

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
v Českých Budějovicích

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra fyziky

**Měření a regulace technologických procesů se zaměřením na
výměníky tepla**

Bakalářská práce

Milan Pospíchal

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D.

České Budějovice 2006

Anotace

Bakalářská práce Měření a regulace technologických procesů se zaměřením na výměníky tepla se zabývá technologií předávacích stanic a návrhem řídicího systému pro předávací stanici s jedním okruhem výroby teplé užitkové vody (TUV) a jedním okruhem pro ústřední topení (ÚT).

Tato práce obsahuje pět základních kapitol. První kapitola se věnuje fyzikálnímu principu výměníků tepla a jejich konstrukčním rozdílům. Obsahuje krátký popis jednotlivých druhů výměníků s popisem jejich stavby a základních vlastností.

Druhá kapitola obsahuje technologické schéma předávací stanice a zabývá se názorným zobrazením tří základních okruhů, ze kterých se stanice skládá.

Třetí kapitola se zabývá popisem regulačního okruhu výroby teplé užitkové vody, regulačního okruhu ústředního topení a popisem jejich havarijních stavů.

Ve čtvrté kapitole je uveden příklad předávací stanice a jejích parametrů. Dále se zde věnuje popisu jednotlivých snímačů fyzikálních veličin a akčních členů použitých pro regulaci okruhů TUV a ÚT.

Pátá kapitola je věnována návrhu řídicího systému (ŘS) pro předávací stanici. Obsahuje návrh ŘS Twido od Francouzské firmy Schneider electric a ŘS Vision 280 od Izraelské firmy Unitronics. Kapitola je zakončena dvěma vypracovanými projekty elektro a měření a regulace s uvedenými ŘS.

Anotation

The bachelor work „Measuring and regulation of technological processes with focus on heat exchangers“ is targeted on technology of transmission stations and design of control system of transmission station with one circuit for hot supply water and one circuit for central heating.

This work consists of five basic chapters. Chapter one describes the physical principle of heat exchangers and its construction differences. It takes in a short description of particular exchanger types with description of its construction and basic properties.

The chapter number two takes in the technological diagram of transmission station and deals with schematic display of three basic circuits which the station consists of.

The chapter number three is targeted on description of regulation circuit of hot supply water production, on description of regulation circuit of central heating and on description of its emergency position.

In the fourth chapter there is an example of transmission station and its characters. Next I follow the description of particular physical quantities sensors and description of operational elements used for heat supply water and central heating regulation.

The chapter number five is devoted to control system of transmission station design. It takes in the concept of control system from French company Schneider Electric and control system Vision 280 from Israel company Unitronics. The chapter ends with two elaborated projects of electro, measuring and regulation using the mentioned control systems.

Zde bych chtěl poděkovat panu RNDr. Pavlu Křížovi, Ph.D. za odbornou pomoc a vedení při vypracování této bakalářské práce. Bc. Evě Štokingerové za pomoc při závěrečné úpravě textu a Mgr. Jaroslavě Včelákové za jazykovou korekci textu.

Prohlašuji, že předloženou práci jsem vypracoval samostatně a použil jen podkladů uvedených v seznamu použité literatury.

V Táboře dne 8. prosince 2006

Milan Pospíchal

.....

Obsah

Úvod.....	3
1. Druhy výměníků tepla	4
1.1 Fyzikální princip výměníku tepla	4
1.2 Popis trubkového výměníku tepla	5
1.3 Popis deskového výměníku tepla	7
1.4 Popis spirálového výměníku tepla	9
2. Technologická schémata	11
2.1 Prvky použité v technologickém schématu	11
2.2 Technologické schéma přívodu horkovodu.....	12
2.3 Technologické schéma předávací stanice pro přípravu TUV.....	13
2.4 Technologické schéma předávací stanice pro ÚT	14
2.5 Technologické schéma předávací stanice aplikovatelné v panelovém domě.....	15
3. Regulační okruhy a jejich havarijní stavy	16
3.1 Popis regulačního obvodu TUV	16
3.2 Popis havarijních stavů okruhu TUV	16
3.3 Popis regulačního okruhu ÚT	17
3.4 Popis havarijních stavů okruhu ÚT	17
4. Snímače fyzikálních veličin a akční členy	19
4.1 Příklad předávací stanice	19
4.2 Parametry předávací stanice	20
4.3 Teploměry.....	21
4.4 Termostaty	22
4.5 Snímače tlaku	24

4.6 Solenoidy	27
4.7 Čerpadla.....	28
4.7.1 Cirkulační čerpadlo pro TUV Wilo TOP – Z – 30/EM.....	28
4.7.2 Oběhové čerpadlo ÚT Wilo TOP – E – 80/1-10	30
4.8 Elektrohydraulické pohony regulačních ventilů	33
5. Návrh řídicího systému	35
5.1 Technologické schéma předávací stanice s vytaženými datovými body	35
5.2 Tabulka datových bodů	36
5.3 Návrh sestavy řídicího systému Twido	37
5.4 Návrh sestavy řídicího systému Vision 280	38
5.5 Projekt elektro a měření a regulace s řídicím systémem Twido.....	40
5.6 Projekt elektro a měření a regulace s řídicím systémem Vision 280.....	53
Závěr.....	65

Přehled použité literatury

Úvod

Automatizační technika prošla v poslední době bouřlivým vývojem. Došlo k výrazné miniaturizaci a k velkému cenovému poklesu všech prvků, které se dnes v automatizační technice používají. V dnešní době, kdy je tlak firem na neustálé snižování počtu obsluhy různých strojů a zařízení, přicházejí na řadu řídicí systémy především PLC (Programmable Logic Control).

Položme si otázku proč právě PLC ?

Hlavní předností PLC je možnost rychlé realizace řídicího systému. Hardwarové prostředky nemusí uživatel vyvíjet. Stačí navrhnout a s dostatečnou časovou rezervou objednat vhodnou sestavu modulů řídicího systému pro danou aplikaci, vytvořit projekt, napsat uživatelský program a pak vše realizovat a uvést do chodu.

Technické vybavení PLC je navrženo tak, že jsou extrémně spolehlivé i v drsných průmyslových podmínkách, jsou odolné proti rušení i poruchám, jsou robustní a spolehlivé. PLC bývají vybaveny i vnitřními diagnostickými funkcemi, které kontrolují činnost systému a funkci jeho jednotlivých částí.

Další obrovskou výhodou PLC je jeho modulárnost a, tím možnost velice pružně reagovat na potřeby provozu. Jedná se zde o to, že máme možnost kdykoli přidat jakoukoliv kartu řídicího systému a libovolně upravit jeho programové vybavení, aby opět splňoval naše požadavky.

Tyto vlastnosti předurčují použití PLC do velmi těžkého průmyslového prostředí, kde by klasické počítače byli nevyhovující. Dnes se s PLC setkáváme snad ve všech oblastech průmyslu. Kromě tradičního použití ve strojírenství se dnes PLC hojně uplatňují například v energetice (řízení turbín, vodních a větrných elektráren, kompresorů a teplovodních sítí až po předávací stanice tepla) v potravinářském, chemickém, farmaceutickém průmyslu.

V této práci uplatníme PLC v energetice, a to jako řídicí systém jedné předávací stanice, která bude mít okruh přípravy teplé užitkové vody a okruh ústředního topení.

1. *Druhy výměníků tepla*

1.1 Fyzikální princip výměníku tepla

Výměník tepla je strojní zařízení, které odevzdává teplo z primární do sekundární tepelné sítě při zachování termodynamických zákonů. Teplo se předává prostupem tepla přes teplosměnnou plochu, která odděluje primární teplotonosnou látku od sekundární.

