VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

Návrh software pro testování termostatických ventilů dle EN215

Design of software for testing termostatic valves by EN215

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE Lucián Halmeš
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. Pavel Houška, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2019

ABSTRAKT

Práca rieši ovládací software pre testovacie zariadenie prietokových charakteristík. Práca ďalej tvorí stručný rešerš testovania termostatických ventilov podľa normy EN215 so zameraním na riešené zariadenie.

ABSTRACT

The thesis solves the control software for the flow characteristic test device. The work is also a brief study of thermostatic valves testing according to EN215 with focus on solved equipment.

KLÍČOVÁ SLOVA

termostatický ventil, termostatická hlavica, ventil s regulátorom teploty, zostava hlavice regulátoru teploty,

KEYWORDS

thermostatic valve, thermostatic head, valve with temperature controller, temperature controller head assembly

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HALMEŠ, L. *Návrh software pro testování termostatických ventilů dle EN215.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Houška, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Týmto by som chcel poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce , pánovi Ing. Pavlovi Houškovi, Ph.D. za cenné rady a pripomienky k práci. Zároveň by som chcel poďakovať celému týmu ľudí, ktorí sa podielali na návrhu a realizácií testovacieho zariadenia. Na záver by somchcel poďakovať svojej rodine ktorá ma počas celej doby štúdia bezištne podporovala.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Pavla Houšku Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 1. 5. 2019 ……

Lucián Halmeš

OBSAH

1 ÚVOD ... 13

2 TERMOSTATICKÝ VENTIL ... 15
2.1 Základné časti termostatického ventilu ... 15
2.2 Typy ventilov s regulátorom teploty ... 16
2.3 Typy prípojek ... 18
2.4 Technické termíny ... 19
2.4.1 Teplota snímača ... 19
2.4.2 Tlakový rozdiel ... 19
2.4.3 Zatváracia charakteristika a otváracia charakteristika ... 19
2.4.4 Teoretická charakteristika ... 20
2.4.5 Teplotný bod S ... 20
2.5 Definícia jednotlivých funkčných vlastností ... 21
2.5.1 Charakteristický prietok [$q_{m\,s}$] ... 21
2.5.2 Nominálny prietok [$q_{m\,N}$] ... 21
2.5.3 Maximálny prietok [$q_{m\,max}$] ... 21
2.5.4 Hysterézia ... 21
2.5.5 Vplyv tlakového rozdielu ... 21
2.5.6 Vplyv statického tlaku ... 21
2.5.7 Vplyv teploty vody ... 21
2.5.8 Vplyv teploty okolia pri ventiloch s regulátorom teploty a prenášacím členom 21

3 TESTOVANIE TRV ... 23
3.1 Skúšobné zariadenie pre zistenie prietokových charakteristík ... 23
3.2 Skúšobné zariadenie pre skúšanie TRV vo vodnej lázni ... 24
3.3 Charakteristiky termostatických ventilov ... 25
3.3.1 Stanovenie charakteristík ... 25
3.3.2 Otváracia charakteristika pri nastavení ovládača na minimálnu teplotu (charakteristika č. 1) a pri jeho nastavení na maximálnu hodnotu (charakteristika č. 2) ... 26
3.3.3 Otváracia charakteristika v medzipolohe ovládača (charakteristika č. 3) ... 26
3.3.4 Zatváracia charakteristika v medzipolohe ovládača (charakteristika č. 4) ... 26
3.3.5 Otváracia charakteristika ventilov s regulátorom teploty a s prenášacími členmi v medzipolohe ovládača (charakteristika č. 5) ... 26
3.3.6 Zatváracia charakteristika v medzipolohe ovládača pri tlakovom rozdielu väčšom než 0,1bar (Charakteristika č. 6) ... 27
3.3.7 Zatváracia charakteristika v medzipolohe ovládača pri statickom tlaku 10bar (Charakteristika č. 7) ... 27
3.4 Zaznamenanie teoretickej charakteristiky ... 28

4 NÁVRH TESTERU ... 31
4.1 Požadované parametry testeru ... 31
4.2 Elektro a hydro obvody ... 32
4.3 Testovacie zariadenie ... 34
4.4 Užívateľské prostredie ... 36
4.5 Vyhodnocovanie ... 39

5 ZÁVER ... 43

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ... 45

1 ÚVOD

Tepelné zabezpečenie našich domácností, kancelárskych, výrobných a iných objektov patrí medzi jednu z markantných hodnôt v spotrebe globálnej energie. Preto jej efektívne dodávanie je veľmi dôležité. Jeden z najlepších spôsobov ako vylepšiť túto efektívnosť, je správna regulácia prenášacieho tepelného média (vo väčšine prípadoch vody), aby nedochádzalo k zbytočným tepelným stratám. Overenou a najčastejšie používanou formou tejto regulácie je termostatický ventil, ktorý je priamo umiestnený pri vstupe tepelného média a reguláciou prietoku na základe teploty senzoru termostatickej hlavice zabraňuje zbytočnému prehrievaniu vykurovanej miestnosti a zároveň ju udržiava v dostatočnom teple.

Termostatický ventil v jednoduchosti funguje na základe fyzikálneho princípu tepelnej roztažitelnosti materiálov, kde regulačným činiteľom je druh tekutiny, väčšinou alkoholu, ktorý zmenou svojho objemu na základe teploty v miestnosti tlačí zostavu tela ventilu, ktorá reguluje prietok do výhrevného telesa. No dosiahnutie optimálnej regulácie je zdĺhavý proces, ktorý predchádza vývoj a výroba termostatických ventilov a v neposlednom rade ich testovanie.

Táto práca sa venuje softwarovému riešeniu ovládania jedného z týchto testovacích zariadení. Zariadenie slúži ako hlavný prvok pri vývoji termostatických ventilov a zároveň podporná súčasť pri ich výrobe.

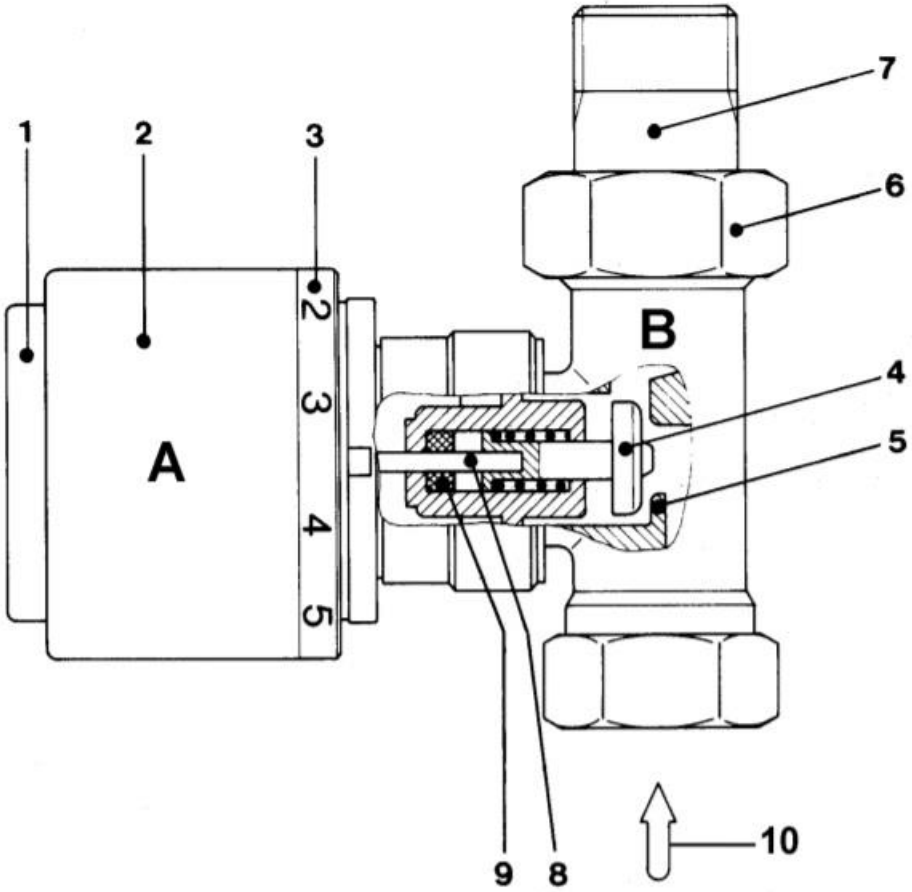
2 TERMOSTATICKÝ VENTIL

Nasledujúce dve kapitoly tvoria rešeršnú časť práce ktorá je parafrázovaním európskej normy EN215 [1]. Text je vybraný tak, aby vysvelil požiadavky a termíny spojené s riešeným testovacím zariadením.

Táto kapitola sa zaoberá definovaním termostatického ventilu a jeho funkčnosti. Popisuje technické termíny a charakteristiky ktoré definujú jeho vlastnosti.

2.1 Základné časti termostatického ventilu

Termostatický ventil (TRV) je druh ventilu využívaný k regulácií prietoku vykurovacej vody do výhrevného telesa. Prietok je regulovaný k závyslosti teploty senzoru termostatickej hlavice, resp. teploty vykurovanej miestnosti. Skladá sa z dvoch hlavných sústav, ktorými sú sústava hlavice regulátoru teploty (obr. 1 A) a sústava tela termostatického ventilu (obr. 1 B).



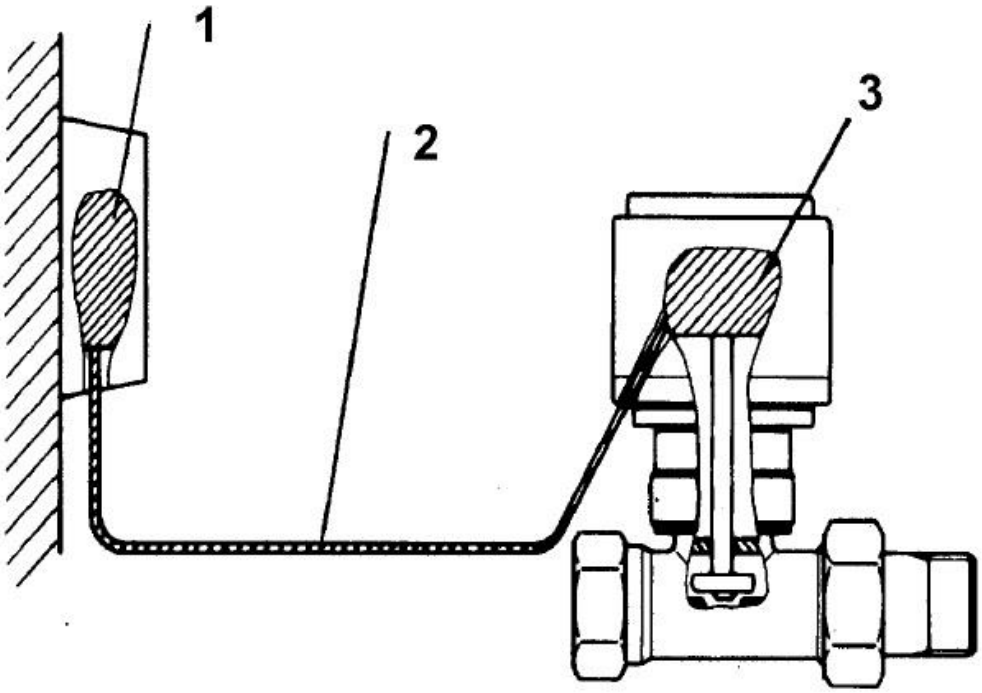
Obr. 1 [1]

Základná sústava hlavice termostatického ventilu sa ďalej skladá zo snímaču (Obr. 1-1), manuálneho ovládaču (Obr. 1-2) a stupnice ovládača (Obr. 1-3). Sústava telesa ventilu

sa skladá z tanierovej kuželky (Obr. 1-4) ktorá pri plnom zatvorení dosadá na sedlo ventilu (Obr. 1-5). Samotný ventil je do okruhu prichytený napríklad šroubovou maticou (Obr. 1-6) na koncovku (Obr. 1-7). Sústava hlavice ventilu je prichytená na tele ventilu tak, aby svojou funkčnou časťou dosadala na vreteno ventilu (Obr. 1-8), ktoré fixuje ucpávka vretena (Obr. 1-9). Funkčný smer prietoku vody zobrazuje šípka. (Obr. 1-10).

