná *Pulse_per_m3* je stejná jako u předchozího funkčního bloku. Přivedením náběžné hrany na vstup *Reset*, lze vynulovat hodnotu průtokoměru. Proměnná *Counter* uchovává hodnotu celkového proteklého množství vody. Výstupní proměnná *Flow* udává okamžitou hodnotu průtoku v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (TECO, 2012).



Obrázek 4.7 - Funkční blok fbFlowMeterPulse

4.7.3 FUNKČNÍ BLOK FBHTTPREQUEST

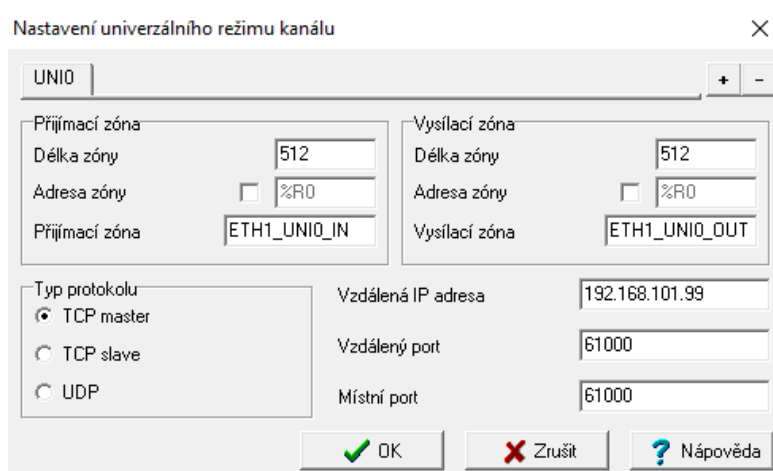
Funkční blok fbHttpRequest zachycen na obrázku 4.8 (TECO, 2013), slouží ke komunikaci s webovým serverem přes protokol HTTP. Blok implementuje ze souboru metod HTTP protokolu metodu POST. Tato metoda se využívá k odesílání dat na webový server (TECO, 2013).



Obrázek 4.8 - Funkční blok fbHttpRequest

Komunikace probíhá přes spojení na ethernet kanálu v režimu UNI podle konstanty na vstupu *chanCode*. Spojení musí mít následující parametry (viz obrázek 4.9) (autor):

- režim TCP master,
- délka přijímací a vysílací zóny 512 bytů.



Obrázek 4.9 - Nastavení univerzálního režimu kanálu

Adresa stahovaných dat je předávána na čtyřech vstupech (*IPadr*, *Port*, *Host*, *Action*). Adresa serveru je očekávána na vstupu *IPadr*. Číslo portu je předáváno na vstupu *Port* (výchozí hodnota pro HTTP protokol je 80). Doménové jméno serveru je očekáváno na vstupu *Host*, kde je možné předat i parametry základní autentizace jako součást doménového jména ve tvaru „jméno:heslo@“. Proměnná s cestou k datům je očekávána na vstupu *Action*. Cesta této proměnné začíná vždy lomítkem. Komunikace se dle zvolené metody zahájí nastavením stavu *Post*. Metoda *Post* očekává data v proměnné předané na vstupu *Data*. Během komunikace je výstup *Busy* nastaven na hodnotu TRUE. Pokud je komunikace úspěšně provedena je výstup *Done* nastaven na jeden cyklus na hodnotu TRUE. V případě neúspěchu je nastaven výstup *Err* a *Errld*, obsahující upřesňující číslo chyby. Aktuální stav komunikace indikuje výstup *State*. Poté co se načte hlavička zprávy ze serveru, nastaví se výstup *Result* se stavovým kódem viz obrázek 4.9 (TECO, 2013).

Tabulka 4.3 - Význam nejčastějších stavových kódů na výstupu *Result*

Kód	Význam
200	OK – data nalezena
302	Found – data byla přesunuta
403	Forbidden – přístup odepřen
500	Internal Server Error – vnitřní chyba serveru
další kódy viz RFC 2616	

4.8 MONITORING SYSTÉMU SOLÁRNÍHO OHŘEVU TUV

Od monitorovacího systému se očekává bezvýpadkový, trvalý provoz 24 hodin denně, 7 dní v týdnu.