Ve výměnících tepla primární a sekundární teplotonosné látky nepřicházejí do přímého kontaktu, protože jsou vzájemně odděleny pevnou teplosměnnou plochou. Teplotonosné látky mají různé provozní tlaky a způsob zapojení těchto výměníků tepla je charakterizován jako tlakově nezávislý. Provozní tlak je na primární straně obvykle vyšší než na sekundární straně. V současné době jsou tyto výměníky nejčastěji používaným typem při rekonstrukcích výměníkových stanic.

Základní rovnice přenosu tepla Q ve výměnících tepla je:

$$Q = U * A * \Delta T_{\text{stř}} \text{ (W)}$$

Kde: U – celkový součinitel prostupu tepla teplosměnnou plochou ($\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$)

A – teplosměnná plocha (m^2)

$\Delta T_{\text{stř}}$ – střední logaritmický teplotní spád (K)

Skutečnou teplosměnnou plochu výměníku tepla je třeba přehodnotit z hlediska kapacity přenosu. V důsledku zanášení teplosměnných ploch se snižuje tepelný výkon výměníku. Skutečná teplosměnná plocha bude:

$$A_{\text{sk}} = A * \varepsilon \text{ (m}^2 \text{)}$$

Kde: ε – je opravný součinitel zahrnující snížení kapacity přenosu v důsledku zanesení teplosměnných ploch. [1]

1.2 Popis trubkového výměníku tepla

Klasické trubkové výměníky tepla obvykle tvoří válcovitý plášť, v němž je umístěna výhřevná vložka složená ze svazku vhodně tvarovaných trubek. Výhřevná vložka představuje teplosměnnou plochu, přičemž jedna teplotonosná látka proudí vnitřním prostorem trubek (výhřevnou vložkou) a druhá teplotonosná látka proudí kolem vnějšího prostoru trubek (plášťem). Plášť bývá z oceli a výhřevná vložka může být z oceli, mědi nebo nerezavějící oceli. Klasické trubkové výměníky se používají k přípravě teplotonosné látky pro soustavy ústředního vytápění. Jejich pomocí se též ohřívají různé technologické látky a připravuje se – ohřívá – teplá voda. Podle tvarového provedení, hmotnostních průtoků a teplotních parametrů na primární i sekundární straně se výsledný součinitel prostupu tepla pohybuje od 150 do 2000 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Rychlostní proudění teplotonosných látek jsou nízké. Při umísťování těchto výměníků tepla jsou poměrně vysoké nároky kladeny na dispoziční řešení, protože musí být zajištěna snadná demontáž, respektive údržba teplosměnných ploch. Příklad tohoto výměníku tepla je na obr.1. [1]

Obr. 1 Názorné zobrazení trubkového výměníku tepla

1.3. Popis deskového výměníku tepla

Deskové výměníky tepla jsou složeny ze speciálních desek z velmi kvalitní nerezové profilované oceli. Mezi přiloženými deskami vzniknou kanály, v nichž nezávisle na sobě proudí teplotnosné látky. Vzhledem ke speciální konstrukci se používají vysoké rychlosti proudění teplotnosných látek, čímž se zvyšuje výsledný součinitel přestupu tepla. K odevzdání tepla stačí mnohem menší teplosměnné plochy. Deskové výměníky se používají k přípravě teplotnosné látky pro soustavy ústředního vytápění, k ohřevu různých technologických látek a připravuje se – ohřívá – teplá voda. Podle tvarového provedení kanálů a teplotních parametrů na primární i sekundární straně se výsledný prostup tepla pohybuje od 4500 do 6000 W/(m² * K). Rychlosti proudění teplotnosných látek jsou relativně vysoké – 1,0 až 1,5 m/s. Při umístování těchto výměníků nejsou velké požadavky na dispoziční řešení a pro předávací stanice stačí velmi malé prostory. Tyto výměníky jsou vhodné při rekonstrukcích, ale i při nově navrhovaných kompaktních předávacích stanicích tepla.

Desky tvořící deskové výměníky tepla se spojují napevno – pájením, nebo rozebíratelně pomocí těsnících lišt, mezi něž se vkládají tvarované desky stažené šrouby. Příklad takového výměníku je na *obr.2*. Nevýhodou výměníků spojovaných napevno je, že údržba teplosměnných ploch se může uskutečňovat pouze chemicky. Jejich výhodou však je, že nepotřebují těsnící lišty. Rozebíratelné výměníky se dají rozebrat, proto je kromě chemické úpravy lze ošetřit i mechanicky. Jejich nevýhodou je nezbytná aplikace speciálních těsnících lišt, které se demontáží velmi opotřebovávají.

[1]

Obr. 2 Náorné zobrazení deskového výměníku tepla

1.4 Popis spirálového výměníku tepla

Spirálové výměníky tepla. Název tohoto výměníku je odvozen z tvaru teplosměnné plochy, kterou tvoří trubky ohnuté ve tvaru spirály. Jsou z kvalitní oceli nebo mědi. Vnější povrch trubek je upraven tak, aby se zvětšila teplosměnná plocha.

Materiál na výrobu výměníků tepla určených pro přípravu teplé vody musí splňovat hygienické požadavky, tj. nesmí znečišťovat ohřívanou pitnou vodu. Vzhledem k tlakově nezávislému propojení je primární část výměníku oddělená od sekundární. Primární část tvoří otopná teplotonosná látka a sekundární je teplá voda. Příklad spirálového výměníku tepla je na obr.3.

Výměník tepla musí být vyroben z takového materiálu, který má životnost přinejmenším jako ostatní komponenty otopné soustavy, tj. alespoň třicet let. Po uplynutí této doby je potřebné vykonat rekonstrukci celé otopné soustavy, resp. soustavy pro přípravu teplé vody. [1]

Obr. 3 Názorné zobrazení spirálového výměníku tepla

2. *Technologická schémata*

2.1 Prvky použité v technologickém schématu

2.2 Technologické schéma přívodu horkovodu

2.3 Technologické schéma předávací stanice pro přípravu TUV

2.4 Technologické schéma předávací stanice pro ÚT

2.5 Technologické schéma předávací stanice aplikovatelné v panelovém domě

3. *Regulační okruhy a jejich havarijní stavy*

3.1 Popis regulačního okruhu TUV

Regulační okruh teploty TUV je založen na využití deskového výměníku, cirkulačního čerpadla, snímače teploty na výstupu z výměníku a regulačního ventilu, který ovládá průtok topného média výměníkem tak, aby na jeho výstupu byla udržována teplota vody na určené hodnotě (zpravidla 55 °C až 60 °C dle nastavení uživatele). Pokud teplota vody na výstupu z výměníku klesá pod stanovenou hodnotu, regulační ventil před výměníkem se více otevře, v opačném případě se přivírá. Cirkulační čerpadlo umístěné na zpátečce do výměníku má za úkol zajistit oběh vody v sekundárním okruhu, aby měl spotřebitel ihned po otevření kohoutku teplou vodu a nedocházelo k ne hospodárnému odtáčení vychladlé vody z potrubí. Dále pak jsou v sekundárním okruhu tři snímače tlaku, a to před čerpadlem, za čerpadlem a za výměníkem. Z porovnání tlaků před čerpadlem a za čerpadlem se dá usoudit na stav čerpadla (opotřebení, chod, vypnuto) a z porovnání tlaků za čerpadlem a za výměníkem se může vyhodnocovat stav deskového výměníku (zanesení). Ještě je zde teploměr na cirkulaci, který má pouze informační charakter o prohřátí celého sekundárního okruhu.