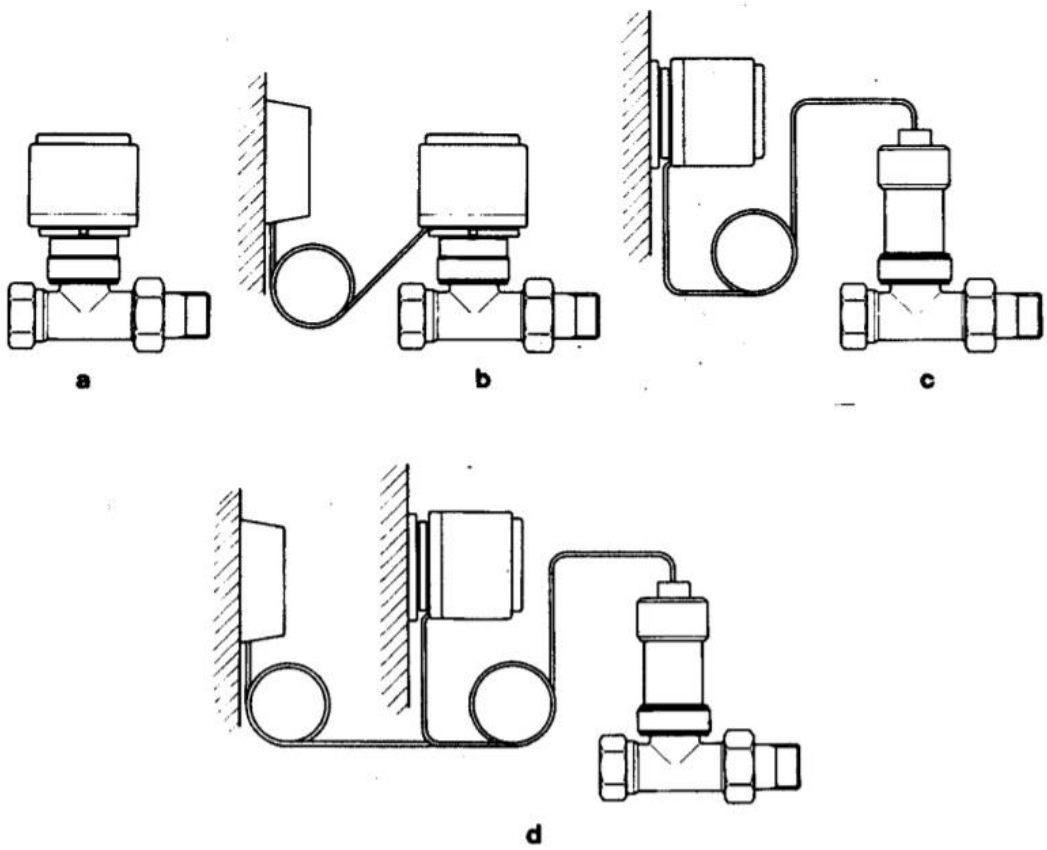
2.2 Typy ventilov s regulátorom teploty

Základné delenie ventilov podľa regulátora teploty je podmienené umiestnením snímača teploty a ovládača regulátoru. V prípade, že snímač teploty nie je umiestnený priamo v hlavici termostatického ventilu, tak snímač regulátoru teploty, ktorý sníma teplotu miestnosti (regulovaná veličina) (Obr. 2-1) je prepojený pomocou prenášacieho člena regulátoru (Obr. 2-2) s prevádzacím členom regulátoru (Obr. 2-3) ktorý je umiestnený na vretene termostatického ventilu. Prenášací člen regulátoru (napr. kapilára) prenáša zmenu objemu alebo tlaku zo snímača alebo ovládača do prevádzacieho členu regulátoru. Následne prevádzací člen regulátoru túto objemovú alebo tlakovú zmenu premení na lineárny pohyb vretena ventilu kde škrtením prietoku tepelného média reguluje teplotu miestnosti.



Obr. 2 [1]

Za termostatický element sa považuje skupina všetkých prvkov, ktoré sú naplnené rozťažnými látkami. (snímač, prenášacia časť aj prevádzací člen)
Jednotlivé možnosti typov regulátorov teploty sú znázornené na Obr. 3.



Obr. 3 [1]

a- Ventil s regulátorom teploty so vstavaným snímačom

Je to regulátor teploty, ktorého snímač, prevádzací člen a ovládač tvoria zostavu ktorá je priamo spojená s telesom ventilu.

b- Ventil s regulátorom teploty so vstavaným ovládačom a dialkovým snímačom

Je to regulátor teploty, ktorého ovládač je vstavaný priamo do ventilu. Snímač je však od prevádzacieho členu oddelený. Medzi snímačom a prevádzacím členom sa nachádza prenášací člen

c- Ventil s regulátorom teploty s diaľkovým snímačom s ovládačom

Je to regulátor teploty ktorého zostava snímača a ovládača je umiestnená vzdialene od zostavy telesa ventilu a od prevádzacieho členu. Prevádzací člen je so snímačom prepojený prenášacím členom.

d- Ventil s regulátorom teploty s diaľkovým snímačom a s diaľkovým ovládačom

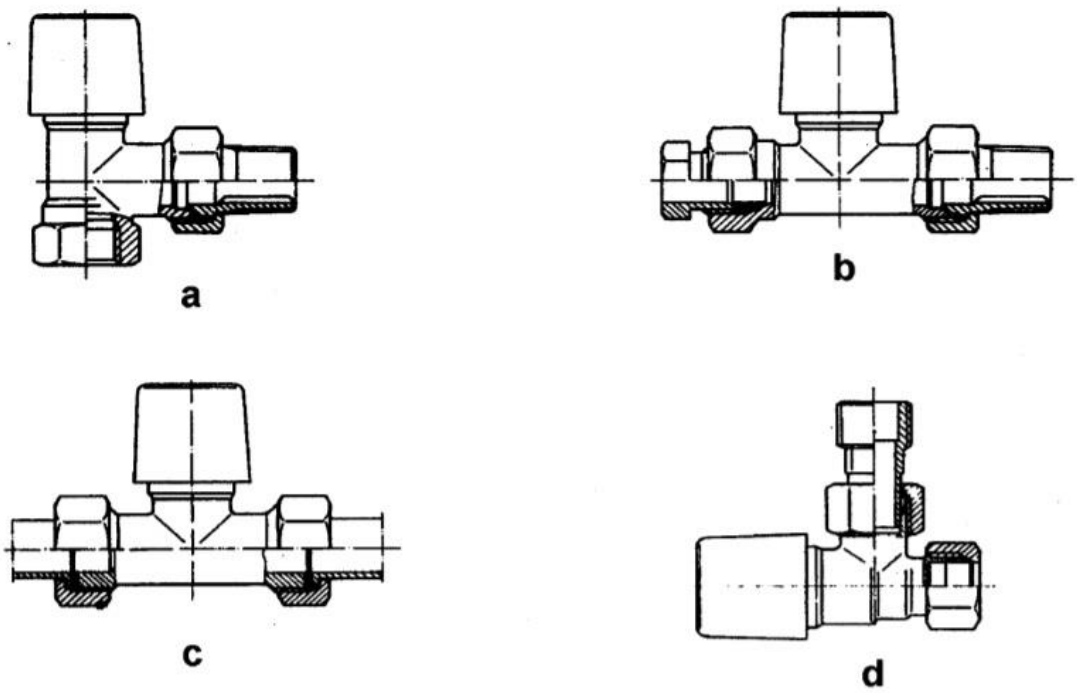
Je to regulátor teploty ktorého snímač a ovládač sú vzájomne oddelené a sú umiestnené vzdialene od zostavy telesa ventilu a od prevádzacieho členu. Prevádzací člen je prepojený prenášacou časťou so snímačom aj s ovládačom.

e- Ventil s regulátorom teploty a s predvoľbou

Je to regulátor teploty, ktorý umožňuje zníženie prietoku mechanickým nastavovacím členom ktorý je zabudovaný v zostave ventilu.

2.3 Typy prípojek

Základné typy prípojek sú vyobrazené na Obr. 4. Používajú sa na pripojenie ventilu k vyhrievaciemu telesu a k potrubiu.



Obr. 4 [1]

Obrázok 4a- telo ventilu s vnútorným trubkovým zapojením vyobrazeným vertikálne a kuželovým sedlovým spojením na pravej strane.

Obrázok 4b- telo ventilu má na ľavej strane zvieracie spojenie a na pravej strane kuželové sedlové spojenie.

Obrázok 4c- telo ventilu má z oboch strán šroubenie s plochým tesnením.

Obrázok 4d- telo ventilu má z obidvoch strán zvieracie spojky

2.4 Technické termíny

2.4.1 Teplota snímača

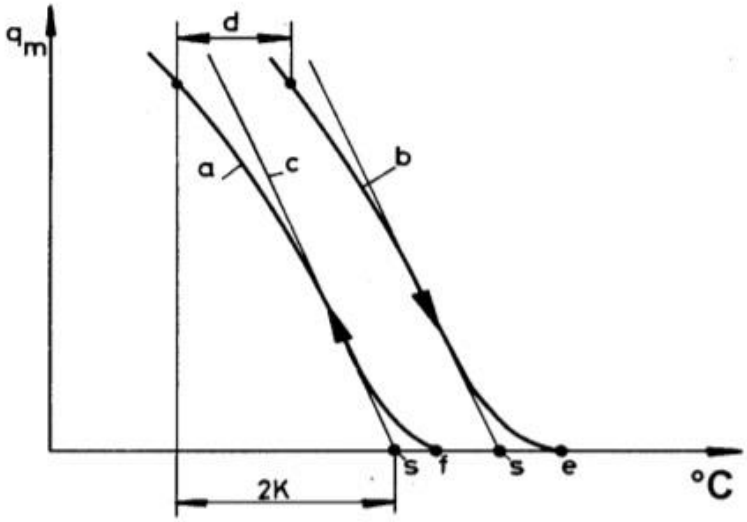
Teplota snímača (Obr. 2-1) pri testovaní odpovedá teplote vodnej lázne. Teplota je udávaná v stupňoch Celsia.(°C)

2.4.2 Tlakový rozdiel

Diferenčný tlak medzi vstupnou a výstupnou časťou ventilu.