4.8.1 UKLÁDÁNÍ DAT

Naměřená data jsou pomocí PLC komunikujícím na rozhraní ethernet ukládána do MySQL databáze, která běží na síťovém datovém uložišti DiskStation od firmy Synology. V této bakalářské práci je použito uložišť DiskStation DS115j od firmy Synology. Toto uložišť je určeno pro domácnosti či malé podniky a je cenově dostupné. Navíc firma Synology nabízí řadu rozšiřovacích balíčků, které umožňují na uložišti vytvořit a spravovat svojí databázi, webový server apod. DiskStation DS115j podporuje i skriptovací jazyk PHP (Synology Inc., 2017a).

4.8.2 PHP

Technologie PHP (zkratka anglického Hypertext Preprocessor) je Open Source skriptovací jazyk, běžící na straně serveru, který umožňuje tvoření dynamické webové stránky. Dokonale zvládá generovat obrázky, grafy, libovolný text, XHTML nebo jakýkoliv jiný XML soubor (PHP Group, 2001–2017a; Janovský; Kočí, 2000).

PHP lze použít ve všech operačních systémech a podporuje ho většina webových serverů (PHP Group, 2001–2017b). Konkrétně jsou podporovány tyto systémy:

- Linux, UNIX,
- Solarisu a OpenBSD,
- Microsoft Windows,
- Max OS x,
- RISC OS.

Podpora široké škály databází je jedna z nejvýznamnějších vlastností PHP (PHP Group, 2001–2017b). V současnosti jsou podporovány následující databáze:

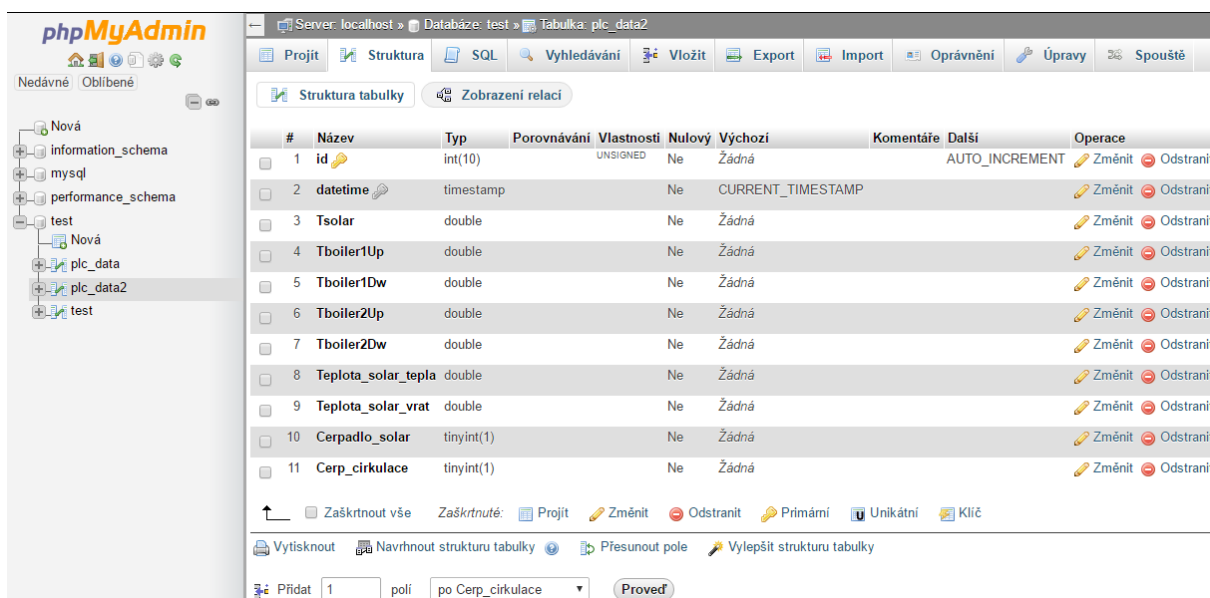
- CUBRID,
- DB++,
- dBASE,
- filePro,
- FrontBase,
- IBM DB2,
- Informix,
- Ingres,
- MaxDB,
- Mongo,
- mSQL,
- Mssql,
- MySQL,
- OCI8,
- Paradox,
- SQLite,
- SQLite3,
- Sybase.