3.2 Popis havarijních stavů okruhu TUV

Regulační okruh je doplněn o kapilárový termostat osazený na výstupním potrubí TUV, prostorovým termostatem, snímačem tlaku studené vody a snímačem zaplavení prostoru. V případě překročení nastavené maximální teploty na výstupu z výměníku, překročení maximální teploty prostoru, nedosažení hodnoty minimálního tlaku studené vody nebo příchodu signálu o zaplavení stanice, dojde k odstavení okruhu TUV uzavřením regulačního ventilu a vypnutím cirkulačního čerpadla. V situaci, kdy dojde k výpadku napájecí sítě, dochází k zastavení cirkulačního čerpadla a uzavření regulačního ventilu, který je pro tento případ vybaven havarijní funkcí. Po odeznění poruchových stavů dojde k opětovnému najetí okruhu výroby TUV.

3.3 Popis regulačního okruhu ÚT

Regulační okruh teploty ÚT je založen na využití deskového výměníku, snímače venkovní teploty, snímače teploty topné vody, regulačního ventilu a oběhového čerpadla. Na základě příslušné venkovní teploty a s ohledem na nastavenou topnou křivku a denní a noční útlumy provede řídicí systém výpočet požadované teploty vody v topné větvi. Tuto vypočítanou hodnotu porovná se skutečně změřenou teplotou topné vody a podle výsledku ovládá regulační ventil na primární straně na vstupu topného média do výměníku. Při nižší vypočtené požadované teplotě, než je teplota topné vody, ventil otevírá, při vyšší vypočtené požadované teplotě, než je teplota topné vody, ventil zavírá. V okruhu jsou umístěny ještě dva snímače tlaku, a to snímač tlaku za čerpadlem a snímač statického tlaku. Podle hodnoty tlaku za čerpadlem se dá usuzovat na stav oběhového čerpadla (chod, vypnuto) a snímač statického tlaku slouží k udržování statického tlaku v okruhu ÚT. Topný systém je vybaven dopouštěcím okruhem ovládaným solenoidem, který dopouští vodu do topného systému ÚT ze zpátečky primárního okruhu. Řídicí systém provádí měření statického tlaku vody a při hodnotě definované jako začátek dopouštění otevře dopouštěcí solenoid a přestane dopouštět po dosažení hodnoty stanovené jako konec dopouštění. Řídicí systém automaticky ovládá provoz oběhového čerpadla topné větve tak, že při překročení příslušné venkovní teploty nad stanovenou hodnotu (zpravidla 15 °C až 20 °C podle nastavení uživatele) dojde k zastavení oběhového čerpadla a uzavření regulačního ventilu na primární straně výměníku. Ventil a čerpadlo se znovu zapíná s opětovným poklesem venkovní teploty pod hodnotu nastavenou uživatelem.

3.4 Popis havarijních stavů okruhu ÚT

Regulační okruh je doplněn o kapilárový termostat osazený na výstupním potrubí ÚT, prostorovým termostatem, solenoidem dopouštění a snímačem zaplavení prostoru. V případě překročení nastavené maximální teploty na výstupu z výměníku, překročení maximální teploty prostoru, překročení maximální doby dopouštění nebo příchodu signálu o zaplavení stanice dojde k odstavení okruhu ÚT uzavřením regulačního ventilu a vypnutím oběhového čerpadla. V situaci, kdy dojde k výpadku napájecí sítě, dochází k zastavení oběhového čerpadla a uzavření regulačního ventilu, který je pro tento případ

vybaven havarijní funkcí. Po odeznění poruchových stavů nebo příchodu signálu o přítomnosti obsluhy v případě maximální doby dopouštění dojde k opětovnému najetí okruhu ÚT.

4. *Snímače fyzikálních veličin a akční členy*

4.1 Příklad předávací stanice

4.2 Parametry předávací stanice

V této kapitole si uvedeme parametry předávací stanice, které dostává projektant měření a regulace před zahájením vlastní práce. Tyto parametry poskytuje firma která dodává samotnou strojní technologii stanice a provádí její výkonový výpočet. V našem případě se jedná o předávací stanici s jedním okruhem pro přípravu teplé užitkové vody (TUV) a jedním okruhem ústředního topení (ÚT). Jedná se o předávací stanici, kterou lze potkat v dnešní době v každém zrekonstruovaném panelovém domě. Následuje tabulka parametrů předávací stanice Tab. 1, která obsahuje všechny potřebné údaje.

Tabulka 1

Tabulka parametrů předávací stanice	
Parametry primárního okruhu	Rozsah
Teplota přívod	Do 110 °C
Teplota zpátečka	Do 80 °C
Tlak přívod	Do 2,5 MPa
Tlak zpátečka	Do 2,5 MPa
Parametry sekundárního okruhu TUV	
Teplota výstup	Do 65 °C
Teplota zpátečka	Do 65 °C
Teplota cirkulace	Do 65 °C
Cirkulační čerpadlo	Wilo TOP-Z-30/7
Pohon regulačního ventilu TUV	Siemens SKB 62
Tlak výstup	Do 1,0 Mpa
Tlak zpátečka	Do 1,0 Mpa
Tlak studené vody	Do 1,0 Mpa
Parametry sekundárního okruhu ÚT	
Teplota výstup	Do 75 °C
Teplota zpátečka	Do 75 °C
Tlak výstup	Do 0,6 MPa
Tlak statický	Do 0,6 MPa
Oběhové čerpadlo	Wilo TOPE 80/1-10
Pohon regulačního ventilu ÚT	Siemens SKB 62

4.3 Teploměry

Popis a použití:

Odporové snímače teploty PTS120 jsou určeny pro kontaktní měření teploty kapalných nebo plynných látek. Snímače jsou tvořeny kovovým měřicím stonkem a plastovou hlavicí. Všechny kovové části jsou z nerezové oceli. Základní délky měřicích stonků jsou 70, 120, 180 a 240 mm. Plastová hlavice je opatřena kabelovou vývodkou (v hlavici je umístěna svorkovnice). Snímače vyhovují stupni krytí IP65. Středový držák a jímka jsou dodávány jako příslušenství. Kombinace snímače a středového držáku je určena k měření teploty v klimatizačních kanálech. Kombinace snímače a jímky je určena pro měření teploty v potrubích. Snímače je možné použít pro všechny řídicí systémy, které jsou kompatibilní s čidly Pt100. Standardní teplotní rozsah použití snímačů je -30 °C až 150 °C. Prodloužením délky stonku je možné použít snímače až do teplot 250 °C. Snímače jsou určeny pro provoz v chemicky neagresivním prostředí. [2]

Přímé teploměry PTS160 s rychlou odezvou mají kovový měřicí stonek o průměru 4 mm jehož součástí je šroubení se závitem G 1/2 “ Základní délky měřicích stonků jsou 50, 100, 160 a 220 mm. Teplotní rozsah použití snímačů je -30 °C až 130 °C. Ostatní parametry teploměru jsou shodné s předchozím typem. [2]

Odporové snímače teploty PTS110 jsou určeny pro kontaktní měření teploty plynných látek. Délka měřicího stonku je 25 mm. Snímače jsou dodávány včetně plastového držáku pro jejich snadné uchycení na zeď a je možné je použít pro měření teploty ve venkovních nebo průmyslových prostorech. Teplotní rozsah použití snímačů je -30 °C až 100 °C. Ostatní parametry jsou shodné s teploměrem PTS120. [2]

Montáž snímače a jeho obsluha:

Před připojením přívodního kabelu je nutné odšroubovat víčko plastové hlavice. Přes uvolněnou průchodku typu HSK - K se do svorek připojí přívodní kabel podle schématu zapojení. Doporučený průřez vodičů je 0,35 až 1,5 mm a vnější průměr kabelu kruhového průřezu 4 až 8 mm. Pro zajištění stupně krytí IP65 je nutné po připojení přívodního kabelu dostatečně dotáhnout průchodku a přišroubovat víčko.[2]

4.4 Termostaty

Použití:

Regulátor maximální teploty – je zařízení s teplotním čidlem na snímání teploty, které udržuje horní mez teploty pod uživatelem nastavenou hodnotou. Při překročení nastavené hodnoty zařízení přepne kontakty, které ovládají vlastní reg. zásah (v našem případě jde o signalizaci maximální teploty na digitální vstup řídicího systému). [3]

Technické údaje:

Termostaty jsou vybaveny jednopólovým přepínačem 1 obvodu (při stoupající teplotě spínají svorky 3-2, při klesající teplotě spínají svorky 3-1). [3]

Pracovní podmínky:

Regulované médium nesmí agresivně působit na části termostatu, se kterými přijde do styku. Zejména jsou nevhodná prostředí s výskytem čpavkových par. Teplota okolí, u přístrojů kapilárových, ve kterém je skříň přístroje umístěna, musí být +15 °C až +50 °C . [3]

Termostaty mohou pracovat v libovolné poloze.