2.4.3 Zatváracia charakteristika a otváracia charakteristika

Grafické znázornenie závislosti prietoku vody na teplote snímača v priebehu uzatvárania a otvárania ventilu, pri stálom tlakovom rozdiele a pri rovnakom nastavení ovládača (viz Obr. 5ab)



Obr. 5 [1]

q_m-	prietok	a-	otváracia charakteristika
°C-	teplota vodnej lázne	b-	zatváracia charakteristika
		c-	teoretická charakteristika
		d-	hysterézia
		e-	zatváracia teplota
		f-	otváracia charakteristika
		s-	teplotné body S

2.4.4 Teoretická charakteristika

Priamka prechádzajúca bodmi 0,5 $q_{m\,s}$ a 0,25 $q_{m\,s}$ zostrojená podľa postupu v 3.4. (viz Obr. 5c)

2.4.5 Teplotný bod S

Priesečník teoretickej charakteristiky s nulovým prietokom ($q_{m\,s}$=0) zostrojený podľa postupu v 3.4 (viz Obr. 5s)

2.5 Definícia jednotlivých funkčných vlastností

2.5.1 Charakteristický prietok [$q_{m\,s}$]

Prietok vody pri teplote bodu S -2K, pri tlakovom rozdiele 0,1bar a pri požadovanom nastavení ovládača.

2.5.2 Nominálny prietok [$q_{m\,N}$]

Je to charakteristický prietok pri nastavení strednej hodnoty ovládača, kde sa zaznamenáva otváracia charakteristika podľa prietokového testu popísaného v 3.3.3.

2.5.3 Maximálny prietok [$q_{m\,max}$]

Maximálny prietok vody ktorý môžeme dosiahnuť s tlakovým rozdielom 0,1bar.

2.5.4 Hysterézia

Teplotný rozdiel medzi otváraciou a zatváraciou charakteristikou pri rovnakom prietoku. Hodnota je udávaná v Kelvinoch. (viz Obr. 5d)

2.5.5 Vplyv tlakového rozdielu

Rozdiel medzi teplotnými bodmi S na teoretických uzatváracích charakteristikách pri rôznych tlakových rozdieloch a rovnakom nastavení ovládača.

2.5.6 Vplyv statického tlaku

Teplotný rozdiel medzi dvoma zatváracími charakteristikami zaznamenaný do grafu, pri rôznych statických tlakoch pri rovnakom prietoku.

2.5.7 Vplyv teploty vody

Rozdiel teplôt snímača odpovedajúci zmene prietoku spôsobený zmenou teploty vody pretekajúcej ventilom.

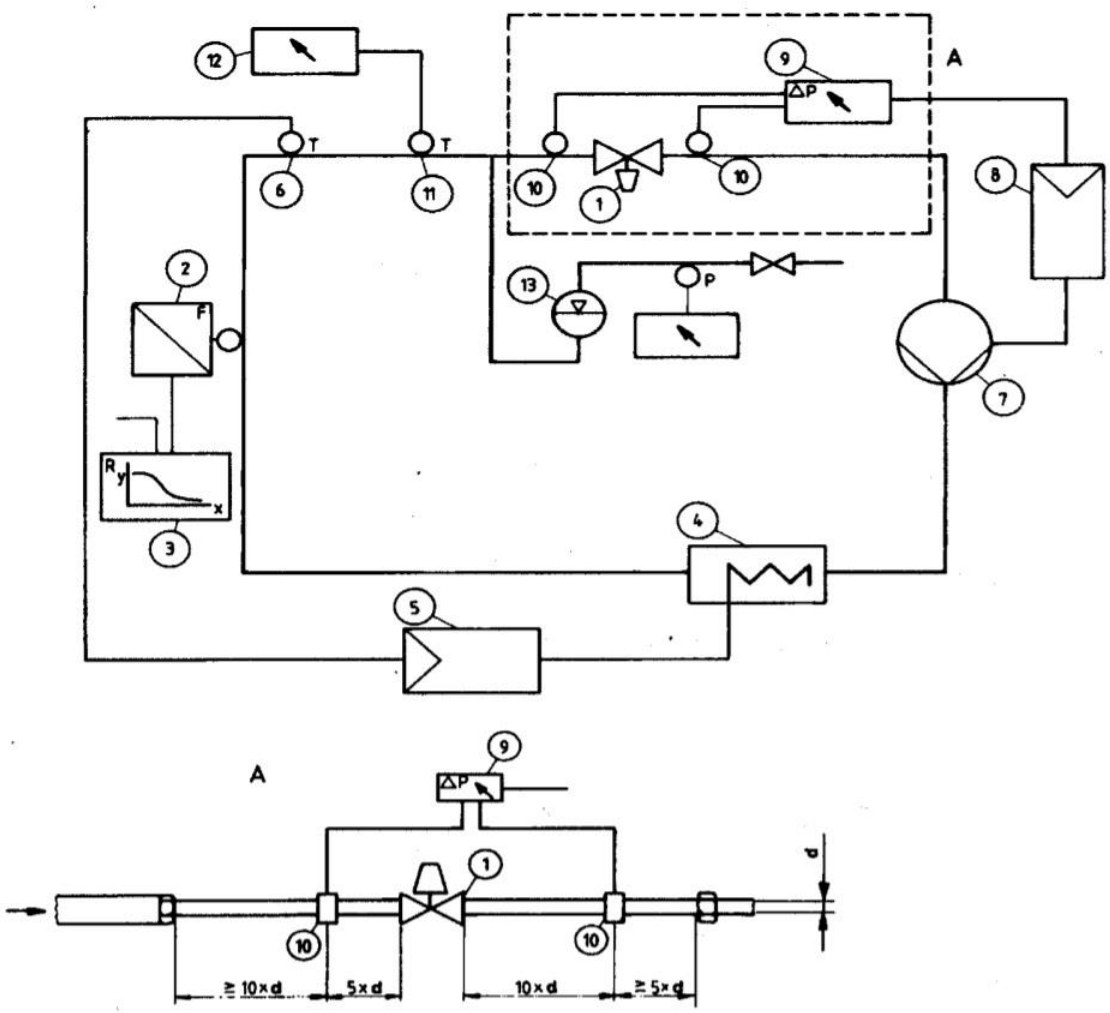
2.5.8 Vplyv teploty okolia pri ventiloch s regulátorom teploty a prenášacím členom

Teplotný rozdiel pri rovnakom prietoku medzi dvoma charakteristikami pričom je jedna s charakteristík zaznamenaná s teplotným rozdielom medzi snímačom a prevádzacím členom a druhá bez teplotného rozdielu.

3 TESTOVANIE TRV

3.1 Skúšobné zariadenie pre zistenie prietokových charakteristík

Normou definované skúšobné zariadenie je schematicky vyobrazené na obrázku 6. Výrez A presnejšie definuje umiestnenie odberu diferenčného tlaku, ktorý je pri testovaní charakteristík jednou z kľúčových hodnôt. Zariadenie sa využíva v kombinácií so zariadením podľa 4.2 no pre niektoré prípady testov môže pracovať aj samostatne.



Obrázok 6 [1]

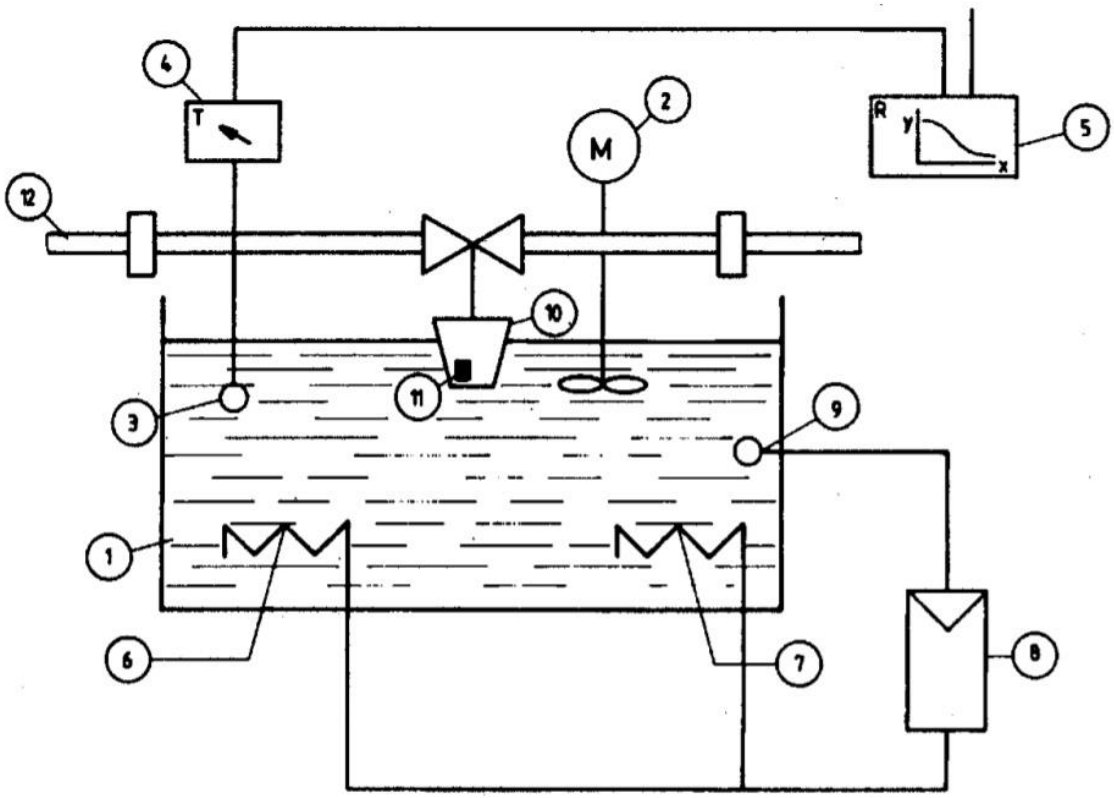
1- skúšobná vzorka
2- prietokomer F
3- súradnicový zapisovač R (x = teplota snímača,y = prietok)
4- ohrievač
5- regulátor teploty
6- snímač teploty
7- obehové čerpadlo
8- regulátor tlakového rozdielu
9- differenčný tlakomer
10- meriace miesto tlakového odberu
11- snímač statického tlaku
12- barometer
13- expanzná nádoba pre udržiavanie tlaku v systéme

3.2 Skúšobné zariadenie pre skúšanie TRV vo vodnej lázni

Na testovanie TRV vo vodnej lázni sa využíva okruh vyobrazený na obr. 7 spoločne v zostave so skúšobným zariadením definovaným v 4.1.

Snímač regulátoru teploty sa celý ponorí do vodnej lázne. Voda v lázni musí byť neustále premiešavaná a cirkulujúca okolo snímača regulátoru teploty.

Teplota lázne musí byť plynule regulovaná. Rýchlosť teplotnej zmeny v lázni musí byť 3K/h pričom teplota vodnej lázne sa meria a zapisuje s presnosťí ±0,2K zmena teploty v lázni s presnosťou ±0,03K.