4.8.3 MYSQL

MySQL (zkratka anglického My Structured Query Language = systém pro řízení databází) je tzv. relační databáze. Tímto pojmem je označena databáze založená na tabulkách, kde každá tabulka má sloupce a řádky. Do MySQL lze ukládat různá data (hodnoty proměnných, obrázky apod.). S těmito daty lze dále jednoduše pracovat (řadit, třídit, filtrovat apod.) MySQL databáze se nejčastěji používá ve spojení s jazykem PHP, kde umožňuje přístup k uloženým datům (ARCTIC STUDIO, 2011).

4.8.4 PHPMYADMIN

PhpMyAdmin je pokročilý bezplatný softwarový nástroj navržený pro správu MySQL databází. Tento nástroj je Open Source program napsaný v PHP, umožňuje zálohování, vytváření, editaci a mazání záznamů, tabulek, či databází apod. (ARCTIC STUDIO, 2011). Na obrázku 4.10 (autor) je zobrazen nástroj phpMyAdmin, ve kterém je vytvořena a spravována databáze sbírající zasílaná data z PLC.



Obrázek 4.10 – nástroj phpMyAdmin pro správu MySQL databáze

4.8.5 NAS (NETWORK ATTACHED STORAGE)

NAS (zkratka z anglického Network Attached Storage = síťové datové uložště) je zařízení, které zprostředkovává přístup k datům po síti. Toto zařízení většinou obsahuje dvojici

pevných disků zapojených metodou RAID. To znamená že, na jeden disk uživatelé ukládají data, (např. dokumenty, fotografie, hudbu, videa apod.) a druhý disk zálohuje ten první. K NAS zařízení se lze připojit pomocí bezdrátové, či kabelové sítě ze zařízení jako je: notebook, stolní počítač, televize apod. Přední výrobci NAS uložišť jsou: Synology, WesternDigital, ZYXEL, QNAP (Ptáčník, 2013–2016).

V této bakalářské práci je použito uložišť DiskStation DS115j od firmy Synology, viditelné na obrázku 4.11 (Synology Inc., 2017a). Tyto uložišť se nazývají DiskStation a jsou vyráběny pro využití ve velkých, středních, malých firmách nebo domácnostech. Konfigurace datového uložště je prováděna přes webový prohlížeč na počítači. K nejpřívětivějším uživatelským rozhraním patří ta od Synology (Ptáčník, 2013–2016).



Obrázek 4.11 – Datové uložišť DiskStation firmy Synology

Uložišť DiskStation nabízejí řadu rozšiřovacích balíčků, jejichž část lze vidět na obrázku 4.12 (Synology Inc., 2017b). Po nainstalování rozšiřovacích balíčků si uživatel vytváří a spravuje svojí databázi, webový server apod.

Apache HTTP Server 2.2 <small>apache.org</small> 	Apache HTTP Server 2.4 <small>apache.org</small> 	Java7 <small>Synology Inc.</small> 	Java8 <small>Synology Inc.</small> 	MonoBeta <small>Xamarin</small> 
Node.js 0.12 <small>nodejs.org</small> 	Node.js 0.10 <small>nodejs.org</small> 	Node.js v4 <small>nodejs.org</small> 	PHP PEAR <small>PEAR</small> 	Perl <small>Perf.org</small> 
PHP 5.6 <small>php.net</small> 	PHP 7.0 <small>php.net</small> 	phpBB <small>phpBB & subBlue</small> 	Python3 <small>Python Software Foundation</small> 	Python Module <small>Python Software Foundation</small> 

