

# **Řízení zkoušky odolnosti spojů termoplastového potrubí vůči teplotním cyklům**

Control resistance tests of thermoplastic pipe joints against  
temperature cycles

Bc. Jiří Fůsek

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří FŮSEK**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Řízení zkoušky odolnosti spojů termoplastového potrubí vůči teplotním cyklům.**

## Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte program pro ovládání jednoúčelového zařízení pro zkoušky termoplastových potrubí na odolnost proti opotřebení.
2. Využijte PLC MITSUBISHI a dotykový displej.
3. Aplikaci vytvořte s možností napojení do PC s využitím rozhraní Control Web.
4. Zkušební sestava je vystavena teplotním cyklům při konstantním tlaku. Změna teploty v rámci teplotního cyklu se musí provést v určitém časovém limitu. Aplikaci vytvořte tak, aby bylo zajištěno přepínání okruhu přes zásobník horké vody (teplá fáze) nebo přes chladič (studená fáze).
5. Uživatelské rozhraní realizujte přes dotykový displej.

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je vytvořit program pro jednoúčelové zařízení ovládající zkoušky termoplastových potrubí na odolnost proti opotřebení. Požadavky na činnost programu, parametry a nároky zkoušky vycházejí z příložené normy ČSN. Vodárenský okruh řídí PLC MITSUBISHI a jako ovládací prvek zde slouží dotykový displej, který je propojen přes sériový port COM s PC, na kterém běží vizualizace celého procesu v prostředí Control Web 6. Zkušební soustava je složena z uzavřeného okruhu studené a teplé vody, přičemž testování probíhá ve smyslu opakujících se cyklů realizujících se střídavě pro teplou a studenou vodu. Důležitá data jako např. teploty jednotlivých vzorků potrubí, teplota laboratoře a tlak v okruhu jsou navíc archivována a ukládána do souboru.

Klíčová slova: normy ČSN, certifikace, GX IEC Developer, GT Designer, Control web

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis is to create the programme for the dedicated device, which controls the tests of the thermoplastic pipes, their resistance to wear. The requirements for the activity of the programme, parameters and demands of the test result from the enclosed standard/norm of the ČSN(Czech state norm). PLC MITSUBISHI has control over the water supply circle and as the control element works the touch screen, which is connected through the serial port COM with PC, on which runs the visualization of the whole process in the environment Control Web 6. The testing system consists of the enclosed circle of the cold and warm water, the testing runs in periodic cycles, which are realized by turns for the warm and cold water. The important data, for example the temperatures of the particular samples of the pipes, the temperature of the test room and moreover the pressure in the circle, are archived and saved in the file.

Keywords: norms/standards of the ČSN, certification, GX IEC Developer, GT Designer, Control web

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Marku Kubalčíkovi, Ph.D. za upozornění na řadu chyb či nápadů v otázce kompletace diplomové práce jako takové a dále mému konzultantovi panu Mgr. Romanu Dlabajovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a nezbytných informací v průběhu řešení této práce. Na závěr bych chtěl poděkovat rodičům a přátelům za jejich podporu při studiu.

Motto:

„Když něco dělám, tak to dělám (v rámci svých možností) pořádně a nebo to nedělám vůbec!“

---

„U počítačů není nic nemyslitelné, natož pak nemožné - kromě toho, co je potřeba.“

„Dítě, které dosáhne rukama na klávesnici, přijde hned při první příležitosti na kombinaci kláves, kterou se dá něco zničit. Existuje-li více možností, pak si vybere tu, která má nejkatastrofálnější následky.“

Murphyho počítačové zákony

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 AUTOMATIZACE OBECNĚ</b> .....	<b>11</b>
1.1 AUTOMATIZACE VE VŠECH OBORECH .....	11
1.2 POČÍTAČE V AUTOMATIZACI .....	11
1.3 KOMUNIKACE, INTEGRACE A DISTRIBUOVANOST .....	12
1.4 OPERÁTORSKÉ ROZHRAŇÍ.....	14
<b>2 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY</b> .....	<b>16</b>
2.1 SEZNÁMENÍ S PLC.....	17
2.2 PROČ POUŽÍVAT PLC?.....	18
2.2.1 Rychlá realizace .....	18
2.2.2 Spolehlivost, odolnost, diagnostika.....	18
2.2.3 Nekončící změny v zadání .....	18
2.3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ PLC.....	19
2.3.1 Mikro PLC.....	19
2.3.2 Kompaktní PLC.....	19
2.3.3 Stavebnicové (modulární) PLC .....	19
2.4 PROGRAMOVÁNÍ PLC.....	20
2.4.1 Centrální jednotka .....	20
2.4.2 Soubor instrukcí PLC .....	20
2.4.3 Specializované instrukce .....	21
2.4.4 Výkonnost programovatelného automatu .....	21
2.5 VYKONÁVÁNÍ PROGRAMU PLC .....	22
2.5.1 Uživatelský program, cyklická aktivace.....	22
2.5.2 Obrazy vstupů a výstupů .....	22
2.6 PROGRAMOVACÍ JAZYKY PLC.....	23
2.6.1 Jazyk příčkového diagramu LD.....	23
2.6.2 Jazyk funkčního blokového schématu FBD .....	23
2.6.3 Jazyk seznamu instrukcí IL .....	24
2.6.4 Jazyk strukturovaného textu (ST) .....	25
2.6.5 Sekvenční funkční diagram SFC.....	25
<b>3 POUŽITÝ SOFTWARE V TÉTO PRÁCI - POPIS</b> .....	<b>26</b>
3.1 GX IEC DEVELOPER .....	26
3.1.1 Hierarchická aplikační architektura.....	26
3.1.2 Pružná implementace .....	26
3.1.3 Jednoduchá konfigurace ovládacích prvků .....	26
3.1.4 Nastavení konfigurace hardwaru a sítě .....	26
3.1.5 Sestavení aplikačního programu .....	27
3.1.6 Normální provoz .....	27
3.1.7 Instalace a údržba .....	27

3.1.8	Klíčové funkce zahrnují: .....	27
3.2	GT DESIGNER 2 .....	28
3.2.1	Dotykový displej GOT 1020/1030 .....	28
3.3	CONTROL WEB 6 .....	30
3.3.1	Vizuální programování .....	30
3.3.2	Aplikace reálného času .....	33
3.3.3	Distribuované modulární aplikace .....	34
3.3.4	Kdo stojí za vývojem Control Webu ? .....	35
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>POPIS ZKUŠEBNÍCH PROSTOR PRO REALIZACI ZKOUŠKY .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>NORMA PRO PLASTOVÉ POTRUBNÍ SYSTÉMY - ČSN EN 12293 .....</b>	<b>43</b>
5.1	OBLAST POUŽITÍ .....	43
5.2	PRINCIPY .....	43
5.3	TESTOVACÍ APARATURA .....	44
5.3.1	Zdroj studené vody: .....	44
5.3.2	Zdroj horké vody: .....	44
5.3.3	Vyrovňovací ventily .....	44
5.3.4	Alternativní vybavení .....	44
5.3.5	Teploměr(y) .....	44
5.3.6	Tlakoměr(y) .....	44
5.3.7	Podpůrné svorky .....	45
5.3.8	Napínací zařízení .....	45
5.4	ZKUŠEBNÍ SOUSTAVA .....	45
5.5	PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍ SESTAVY .....	45
5.6	METODIKA TESTOVÁNÍ .....	46
5.7	ZÁPIS TESTU .....	46
<b>6</b>	<b>POPIS ZDROJOVÉHO KÓDU PROGRAMU .....</b>	<b>48</b>
6.1	POU „A_ANALOGCTENIZAPIS“ .....	48
6.2	POU „B_VYPISTEPLOT“ .....	49
6.3	POU „C_ZKOUSKA“ .....	50
6.4	POU „D_KONTROLATEPLOTY“ .....	52
6.5	POU „E_KONTROLATLAKU“ .....	53
6.6	POU „F_KONTROLACHLAZENI“ .....	54
6.7	POU „G_KONTROLACERPADA“ .....	54
6.8	POU „H_POCIDADLOCYKLU“ .....	55
6.9	POU „I_KONTROLAALARMU“ .....	56
6.10	POU „J_OVLADANIDISPLEJE“ .....	56
<b>7</b>	<b>NÁVRH OBRAZOVKOVÉHO FORMÁTU DISPLEJE .....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>POPIS PANELU REALIZOVANÉM V CONTROL WEBU .....</b>	<b>61</b>

8.1	PANEL TLAČÍTEK .....	61
8.2	PANEL INDIKÁTORŮ .....	62
8.3	PANEL OVLÁDÁNÍ VZORKŮ .....	63
8.4	PANEL NASTAVENÍ TLAKU A TEPLoty .....	63
8.5	PANEL 1 .....	63
8.6	PANEL TEPLot JEDNOTLIVÝCH VZORKŮ .....	64
8.7	PANEL ALARMŮ .....	64
8.8	OVLADAČE A KANÁLY .....	64
8.8.1	Popis mapového souboru .....	65
8.8.2	Popis parametrického souboru .....	65
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>66</b>
<b>CLOSE .....</b>		<b>67</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>68</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>69</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>70</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>		<b>73</b>
<b>PŘÍLOHA P I: DOKUMENTAČNÍ DVD .....</b>		<b>74</b>



## ÚVOD

V moderním světě jsme všichni obklopeni výrobky, které ve většině případů přispívají k ulehčení našeho každodenního života, ale které mohou také představovat nebezpečí pro naše zdraví nebo životní prostředí. Naštěstí pro konečného uživatele podléhá většina výrobků pravidlům a předpisům, které se zabývají riziky a tlačí na výrobce, aby vyráběli bezpečné výrobky. Pravidla a předpisy mohou pocházet od zákonného orgánu, zájmové skupiny, renomovaného nezávislého orgánu. Příkladů je mnoho a najdeme je v každé oblasti/kontinentu světa.

Společným jmenovatelem většiny těchto pravidel a předpisů je určitý druh požadavku na nezávislý orgán, aby podrobil výrobek zkouškám a vydal prohlášení o jeho shodě. Tomu se často říká certifikace výrobku.

Certifikace výrobku je postup, osvědčující shodu jeho vlastností s technickou specifikací, to znamená, že osvědčuje jeho jakost minimálně na tzv. obvyklé úrovni. Certifikát dokládá splnění požadavků na užitné vlastnosti a na bezpečnost výrobku, které jsou požadované danou technickou specifikací.

Jedním z nezávislých orgánů, který mi prakticky umožnil tuto práci realizovat, je Institut pro testování a certifikaci, a. s. (ITC). Jedná se o nezávislou zkušební, kalibrační, certifikační, konzultační a inspekční společnost působící v oblasti hodnocení kvality a bezpečnosti výrobků, certifikace managementu řízení, environmentálního managementu a v oblasti technické normalizace.

Práce je rozčleněna na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je cílem uvést základy automatizace. Dále následuje podrobnější seznámení s programovatelnými automaty, po kterých přichází na řadu stručný popis všech programů použitých v této práci.