Obrázok 7 [1]

1- vodná lázeň
2- premiešavač
3- snímač teploty
4- teplomer
5- súradnicový zapisovač R (x =teplota, y =prietok)
6- ohrievacie zariadenie vodnej lázne
7- chladiace zariadenie vodnej lázne
8- regulátor teploty
9- snímač teploty
10- zostava hlavice TRV
11- snímač regulátoru teploty
12- meriaci okruh v súlade s 4.1

3.3 Charakteristiky termostatických ventilov

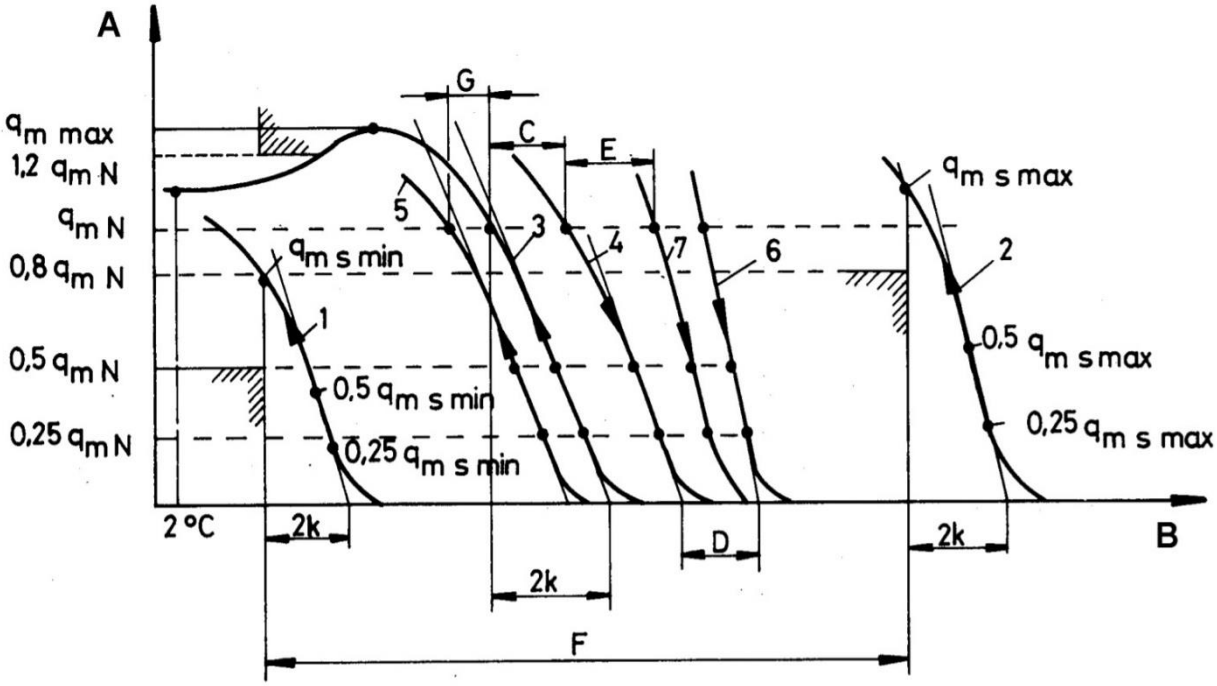
3.3.1 Stanovenie charakteristík

Na posudzovanie vlastností termostatických ventilov sa používajú charakteristiky 1 až 7 odpovedajúce obrázku 8.

Tieto charakteristiky sú zaznamenané a vynášané do grafu pomocou testovacej sústavy popísanej v 3.1 a 3.2 .

Pokiaľ nie je v nasledujúcich článkoch uvedené inak, merania sa uskutočňujú pri statickom tlaku sústavy 1 bar s toleranciou ±10%. Tlakový rozdiel je 0,1bar s toleranciou ±2%. Teplota vody pretekajúca sústavou podľa 3.1 sa udržuje pri (50 ± 2) °C. Teplota vodnej lázne nesmie kolísať viac než 3K/h.

Všetky charakteristiky merané v medzipolohe ovládača sa táto medzipoloha musí nastavovať v smere zatvárania.



Obrázok 8 [1]

A- Prietok
B- Teplota vodnej lázne
C- Hysterézia
D- Vplyv tlakového rozdielu
E- Vplyv statického tlaku
F- Rozmedzie teplôt snímača medzi maximálnou a minimálnou polohou nastavenia ovládača
G- Vplyv teploty okolného prostredia pri ventiloch s regulátorom teploty s prenášacími členmi

3.3.2 Otváracia charakteristika pri nastavení ovládača na minimálnu teplotu (charakteristika č. 1) a pri jeho nastavení na maximálnu hodnotu (charakteristika č. 2)

Ovládač sa nastaví na minimálne nastavenie. Začína sa z teploty väčšej od otváracej teploty minimálne o 2K. Teplota snímaču sa postupne znižuje až na hodnotu o 3K nižžšiu ako otváracia teplota, pričom sa zaznamená otváracia charakteristika.

Potom sa ovládač nastaví na maximálne nastavenie a rovnakým postupom sa zaznamená otváracia charakteristika maximálneho nastavenia.

3.3.3 Otváracia charakteristika v medzipolohe ovládača (charakteristika č. 3)

Nastaví sa stredné nastavenie ovládača, pri ktorom je otváracia teplota na otváracej charakteristike v rozmedzí 20°C až 24°C. Test sa začína z teploty prevyšujúcej otváraciu teplotu minimálne o 2K. Teplota sa pomaly znižuje až pod teplotu o 6K nižšiu ako otváracia teplota pričom sa zaznamená otváracia charakteristika.

3.3.4 Zatváracia charakteristika v medzipolohe ovládača (charakteristika č. 4)

Nastaví sa stredné nastavenie ovládača. Test začína z teploty minimálne o 4K nižšej než je otváracia teplota. Teplota sa postupne zvyšuje až na teplotu o 1K vyžšiu ako je uzatváracia teplota pričom sa zaznamená zatváracia charakteristika.

3.3.5 Otváracia charakteristika ventilov s regulátorom teploty a s prenášacími členmi v medzipolohe ovládača (charakteristika č. 5)

Charakteristika sa u ventilov so vstavaným snímačom a ovládačom v hlavici nezaznamenáva.

Nastaví sa stredné nastavenie ovládača. Prevádzací člen súčastne s jeho prenášacou časťou o dĺžke 1m sa ponorí do vodnej lázne 2. Vodná lázeň 2 musí mať stálu teplotu o (10±0,1)K prevyšujúcu teplotu snímača pri ktorej sa dosiahne nominálny prietok.

Zvyšná časť prevádzacieho členu, snímač a ovládač sa ponoria do vodnej lázne 1. Vodná lázeň 1 vychádza z teploty prevyšujúcej otváraciu teplotu o minimálne 2K. Teplota snímača sa zníži o 3K pod otváraciu teplotu a zaznamená sa otváracia charakteristika.

3.3.6 Zatváracia charakteristika v medzipolohe ovládača pri tlakovom rozdielu väčšom než 0,1bar (Charakteristika č. 6)

U ventilov s prenášacím členom sa zaznamená rovnaká charakteristika ako bola otestovaná podľa 3.3.5 .

U ventilov so vstavaným snímačom meranie prebieha analogicky 3.3.4 pri tlakovom rozdiele 0,6bar ± 2%. V prípade, že maximálny tlakový rozdiel uvedený výrobcom je nižší ako 0,6bar, skúška prebieha pri uvedenom tlakovom rozdiele.

3.3.7 Zatváracia charakteristika v medzipolohe ovládača pri statickom tlaku 10bar (Charakteristika č. 7)

Meranie prebieha rovnakým postupom ako je uvedeným v 3.3.4 sa zaznamenáva uzatváracia charakteristika pri statickom tlaku 10 bar.

3.4 Zaznamenanie teoretickej charakteristiky

Tento postup sa používa u každej zaznamenanej otváracej aj zatváracej charakteristiky. Číselným označením bodov odkazuje na obrázok 9.

1) Lineárna časť charakteristiky sa predĺži tak aby pretla q_m=0 v bode 1_1 alebo sa zakreslí dotyčnica prechádzajúca cez inflexný bod charakteristiky.

2) Pri teplote zníženej o 2K od bodu 1_1 získame bod 2_1 a zistíme k nemu odpovedajúci prietok na charakteristike kde nám vznikne bod 3_1.

3) Bod 4_1 na charakteristike odpovedá 50% prietoku bodu 3_1.

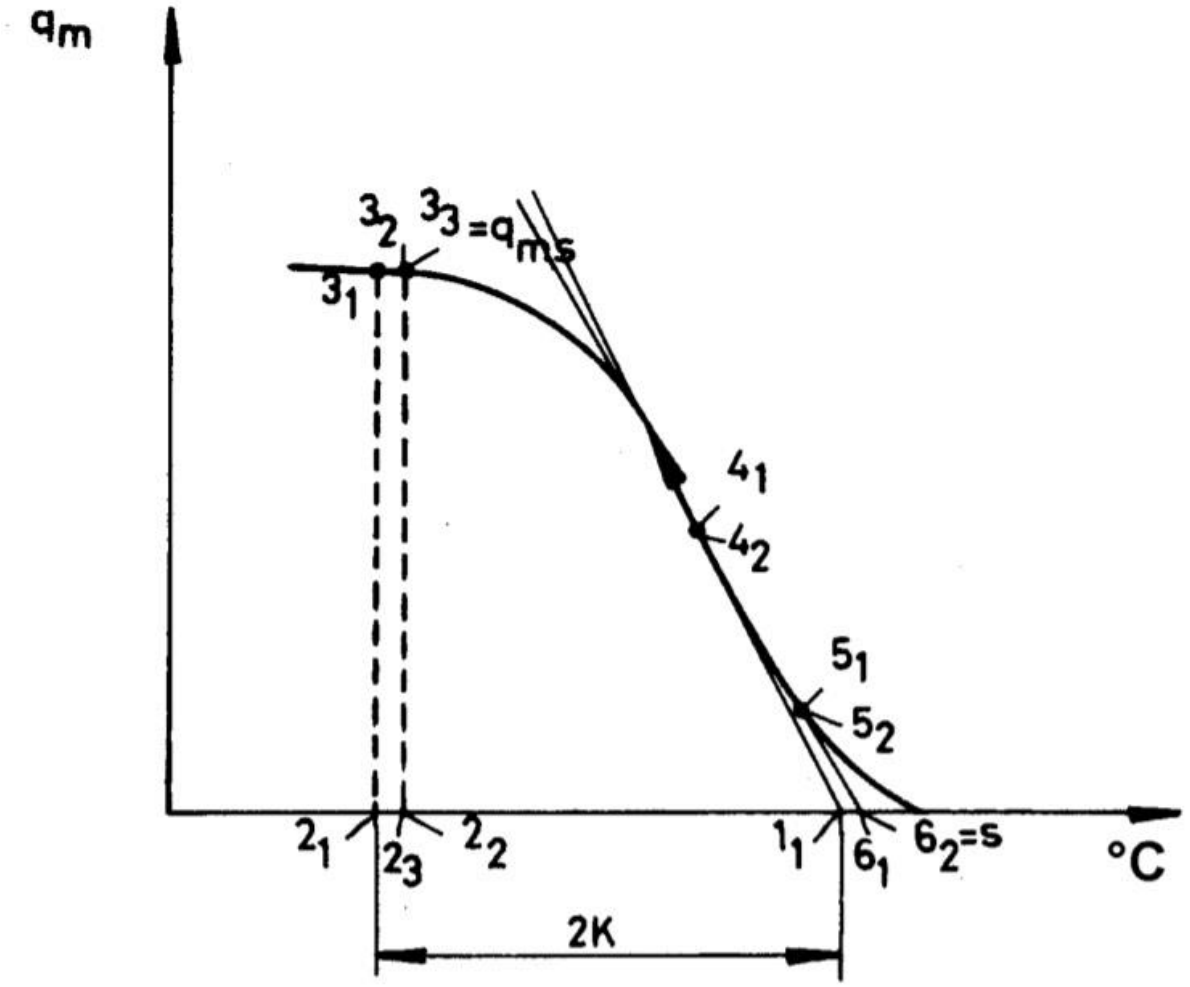
4) Bod 5_1 na charakteristike odpovedá 25% prietoku bodu 3_1.