Popis

Termostaty se skládají z čidla a přepínacího ústrojí. Základní deska tvoří komplet s držákem pro uchycení. Termostaty jsou uzavřeny krytem z umělohmotného materiálu a vybaveny ovládacími šrouby pro nastavení horní hodnoty teploty a teplotní difference s možností zaplombování. Požadované parametry je možno nastavit dle stupnice umístěné na čelní straně krytu. Elektrické připojení se provádí po sejmutí krytu hlavičkovými svorkami na kontakty mikrospínače a vnitřní nebo vnější ochranné svorky. [3]

Montáž

Při montáži se nejdříve přesvědčíme zda je přístroj vhodný pro dané provozní podmínky. Přístroj montujeme za nosník na zadní straně skříň. Umístění tykavky může být prostorové, nebo po důkladném zaizolování jako přiložené (kontaktní), tj. bez ochranné jímky. Tohoto způsobu lze použít jen u beztlakových prostorů a neagresivního

média. V našem případě používáme termostat prostorový, u kterého je tykavka součástí přístroje. V tomto případě její umístění neřešíme. Dále pak termostat pro snímání maximální teploty vody na výstupu ÚT a TUV, u kterého je součástí přístroje kapilára a na jejím konci tykavka. V tomto případě roztáhneme kapiláru k místu, kde máme nainstalovánu jímku, a do té pak vložíme tykavku. Pro zlepšení přenosu tepla je vhodné naplnit prostor ochranné jímky teplovodivou pastou (např. silikonovou vazelínou). Tykavka má být umístěna svisle nebo šikmo dolů od přístroje. Jestliže je z montážních důvodů nutno umístit tykavku vodorovně, veďte kapiláru směrem vzhůru. Zajištění tykavky v jímce se provede zajištěním koncovky šroubem M4. [3]

Po sejmutí krytu přístroje provedeme našroubování vývodky a elektrické připojení kabelu o vnějším průměru 9 až 13 mm s vodiči o průřezu 0,75 až 2,5 mm² dle schématu zapojení a požadované funkce. [3]

Seřízení a uvedení do provozu

Překontrolujeme, zda je správně provedena el. instalace podle požadované funkce přístroje. Pomocí ovládacích šroubů na rozsahové stupnici nastavíme požadovanou spodní hodnotu teploty a požadovanou diferenci. Hodnota difference se přičítá k nastavené spodní hodnotě teploty (spodní hodnota regulované teploty se nastavuje šroubem rozsahové stupnice a horní hodnota reg. teploty šroubem diferenční stupnice). V našem případě nastavíme hodnotu námi hlídané max. teploty ÚT a TUV a diferenci nastavíme na nulu. Při zvlášť přesném seřízení je nutno použít pro nastavení kontrolních teploměrů. Nastavení na požadovanou hodnotu je také možno provést mimo regulovanou soustavu v pomocných lázních. Nastavené parametry včetně krytu je možno zaplombovat. Přístroj je uveden do provozu připojením el. sítě a zajištěním tykavky v reg. médiu nebo v jímce. [3]

4.5 Snímače tlaku

Pro naše použití budeme potřebovat snímače tlaku s rozsahem 0 až 1,0 MPa pro okruh TUV, 0 až 0,6 MPa pro okruh ÚT, a snímače tlaku 0 až 2,5 MPa pro měření tlaků na primární straně výměníku. Výrobce snímačů tlaků, které by splňovali naše požadavky, je velký počet, a tak jsem si zvolil výrobce snímačů tlaku BD sensors, které znám ze své praxe.

Obr. 10 Snímač tlaku BD SENSORS 0-1 MPa



Zdroj: (4)

Montáž snímačů

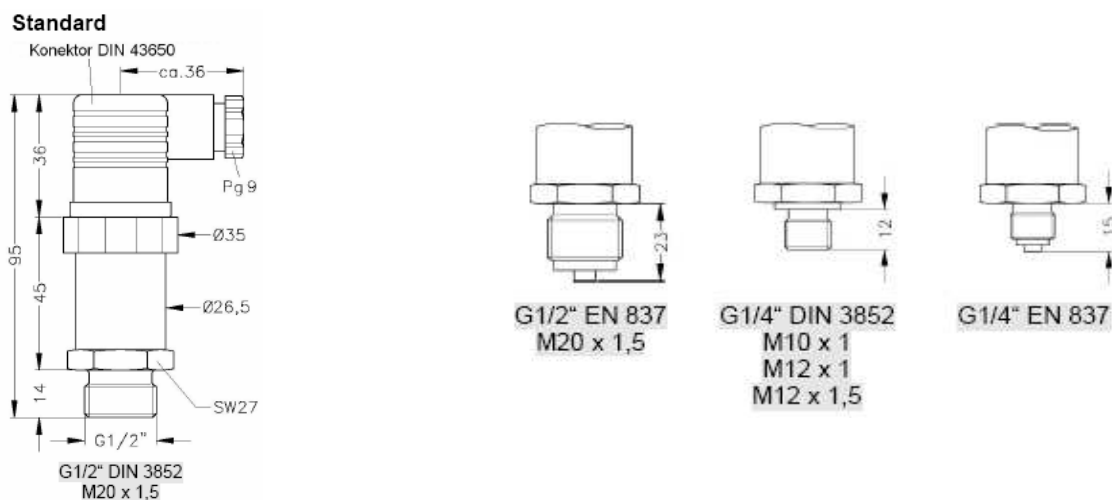
Při montáži snímačů je třeba vzít v potaz pár následujících faktů (4):

- Při montáži bychom neměli používat násilí.
- Kabelovou průchodku dotahovat jen rukou, je vyrobena většinou z plastu.
- Při požadavcích na vyšší přesnost se doporučuje nechat snímače jednou za 12 měsíců překalibrovat u výrobce.
- Při aplikaci snímače v hydraulických systémech se doporučuje předřadit odvzdušňovací kohout.
- Při aplikaci snímače v parovodním potrubí se doporučuje osadit kondenzační smyčku z důvodu chlazení.