Praktická část začíná popisem zkušebních prostor, kde se provádí testování vzorků potrubí. Dále následuje popis normy, kterou bylo nezbytně nutné v průběhu zkoušek dodržovat a podle které se do jisté míry postupovalo při programování. Další kapitola se zabývá podrobným popisem PLC programu rozděleného do několika bloků. Poté je několik stran věnováno návrhu uživatelských obrazovek pro použitý dotykový displej a závěrečnou kapitolu tvoří podrobný popis jednotlivých částí panelu v PC, sloužícího pro ovládání celého procesu testování.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 AUTOMATIZACE OBECNĚ

## 1.1 Automatizace ve všech oborech

Automatizační technika prošla v nedávné době bouřlivým vývojem, jak z pohledu součástkové základny a prostředků, tak z pohledu poznání, aplikované teorie a metodiky aplikací. Radikálně se změnila i technické prostředky pro vývoj a tvorbu aplikací. Osobní počítače a systémy pro automatické navrhování a projektování jsou dnes zcela běžné ve většině oborů.

*„V současnosti není automatizace něčím unikátním, co je výsadou drahého komfortu a rozsáhlých výrobních linek a náročných technologických procesů. Kvalitní a inteligentní řízení je dostupné i pro obyčejné stroje, pomocné mechanismy a technologická zařízení ve všech oborech. S inteligentní automatizační technikou se běžně setkáváme v „nevýrobní automatizaci“, zejména v „malé energetice“ a v technice budov. Obtížně bychom hledali obor, kde není automatizační technika využívána.“ [4]*

Prostředky, které byly donedávna výsadou složitých řídicích systémů, dnes nacházíme ve výrobcích spotřebního charakteru, třeba v regulátorech pro kvalitní vytápění bytů a rodinných domků, v automobilech, telefonech a faxech, v automatických pračkách, myčkách nádobí, sporácích, vysavačích a v dalších přístrojích pro kuchyňskou a domácí automatizaci. Setkáváme se s nimi ale i v holících strojích, kamerách nebo v hračkách.

## 1.2 Počítače v automatizaci

Neodmyslitelnou součástí automatizační techniky je výpočetní technika. Osobní počítače jsou běžnou součástí našeho života. V automatizovaných systémech slouží obvykle jako standardní vybavení velínů a dispečerských pracovišť, ale i jako pracoviště pro servis a seřizování, pro monitorování technologického procesu a dokumentování jeho průběhu, pro sledování kvality, spotřeby energie a surovin, pro dokumentování přítomnosti a zásahů obsluhujících. S vyspělou automatizační technikou se tak setkává nejenom obslužný personál, seřizovači a údržbáři, technologové, energetici, kvalitáři, ale mnohdy i vedoucí.

Průmyslové počítače (IPC, IC) se někdy používají při přímém řízení strojů a technologií, někdy jen v roli inteligentního operátorského panelu nebo komunikačního adaptéru. Problémem při jejich nasazování je vysoká cena. Jsou tedy účelné jen tam, kde je

zdůvodněna, zejména při archivaci a zpracování velkých objemů dat, při využití obrazovky a standardního počítačového ovládaní, při využívání standardních programových produktů, při využívání výkonných komunikací, při řešení geometrických a jiných výpočetně náročných úloh.

Někdy se setkáváme s přímým řízením technologických procesů standardními PC, mnohdy umístěnými přímo v technologii. Toto řešení je přinejmenším riskantní a diskutabilní. Běžný počítač kategorie PC je produkt spotřební elektroniky a je konstruován pro provoz v prostředí domácností, laboratoří a kanceláří, kde obvykle funguje s vyhovující spolehlivostí. V drsných průmyslových podmínkách mnohdy selhává (bývá málo spolehlivý, je citlivý na rušení, a přepětí, nemá potřebnou životnost). Problémy vznikají už s pouhým připojením většího počtu vstupních a výstupních vodičů a s jejich odrušením. [4]

### 1.3 Komunikace, integrace a distribuovanost

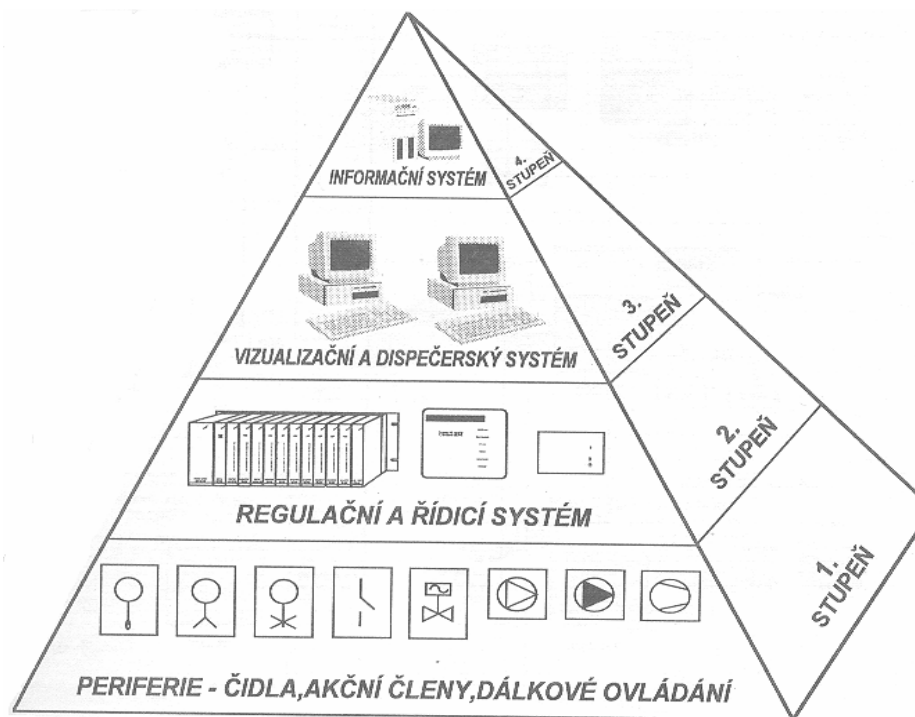
Od automatizace je neoddělitelná i komunikační technika. Není třeba zdůrazňovat její význam v mezilidské komunikaci účastníků automatizace (např. užitečnost mobilního telefonu, rádiového pojítka či radiooperátora pro projektanta, montéra nebo servisního technika v „terénu“). Jako samozřejmost je dnes přijímáno i propojení PC do sítí a jejich propojení na internet.

Komunikace je dnes důležitá i pro spojení řídicích systémů a jejich periferních prvků. Existují dva zdánlivě protikladné trendy: integrace a distribuovanost. Integrované řídicí systémy vznikají sdružováním řídicích systémů, které dosud pracovaly samostatně. Na nejvyšší úrovni vznikají integrované systémy tak, že do informačních počítačových sítí bývají připojeny i počítače, sloužící dosud jen pro potřeby řízení, dispečerská pracoviště, velíny a monitorovací systémy. Sdružují (integrují) se tak do řídicích a informačních systémů. [4]

Do sítě, zprostředkované průmyslovou sběrnici (např. Profibus, Interbus S, CAN), bývají zapojovány řídicí systémy nižší úrovně, které dosud pracovaly nezávisle. Spojení bývá víceúrovňové, hierarchické. Příklad možného čtyř-úrovňového rozvrstvení pro podnikový systém je na obrázku č. 1.

Obvykle se znázorňuje jako pyramida. Na nejvyšší (čtvrté) úrovni bývá podnikový informační systém (PC nebo výkonnější počítače nebo počítačová síť). O úroveň níže jsou

opět počítače (obvykle v síti), které slouží k vizualizaci a dokumentování procesů, k ovládání a dispečerskému řízení. Na druhé úrovni bývají běžné řídicí systémy (nejčastěji PLC a regulátory, někdy průmyslové počítače IPC). Na nejnižší úrovni mohou komunikovat inteligentní periferní přístroje, pohony, akční členy a senzory. [4]



Obrázek č.1 – Příklad čtyřúrovňového uspořádání integrovaného systému výrobního podniku

Integrované řídicí systémy bývají rozlehlé. Mnohdy jsou při integrovaném řízení inteligentních budov sdružovány různorodé technologické procesy.

V objektech výrobních firem mohou být navíc připojeny i systémy pro řízení výroby (např. výrobní systém strojírenského podniku s obráběcími a tvářecími stroji, s roboty a manipulátory, s dopravou a skladovým hospodářstvím nebo třeba systémy pro řízení jednotlivých technologických procesů v mlékárně nebo pivovaru.

Na komunikacích jsou založeny i distribuované systémy. Funkce, které tradičně provádí jediný řídicí systém (např. modulární PLC se stovkami vstupů a výstupů) realizuje v distribuovaném systému soubor podsystémů (např. desítky malých kompaktních PLC s několika vstupy a výstupy – typicky od 8, 12, 16 do 32 nebo 64). Každý z podsystémů má svou lokální inteligenci, lokální kompetence a řeší své lokální problémy. Informace globálního charakteru, týkající se společného fungování celého systému jsou předávány komunikační linkou ostatním účastníkům (podsystému).

## 1.4 Operátorské rozhraní

Čím více se automatizace rozšiřuje, tím více lidí s ní přichází do kontaktu (mnohdy neochotně a proti své vůli). Ne každý uživatel a obsluhující (operátor) je technikem, ne každý je nadšencem a příznivcem automatizované technologie. Každé pracoviště má své zvyklosti a předpisy, každý uživatel má jiné potřeby a požadavky na zařízení i na jeho obsluhu. Někdo dává přednost ovládání třemi tlačítky (START, STOP a CENTRAL STOP), jiný nejraději komunikuje s PC. Někoho nadbytečné informace a požadavky zneklidňují, jiný se neobejde bez detailní informovanosti o procesu a bez možnosti proces kvalifikovaně ovlivnit.

Vztah člověka k systému závisí do značné míry na operátorském rozhraní – nejenom na použitých technických prostředcích, ale především na způsobu komunikace „člověk – stroj“, na „logice obsluhy“, na „uživatelské přívětivosti“ systému. Řešení operátorského rozhraní má vliv i na psychickou zátěž obsluhujícího, na chybovost jeho zásahů a výsledně i na celkovou provozní spolehlivost.



Obrázek č.2 – Pasivní operátorský panel SAIA PCD7.D230

*„V současnosti se nejvíce používají dva typy technických prostředků pro operátorské rozhraní: operátorské panely a počítačové ovládací pracoviště. Tradiční řešení se specializovanými technologickými panely, které spočívalo v montáži souboru tlačítek, přepínačů a signálů do plechového krytu stroje, do dveří rozvaděče, či do ovládacího pultu, je už překonané, protože je nákladné a nepřehledné.“ [4]*

Chybný je ale i extrémně „moderní přístup“, který zásadně odmítá používat tradiční ovládací prvky. Ty zůstávají v mnoha případech nenahraditelné – už třeba proto, že jejich použití předepisuje norma (např. hříbové tlačítko pro CENTRAL STOP nebo tlačítka pro dvouruční ovládání lisu) nebo si je vynucují zvyklosti na pracovišti (např. obsluhování v kožených rukavicích, požadavky na nenáročnost obsluhy) nebo jen praktické důvody: stisk tlačítka s jasně vymezenou funkcí, natočení přepínače nebo zadání čísla nastavením („nacvakáním“) polohy na patrech v bloku kotoučových přepínačů je nesrovnatelně jednodušší, operativnější a spolehlivější, než zdlouhavý dialog s „přemoudřelým“ a mnohomluvným operátorským panelem. V některých případech jsou tyto tradiční prostředky nepostradatelné. Optimální je kombinace tradičních prvků s moderními operátorskými panely, dotykovými panely nebo s počítačovými pracovišti.