5) Predĺžením spojnice bodov 4_1 a 5_1 tak aby pretla q_m=0 vznikne bod 6_1.

6) Postup sa opakuje začínajúc z bodu 6_1 až dovtedy, pokiaľ ďalšie opakovanie neskončí v tom istom bode ako začalo. Potom sa tento bod označí bodom S.

7) Prietok vody odpovedajúci bodu S-2K je charakteristickým prietokom $q_{m\,s}$.

8) Priamka vedená konečnými body 4_n ,5_n , hodnotou $q_{m\,s}$ na charakteristike a bodom S je označená ako teoretická charakteristika.



Obrázok 9 [1]

4 NÁVRH TESTERU

4.1 Požadované parametry testeru

Zadaním bolo navrhnúť software pre ovládanie a logovanie výsledkov testeru popísaného v 3.1 a 3.2.

Software má byť užívateľským rozhraním kde bude možno nastaviť parametre testu charakteristiky, ktorý následne automatickou procedúrov tester zaznamená.

Počas testovacej procedúry tester zobrazí aktuálny stav testovacieho zariadenia, hodnoty na senzoroch a vykreslí ich do grafu.

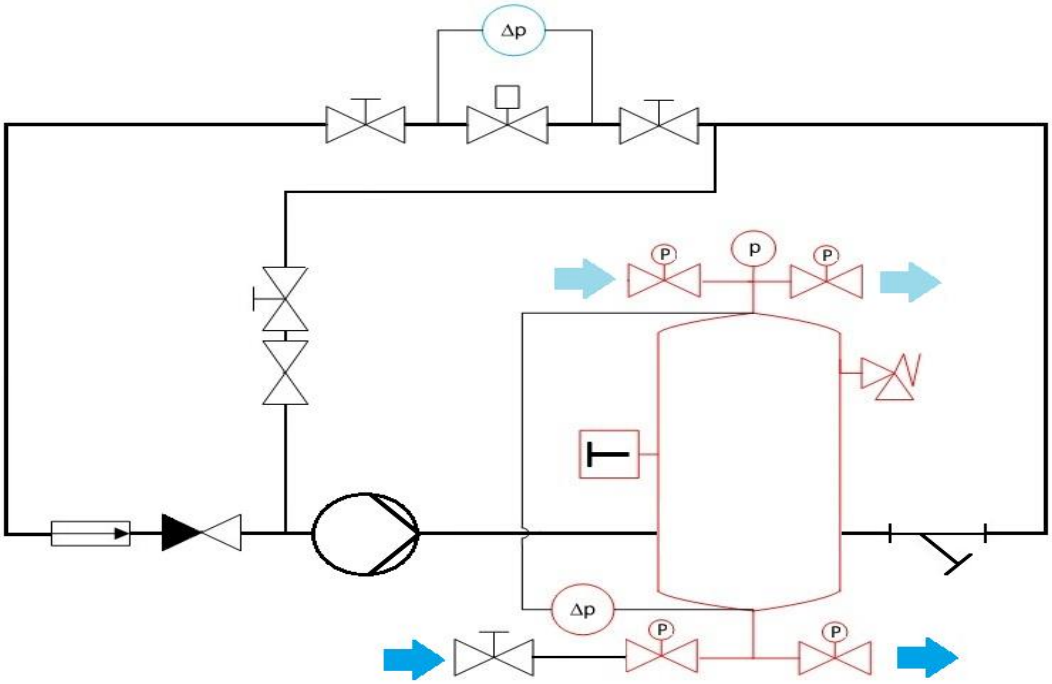
Po úspešnom skončení testovacej procedúry software vypočíta teoretickú charakteristiku prislúchajúcu charakteristike nameranej jej prienik s nulovým prietokom ktorý je bodom S a nominálnu hodnotu prietoku charakteristiky. Z praxe testovania termostatických ventilov je známe, že najčastejšie testovanými charakteristikami sú charakteristiky č. 3 a č. 4 (testované podľa 3.3.3 a 3.3.4) pri testovaní týchto dvoch charakteristík prebieha testovacia procedúra ako jeden celok a po úspešnom otestovaní je potrebné vypočítať ďalšiu klúčovú hodnotu ktrou je hysterézia.(2.5.4)

Následné vypočítané hodnoty program zobrazí a zapíše do súboru spoločne so všetkými zmeranými hodnotami.

4.2 Elektro a hydro obvody

. Na obrázku 10 sa nachádza schéma reprezentujúce hydraolickú časť testovacieho okruhu. Z dôvodov automatizovania testovacej procedúry sa statický tlak neudržiava pomocou expanznej nádoby, ale využívame tlakový vzduchový okruh, ktorým je vybavená budova kde sa tester nachádza.

Prívod vzduchu je škrtený a pripojený cez pneumatický ventil k tlakovej nádobe. Spoločne s pneumatickým ventilom, ktorý má vstup spojený s tlakovou nádobou a výstup otvorený do atmosféry, tvoria regulačné členy, regulujúce statický tlak v systéme.



Obrázok 10

Keďže pri každej výmene vzorku tester stratí malý obsah vody, pre zabezpečenie stáleho dostatku vody v okruhu, postupovali sme s pripojením okruhu k vode analogicky ako k tlakovému vzduchu. Vstupný pneumatický ventil je pripojený k zdroju vody, výstupný pneumatický ventil je pripojený k odpadu. Automatická procedúra pred každým novým meraním vyreguluje množstvo vody na prednastavenú hodnotu.

Výška hladiny vody sa prepočítava z tlakového rozdielu ktorý je odoberaný na dne nádoby a na jej vrchnej časti, kde tlakový rozdiel je rovný hydrostatickému tlaku vody v nádobe. Po zjednodušenom prepočte vieme, že tlakový rozdiel 0,1bar približne reprezentuje výšku hladiny vody o veľkosti 1m.

Návrh elektrického zapojenia, voľba komponetnov a ich pripojenie bola už dopredu pripravená. Schematické znázornenie elektronických komponentov je na obrázku 11.

Testovacie zariadenie sa skladá z dvoch častí ktoré sú popísané v 3.1 a 3.2. Celá funkčnosť časti testeru popísanom v 3.2 je zastúpená termostatom *Thermo AC200* v spojení s chladiacou lázňou *Thermo A25*.

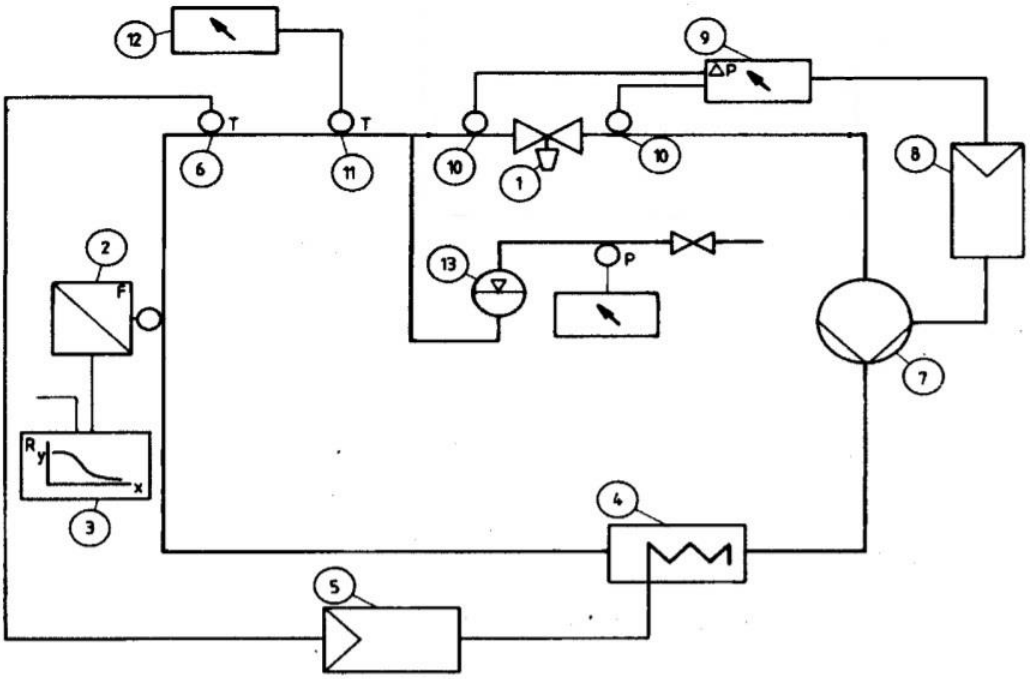
Na meranie prietoku vody v okruhu (Obr. 11-2) bol zvolený coriolisový prietokomer *Promass 80F* pre jeho vysokú presnosť. Na vyčítanie hodnôt z neho bol zvolený spôsob vyčítania dát pomocou HART/USB prekladača *Smart HM02.*

Všetky ostatné hodnoty sú zaznamenávané analógovo, pomocou PLC A/D prevodníkovej karty. Ako PLC bol zvolený Siemens *SIMATIC 1215C* s kartou *SM 1231* ktorá má 4 analógové vstupy podporujúce aj prúdový aj napäťový okruh.

K PLC je pripojený senzor statického tlaku (Obr. 11-12) *FEMA Smart SN,* senzor diferenčného tlaku (Obr. 11-9) *Endress+Hauser PMD55,* teplomer (Obr. 11-6) *FEMA TST-R* a senzor tlakového rozdielu pre určenie výšky hladiny vody v tlakovej nádobe *FEMA Smart SN DIFF.*

PLC zároveň slúži ako regulátor pre statický tlak, diferenčný tlak a teplotu vody v okruhu (Obr. 11-5,8).