Způsob připojení

Výrobce dodává snímače tlaku v široké škále možných připojení, a proto zde máme opět na výběr z mnoha možností. V *obr. 11* uvádím několik z nich, přičemž jsem si vybral připojení se závitem G ½“ a měděným těsněním. [4]

Obr 11 Způsoby montáže snímačů tlaku

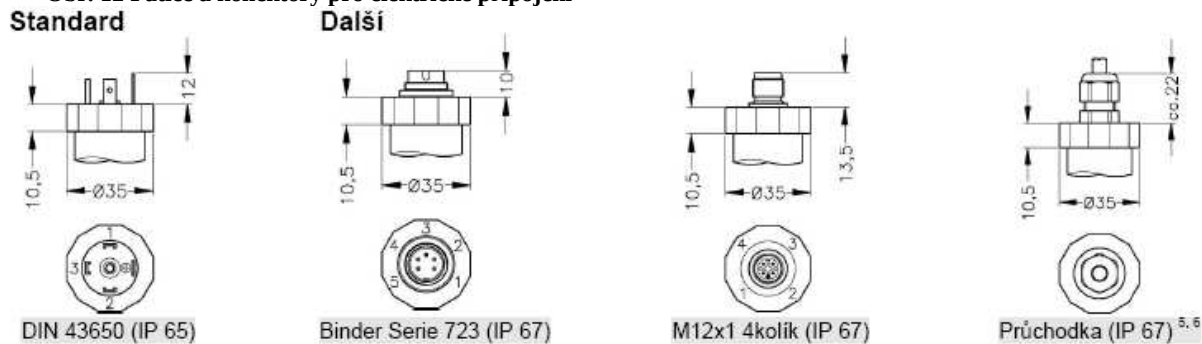


Zdroj: [4]

Elektrické připojení

Elektrické připojení snímačů tlaku od firmy BD sensors je zajištěno pomocí standardních patic a konektorů, které jsou vidět na následujícím obrázku . [4]

Obr. 12 Patice a konektory pro elektrické připojení



Zdroj: [4]

Tabulka 2 Elektrické zapojení vývodů

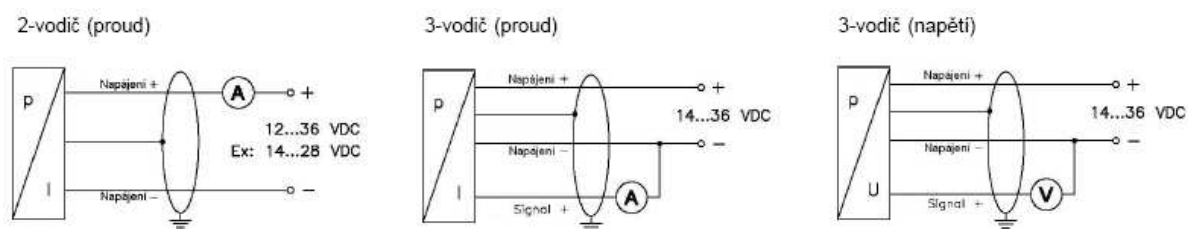
Elektrické připojení		Tabulka zapojení vývodů		
		DIN 43650	Binder 723 (5kolík)	M12x1 (4kolík)
2-vodič	napájení +	1	3	1
	napájení -	2	4	2
	kostra	zemní kontakt	5	4
3-vodič	napájení +	1	3	1
	napájení -	2	4	2
	signál +	3	1	3
	kostra	zemní kontakt	5	4

Zdroj: [4]

Schéma zapojení

Pro náš případ jsem vybral dvou vodičové připojení na *obr. 13*.

Obr. 13 Možnosti zapojení snímačů tlaku



Zdroj: (4)

Výstupní signály

Tabulka 3 Výstupní signály

Výstupní signál / Napájení	
Standard	2-vodič: 4 ... 20 mA / $U_B = 12 \dots 36 \text{ V}_{DC}$
Další	3-vodič: 0 ... 20 mA / $U_B = 14 \dots 36 \text{ V}_{DC}$
	0 ... 10 V / $U_B = 14 \dots 36 \text{ V}_{DC}$

Zdroj: [4]

4.6 Solenoidy

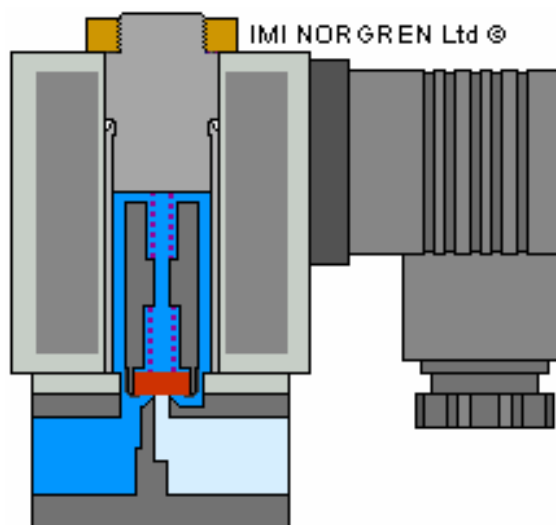
Solenoidové ventily jsou ventily, které mají na rozdíl od námi použitých regulačních ventilů jen dva stavy, a to v klidové poloze zavřen nebo otevřen. Zavíráme nebo otvíráme je přivedením požadovaného napětí (24 VAC/VDC nebo 230 VAC) na jejich cívku. Cívka zvedá kuželku a tím zajišťuje otevření nebo zavření ventilu.

Obr. 14 Přímou ovládaný solenoid (normálně uzavřený NC)

Při připojení elektrického napětí je kuželka zvednuta a ventilem může procházet tekutina.

Při odpojení se el. napětí se kuželka působením pružiny vrací zpět.

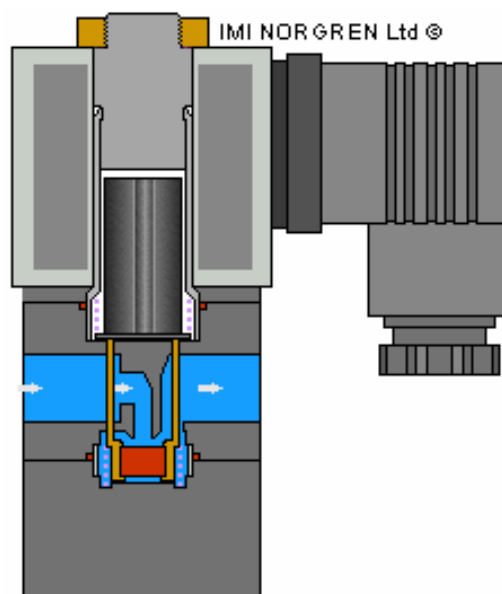
Zdroj: [5]



Obr. 15 Přímou ovládaný solenoid (normálně otevřený NO)

- Po přivedení elektrického napětí dojde ke zvednutí talířového sedla a uzavření toku tekutiny.
- Návrat zpět po odpojení od zdroje el. napájení je zabezpečen pružinou.

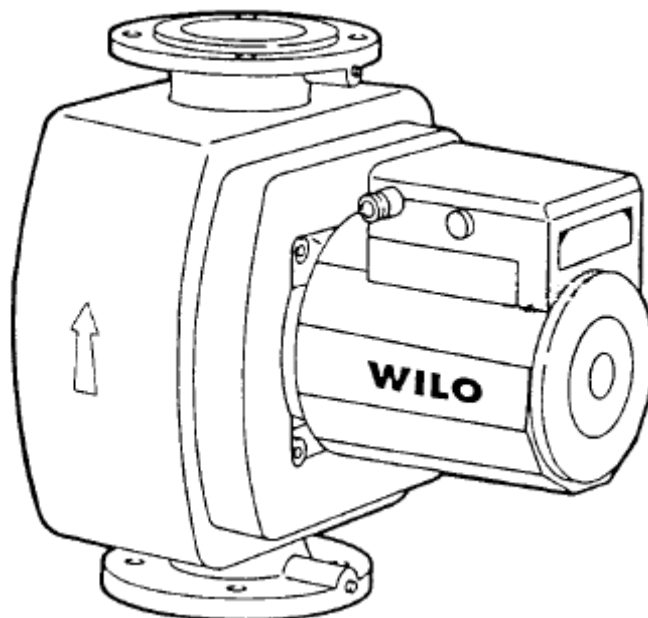
Zdroj: [5]



4.7 Čerpadla

4.7.1 Cirkulační čerpadlo pro TUV Wilo TOP-Z-30/EM

Obr. 16 Čerpadlo Wilo TOP-Z-30/EM



Zdroj: [6]

Klíč k označování typu [6]

TOP – Z – 30/EM

TOP = Typ čerpadla.