Obrázek 4.12 – Balíčky rozšíření uložiště DiskStation

4.9 GRAFICKÉ UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ

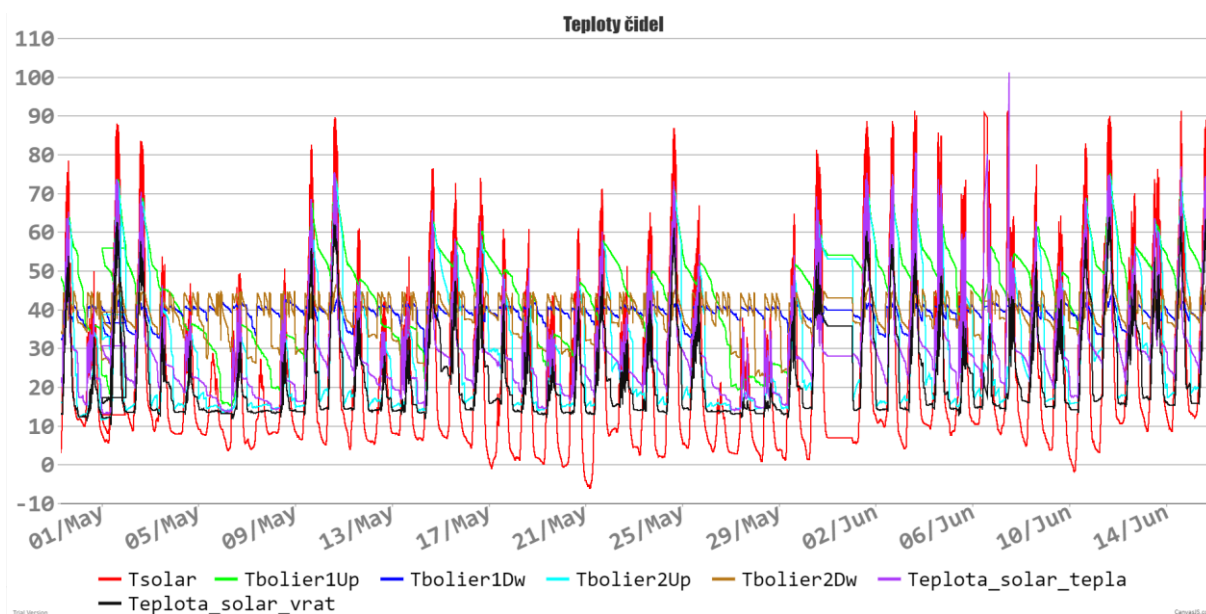
Ve vývojovém prostředí mosaic, lze pomocí nástroje WebMaker vytvořit jednoduchou webovou stránku. Tato webová stránka zachycena na obrázku 4.13 (autor), obsahuje informace o teplotách v soustavě solárního ohřevu TUV, aktuálnímu výkonu, celkovém teple, proteklém množství topné kapaliny solárním systémem a proteklém množství studené vody do zásobníku solárního ohřevu. Dále jsou zde k vidění tři LED diody, které svojí barvou představují logické hodnoty „1“ nebo „0“. Logická „1“ je vyznačena zelenou barvou LED diody čímž signalizuje chod čerpadel (*Cepr_solar* nebo *Cepr_cirk*). Logická „0“ vyznačená červenou barvou LED diody signalizuje „STOP“ stav čerpadel. Třetí LED dioda představuje stav třicestného ventilu. Pokud je barva LED diody zelená, znamená to otočení třicestného ventilu do polohy, kde cirkulační čerpadlo přečerpává vodu ze zásobníku solárního ohřevu do zásobníku TUV. Červená barva LED diody znamená, že je poloha třicestného ventilu taková, aby cirkulační čerpadlo při svém běhu protočilo teplou vodu v soustavě.



Obrázek 4.13 - Webová stránka zobrazující hodnoty proměnných solárního ohřevu TUV

4.10 GRAF TEPLŮT V SOLÁRNÍM SYSTÉMU

Graf teplot snímaných v soustavě solárního ohřevu TUV, zobrazený na obrázku 4.14 (autor), byl vytvořen v demoverzi programu Adobe Dreamweaver, určeného k návrhu a vývoji webových stránek. Vybráním určitého časového pásma pomocí levého tlačítka myši, se lze v grafu přiblížit danému časovému pásmu. V tomto grafu lze skrýt či zobrazit barevné hladiny, kliknutím na ikony Tsolar, Tboiler1Up atd. Graf zobrazuje aktuální data, která jsou uložena v MySQL databázi na datovém uložišti DiskStation.



Obrázek 4.14 - Graf teplot snímaných v soustavě solárního ohřevu TUV

5 EVALUACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Tato kapitola se bude zabývat vyhodnocením dat z čidel umístěných v soustavě solárního ohřevu TUV. Toto vyhodnocení probíhalo od 29. 3. 2017 do 15. 5. 2017. Systém běžel nepřetržitě 24 hodin denně a při sběru dat se nevyskytli žádné výpadky.