Obrázek č.3 – Pasivní operátorský panel SAIA PCD7.D232

Ovládacímu panelu stroje nebo technologie dnes obvykle dominuje operátorský panel, v účelné kombinaci s tradičními tlačítky a přepínači. Operátorský panel nejčastěji obsahuje alfanumerický zobrazovač v rozsahu jednoho či několika řádků v délce jednotek až desítek znaků (typicky 8 až 40), někdy i grafický zobrazovač, číslíkovou klávesnici, několik funkčních tlačítek a tlačítka pro vedení dialogu (směrová a potvrzovací tlačítka). Na trhu je velmi bohatá nabídka operátorských panelů s různým počtem prvků pro různé požadavky na rozsah a komfort dialogu. Již se skromným operátorským panelem lze vést poměrně kultivovaný dialog, zobrazovat a zadávat číselné hodnoty parametrů, hlásit provozní stavy nebo varovná hlášení v „otevřené řeči“, nabízet obsluhujícímu otázky s nabídkou možných odpovědí, nabízet nejvhodnější aktivity pro danou situaci, navádět jej, pomáhat mu. [4]

## 2 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Nejpoužívanějším automatizačním prostředkem je programovatelný automat (PLC). V automatizační technice jsou využívány již zhruba 40 let. Jsou určeny pro nasazení do tvrdých podmínek průmyslového prostředí. Tomu odpovídá jejich konstrukce, především robustnost a odolnost proti rušení. Jejich typickou vlastností je programovatelnost na úrovni blízké mentalitě konstruktéra nebo projektanta.

Původně byly PLC určeny pro řízení strojů, jako náhrada za pevnou reléovou logiku. Tomu odpovídal i programovací jazyk kontaktních (reléových) schémat. Jazyky prvních PLC disponovaly několika příkazy (typicky 8 nebo 16), které byly ekvivalentní spínacímu a rozpínacímu kontaktu, paralelnímu a sériovému řazení, cívce, obvodům paměti, čítače a časovače. Dnes je pro každý programovatelný automat k dispozici několik typů jazyků, kromě jazyka kontaktních schémat to bývá jazyk logických schémat, jazyk mnemokódů nebo jazyk sekvenčního programování.

Postupně se možnosti PLC rozvíjely, ceny klesaly a oblasti výhodného nasazení se rozšiřovaly. Dnes se s jejich aplikacemi setkáváme snad ve všech oborech, někde dokonce již vytlačují zavedené specializované přístroje a řídicí systémy (např. regulátory, analyzátoři, komunikační adaptéry apod.).

Kromě tradičních aplikací ve strojírenství (při řízení strojů, mechanismů a linek), v manipulační, dopravní a skladové technice se dnes PLC hojně uplatňují v energetice: od regulace turbín, vodních a větrných elektráren, kogeneračních jednotek, solárních a geotermálních zdrojů, kompresorů a teplovodních sítí, až po předávací a výměňkové stanice, kotelny, klimatizační jednotky, chladicí zařízení, ale i při regulaci a monitorování spotřeby elektrické energie, v zemědělství a potravinářství, v chemii a farmacii, ve školství a kultuře, ale i v procesu měření, dálkového ovládání, monitorování a sledování kvality.

Dobré komunikační schopnosti předurčují současné programovatelné automaty k úloze podsystémů v distribuovaných systémech, vzdálených protějšků dispečerských pracovišť a řídicích počítačů, v integrovaných řídicích a informačních systémech. Mnohdy se PLC uplatňují jen jako inteligentní komunikační adaptéry pro „spojení neslučitelného“ (nesourodých řídicích systémů, průmyslových sběrnic, modemů, specializovaných přístrojů), někdy slouží jen k realizaci inteligentního operátorského rozhraní a ke komunikaci s obsluhou. [4]



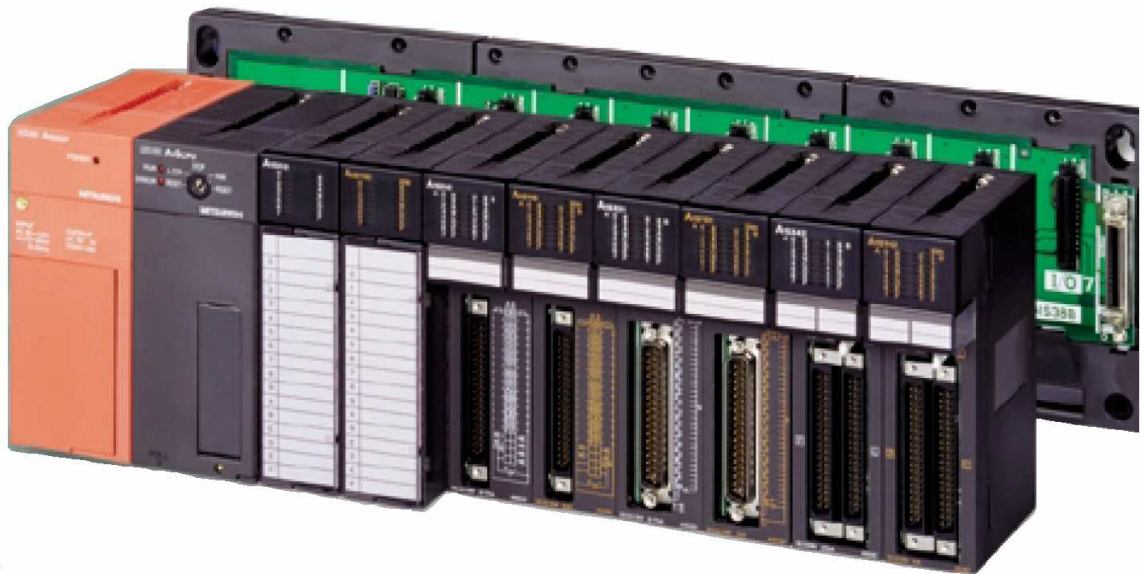
## 2.1 Seznámení s PLC

„Programovatelný automat je uživatelský programovatelný řídicí systém přizpůsobený pro řízení průmyslových a technologických procesů, mnohdy specializovaný na úlohy převážně logického typu (obzvláště u starších typů nebo u nejmenších systémů). Nejčastěji se označují zkratkou PLC (Programmable Logic Controller).“ [4]



Obrázek č.4 – Kompaktní PLC Mitsubishi MELSEC FX3C [1]

Menší systémy bývají řešeny jako kompaktní PLC, větší jako modulární.



Obrázek č.5 – Modulární PLC Mitsubishi MELSEC řady AnSH [1]

## 2.2 Proč používat PLC?

### 2.2.1 Rychlá realizace

Hlavní předností PLC je možnost rychlé realizace systému. Technické vybavení nemusí uživatel vyvíjet. Stačí navrhnout a včas objednat vhodnou sestavu modulů programovatelného automatu (konfiguraci) pro danou aplikaci, napsat a odladit uživatelský program – a pak vše zrealizovat a uvést do chodu.

### 2.2.2 Spolehlivost, odolnost, diagnostika

Technické vybavení programovatelného automatu je navrženo tak, že jsou extrémně spolehlivé i v drsných průmyslových podmínkách, jsou odolné proti rušení i poruchám, vyznačují se robustností a spolehlivostí. PLC bývají vybaveny i vnitřními diagnostickými funkcemi, které průběžně kontrolují činnost systému a včas zjistí případnou závadu, lokalizují ji, bezpečně ji ošetří a usnadní její odstranění.

### 2.2.3 Nekončící změny v zadání

Jen výjimečně se podaří, že první varianta řešení zůstane tou poslední a konečnou. Představy zadavatele a koncového uživatele, ale i projektanta a programátora postupně zrají, požadavky se průběžně vyvíjejí a rozšiřují. Při uvádění do provozu je třeba všechny funkce důkladně prověřit a odstranit mnohé chyby a slabá místa.

Mnohé nedostatky zadání a zvoleného způsobu řešení se projeví právě ve fázi finalizace zakázky – v této fázi přicházejí s řešením poprvé do styku i noví lidé, kteří dříve neměli k zadání a k projektu přístup, nebo nebyli schopni domyslet detaily a souvislosti. Dodatečné požadavky a zadání nových funkcí vznikají i po mnohých měsících a letech rutinního provozu.

U řídicího systému s pevnou logikou je každá změna zdrojem problémů. Při použití programovatelného automatu stačí mnohdy jen opravit, změnit nebo rozšířit uživatelský program. Pokud požadavky vyžadují použití nových vstupů a výstupů, můžeme někdy vystačit s využitím existujících rezerv v konfiguraci. V opačném případě stačí doplnit potřebné moduly, doplnit projekt a program – všechno opět důkladně odladit, otestovat a zdokumentovat, seznámit operátory a všechny zúčastněné se změnami a doplňky.

## 2.3 Technické řešení PLC

Technické řešení PLC zajišťuje pro aplikace připojení požadovaného počtu druhu vstupů a výstupů, výkonnost, vnější provedení a druhy komunikace. Provedení PLC lze rozdělit do následujících tří skupin.

### 2.3.1 Mikro PLC

Rozměrové nejmenší PLC je mikro PLC. Je určeno pro aplikace s malým počtem digitálních stavových vstupů a výstupů (např. 8/4) a pro jednoduché sekvenční logické úlohy. Jsou vybaveny také i LED displejem. Programování lze provést přímo z jejich klávesnice nebo z PC. Komunikace je možná pouze s nadřazeným PLC. Elektrické krytí je IP 20 a proto je nutno je umísťovat do rozvaděče. [5]



Obrázek č.6 – Mikro PLC Mitsubishi řady ALFA 2(ALFA XL)[1]

### 2.3.2 Kompaktní PLC

Nejvíce rozšířenou skupinou provedení PLC jsou kompaktní PLC. Mají základní vybavení pro střední počet digitálních stavových vstupů a výstupů (např. 16/8) a pro sekvenční logické úlohy pro složitější procesy. Je zde možnost připojení i analogových vstupů a sériového propojení více jednotek sériovou komunikací. Provedení je odolné vůči interferenčnímu rušení a jsou připojovány přes reléové výstupy i síťové silové zařízení.

### 2.3.3 Stavebnicové (modulární) PLC

Stavebnicové PLC má modulární konstrukci. Na základní desku vybavenou sběrnici se instalují moduly: centrální jednotky, moduly digitálních vstupů podle projektovaného počtu, moduly analogových vstupů, moduly digitálních výstupů, moduly analogových výstupů, modul komunikace a modul napáječe. [5]

## 2.4 Programování PLC

### 2.4.1 Centrální jednotka

Poskytuje programovatelnému automatu inteligenci. Realizuje soubor instrukcí a systémových služeb, zajišťuje i základní komunikační funkce s vlastními i vzdálenými moduly, s nadřazeným systémem a s programovacím přístrojem. Paměťový prostor je obvykle rozdělen na dvě části. Prvá je určena pro uložení uživatelského programu (PLC programu), datových bloků a tabulek. Její obsah se zadává v editačním režimu a během vykonávání programu se obvykle nemění. Druhá část je operační (zápisník). Jsou v ní lokalizovány uživatelské registry, čítače a časovače, obrazy vstupů a výstupů, komunikační, časové a jiné systémové proměnné (systémové registry). Obsah operační části se dynamicky mění působením uživatelského a systémového programu. [4]

Centrální jednotky současných programovatelných automatů obsahují mikroprocesor, mikrořadič nebo specializovaný řadič, zaměřený na rychlé provádění instrukcí. Jeho programem (systémovým programem) jsou realizovány všechny funkce, které má uživatel k dispozici, tj. kompletní soubor instrukcí programovatelného automatu, jeho systémové služby, časové a komunikační funkce. Jen výjimečně a za omezujících podmínek zpřístupňují některé PLC uživatelům programování na úrovni instrukcí mikroprocesoru. Typické je použití instrukcí a příkazů jazyka programovatelného automatu, který je přizpůsoben převažujícím úlohám a způsobu myšlení typického uživatele a programátora PLC.