Z = Čerpadlo na teplou užitkovou vodu.

30 = Jmenovitý připojovací průměr v mm.

EM = Jednofázový motor 1 ~ 230 V.

DM = Třífázový motor 3 ~ 400 V (3 ~ 230 V s přepínačem).

Připojovací a výkonové údaje

Čerpaná média [6]:

- Pitná/užitková voda.
- Topná voda.
- Voda a směs voda-glykol o směšovací poměru až 1:1. Při přísadě glykolu se musí výkonové údaje čerpadla korigovat o vliv zvýšené

viskozity v závislosti na procentuálním směšovacím poměru. Doporučuje se používat značkové zboží s inhibitory koroze.

Rozsahy teplot čerpaného média [6]:

- Systémy na užitkovou vodu: do + 80 °C.
- Topné systémy: - 10 °C a. + 110 °C.
- Max. okolní teplota : + 40 °C.
- Max. provozní tlak na čerpadle: 600 kPa nebo 1 Mpa.

Popis čerpadla (obr. 16)

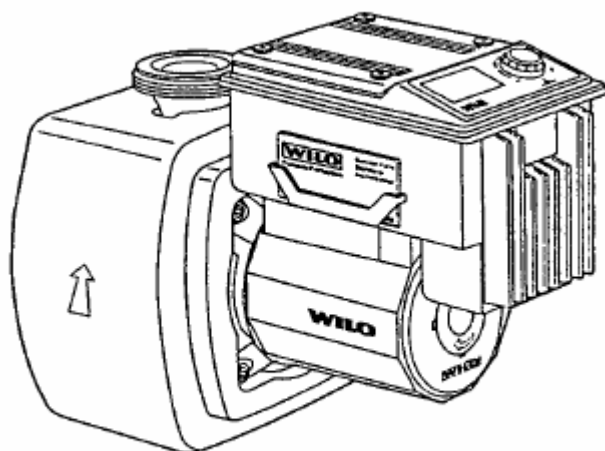
Cirkulační čerpadla řady TOP-Z-30 jsou speciálně určena pro provozní podmínky v cirkulačních systémech na pitnou a užitkovou vodu. Volbou materiálu i svou konstrukcí jsou korozně odolná vůči všem složkám pitné i teplé užitkové vody. Čerpadlo má mokroběžný motor (jednofázový (EM) 1 ~ 230 - 240 VAC nebo třífázový (DM) 3 ~ 400 VAC), v němž všechny rotující součásti omývá čerpané médium. Díky tomuto konstrukčnímu řešení zajišťuje médium i mazání rotorové hřídele uložené v kluzných ložiskách. Vůči prostoru rotoru těsní čerpadlo speciální těsnění. [6]

Elektrické připojení [6]

- Přívod musí být proveden jako pevný, se zástrčkovým spojením nebo s vypínačem pro úplné odpojení s otevřením kontaktů min. 3 mm.
- U nepřetížitelných typů EM by se z prostorových důvodů měl ochranný vodič PE připojovat ve svorkovnicové skřínce jako první.
- Pro zajištění ochrany před kapající vodou a pro tahové odlehčení ucpávky je třeba použít přívod o dostatečném vnějším průměru.
- Přívod musí být veden tak, aby se v žádném případě nedotýkal potrubí, tělesa, čerpadla nebo krytu motoru.
- Napájecí napětí 1 ~ 230 - 240 V AC, 50 Hz, PE
- Předřazená pojistka: 10 A se zpožděním.

4.7.2 Oběhové čerpadlo ÚT Wilo TOP-E-80/1-10

Obr. 17 Čerpadlo Wilo TOP-E-80/1-10



Zdroj: [6]

Klíč k označování typu [6]

TOP-E 80/1-10

TOP = Typ čerpadla zde oběhové čerpadlo pro topení, mokroběžné.

E = Elektronický modul.

80 = Jmenovitý připojovací průměr.

1-10 = Plynule nastavitelná požadovaná hodnota dopravní výšky 1 až 10 m

Hmin: 1 m, Hmax: 10 m.

Připojovací a výkonové údaje

Čerpaná média [6]:

- Topná voda.
- Směsi voda - glykol s podílem glykolu až 50 %. Při přidávání glykolu se musí výkonová data korigovat o vliv vyšší viskozity podle procentního směšovacího poměru. Doporučuje se používat značkové zboží s inhibitory koroze.
- Při použití jiných médií je nutný souhlas firmy WILO.

Rozsahy teplot čerpaného média [6]:

- Rozmezí teplot média + 20 až + 110 °C .
- Max. okolní teplota 40 °C.

- Pro zamezení srážení vlhkosti na zařízení musí být okolní teplota nižší nežli teplota čerpaného média.
- Max. provozní tlak na čerpadle: viz typový štítek.

Popis čerpadla (Obr. 17)

Čerpadlo má mokroběžný motor v němž čerpané médium obtéká všechny rotující součásti. Díky této konstrukci obstarává čerpané médium mazání kluzných ložisek rotorové hřídele. [6]

Čerpadlo lze do topného systému montovat jako jednoduché nebo zdvojené.

Na krytu motoru je elektronický řídicí modul, který reguluje diferenční tlak čerpadla na hodnotu nastavitelnou v rámci regulačního rozsahu. V závislosti na způsobu regulace se diferenční tlak řídí různými kritérii. Při všech způsobech regulace se však čerpadlo trvale přizpůsobuje změnám požadovaného výkonu v systému, k nimž dochází zejména při používání termostatických ventilů. [6]

Hlavními přednostmi elektronické regulace jsou [6]:

- Úspora přepouštěcích ventilů.
- Úspora energie.
- Snížení hlučnosti proudění.

Elektrické připojení

Elektrické připojení smí provádět pouze kvalifikovaný elektrikář a musí odpovídat následujícím platným normám a ostatním předpisům [6]:

- Elektrický přívod musí být proveden jako pevný (min. průřez 3 x 1,5 mm²), se zásuvkou nebo vypínačem všech pólů s rozevřením kontaktů min. 3 mm. Přívodní kabel se vede ucpávkou PG 13,5.
- Aby se zajistila ucpávka před odkapávající vodou a tahovým namáháním, musí se použít kabely s vnějším průměrem 8 - 12 mm a dostatečně pevně přišroubovat. Navíc se musí kabel u ucpávky ohnout do smyčky, která odvede případně odkapávající vodu. Nepoužité průchodky se zaslepí přiloženými kotoučky a dostatečně pevně zašroubují.
- Aby bylo možno přizpůsobovat vnitřní průměr ucpávky průměru napájecího kabelu, skládá se těsnění ze soustředných gumových kroužků, z nichž vnitřní lze podle potřeby vyjímat.

- Při použití čerpadla v systémech s teplotou vody nad 90 °C musí se použít přívodní kabel s dostatečnou tepelnou odolností.
- Přívod musí být veden tak, aby se v žádném případě nedotýkal potrubí, ani tělesa čerpadla a krytu motoru.
- Pro zajištění elektromagnetické kompatibility (EMK) nesmí vést přívod blíže než 10 cm od modulu.
- Charakter proudu i napětí elektrického přívodu musí souhlasit s údaji na typovém štítku.
- Napájecí napětí: 1x 230 VAC, PE, N ,50 Hz.
- Předřazená pojistka: viz typový štítek.
- Přívod se připojuje na svorky **L, N, PE**.
- Integrovaná beznapěťová souhrnná signalizace poruch je dostupná na svorkách SSM.