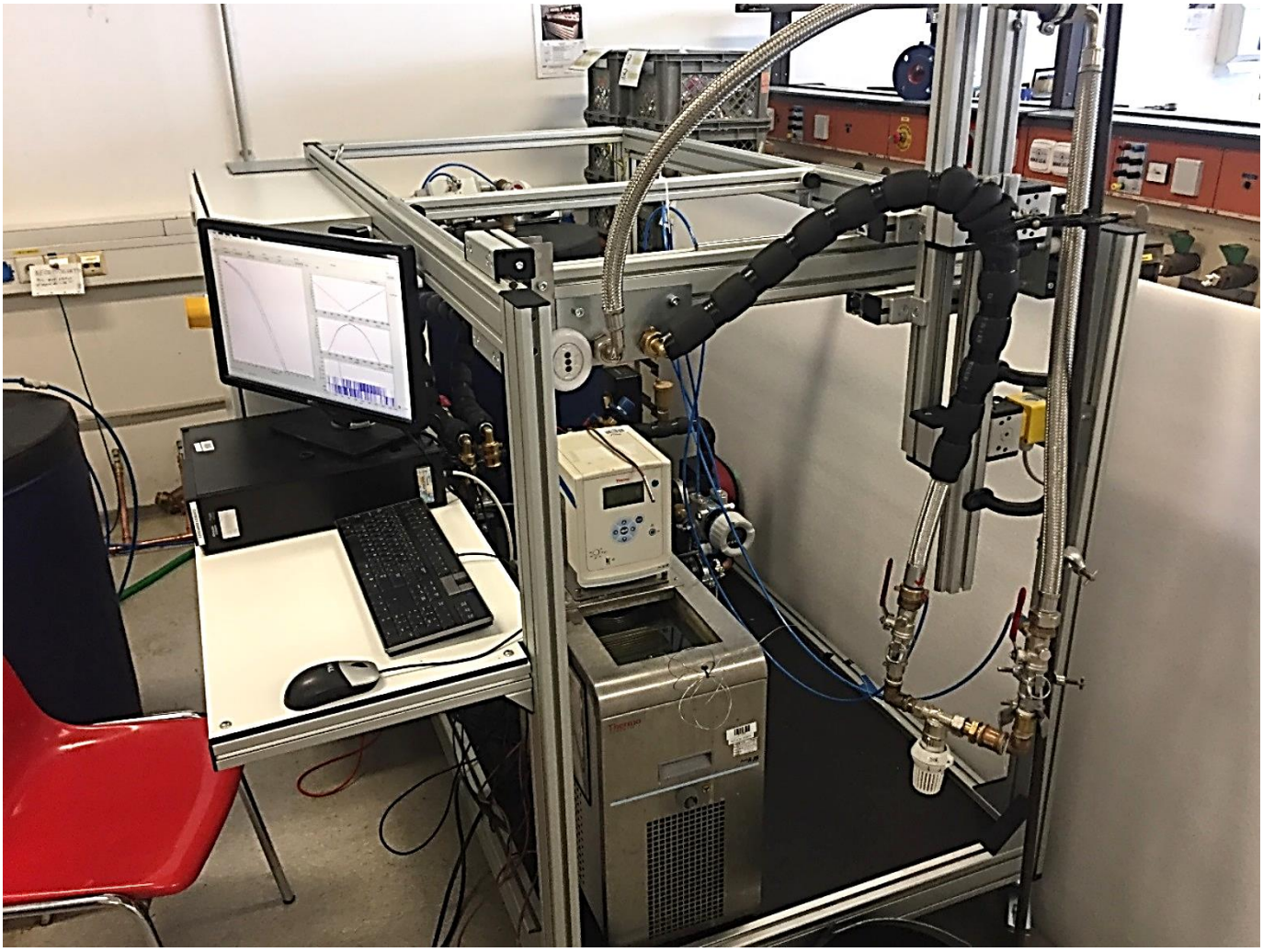
Pre zaznamenávanie hodnôt a ich vykreslovanie do grafu je použitý LabVIEW program bežiaci na PC(Obr. 11-3).



Obrázok 11 [1]

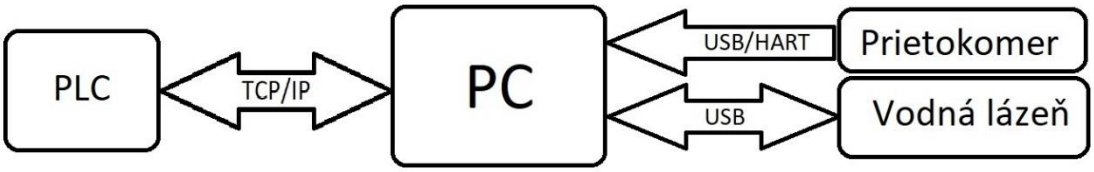
4.3 Testovacie zariadenie

Zariadenie nahradilo predchádzajúcu verziu testovacieho zariadenia s rovnakým účelom no už zastaralím HW a obmedzenými regulačnými možnosťami. S pôvodného zariadenia sme ponechali regulačnú vodnú lázeň, ktorá plní funkčnosť testovacieho zariadenia popísaného v 3.2, desktop PC ktoré je súčasťou testeru a presný prietokomer. Zariadenie je odfotené počas merania na obrázku 12.



Obrázok 12

Užívatelským prostredím je LabVIEW software spustený na počítači ktorý je súčasťou testovacieho zariadenia. Schematické znázornenie zapojenia nového návrhu je zobrazené na obrázku 13.

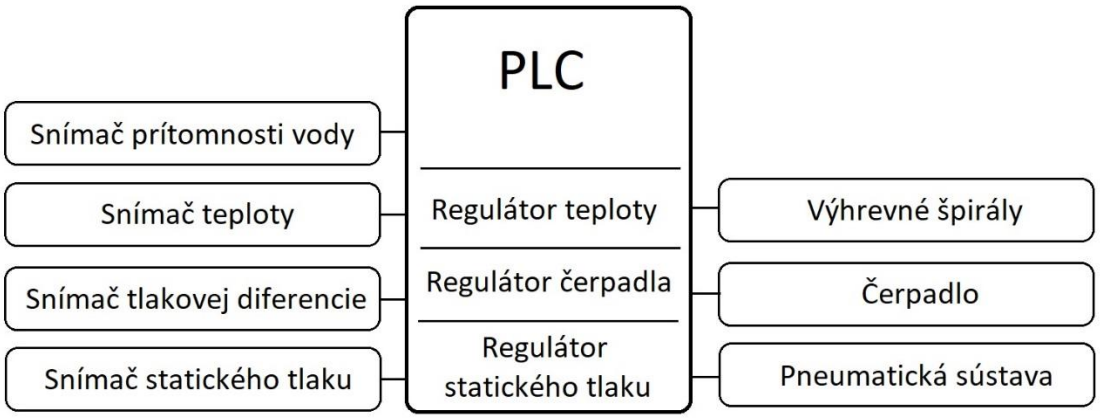


Obrázok 13

Počítač komunikuje s USB/HART prevodníkom ktorý vyčíta aktuálnu hodnotu na prietokomere.

Zároveň sériovou komunikáciou cez USB program získava dáta o aktuálnej teplote vodnej lázne a odosiela jej príkazy na nastavenie teploty a jej teplotnej zmeny v čase.

Regulačná časť testovacieho zariadenia prebieha na PLC (Obr. 14) s ktorým program komunikuje pomocou TCP/IP komunikácie z ktorej vyčíta aktuálne hodnoty senzorov na PLC a zároveň nastavuje funkčnosť regulátorov a chcené hodnoty regulovaných veličín.



Obrázok 14

4.4 Užívateľské prostredie

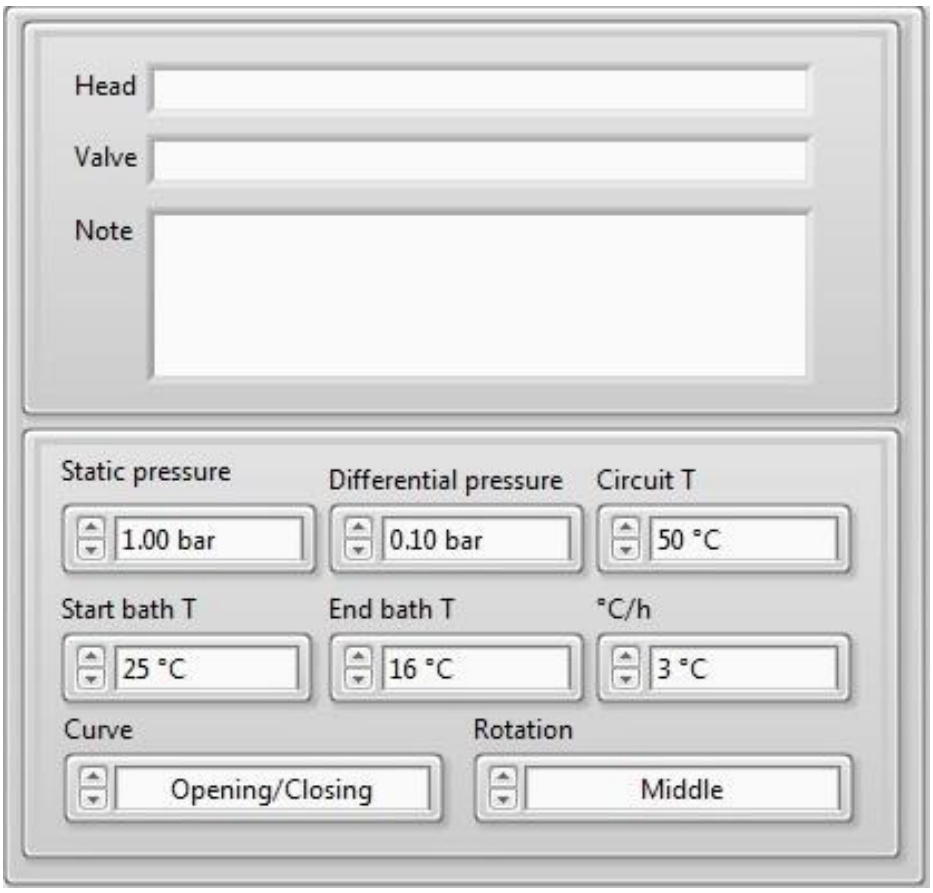
Po zapnutí testovacieho zariadenia a prihlásení sa do systému Windows, užívateľ spustí testovací program. Pretože testovacie zariadenie môže používať aj nekvalifikovaný poučený personál z výrobného závodu, zobrazí sa ako prvá možnosť okno pre nastavenie jednoduchého testu, pre konkrétne vyrábané produkty (obr. 15).

Obrázok 15

Po nastavení požadovaných meraných hodnôt užívateľ stlačí možnosť „Měřit“ a v prípade, že všetky nastavenia boli správne zadané automatická procedúra zmeria charakteristiky, vypočíta hodnoty, zobrazí ich na monitore a dáta zapíše do súboru.