6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat nový software pro řídicí jednotku Tecomat Foxtrot na stávajícím ohřevu vody. Vyřešit sběr a vyhodnocování dat, poskytnutých čidly, zapojenými v soustavě solárního ohřevu vody.

Cíle bakalářské práce byli splněny. Stávající software byl doplněn o měřené veličiny, potřebné k vyhodnocování naměřených dat. Dále byl vyřešen sběr dat na síťové uložení DiskStation a jejich vyhodnocení skrze webové stránky.

Během zpracování práce došlo ke zpoždění, které způsobil technický problém při zprovoznování komunikace mezi řídicí jednotkou a MySQL databází. Problém byl v chybném nastavení univerzálního režimu kanálu, popsáném v kapitole 4.4.3. Tento problém byl později odstraněn nastavením délky přijímací a vysílací zóny na 512 bytů. Kdyby tento problém nebyl odstraněn, nebylo by možné sbírat data z čidel.

Doporučeným úkolem do budoucna by byla instalace čidla osvitů, díky kterému by bylo možné automaticky regulovat otáčky čerpadla, které se stará o nabíjení teplé vody ze solárních kolektorů do zásobníku, dle intenzity světla dopadajícího na solární kolektory.

POUŽITÁ LITERATURA

- ARCTIC STUDIO, 2011. Co je to databáze MySQL?. *Arctic Studio Webdesign –tvorba internetových stránek* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <https://www.artic-studio.net/slovnicek-pojmu/databaze-mysql/>
- BCB PLZEŇ, 2013. Pájené výměníky tepla. *BCB Plzeň –prodejní a servisní centrum teplené techniky* [online] Plzeň. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.bcb-plzen.eu/alfalaval/pajene.htm>
- BOSCH, R., 2017. Solarna kolekcija. *Početna stranica* [online]. Zagreb–Doubrava. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.buderus.com.hr/infocentar/press/solarni-kolektor-sks4.html>
- DVOŘANOVÁ, E., 2009-2017. Samotížný beztlaký solární systém. *Solární revoluce* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.solarnirevoluce.cz/category/solarni-kolektory---samotizne/1>
- Družstevní závody Dražice-Strojárna, 2012. Solární zásobníky vody SOL. *Bojlery, ohřivače vody DZ Dražice* [online] [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojlery/solarni-ohrivace-vody/ohrivace-sol>
- ECONET, 2012a. Způsoby využití termosolárních systémů. *Solární systémy pro bytové domy, rodinné domy a komerční objekty, Tepelná čerpadla* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_UsageTypes.htm
- ECONET, 2012b. Princip činnosti termosolárního systému. *Solární systémy pro bytové domy, rodinné domy a komerční objekty, Tepelná čerpadla* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_Principle.htm
- ECONET, 2012c. Základní typy termosolárních systémů. *Solární systémy pro bytové domy, rodinné domy a komerční objekty, Tepelná čerpadla* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_Types.htm
- ECONET, 2012d. Typy termosolárních kolektorů. *Solární systémy pro bytové domy, rodinné domy a komerční objekty, Tepelná čerpadla* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_CollectorTypes.htm
- ELIS PLZEŇ, 1997–2017. Ultrazvukové průtokoměry kapalin. *ELIS PLZEŇ: výrobce průtokoměrů kapalin* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.elis.cz/cs/produkty/ultrazvukove-prutokomery-kapalin.html>
- ENBRA, 2015. Bytové vodoměry. *ENBRA* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.enbra.cz/cs/produkty/vodomery/bytove-vodomery>
- HAVLŮ, M., 2009. *Algoritmus automatického výběru vhodného typu zařízení z databáze výměníků tepla* [online]. VUT Brno. [cit. 2017–04–24]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17068
- IMPEA. Čerpadla oběhová. *e-cerpadla.cz* [online]. Hradec Králové. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.e-cerpadla.cz/obehova-cerpadla-c-18.html>
- IP solární a topné systémy, 2016. Solární kolektory. *Solární systémy –EnergySol* [online]. Olomouc–Hodolany. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.energysol.cz/solarni-systemy/solarni-kolektory>
- JANOVSKÝ, D. Syntaxe XHTML. *Jak psát web, návod na html stránky* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. ISSN 1801-0458. Dostupné z: <https://www.jakpsatweb.cz/html/xhtml.html>