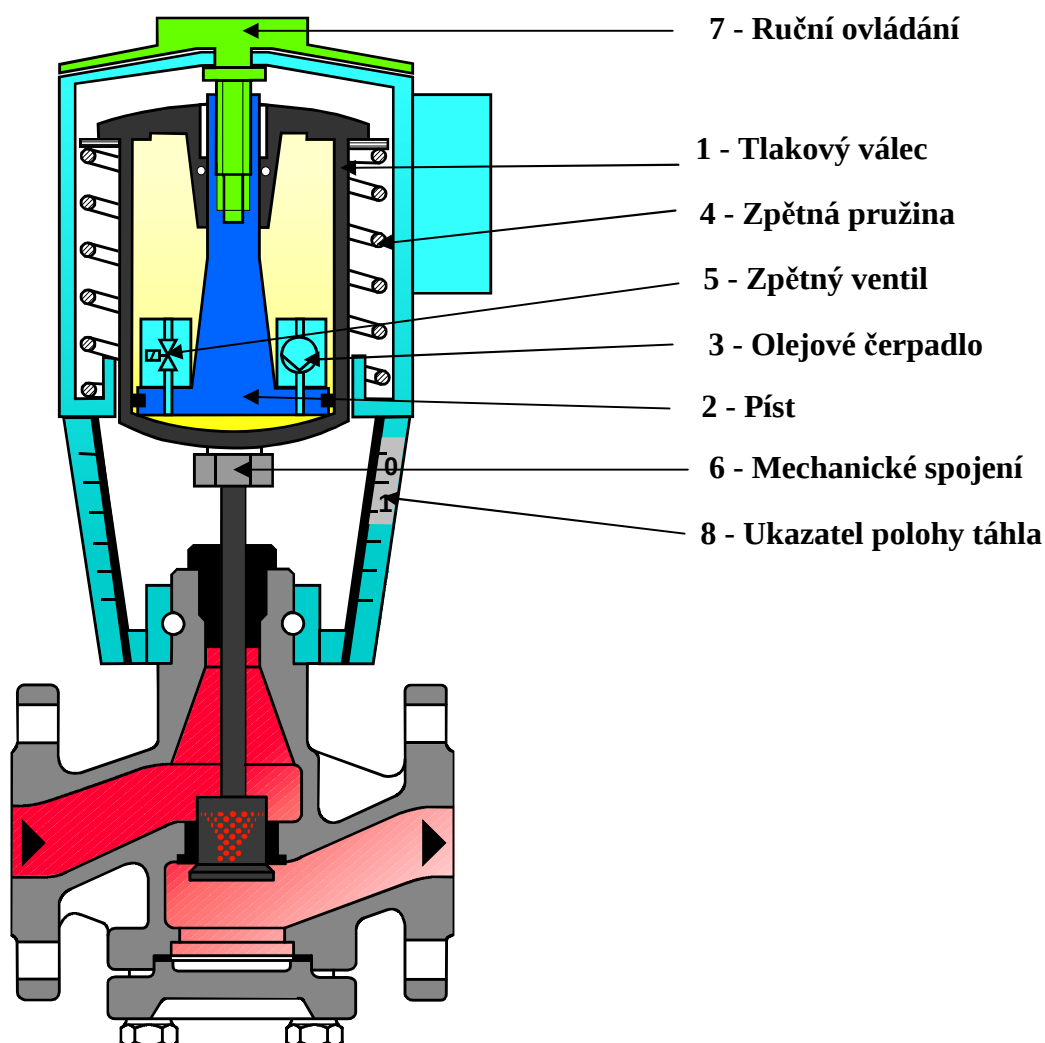
Zatížitelnost kontaktu [6]:

- Minimální povolená: 12 V DC, 10 mA.
- Maximální povolená: 250 V AC, 1 A.
- Startovací beznapěťový kontakt se nachází na svorkách označených on/off a slouží k zapínání a vypínání čerpadla.

4.8 Elektrohydraulické pohony regulačních ventilů

Elektrohydraulické pohony používané na ventilech LDM jsou vyráběny firmami Siemens (divize Landis & Staefa), Sauter a z tuzemských výrobců podnikem SPAPraha. Základem tohoto pohonu je olejové čerpadlo a tlakový válec. V jednom směru pohybu čerpadlo (vibrační nebo zubové) přečerpává olej ze zásobníku do tlakového válce a způsobuje stlačování pružin, které podpírají píst. Při pohybu opačným směrem je elektromagnetickým ventilem přepouštěn olej zpět do nádrže prostřednictvím síly naakumulované v pružinách. Celý tento mechanismus i s olejovým hospodářstvím je ukryt v tělese pohonu, viz Obr 18, takže k ovládání stačí zajistit přívod elektrické energie a případně řídicí signál. [7]

Obr. 18 Elektrohydraulický pohon SKB 62 – princip uspořádání



Zdroj: [7]

Pohony jsou vyráběny buď s funkcí nepřímou (pružina zavírá), což tvoří většinu případů, nebo s funkcí přímou (pružina otvírá). Velkou předností elektrohydraulických pohonů je skutečnost, že mohou být vybaveny velmi jednoduchou havarijní funkcí, která zajistí v případě výpadku napětí přestavení pohonu, a tím i armatury do požadované základní polohy. Havarijní funkce bývá realizována právě otevřením již zmíněného solenoidového ventilu a přepuštěním tlakového oleje. Elektromagnetický ventil je v pohonu buď jeden a pak je přestavná rychlost havarijní shodná s pracovní rychlostí pohonu a nebo jsou v pohonu osazeny dva s různými průtoky, jeden pracovní a jeden havarijní - dosahovaná havarijní závěrná doba se pak pohybuje okolo 6 až 12 s. [7]

Elektrohydraulické pohony poskytují prakticky veškerý komfort, na který jsme zvyklí u elektrických pohonů. Mohou být napájeny napětím 230 nebo 24 V, řízení může být dvupolohové, třibodové nebo spojitě. Řídící signál je buď proudový 4-20 mA, nebo napěťový 0(2)-10 VDC. Mohou být rovněž vybaveny signalizačními spínači, vysílači polohy a dalšími doplňky. [7]

Olejová náplň pohonu vyžaduje určité provozní podmínky, kde zvláště důležité je dodržení okolní pracovní teploty, která podle typu nesmí přesáhnout 50 až 55 °C. Pak totiž dochází ke snížení viskozity oleje a snižuje se účinnost čerpadla, event. se může projevit netěsnost solenoidového ventilu. V extrémním případě to může znamenat, že čerpadlo není schopno vyvodit požadovaný tlak oleje na stlačení pružin a zůstane tak nepřetržitě v chodu až do jeho zničení. Navíc má řidší olej sklony k netěsnostem vně pohonu. Tento problém bývá u ventilů LDM řešen použitím vlnovcové ucpávky u médií s vyšší teplotou. Vlnovec slouží současně jako chladič, takže nedochází k tak intenzivnímu přenosu tepla jak vedením, tak i sáláním. Samozřejmostí je však v každém případě důkladné zaizolování ventilu a okolního potrubí. Velmi dobrých výsledků při ochlazování pohonu lze rovněž dosáhnout jeho vykloněním ze svislé osy, např. 45 nebo až 90 , což znamená, že pohon je umístěn vodorovně. Vodorovné umístění pohonu je z hlediska jeho chlazení často používáno u regulačních ventilů a havarijních uzávěrů ve středotlakých parních aplikacích. [7]