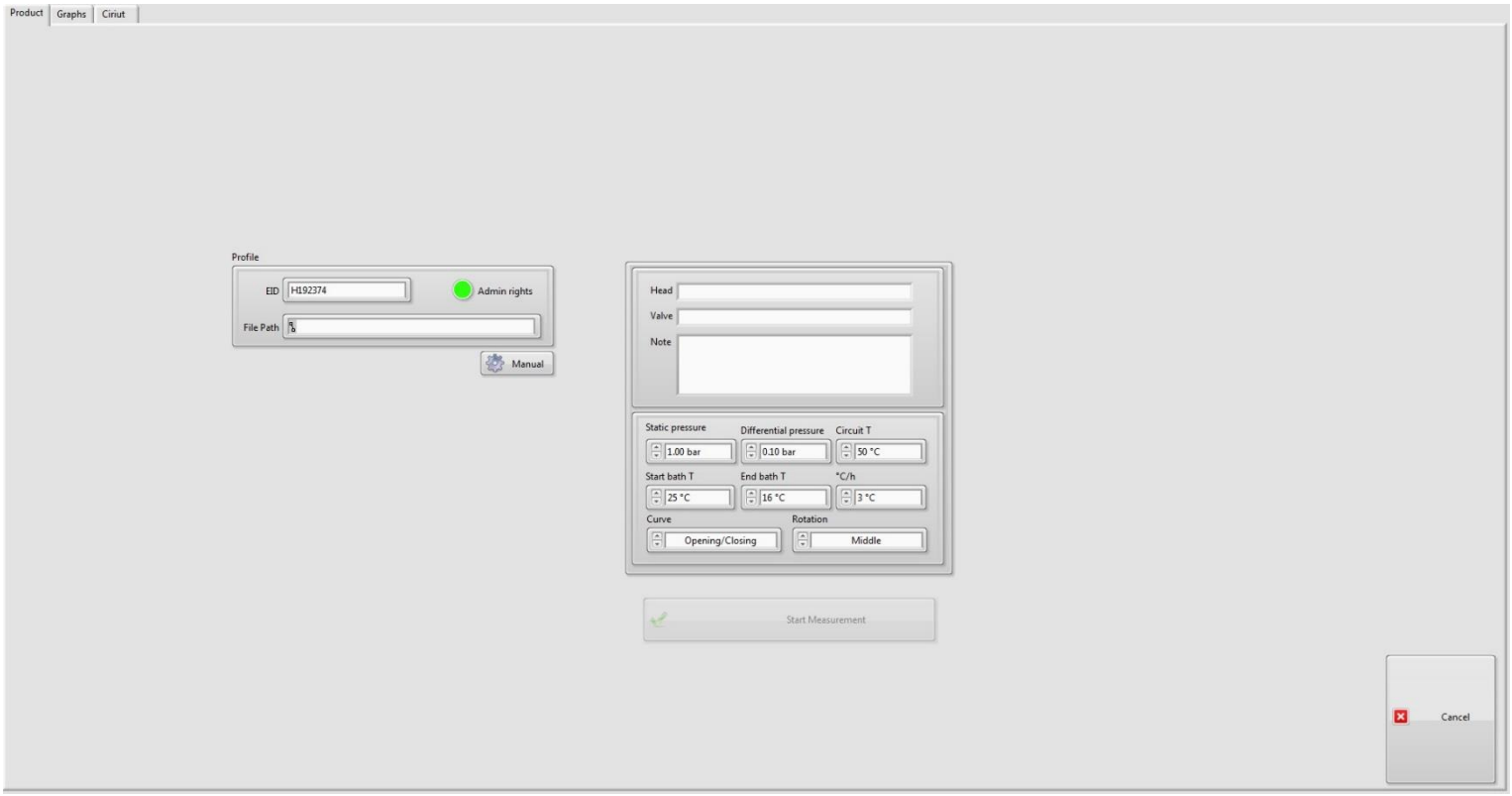
Počas priebehu merania vidí užívateľ tri základné karty medzi ktorými môže voľne prechádzať. Prvá karta zobrazuje údaje o užívateľovi a nastavení merania. V druhej karte sú vyobrazené grafy hodnôt nameraných od začiatku merania. Posledná karta obsahuje zjednodušené schéma testeru s aktuálnymi hodnotami senzorov a stavmi elektroniky.

V prípade, že program chce obsluhovať kvalifikovaný personál vyberie si možnosť „Unlock“ v pravej spodnej časti okna a prihlási sa pomocou firemného osobného čísla a hesla. Pokiaľ sa nachádza v zozname povolených užívateľov program mu odomkne rozšírené ovládacie možnosti (Obr. 16) na prvej karte projektu (Obr. 17), ktoré počas priebehu testu slúžia ako indikátor nastavení merania.



Obrázok 16

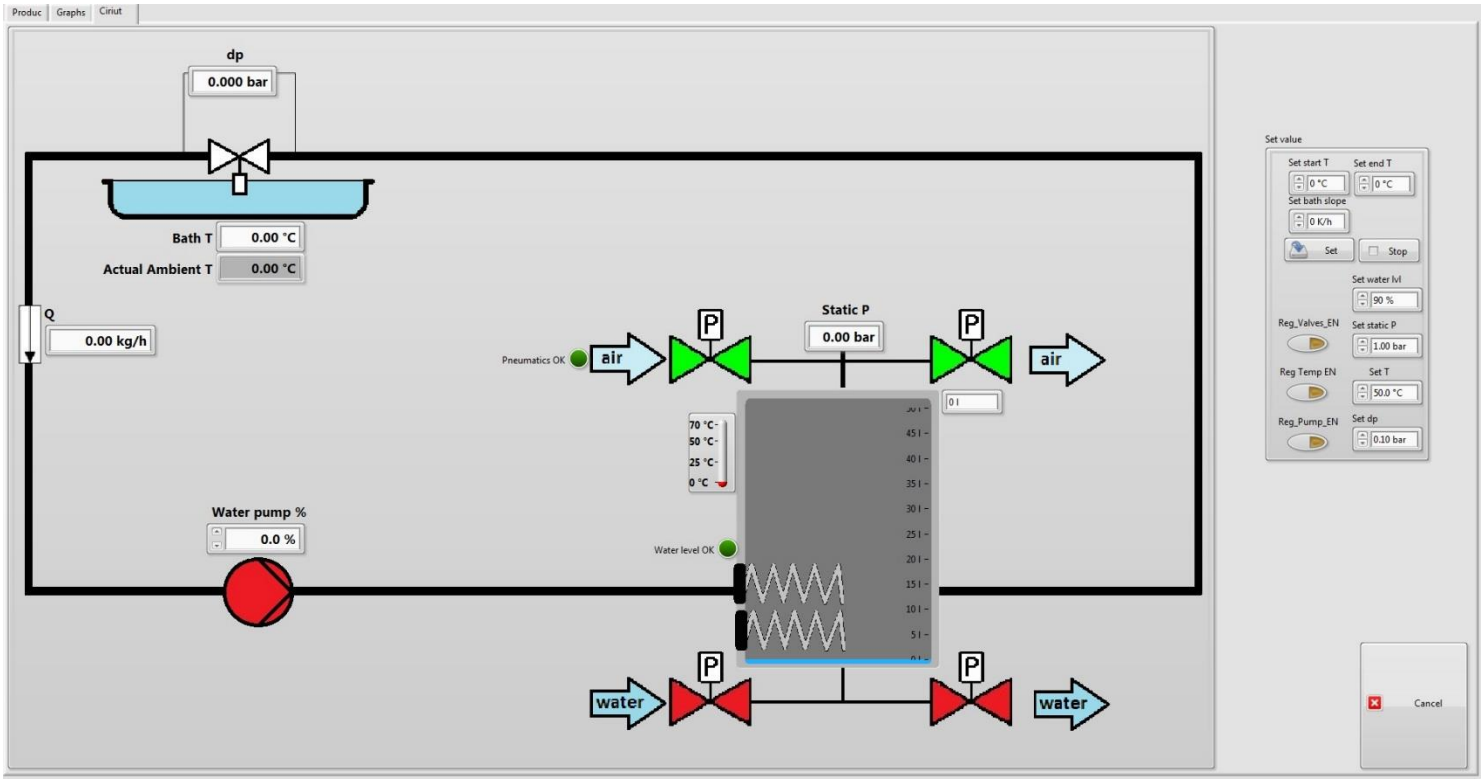
Po vyplnení všetkých polí a nastavení sa odomkne možnosť stlačenia tlačidla „Start measurement“ na prvej karte projektu a užívateľ môže spustiť meranie ktoré už prebieha analogicky ako neprihlásený užívateľ.



Obrázok 17

Prihlásený užívateľ má taktiež pred začatím merania odomknuté tlačidlo „Manual“ nachádzajúce sa na prvej karte projektu (Obr. 17). Táto možnosť slúži pre úplné manuálne nastavenie jednotlivých prvkov okruhu a prenesie užívateľa do tretej karty projektu (Obr. 18). Okrem plne manuálneho režimu, ale obsahuje možnosť spustenia jednotlivých regulátorov samostatne ktorá sa nachádza v pravom rohu tretej karty (táto možnosť je viditeľná iba počas manuálneho režimu testovania).

Manuálny režim je určený primárne pre učely údržby testeru, preto neobsahuje bezpečnostné prvky a musí sa ovládať so zvýšenou opatrnosťou.