### 2.4.2 Soubor instrukcí PLC

*„Protože programovatelné automaty byly původně určeny k realizaci logických úloh a k náhradě pevné logiky, nechybějí v žádném PLC instrukce pro základní logické operace s bitovými operandy (sejmutí pravdivostní hodnoty adresovaného bitu, operace logického součtu a součinu, výlučného součtu, negace a jiných kombinačních logických funkcí), instrukce pro realizaci paměťových funkcí a klopných obvodů, pro zápis výsledku a mezivýsledku na adresované místo, ale i instrukce čítačů, časovačů, posuvných registrů, krokových řadičů a jiných funkčních bloků.“ [4]*

Současné PLC nabízejí instrukční soubor podstatně bohatší. V souboru instrukcí vyspělých PLC obvykle nechybí ani instrukce pro aritmetiku a operace s čísly (někdy jen

nejzákladnější, např. sčítání, odčítání a porovnání, jindy kompletní knihovny pro výpočty s pevnou nebo plovoucí řádovou čárkou), logické instrukce s číselnými operandy (paralelní operace s operandem v délce byte, slova nebo delším) a přenos dat. Obvyklé jsou instrukce pro organizaci programu (např. skoky v programu, volání podprogramu a návraty).

### 2.4.3 Specializované instrukce

Některé PLC poskytují i velmi výkonné instrukce pro komplexní operace, např. pro realizaci regulátorů a jejich automatické seřizování, fuzzy logiku a fuzzy regulace, operace s daty a s datovými strukturami, pro realizaci ucelených funkčních bloků, ukládání dat do zásobníků a záznamníků, pro podporu tvorby kultivovaného operátorského rozhraní a pro podporu komunikací. Tyto specializované instrukce usnadňují programování (nabízejí již hotové ucelené funkce nebo jejich „prefabrikáty“), zvyšují však i výpočetní výkon PLC.

### 2.4.4 Výkonnost programovatelného automatu

Nejčastěji se posuzuje podle doby vykonání instrukcí. Obvyklé hodnoty pro výkonné systémy jsou v řádu jednotek mikrosekund na instrukci, výjimečně méně (někdy se uvádějí doby na 1 000 instrukcí. U malých systémů bývají časy řádově jednotky až desítky mikrosekund na instrukci. Zde je třeba uvést, že toto hodnocení je mnohdy zavádějící. Uváděné časové údaje obvykle odpovídají jen nejzákladnějším logickým instrukcím. Doby ostatních instrukcí bývají mnohonásobně delší (často desetkrát i stokrát).

Výpočetní výkon PLC zvyšují instrukce, které realizují komplexní funkční bloky (krokové řadiče, aritmetické knihovny pro práci v pevné nebo pohyblivé řádové čárce, PID regulátor, fuzzy regulátor, generátor funkcí) nebo dovolují efektivní zpracování souborů dat a datových struktur. Významnou pomoc představují systémové služby. Odezvu systému na kritické události zkracuje i možnost přerušení a multiprogramování. [4]

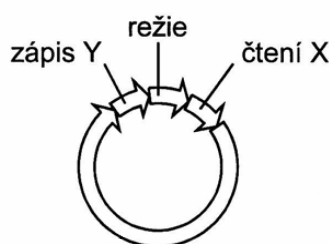
Výkonnost stejného systému bude záviset na typu převažujících úloh a na prostředcích, které k tomu použijeme, na míře kvalifikovanosti programátora, jak výkonné instrukce a postupy použije a které ze systémových služeb využijeme.

Proto se doporučuje výkonost PLC posuzovat nikoliv podle katalogových údajů, ale podle výsledků řešení reálných příkladů a typových úloh, zpracovaných kvalifikovaným a zkušeným programátorem.

## 2.5 Vykonávání programu PLC

### 2.5.1 Uživatelský program, cyklická aktivace

Program PLC je posloupnost instrukcí a příkazů jazyka. Typickým režimem jeho aktivace je cyklické vykonávání v programové smyčce. Na rozdíl od jiných programovatelných systémů se programátor PLC nemusí starat o to, aby po konci programu vrátil jeho vykonávání opět na začátek – zajistí to již systémový program. Naopak každé dlouhodobé setrvání programu v programové smyčce je „fatální chybou“ a systém jej hlásí jako „překročení doby cyklu“.



Obrázek č.7 – Cyklické vykonávání PLC programu

Cyklické vykonávání programu je na obrázku č. 7. Vždy po vykonání poslední instrukce uživatelského programu je předáno řízení systémovému programu, který provede tzv. otočku cyklu. V ní nejprve aktualizuje hodnoty výstupů a vstupů: hodnoty uložené dosud v paměti jako obrazy výstupů (registry Y) přepíše do registrů výstupních periférií modulů a hodnoty ze vstupních modulů okopíruje do paměťových obrazů vstupů (registry X). Dále aktualizuje časové údaje pro časovače a systémové registry, ošetří komunikaci a provede ještě řadu režijních úkonů. Po otočce cyklu je opět předáno řízení první instrukci uživatelského programu. [4]

### 2.5.2 Obrazy vstupů a výstupů

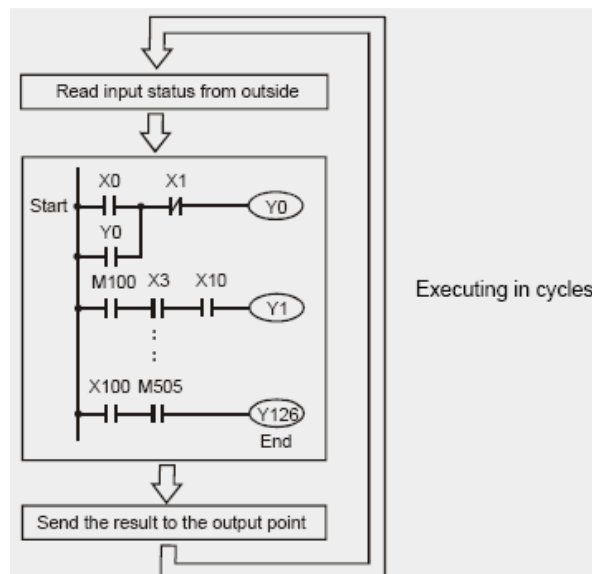
Pro program PLC je typické, že nepracuje s aktuálními hodnotami vstupů a výstupů, ale s jejich „paměťovými konzervami“ – s obrazy vstupů a výstupů, uloženými v zápisníkové paměti (registry X a Y). Aktualizace jejich hodnot – předání obrazů výstupů k řízenému objektu a sejmutí aktuálních vstupních hodnot od řízeného objektu se provede pouze ve fázi otočky cyklu. Tím je zajištěna synchronizace vstupních a výstupních dat s během programu a je tak omezena možnost chyb způsobených nevhodným souběhem měnících se hodnot. Obdobně jsou po dobu cyklu zmrazeny i časové údaje a hodnoty většiny systémových proměnných (například zpráv předávaných sériovou komunikací).

## 2.6 Programovací jazyky PLC

„V rámci normy IEC 61131-3 jsou doporučovány čtyři programovací jazyky s přesně definovanou sémantikou a syntaxí: LD, FBD, IL a ST. Jako pátý programovací jazyk se uvádí sekvenční funkční diagram – SFC, který však není v normě zařazen mezi jazyky, ale mezi tzv. společné prvky, neboť tvoří nadstavbu pro strukturování celé aplikace.“ [6]

### 2.6.1 Jazyk příčkového diagramu LD

Grafický jazyk LD (Ladder Diagram) je někdy také nazýván jazykem kontaktních schémat a je založen na grafické reprezentaci reléové logiky. Organizační jednotka programu je vyjádřena sítí propojených grafických prvků. Sít v jazyku LD je zleva i zprava ohraničena svislými čarami, které se nazývají levá a pravá napájecí sběrnice. Mezi nimi je tzv. příčka, která může být rozvětvena. Každý úsek příčky, vodorovný nebo svislý, může být ve stavu on nebo off. Do příček mohou být včleněny kontakty (spínací, rozpínací apod.), cívky (cívka, negovaná cívka apod.) a dále funkce a funkční bloky.

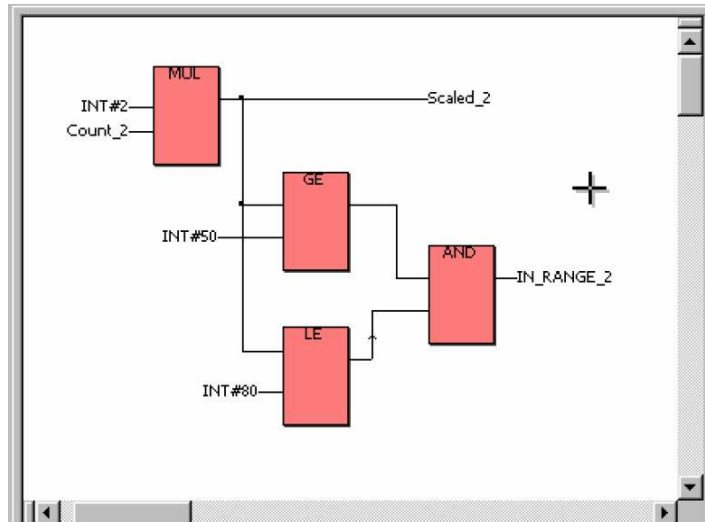


Obrázek č.8 – Příklad příčkového diagramu

### 2.6.2 Jazyk funkčního blokového schématu FBD

Druhým grafickým jazykem je FBD (Function Block Diagram), který vyjadřuje chování funkcí, funkčních bloků a programů jako soubor vzájemně provázaných grafických bloků podobně jako v elektronických obvodových diagramech. Jde o systém prvků, které zpracovávají signály. Často se zde používají standardní funkční bloky, jako jsou

např. bistabilní prvky (paměti s dominantním vypnutím nebo sepnutím, semafor), prvky pro detekci náběžné a sestupné hrany, čítače, časovače a komunikační bloky definované v normě IEC 1131-5. Podle potřeby jsou doplňovány speciální bloky a každá firma nabízí ve svém programovacím prostředí poněkud odlišný soubor bloků (např. spínací hodiny týdenní, roční, generátory impulsů, komparátory apod.). [6]



Obrázek č.9 – Příklad diagramu funkčních bloků

### 2.6.3 Jazyk seznamu instrukcí IL

Textový jazyk IL (Instruction List) označovaný také jako jazyk pokynů (povelů), seznam instrukcí (STL – Statement List) poněkud připomíná assembler. Programová organizační jednotka je složena ze sekvence instrukcí, z nichž každá začíná na novém řádku a může obsahovat návěští (nepovinné) ukončené dvojtečkou, operátor (např. AND, &, ADD, CAL apod.), který může být případně doplněn tzv. modifikátorem, operandem a někdy také komentářem (nepovinný). Pomocí modifikátorů se vyjadřují negace, podmíněnost a nepodmíněnost instrukce skoků, volání a návratů a priorit.

```

1 BEGIN:
2   LD   RESET
3   JMPCN  END
4 RESET:
5   LD   INT#0
6   ST   Count_1
7   ST   Count_2
8   ST   Scaled_2
9 END:
10