Elektrohydraulické pohony jsou oblíbeným ovládacím členem pro své přednosti jako je tichý chod a nízká poruchovost (pohon nemá žádnou převodovku) a především již zmiňovaná možnost havarijní funkce. [7]

Nevýhodou jsou již zmíněné relativně nízké závěrné síly, ale tento nedostatek lze snadno kompenzovat použitím tlakově vyvážených ventilů. [7]

5. *Návrh řídicího systému*

5.1 Technologické schéma předávací stanice s vytaženými datovými body

5.2 Tabulka datových bodů

Tabulka 4 Datové body

Analogové vstupy (AI)	
AI1	Teplota TUV cirkulace
AI2	Tlak před cirkulačním čerpadlem
AI3	Tlak za cirkulačním čerpadlem
AI4	Teplota TUV výstup
AI5	Tlak za výměníkem TUV
AI6	Tlak primér zpátečka
AI7	Teplota primér zpátečka
AI8	Teplota primér vstup
AI9	Tlak primér vstup
AI10	Teplota ÚT výstup
AI11	Teplota ÚT zpátečka
AI12	Statický tlak
AI13	Tlak za oběhovým čerpadlem
AI14	Venkovní teplota
Celkem 14 Analogových vstupů	
Analogové výstupy (AO)	
AO0	Řízení ventilu TUV 0-10 VDC
AO1	Řízení ventilu ÚT 0-10 VDC
Celkem 2 Analogové výstupy	
Digitální vstupy (DI)	
DI1	Maximální teplota TUV
DI2	Maximální teplota ÚT
DI3	Zaplavení stanice
DI4	Maximální teplota prostoru
DI5	Tlačítko přítomnosti obsluhy
DI6	Stop tlačítko
Celkem 6 Digitálních vstupů	
Digitální výstupy (DO)	
DO1	Start/stop cirkulační čerpadlo
DO2	Havarijní uzavření ventilu TUV
DO3	Havarijní uzavření ventilu ÚT
DO4	Solenoid dopouštění
DO5	Start/stop oběhové čerpadlo ÚT
Celkem 5 Digitálních výstupů	
Vysokorychlostní čítač (HSC)	
HSC1	Tlak studené vody (bude použit pouze u ŘS Unitronic u ŘS Twido to je AI)
Celkem 1 vysokorychlostní čítač (HSC)	

5.3 Návrh sestavy řídicího systému Twido

Z tabulky datových bodů tabulka 4 nám vyplývá, že musíme navrhnout sestavu řídicího systému, která bude obsahovat:

Tabulka 5 Vstupy a výstupy Twido

AI, AO, DI, DO	Počet
Analogové vstupy AI	15
Analogové výstupy AO	2
Digitální vstupy DI	6
Digitální výstupy DO	5

Abychom splnili tento požadavek, najdeme si na www stránkách firmy Schneider-
elektrik katalog Řídicího systému Twido a z něj vybereme jednotlivé komponenty naší sestavy. Po důkladném prostudování katalogu jsem navrhl stávající sestavu:

Tabulka 6 Karty systému Twido

Procesorová jednotka: TWD LMDA 20DRT					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		0	0	12	8 rel. + 2 tr.
Karta analogových vstupů: TWD AMI 8HT					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		8 x (4-20mA)			
Karta analogových vstupů: TWD AMI 4LT					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		4 x (Pt100)			
Karta analogových vstupů: TWD AMI 4LT					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		4 x (Pt100)			
Karta analogových výstupů: TWD AM0 1HT					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
			1 x (0-10 VDC)		

Karta analogových výstupů: TWD AM0 1HT					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
			1 x (0-10 VDC)		
Sestava obsahuje celkem:					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		16	2	12	8 rel. + 2 tr.

5.4 Návrh sestavy řídicího systému Vision 280

Z tabulky datových bodů nám vyplývá, že musíme navrhnout sestavu řídicího systému, která bude obsahovat:

Tabulka 7 Vstupy a výstupy Vision 280

AI, AO, DI, DO, HSC	Počet
Analogové vstupy AI	14
Analogové výstupy AO	2
Digitální vstupy DI	6
Digitální výstupy DO	5
Vysokorychlostní čítač HSC	1

Při návrhu řídicího systému Unitronic postupujeme stejně jako při navrhování s řídicím systémem Twido. Takže si opět najdeme na [www](#) stránkách výrobce katalog s příslušným řídicím systémem a zopakujeme postup návrhu tak, abychom splnily námi zadané požadavky. Po prostudování katalogu jsem navrhl stávající sestavu:

Tabulka 8 Karty Vision 280

Procesorová jednotka: V280-18-B20B					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		0	0	0	0
Karta pro montáž na procesorovou jednotku V200-18-E1B					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		3 x (4-20mA) 1 x (HSC)	0	14	10 rel. + 4 tr.

Karta analogových vstupů a výstupů: IO-AI4-AO2					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		4 x (4-20mA)	2 x (0-10 VDC)		
Karta analogových vstupů: IO-PT4					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		4 x (Pt100)			
Karta analogových vstupů: IO-PT4					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		4 x (Pt100)			
Sestava obsahuje celkem:					
	Počet:	Analogové vstupy	Analogové výstupy	Digitální vstupy	Digitální výstupy
		15 + 1 x HSC	2	14	10 rel. + 4 tr.

5.5 Projekt elektro a měření a regulace s řídicím systémem Twido

Obr. 19 Projekt elektro a Měření a regulace (MaR)

5.6 Projekt elektro a měření a regulace s řídicím systémem Vision 280 [8]

Obr. 20 Projekt elektro a měření a regulace ŘS Vision 280

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout řídicí systém pro předávací stanici tepla. Jednoduchým a přehledným způsobem jsem popsal funkci regulačního okruhu TUV a ÚT. Dále jsou zde popsány havarijní stavy obou okruhů. Je zde názorně zobrazeno celé technologické schéma předávací stanice, popsány snímače fyzikálních veličin a akční členy (v našem případě pohony regulačních ventilů).

Jako řídicí systém jsem si z obrovského množství PLC, které jsou dnes na trhu, vybral dva ŘS, které naprosto splňují všechny mnou kladené podmínky. Jedná se o ŘS Twido od Francouzské firmy Schneider electric a ŘS Vision 280 od Izraelské firmy Unitronics.

V této bakalářské práci jsou postupně popsány základní znalosti a kroky, které je třeba získat k navržení řídicího systému. Tyto kroky se obdobným způsobem dají použít při návrhu ŘS pro jakoukoliv jinou technologii. Největším úspěchem, ke kterému můžeme touto cestou dojít, je aplikace ŘS na námi řízenou technologii, která bude bez obsluhy dlouhá léta fungovat a my o ní uslyšíme až po mnoha letech provozu .

Přehled použité literatury

1. Petráš, Dušan: Vytápění rodinných a bytových domů. Jaga group, s r.o. Bratislava, 2005. ISBN 80-8076-020-09
2. Dokumentace firmy SENSIT s r.o. < <http://www.sensit.cz/>> 20. 7. 2006
3. Dokumentace firmy JSP s r.o. < <http://www.jsp.cz/>> 20. 7. 2006
4. Dokumentace firmy BD SENSORS s r.o. < <http://www.bdsensors.cz/>> 3. 8. 2006
5. Dokumentace firmy IMI NORDGREN Ltd. < <http://www.nordgren.com/>> 15. 8. 2006
6. Dokumentace firmy WILO s r.o. < <http://www.wilo.cz/>> 23. 8. 2006
7. Dokumentace firmy SIEMENS s r.o. < <http://www.siemens.cz/>> 23. 8. 2006
8. Dokumentace firmy RegeX s r.o. Interní dokumentace 25. 9. 2006