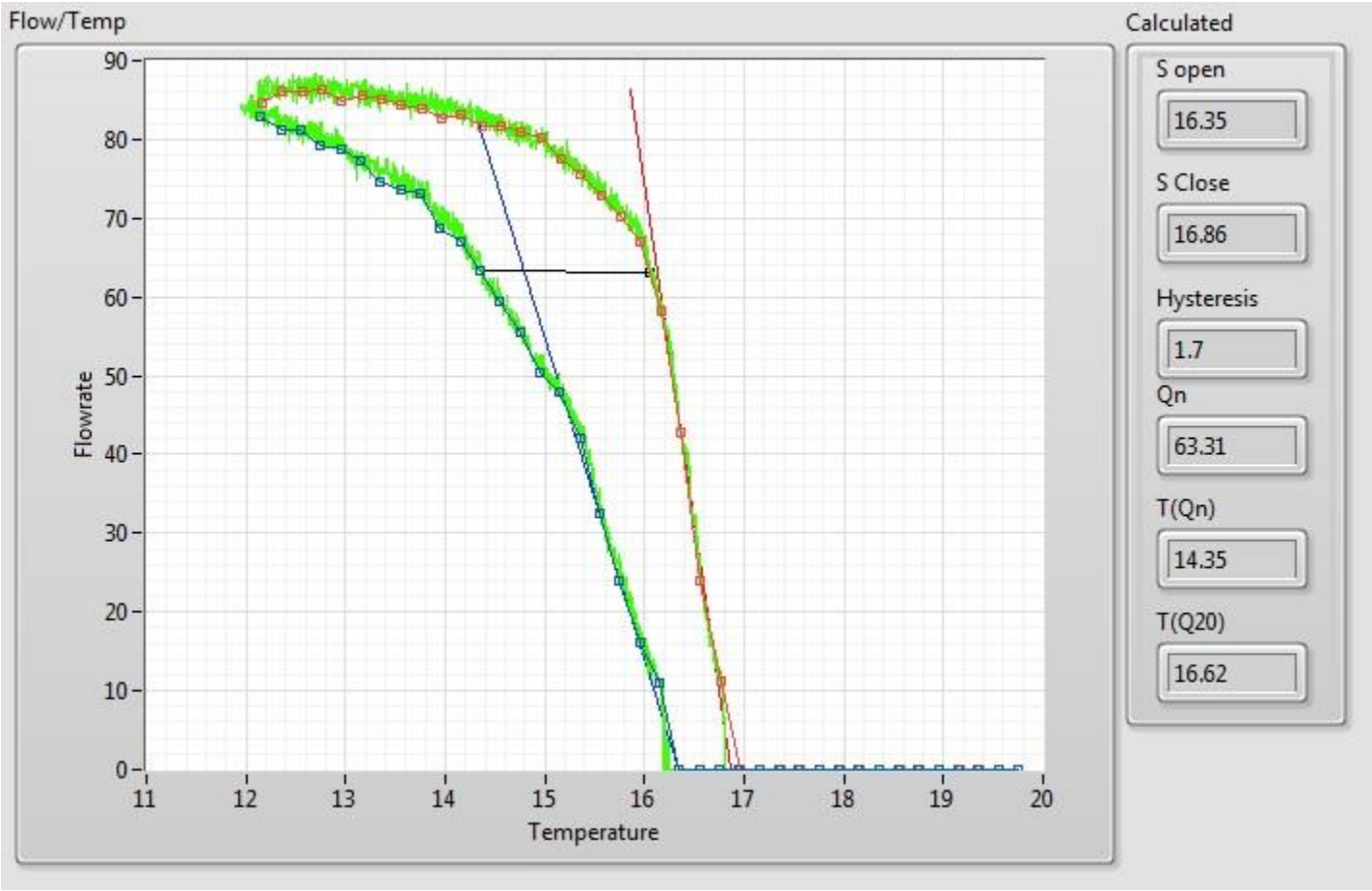
Obrázok 18

4.5 Vyhodnocovanie

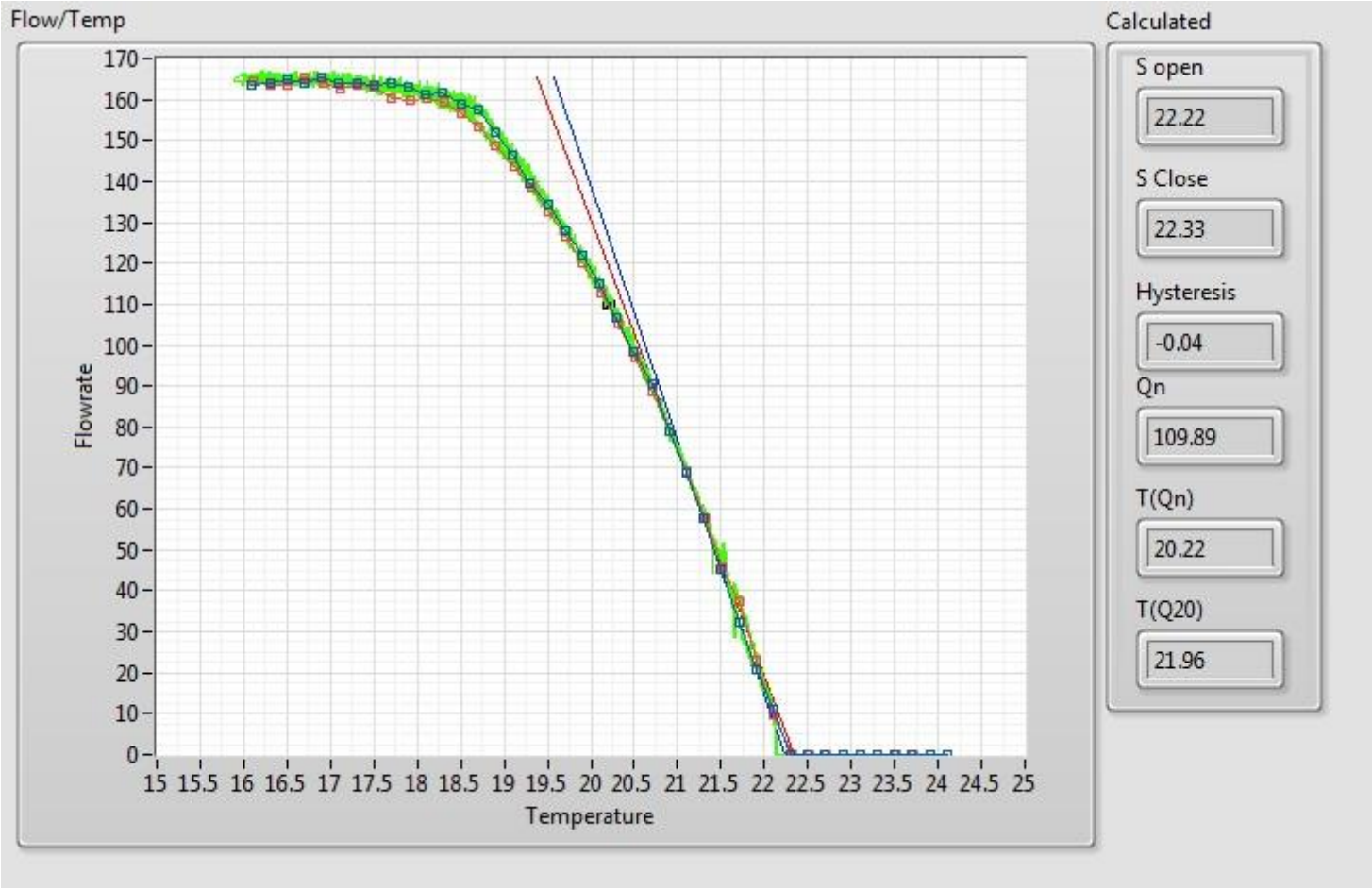
Vyhodnocovanie zmeraných hodnôt vychádza z postupu popísaného v 3.4. Na nasledujúcich stránkach sa nachádzajú tri náhodné príklady zmeraných neoznačených ventilov s regulátorom teploty. Príklady dokazujú funkčnosť testovacieho software nakoľko výpočet je posledným prvkom v celom meraní a výsledky sa dajú overiť graficky.

Zelená krivka predstavuje surové dáta vynesené do grafu. Modrá krivka vyobrazuje otváraciu charakteristiku č. 3 (podľa 3.3.3). Červená krivka predstavuje uzatváraciu charakteristiku č. 4 (podľa 3.3.4). Vypočítané teoretické charakteristiky odpovedajú farebne nameraným charakteristikám.

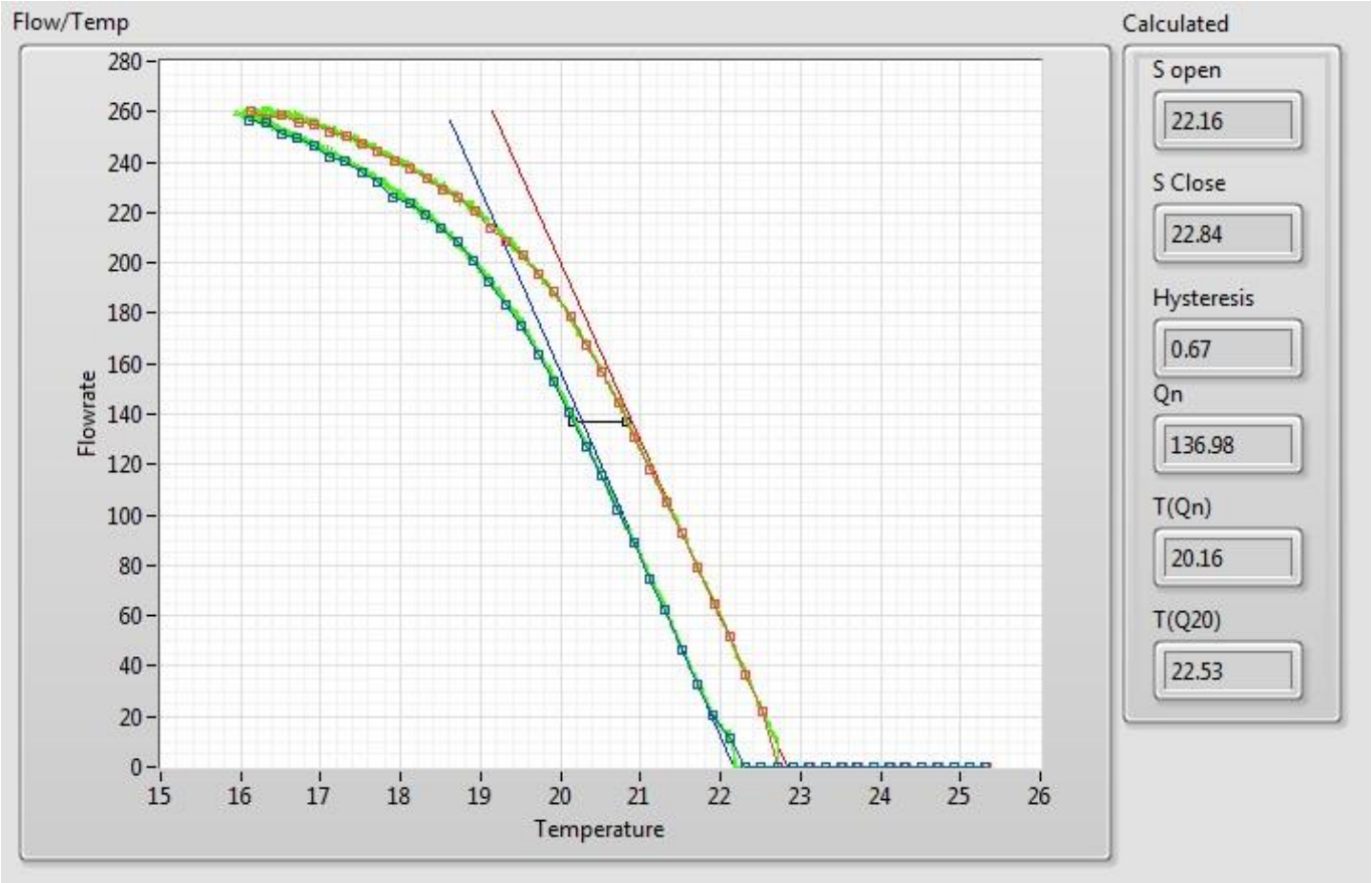
Pri grafoch sú vyobrazené hodnoty odpovedajúce bodom S, hysterézií, nominálnemu prietoku, teplote nominálneho prietoku a teplote pri ktorej uzatváracia charakteristika dosahuje prietok 20kg/h.


Flow/Temp
Calculated
S open
16.35
S Close
16.86
Hysteresis
1.7
Qn
63.31
T(Qn)
14.35
T(Q20)
16.62
Flowrate
Temperature
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Príklad 1


Flow/Temp
Flowrate
Temperature
Calculated
S open
22.22
S Close
22.33
Hysteresis
-0.04
Qn
109.89
T(Qn)
20.22
T(Q20)
21.96

Príklad 2


Flow/Temp
Calculated
Flowrate
Temperature
S open
22.16
S Close
22.84
Hysteresis
0.67
Qn
136.98
T(Qn)
20.16
T(Q20)
22.53

Príklad 3

5 ZÁVER

Cieľom práce bolo vytvoriť software pre ovládanie testovacieho zariadenia na termostatické ventily. Zariadenie slúži testovaciemu laboratóriu pri vývoji nových produktov a ich optimalizácií. Zariadenie taktiež podporuje výrobný závod ktorý sa nachádza v tej istej budove, kde slúži ako kontrolný prvok pri pravidelnom náhodnom výbere niekoľkých kusov termostatických ventilov.

V úvodnej časti práce sa nachádza rešeršné parafrázovanie normy EN215 [1] zameraním na riešený testovací okruh. Po definovaní samotného termostatického ventila a jeho alternatívnych verzií, práca definuje všetky potrebné technické termíny potrebné k testovaniu termostatických ventilov a popisuje predlohu testovacieho zariadenia ktoré je udané normou.

V ďalšej časti práca popisuje hardware a mechanické časti testeru ktoré som prebral k vypracovaniu. Popisuje samotné zapojenie testeru a jeho štruktúru. Vysvetľuje funkciu software a jeho jednotlivé možnosti. V práci sú uvedené tri príklady konkrétnych meraní troch rôznych termostatických ventilov ktoré dokazujú funkčnosť meracieho software a zároveň aj jeho výpočtovej časti.

Projekt v momentálnej fáze spĺňa požadované vlastnosti, zároveň sa však do budúcej verzií projektu odporúča zaviesť zaznamenávanie dát s možnosťou uloženia aj do manuálneho režimu testeru a pridať možnosť prepočítania už predom uložených dát pre overenie vypočítaných výsledkov.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ČSN EN 215. Ventily pro otopná tělesa s regulátorem teploty – Požadavky a zkušební metody. Praha:Český normalizační institut,2004. ISC 91:140:1