```

Obrázek č.10 – Příklad seznamu instrukcí



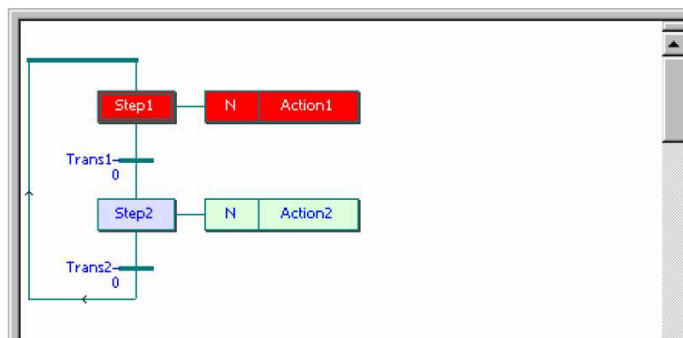
## 2.6.4 Jazyk strukturovaného textu (ST)

Textový jazyk ST (Structured Text) je výkonný vyšší programovací jazyk, který má kořeny v jazycích Pascal a C. Syntaxe jazyka je dána povolenými výrazy a příkazy. Vyhodnocením výrazu vyjde hodnota v některém z definovaných datových typů. Výraz se skládá z operátorů a operandů. Operandem může být konstanta, proměnná, funkce nebo jiný výraz. Operátory pro jazyk ST jsou definovány pro sedmnáct typů operací (vyhodnocení funkce, negace, násobení, booleovské funkce AND, XOR, OR apod.). Je definováno deset typů příkazů (přiřazení, vyvolání funkce, návrat, výběr atd.). Příkazy jsou odděleny středníkem a může jich být více na jednom řádku. Tento jazyk je vhodným nástrojem pro definování komplexních funkčních bloků, které pak mohou být použity v libovolném programovacím jazyku.

```

1      FALSE IF Running_1 THEN
2          0 Count_1:=Count_1+2;
3
4      ELSE
5          0 Count_1:=Count_1;
6      END_IF;
7
8      FALSE IF Running_2 THEN
9          0 Count_2:=Count_2+1;
10     ELSE
11         0 Count_2:=Count_2;
12     END_IF;

```



Obrázek č.11 – Příklad strukturovaného textu      Obrázek č. 12 - Příklad sekvenčního funkčního diagramu

## 2.6.5 Sekvenční funkční diagram SFC

SFC (Sequential Function Chart) popisuje sekvenční chování řídicího programu. Je odvozen ze symboliky Petriho sítí, ale liší se od nich tím, že grafická reprezentace se zde převádí přímo do souboru výkonných řídicích prvků. SFC strukturalizuje vnitřní organizaci programu a umožňuje rozložit úlohu řízení na zvládnutelné části a zachovat přitom přehled o chování celku. Sekvenční funkční diagram se skládá z kroků a přechodů. Každý krok reprezentuje stav řízeného systému a má k sobě přiřazen blok akcí. Přechod je spojen s podmínkami, které musí být splněny, aby mohl být deaktivován krok, který přechodu předchází, a naopak aktivován krok, který následuje. Každý prvek, tzn. přechod i blok akcí, může být naprogramován v libovolném jazyku definovaném v normě, včetně vlastního SFC. K základním strukturám SFC patří lineární sekvence, alternativní větvení se spojením alternativních větví a paralelní souběh více větví s jejich následnou synchronizací. [6]

## 3 POUŽITÝ SOFTWARE V TÉTO PRÁCI - POPIS

### 3.1 GX IEC Developer

*„GX IEC Developer je výkonný programovací a dokumentační balíček standardu IEC 1131.3. Podporuje kompletní implementaci MELSEC PLC od počátečního plánování projektu po každodenní provoz a je vybaven bohatou sadou pokročilých funkcí, které pomáhají snižovat náklady a zvyšovat produktivitu.“ [8]*

#### 3.1.1 Hierarchická aplikační architektura

Během fáze plánování pomáhá strukturovaný nástroj GX IEC Developer efektivně organizovat celý projekt, stačí použít intuitivní grafický nástroj k identifikaci a zobrazení úloh, funkčních jednotek, závislostí, procedur a aplikační struktury. Nejen, že usnadňuje celkovou práci, rovněž se tím významně snižuje četnost chyb v pozdějších fázích projektu.

#### 3.1.2 Pružná implementace

Ve fázi návrhu je také možnost výběru programovacího jazyka, který nejlépe odpovídá struktuře daného projektu. Dále není problém naprogramovat často používané funkce do funkčních bloků a organizovat je do knihoven. Pro ochranu cenných údajů nechybí ani možnost nastavení hesla.

#### 3.1.3 Jednoduchá konfigurace ovládacích prvků

Konfigurace ovládacích prvků se provádí rychle a efektivně v tabulkách pomocí interaktivních dialogů a grafické podpory. Tato výkonná podpora je k dispozici pro standardní a speciální funkční moduly a rovněž pro CPU automaty. Nadále již není nutné vytvářet aplikační programy na konfiguraci daného systému.

#### 3.1.4 Nastavení konfigurace hardwaru a sítě

Výkonné nástroje pro testování a ladění poskytují informace o aktuálním stavu automatů a sítí, ke kterým je uživatel připojen. Síťové funkce, jako je zobrazování stavu chyb, funkce vzdáleného SET/RST pro automaty a periferní zařízení, funkce Live List, Cycle Time, Connection State a další, umožňují lokalizovat a opravovat chyby rychleji a zprovoznit hardware a sítě v rekordním čase.

### 3.1.5 Sestavení aplikačního programu

GX IEC Developer přináší vše, co je potřeba pro instalaci aplikací, jejich sestavení a spuštění v co nejkratší době, včetně komplexních on-line programovacích funkcí, rychlého a informativního monitorovacího displeje, schopnost manipulovat zařízením pomocí grafických editorů, ruční a automatický režim spuštění IL, zobrazení měněných hodnot zařízení v EDM (Entry Data Monitor) a mnoho dalšího. [8]

### 3.1.6 Normální provoz

V průběhu normálního každodenního provozu je možné rovněž používat GX IEC Developer pro zobrazení důležitých informací o stavu systému, buď v "stand-alone" režimu nebo jejich vyvolání jiným programem ve velínu.

### 3.1.7 Instalace a údržba

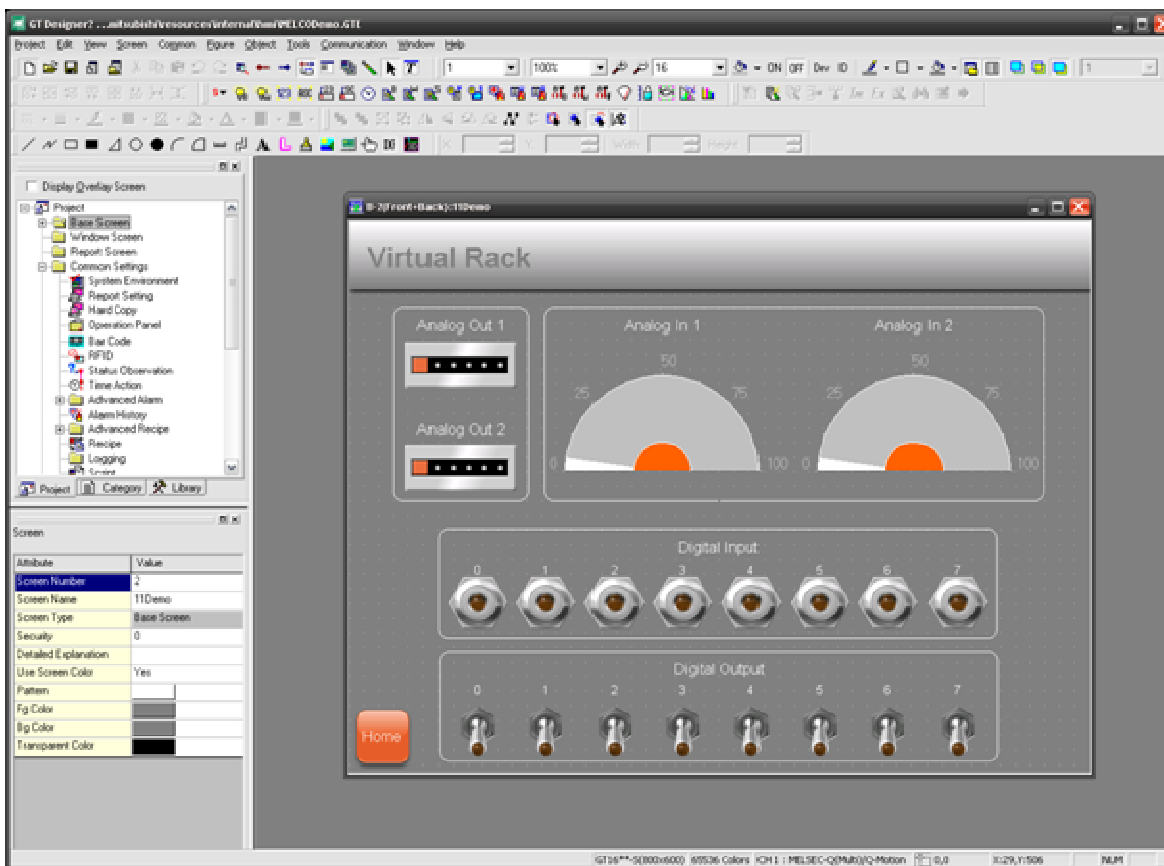
Hierarchická architektura, strukturované programování, komplexní tištěná dokumentace a podpora uživatelem definované nápovědy pro funkční bloky → to vše společně pomáhá zkrátit dobu zaškolení uživatele. Informace potřebné pro instalaci a údržbu systému jsou k dispozici operátorům rychlým a efektivním způsobem s minimálními výdaji na školení.

### 3.1.8 Klíčové funkce zahrnují:

- Výkonné hierarchické vývojové prostředí
- Celkový přehled nad projektem PLC a zdroji
- Vhodné pro velké a složité projekty
- Jeden programovací software pro modulární a kompaktní PLC (řady Q/A a FX)
- Pružný vývoj programu
- Vynikající dokumentace programu usnadňuje pochopení
- Špičková softwarová technologie podle standardu IEC 1131.3
- Programovací jazyky FBD, AWL, KOP, AS a STC
- Výkonná offline simulace
- On-line programové modifikace
- Funkční bloky (FB, FC)
- Minimální doba odstavení knihoven

## 3.2 GT Designer 2

GT Designer 2 je program pro návrh obrazkových formátů, který se používá k vytváření obrazovek HMI u operátorských panelů série GOT. Uživatelsky přívětivé prostředí Windows poskytuje jednoduché a srozumitelné rozhraní, které umožňuje velmi rychlou adaptaci pro nové uživatele.