- JENČÍK, J., 1998. Ultrazvukové průtokoměry, *Automatizace*, roč. 41, č. 5, s. 300–303. ISSN 0005-125X.
- JH SOLAR, 2011. Ploché kolektory. Solární kolektory, ohřev vody, přitápění, solární energie, *JH SOLAR* [online]. Stráž nad Nežárkou. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.jhsolar.cz/e-shop/polozka.aspx?idzbo=1223>
- KMÍNEK, M., 2005. Měření průtoku a proteklého množství. *Měřicí a řídicí technika* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4k45-prut.htm>
- KOČÍ, M., 2000. Co je XML?. *Interval* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <https://www.interval.cz/clanky/co-je-xml/>
- KRAMOLIŠ P., 2004a. Velkoplošné solární systémy. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1949-velkoplosne-solarni-systemy>
- KRAMOLIŠ P., 2004b. Zásobníky tepla. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1950-zasobniky-tepla>
- KUTA, J., 2012. Ivarcs trubicový vakuový solární kolektor. *Intoma* [online]. Čkyně. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.intoma.cz/obnovitelne-zdroje/solarni-systemy/solarni-kolektory-3/ivarcs-solarni-kolektory/ivarcs-trubicovy-vakuovy-solarni-kolektor-ivar-solar-vacuum-vtn/>
- MAREŠ, L. 2006. Teplota a její měření. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/3115-teplota-a-jeji-mereni>
- MATUŠKA, T., 2006. Problematika stagnace u solárních tepelných soustav. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3462-problematika-stagnace-u-solarnich-tepelnych-soustav-i>
- MATUŠKA, T., 2011a. Teplonosná kapalina. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/148-teplonosna-kapalina>
- MATUŠKA, T., 2011b. Zásobníky s řízeným teplotním vrstvením (stratifikací). *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/156-zasobniky-tepla-s-rozenym-teplotnim-vrstvenim-stratifikaci>
- MATUŠKA, T., 2011c. Solární zásobníky. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/137-solarni-zasobniky>
- MILLER, R.W., 1996. *Flow measurement Engineering Handbook*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, s. 168. ISBN 0-07-042366-0.
- PETŘÍČEK, P., 2016. Využití solární energie. *Chatař & Chalupář* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.chatar-chalupar.cz/vyuziti-solarni-energie-2/>
- PHP Group, 2001–2017a. What is PHP? *PHP: Hypertext Preprocessor* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://php.net/manual/en/intro-what-is.php>

- PHP Group, 2001–2017b. What can PHP do? *PHP: Hypertext Preprocessor* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://php.net/manual/en/intro-whatcando.php>
- PHP Group, 2001–2017c. Database Extensions. *PHP: Hypertext Preprocessor* [online]. [cit. 2017–04–23]. <http://php.net/manual/en/refs.database.php>
- Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic*, 2007 [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00321_01_Mosaic_ProgIEC_cz.pdf
- Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic*, 2007 [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00321_01_Mosaic_ProgIEC_cz.pdf
- PROKOPOVÁ, Z. Programovatelné automaty – technické vybavení PLC. *Učíme v prostoru– Encyklopedie Drtič kamene* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=3341
- PROPULS SOLAR, 2004. Solární kolektor SUNTIME 2.1. *Solární kolektory, solární systémy* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.propuls.cz/solarni-kolektor-2-1.html>
- PTÁČNÍK J., 2013–2016. Kam ukládat filmy, hudbu a fotky? Na datové uložení NAS. *DigiLidi.cz* [online]. [cit. 2017–04–23]. ISSN 1802-9000. Dostupné z: <https://www.digilidi.cz/datove-uloziste-nas>
- REGULUS, 2015–2017a. Výměníky tepla. *Regulus: Tepelná čerpadla, solární panely a systémy* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/vymeniky-tepla>
- REGULUS, 2015–2017b. Proč expanzní nádobu. *Regulus: Tepelná čerpadla, solární panely a systémy* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/expazni-nadoby>
- REGULUS, 2015–2017c. Směšovací třicestný ventil 1“ s pohonem. *Regulus: Tepelná čerpadla, solární panely a systémy* [online]. Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/smesovaci-tricestny-1-ventil-s-pohonem>
- ROZSYPAL, Š., 2010. *Výměníky tepla* [online]. VUT Brno. [cit. 2017–04–24]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29102
- Schlieger, 2015. Oběhové čerpadlo. *Schlieger.cz* [online]. Chotěboř. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.schlieger.cz/jak-funguje-solarni-ohrev-vody/>
- SCHREIBEROVÁ, L., 2011. *Chemické inženýrství I*. Vyd. 3., rozš. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-778-1.
- SMOLÍK, V., 2016. Ultrazvukový průtokoměr s bateriovým napájením. *Časopis Automa časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha. [cit. 2017–04–24]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/ultrazvukovy-prutokomer-s-bateriovym-napajenim-2006_10_31402_1032/
- Solární Energie, 2014. Neselektivní ploché kapalinové kolektory Megason N 2000, Megason N 2500. *Solární systémy, solární panely, fototermika, fotovoltaika* [online]. Ostrava–Poruba. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <https://www.solarnienergie.cz/slunecni-kolektory-ploche-kapalinove-neselektivni/>