Obrázek č. 13 – Ukázka vývojového prostředí GT Designeru 2

GT Designer 2 je vybaven knihovnou prvků, celou řadou dotykových spínačů a kontrolky, funkcí náhledu obrazovky, obslužným programem k nastavení komunikace terminálu GOT a funkcí pro kontrolu konzistence projektu. Společná kombinace těchto funkcí vytváří z nástroje GT Designer 2 dokonalou platformu pro pořizování obrázkových formátů, které pomáhají zjednodušit řídicí a komunikační rozhraní mezi uživatelem a strojem. [9]

### 3.2.1 Dotykový displej GOT 1020/1030

Přístroje řady GT1020/1030 jsou vybaveny 3,7" resp. 4,5", jasným, monochromatickým displejem z tekutých krystalů s dotykovou obrazovkou a trojbarevně podsvíceným pozadím pro různorodé použití, které může podle typu předávané informace buď změnit barvu a

nebo začít blikat. V závislosti na provedení je možné přepínání mezi červenou, oranžovou nebo zelenou a bílou, růžovou nebo červenou. A tak lze např. s využitím operandu PLC změnit barvu pozadí ze zelené (provozní stav OK) na červenou (výstražné hlášení). Všechny přístroje jsou standardně vybaveny inovativní funkcí zpracování receptur a alarmů. Jednotka je vybavena integrovanou pamětí s kapacitou až do 4000 16bitových datových slov, která slouží k ukládání nebo výměně dat s připojeným PC. [10]



Obrázek č. 14 – Dotykový displej série GOT 1000

Souhrn parametrů:

- |  |   |
|--|---|
| • monochromatický STN displej(2 barvy)                                     | • 512kB paměti                                  |
| • rozlišení 160 x 64 bodů  | • tvorba grafů, recepční řízení                 |
| • uhlopříčka 3,7"  | • RS232   |
| • 3-barevné podsvícení LED diodami, (červená, oranžová, zelená) podle typu | • RS422 jenom pro GT1020-LBD(W)                 |
| • transparentní režim PC <> GOT <> PLC                                     | • možnost připojení dvou OP GT1020 na jedno PLC |
| • uživatelská paměť až 1024 obrazovek                                      | • zpracování alarmů                             |

Rozsah funkcí zahrnuje rovněž víceúrovňové zabezpečení přístupu, grafické zobrazení trendů, záznam dat a časování. Vysoká rychlost zpracování integrovaným mikroprocesorem je zárukou rychlé odezvy při aktivaci dotykové obrazovky. Přístroje GT1020/1030 jsou schopné zobrazovat texty v mnoha jazycích užívaných v řadě zemí a podporují různé znakové sady.

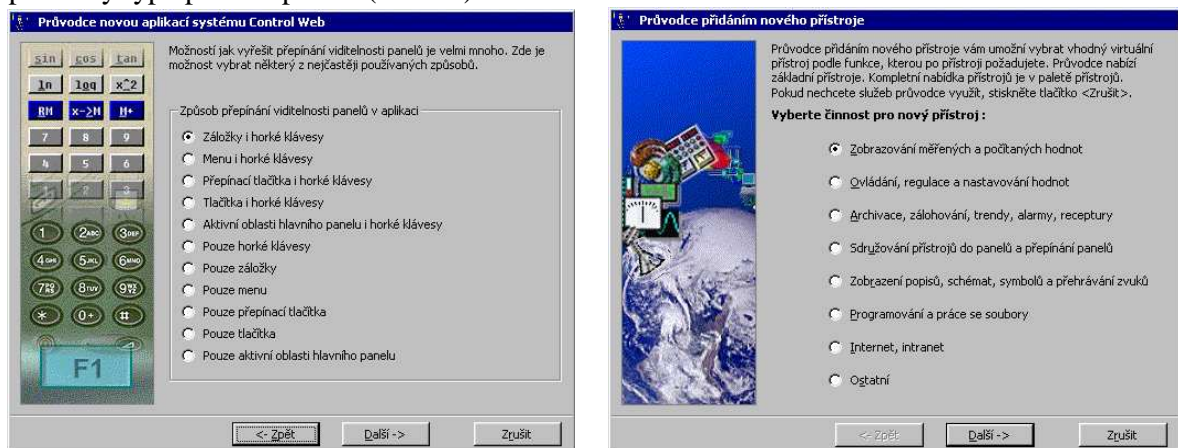
### 3.3 Control Web 6

Control Web je mocným prostředkem používaným nejen v rozsáhlých aplikacích ve velkých firmách, ale i v malých a vestavěných aplikacích a také ve školách, ve vědě a výzkumu. Každá aplikace systému Control Web má k dispozici možnosti komunikace prostřednictvím Ethernetu, USB, RS 232, 422, 485, Wi-Fi, Bluetooth, může obsahovat internetový HTTP server, ale současně má k dispozici také webového klienta, dokáže posílat e-maily, posílat a přijímat SMS zprávy, komunikovat přes GPRS nebo radiové mosty, spolupracovat s Plug-and-Play zařízeními na rychlé USB, spolupracovat s SQL databázemi přístroji, s OPC a ActiveX komponentami, může využívat třírozměrnou grafiku a dokáže přímo komunikovat se stovkami typů zařízení prostřednictvím nativních ovladačů.

Jedná se o programový systém, který dokáže vystupovat v mnoha rolích. Může pracovat v řídicích jednotkách strojů, může spojovat výrobní technologii s informačním systémem podniku, může být datovým serverem s mnoha webovými klienty, může modelovat a simulovat procesy, umožní vytvářet náročné vizualizace a mnoho dalšího. [11]

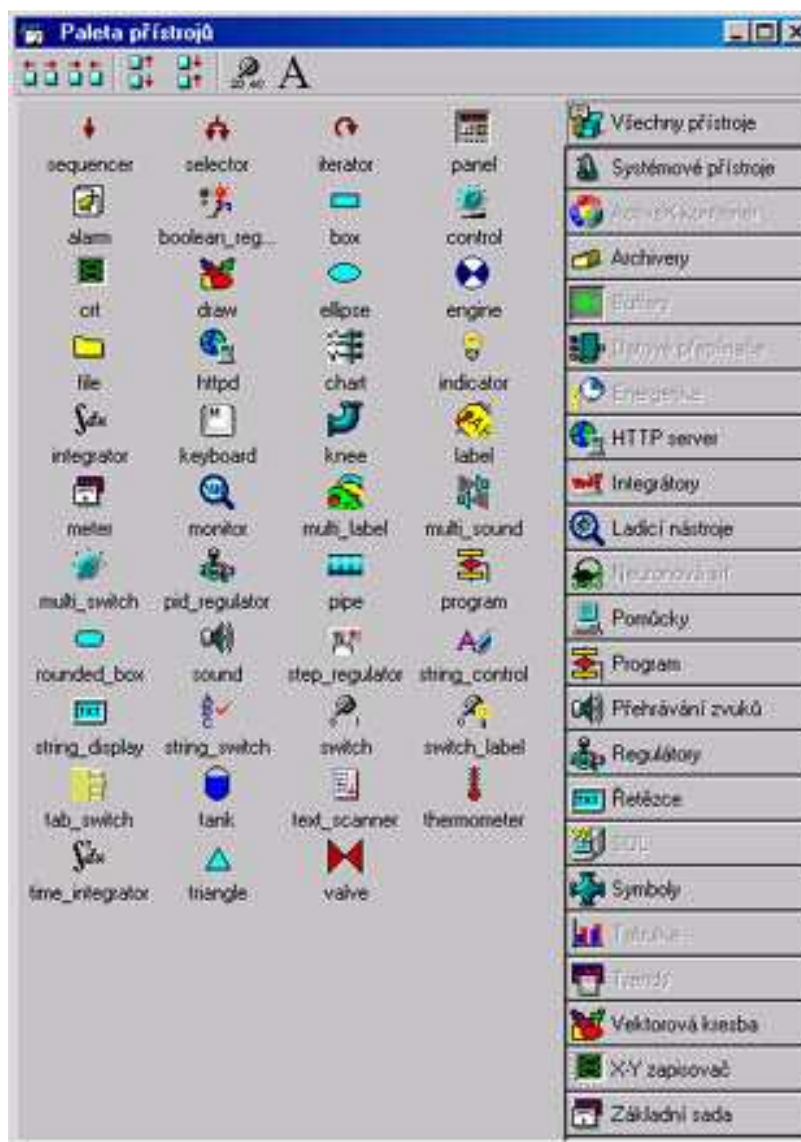
#### 3.3.1 Vizuální programování

Uživatelské rozhraní vývojového systému Control Web maximálně podporuje vizualizaci všech činností a možnosti tvorby programu grafickými prostředky. Uživatel nikdy není ponechán svému osudu nad prázdnou pracovní plochou. Tak jako v moderních programovacích prostředích i v Control Webu jsou k dispozici různí průvodci, které vytvoří kostru aplikace či nezkušenému programátorovi poradí s výběrem komponent, které je vhodné pro daný typ aplikace použít (obr. 17).



Obrázek č.15 – Průvodci programu Control Web

Program v Control Webu je možné vytvářet v grafickém prostředí, kde pomocí myši vybíráme jednotlivé komponenty a rozmísťujeme je na zobrazitelnou plochu či zařazením do stromů časování definujeme jejich aktivaci v programu z hlediska času (obr. 18). V inspektorech jednotlivých komponent interaktivně pomocí dialogů definujeme příslušné vlastnosti apod.



Obrázek č. 16 - Paleta přístrojů v Control Webu

Zároveň ale můžeme celý systém překlopit z grafické do textové podoby a pokračovat v tvorbě programu v textovém režimu. Z textového režimu ale je vždy možné se kdykoli překlopit (po opravě všech případných syntaktických chyb) zpět do grafického režimu (obr. 19). Každou aplikaci je proto možné tvořit chvíli v textovém a chvíli v grafickém režimu, vždy podle potřeby. Obdobně inspektory jednotlivých komponent (které lze vyvolat v grafickém režimu) nabízejí při definici jejich vlastností interaktivní dialog nebo možnost definovat vlastnosti komponenty v textovém editoru. [11]

The image displays two screenshots of the Golemcz.cw - Control Web application interface, illustrating the transition between text and graphical modes.

**Top Screenshot (Textový režim):** Shows the configuration code in a text editor. The code includes directory settings, simulation settings, and constants. A vertical double-headed arrow labeled "PŘEKLAPĚNÍ" (Switching) indicates the transition to the graphical mode.

```

directories
  '*.ico' = '.\ico';
  '*.dmf' = '.\dmf';
  '*.par' = '.\par';
end_directories;

settings
  operation_mode = real_time;
  remote_sync_timeout = 10;
  independent_procedure_execution = true;
  log_window = false;
end_settings;

const
  IntegrationStepPerMinute = 60;
  IntegrationTime = 0.0166666666666666;
  NoItemsOfTimeArray = 6000;
  X0 = 0.0070388002;
  X1 = 0.0003644745;
  X2 = 7.9099077;
  X3 = -0.20113444;
  X4 = -1.4790526;
  ACTHinit = 1;
  ACTH0init = 1;
  CBFinit = 0.000000001;

```

**Bottom Screenshot (Grafický režim):** Shows the graphical simulation interface. The main window displays a simulation of glucose balance, including a diagram of the pancreas and cells, and various data fields for glucose concentration, insulin secretion, and filtration. The interface includes a menu, a toolbar, and a status bar.

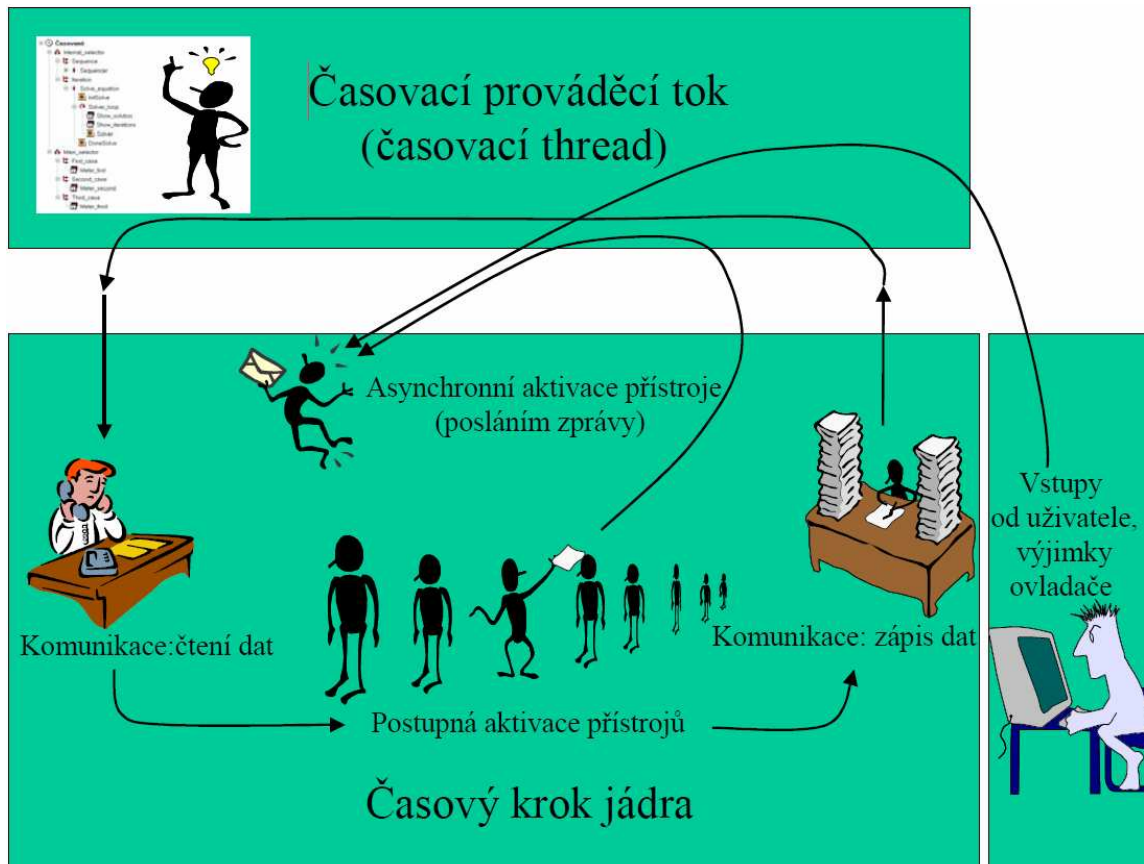
The transition between the two modes is indicated by a vertical double-headed arrow labeled "PŘEKLAPĚNÍ" (Switching) in the center of the image.

Obrázek č. 17 – Ukázka textového a grafického režimu



### 3.3.2 Aplikace reálného času

Hlavní doménou uplatnění Control Webu jsou ovšem aplikace reálného času. Control Web zde poskytuje velké možnosti a prostředky pro optimální vyladění vytvářené aplikace vzhledem k výkonnosti hardwaru, na němž se aplikace provozuje. Na rozdíl od datově řízené aplikace je však náročnější na programátorskou práci. Obecné schéma činnosti systému Control Web v aplikacích reálného času znázorňuje obr. 20.



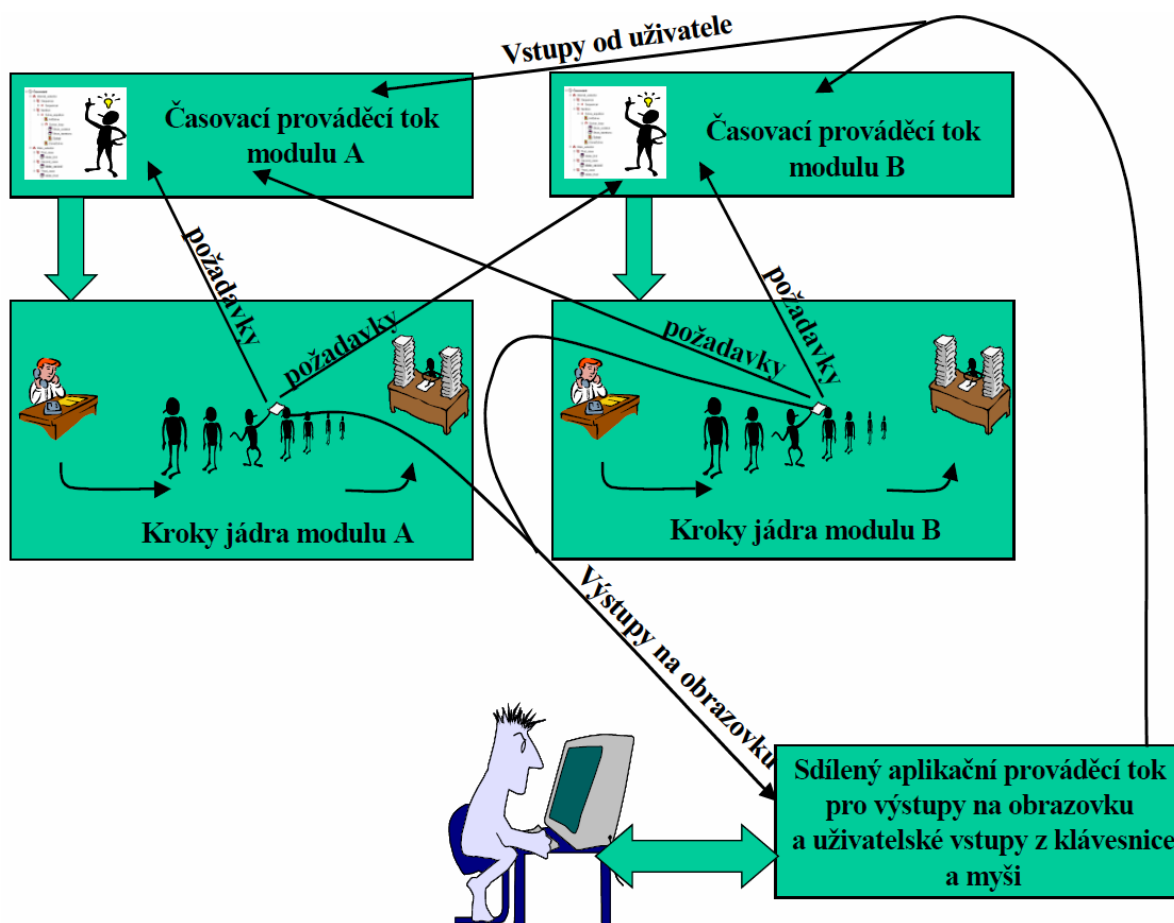
Obrázek č. 18 - Schéma časování aplikací reálného času v Control Webu

#### Časovací prováděcí tok (časovací thread):

- zajišťuje periodické časování přístrojů, shromažďuje a rozděljuje všechny asynchronní zprávy od přístrojů, ovladačů, vstupů od uživatele (a v datově řízené aplikaci se stará i o aktivaci komponent řízených změnami dat),
- přesně odměřuje délku komunikačních prodlev,
- neustále sleduje délku běhu jednotlivých přístrojů a ovladačů,
- v případné časové tísní zajišťuje popohnání aplikace vpřed.

### 3.3.3 Distribuované modulární aplikace

Program v Control Webu může být tvořen více moduly. Systém Control Web považuje za modul každý jeden aplikační soubor, takže je možné říci, že nejjednodušší aplikace je jednomodulární — taková aplikace se celá nachází v jednom jediném zdrojovém souboru. Výhodné je však rozdělit úlohu do více modulů – jednak z hlediska přehlednosti a v neposlední řadě i z hlediska možnosti týmové práce více tvůrců na jednom projektu. Výhodné je rozdělit aplikaci na rychlé moduly, které pracují s rychlými virtuálními přístroji (např. kreslení grafů) a na pomalé moduly, které pracují s pomaleji časovanými přístroji (s různými archivačními přístroji). [11]



Obrázek č. 19 – Schéma vícemodulární aplikace

Při spuštění vícemodulární aplikace má každý modul svůj vlastní časovací prováděcí tok, který se stará o přípravu a provádění časových kroků jádra, které komunikují s technologií a obsluhují virtuální přístroje modulu. Každá komunikace s technologií je "poháněna" požadavky na čtení nebo zápis hodnot, které přicházejí z přístrojů – časovací prováděcí tok

příslušného modulu pak tyto požadavky na začátku (čtení) i na konci (zápis) každého časového kroku jádra vyřizuje. U vícemodulární aplikace pak tyto požadavky mohou přicházet z přístrojů jiných modulů – a naopak: přístroj jednoho modulu může požadovat na jiném modulu poskytnutí hodnoty (nebo zapsání nové hodnoty) některého komunikačního kanálu a tím rozběhnutí příslušné komunikace s technologií (obr. 21). A nejenom to, krom hodnot kanálů či proměnných mohou spolupracující moduly navzájem posílat zprávy svým komponentám (tj. volat příslušné procedury virtuálních přístrojů).

Moduly nemusí běžet na jednom počítači – aplikace v Control Webu může být distribuovaná – jednotlivé moduly mohou běžet na mnoha počítačích propojených přes TCP/IP protokol. Distribuovaná aplikace v systému Control Web pak běží jako jeden celek, jako jedna velká logická aplikace. Právě distribuovanými aplikacemi je možno rozložit výkon na několik počítačů tak, aby se stíhalo komunikovat s rozsáhlejší technologií.

Moduly se spojují dovážením. Pokud např. modul A doveze modul B, pak modul A získá možnost používat prostředky modulu B. Moduly je možné dovážet i vzájemně — například dva moduly mohou dovážet jeden druhý a druhý zase první (zpětně). Pro dovozy modulů nejsou stanovena žádná omezení, takže vzájemné spojení modulů může vytvořit libovolnou strukturu (obecný graf). [11]

### 3.3.4 Kdo stojí za vývojem Control Webu ?

Systém Control Web (nyní verze 6) je výsledkem dlouholetého cílevědomého úsilí zlínského týmu programátorů, kteří v roce 1990 založili vývojářskou firmu Moravské přístroje a.s. [3]

Před lety, v době šestnáctibitových Windows 3.1 vytvořili plně 16 bitový okenní systém InView, pracující v chráněném módu s vlastními paralelně pracujícími aplikacemi (textovým procesorem, tabulkovým kalkulátorem, kreslícím programem aj.), který měl s DOSem společný pouze souborový systém. Od různých "recenzentů" v českých počítačových médiích tenkrát vesměs sklidili výsměch ("česká konkurence Microsoftu?!"). Program ale byl vedlejším produktem programového prostředí Control Panel s nástroji pro tvorbu aplikací pro řízení technologických procesů. Pro tyto oblasti nasazení jsou nutné systémy podporující chráněný mód procesoru, víceúlohové zpracování, výkonnou grafiku pro vizualizaci dějů a okenní systém pro ovládání. Tyto požadavky tehdejší Windows 3.11 nesplňoval a tak si zlínská parta vývojářů naprogramovala vlastní operační systém. Portaci svého Control Panelu do prostředí Windows provedla až s nástupem jádra Win32 – do Windows 95 a NT. [2]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

#### 4 POPIS ZKUŠEBNÍCH PROSTOR PRO REALIZACI ZKOUŠKY

Zkušební prostory, ve kterých byla prováděna celá práce, slouží k řízení zkoušky odolnosti spojů termoplastového potrubí vůči teplotním cyklům, přičemž pro samotné testování jsou zde k dispozici dva vodárenské okruhy.



Obrázek č.20 – Pracovní podmínky

Všechny náležitosti zkoušek vychází z norem ČSN. Po jejich zdárném absolvování je dané testované soustavě přidělena certifikace, která říká, že vyhovuje příslušné normě. Více k normám, viz. (kapitola 4).