- Synology, 2017a. Diskstation DS115j. *Synology* [online]. Taipei–Taiwan. [cit. 2017–04–23].
Dostupné z: <https://www.synology.com/cs-cz/products/DS115j>
- Synology, 2017b. Balíčky rozšíření. *Synology* [online]. Taipei–Taiwan. [cit. 2017–04–23].
Dostupné z: https://www.synology.com/cs-cz/dsm/app_packages/DevTools
- ŠMEJKAL, L. a M. MARTINÁSKOVÁ., 1999. *PLC a automatizace*. Praha: BEN - technická literatura, ISBN 978-80-86056-58-6.
- ŠOUREK, B., 2010a. Přímé využití sluneční energie – systémy využívající fototerální kapalinové kolektory I. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fototerální-kapalinove-kolektory-i>
- ŠOUREK, B., 2010b. Přímé využití sluneční energie – systémy využívající fototerální kapalinové kolektory II. *TZB–info–stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6539-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fototerální-kapalinove-kolektory-ii>
- ŠPRINGL, V. 2004. Měření teploty – kovové odporové senzory teploty. *Vývoj.HW.cz* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-kovove-odporove-senzory-teploty.html>
- TECO, 2009. Základní dokumentace k modulu CP-1016. *Tecomat Foxtrot, programovatelné automaty* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV11016_00_Foxtrot_CP-1016_cz_en.pdf
- TECO, 2012. Knihovna EnergyLib. *Tecomat Foxtrot, programovatelné automaty* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00365_01_Mosaic_EnergyLib_cz.pdf
- TECO, 2013. Knihovna InternetLib. *Tecomat Foxtrot, programovatelné automaty* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00354_01_Mosaic_InternetLib_cz.pdf
- TECO, 2017. *Programovatelné automaty Tecomat Foxtrot* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00410_01_General_Foxtrot.pdf
- TempEco, 2012. Čerpadlo Wilo Stratos Eco 25/1–3 180 mm. *Solární ohřev vody a teplená technika* [online] [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.tc-solar.cz/cerpadlo-wilo-stratos-eco-25-1-3-180mm/>
- Tubosol, 2011. Samotížné solární systémy. *Tubosol* [online]. Uherské Hradiště. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://www.tubosol.cz/samotizne-solarni-systemy>
- VOJÁČEK A., 2009. Zajímavé principy měření. Elektromagnetické (indukční) průtokoměry. *Automatizace.HW.cz* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/zajimave-principy-mereni-elektromagneticke-indukcni-prutokomery>

Výměníky tepla, 2011. *Aplikovaná termomechanika –Přednáška 6* [online]. ČVUT Praha. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z:
<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf>

WOODRUFF, V., 2014. Protecting Water Heating Systems with Expansion Tanks. *Renewable Energy & Efficiency Technologies* [online]. [cit. 2017–04–23]. Dostupné z: <https://www.homepower.com/articles/solar-water-heating/equipment-products/protecting-water-heating-systems-expansion-tanks/page/0/2?v=print>

PŘÍLOHY

A - CD

Příloha k bakalářské práci

Řízení, monitoring a vyhodnocení provozu solárního systému ohřevu teplé vody
pro rodinný domek

Lukáš Hála

CD

Obsah

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 Úplný zdrojový kód programu pro vývojové prostředí Mosaic
- 3 Úplný zdrojový kód pro graf v php formátu