Obrázek č.21 – Hlavní skříň s PLC a rozvody celého okruhu



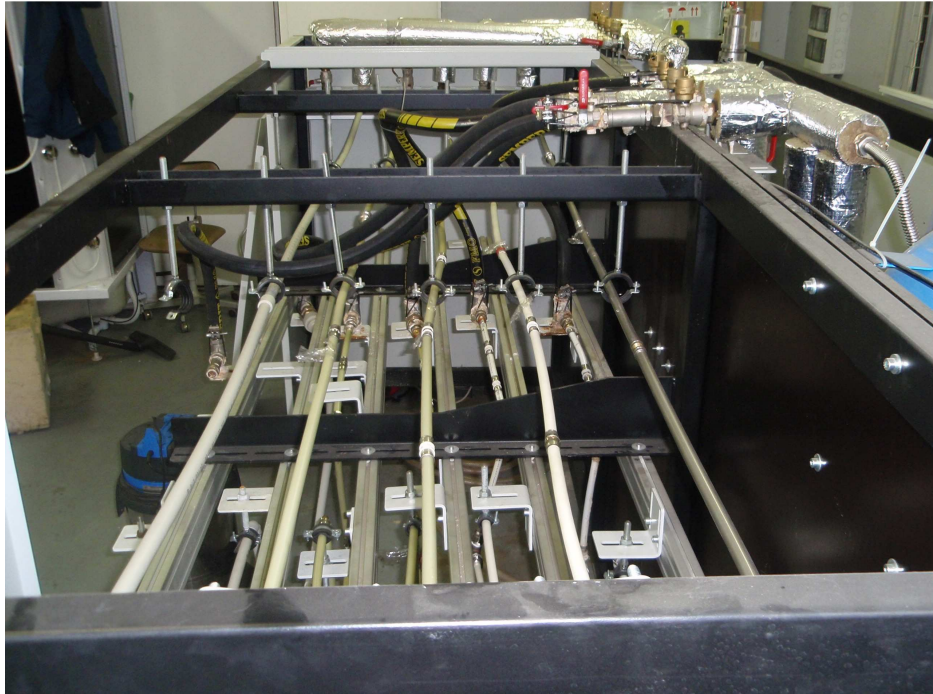
*Obrázek č.22 – Detail na otevřenou skříň*

Dominantu zkušebních prostor tvoří vodárenský okruh složený z uzavřeného okruhu studené a teplé vody. Ve své podstatě má celé testovací zařízení simulovat při jednotlivých zkouškách běžné používání v praxi. V simulačních podmínkách jsou tyto náležitosti realizovány např. u vodovodní baterie: střídavým pouštěním teplé a studené vody o určité teplotě a tlaku stanovenými normou.



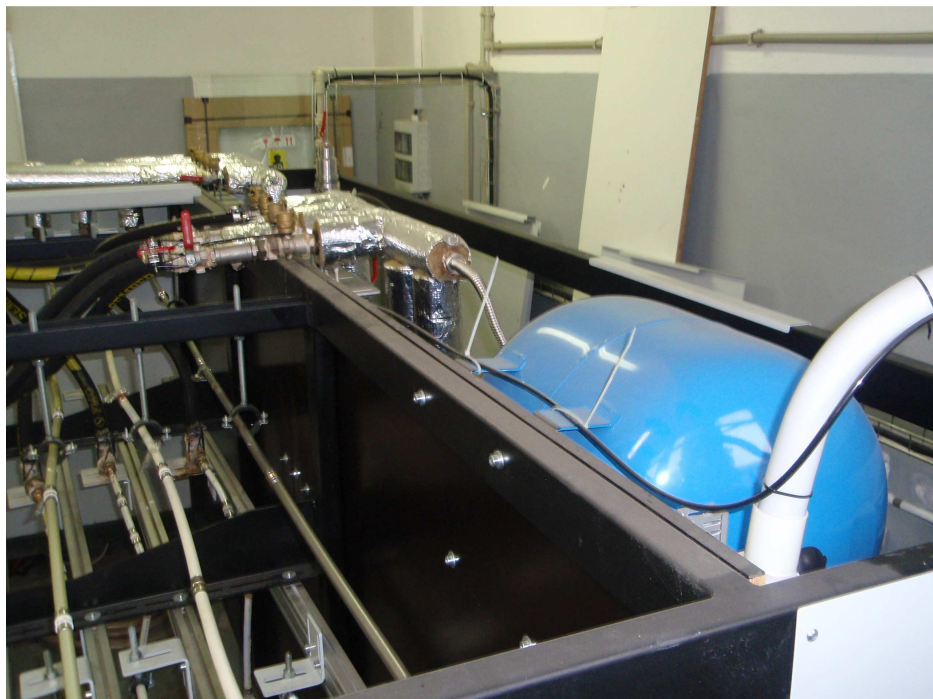
*Obrázek č.23 – Pohled na levý bok vodárenského okruhu*

Jak již bylo uvedeno výše, celý vodárenský okruh je složen z uzavřeného okruhu studené a teplé vody. Tento fakt vychází ze samotné koncepce zkoušky, která je definována příloženou normou ČSN.



*Obrázek č.24 – Pohled shora na celkem 5 osazených vzorků potrubí*

Ve své podstatě jsou zkoušky prováděny v přesně definovaném počtu cyklů. Přičemž jedna iterace samotné zkoušky je tvořena stanoveným časovým intervalem pro teplou či studenou vodu.



*Obrázek č.25 – Tlaková nádoba*

Podrobný seznam všech součástí tvořící celý vodárenský okruh spolu s výčtem nejdůležitějších parametrů lze nalézt v následující tabulce.

Komponenty jako např. PLC a dotykový displej jsou propojeny přes sériový port COM s PC, na kterém běží software Control Web 6, který umožňuje s touto jednotkou komunikovat.

Identifikace/Typ	Obrázek	Parametry
<p>PLC</p> <p>Mitsubishi MELSEC FX3U</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• integrované V/V: 16</li> <li>• Zdroj napájení: 24 V DC / 100-240 V AC</li> <li>• Integrované vstupy: 8</li> <li>• Integrované výstupy: 8</li> <li>• Typ výstupu: Relé / Transistor (zdrojový typ)</li> <li>• Spotřeba energie: 25 W / 30 VA</li> <li>• Hmotnost: 0.6 Kg</li> <li>• Rozměry v mm (Š x V x H): 130x90x86</li> </ul>
<p>Dotykový displej</p> <p>GOT1000 GT-1020</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• monochromatický STN displej(2 barvy)</li> <li>• rozlišení 160 x 64 bodů</li> <li>• úhlopříčka 3,7"</li> <li>• 3-barevné podsvícení LED diodami, (červená, oranžová, zelená) podle typu</li> <li>• transparentní režim PC &lt;math&gt;\leftrightarrow&lt;/math&gt; GOT &lt;math&gt;\leftrightarrow&lt;/math&gt; PLC</li> <li>• uživatelská paměť až 1024 obrazovek</li> <li>• 512kB paměti</li> <li>• tvorba grafů, recepční řízení</li> <li>• RS232</li> <li>• RS422 jenom pro GT1020-LBD(W)</li> <li>• možnost připojení dvou OP GT1020 na jedno PLC</li> <li>• zpracování alarmů</li> </ul>



<p>Kompaktní digitální regulátor</p> <p>OMRON E5CN</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozměry: 48 x 48 x 78 mm</li> <li>• Napájení: 100 až 240 VAC nebo 24 VAC/VDC</li> <li>• Dva displeje – 11segmentový, 3 barvy (zelená, červená, oranžová)</li> <li>• Vícenásobná žádaná hodnota (4 banky)</li> <li>• Vzorkovací perioda 250ms rychlejší regulace</li> <li>• Přesnost regulace 0,5% PV +1 místo</li> <li>• Krytí IP66 (čelní panel)</li> <li>• Pracovní teplota: -10 až 55°C</li> </ul>
<p>Oběhové čerpadlo</p> <p>GRUNFOS</p> <p>TP 40-60/2A</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Průtok: max 825 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• Dopravní výška: max. 93 m</li> <li>• Teplota čerpané kapaliny: -25 až +140 °C</li> <li>• Max. provozní tlak: 16 barů</li> <li>• Směr otáčení motoru: Ve směru hodin. ručiček</li> </ul>
<p>Snímač tlaku</p> <p>IFM PA3023</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provozní napětí: 9,6...32 V DC</li> <li>• Elektrické provedení: DC</li> <li>• Výstupní funkce: 4...20 mA analog</li> <li>• Měřicí rozsah: 0...25 bar</li> <li>• Odolnost proti tlaku: 150 bar</li> </ul>
<p>Deskový výměník tepla</p> <p>CB52</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pracovní teplota (°C) Tmax/Tmin: +225/-160</li> <li>• Pracovní tlak (MPa) PNmax S3-S4/S1-S2: 3,0-3,0</li> <li>• Zkušební tlak (MPa) S3-S4/S1-S2: 4,5-4,2</li> <li>• Hrdla S1-S2/S3-S4 (ISO-G): 5/4"-1"</li> <li>• Vnější rozměry c x d (mm): 526x111</li> <li>• Rozteč hrdel a x b(mm): 466x50</li> <li>• Standardní počty desek: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100</li> </ul>

<p>Oběhové čerpadlo (u bojleru)</p> <p>20-NTV-76-4</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otáčky (základní): 2700ot/min</li> <li>• Otáčky (snížené): 2200ot/min</li> <li>• Proud pro jištění motoru I: 0,8A</li> <li>• Max. teplota čerpané kapaliny: 120 °C</li> <li>• Průměr sacího hrdla DN: 20 mm</li> <li>• Max. provozní tlak běžně: 0,6 MPa</li> <li>• Napětí: 230V</li> <li>• Kmitočet: 50Hz</li> </ul>
<p>Tlaková nádoba</p> <p>CIMM AFESB CE 801</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• jmenovitý tlak: 10 bar</li> <li>• typ: s výměnnými membránami</li> <li>• hmotnost: 17.1 kg</li> </ul>
<p>Snímač teploty (nerezová jímka v potrubí)</p> <p>Průmyslový odporový teploměr Pt100 s litinovou hlavicí</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• průměr sondy: 3,17 mm</li> <li>• délka: 22,8 mm</li> <li>• hodnota odporu: 100 Ω @ 0 °C</li> </ul>
<p>5-ti cestný pneumatický ventil</p> <p>EVZ M500</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Průtok (Nl/min): 590 Rozsah tlaků</li> <li>• Rozsah tlaků (MPa): 0,15 - 0,7</li> </ul>
<p>Topné těleso bojleru</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• příkon tělesa: 7,5 kW</li> <li>• napětí: 230/380 V</li> </ul>

Tabulka č. 1 – Seznam stěžejních komponent vodárenského okruhu

## 5 NORMA PRO PLASTOVÉ POTRUBNÍ SYSTÉMY - ČSN EN 12293

### Termoplastové trubky a tvarovky pro horkou a studenou vodu – Stanovení odolnosti montovaných sestav opakovanému působení zvýšené teploty (teplotním cyklům)

Tato evropská norma byla připravena technickou komisí CEN/TC 155 "Plastové potrubní systémy a systémy potrubí", úřadem, který je v držení NNI.

Tato norma nabude statusu národního standardu, buď publikací stejného textu nebo potvrzením, nejpozději do ledna 2000, přičemž protichůdné národní standardy by měly být staženy nejpozději do ledna 2000.

Podle CEN / CENELEC, národní normalizační organizace následujících zemí jsou povinny zavést tuto evropskou normu: Rakousko, Belgie, Česká republika, Dánsko, Finsko, Francie, Německo, Řecko, Island, Irsko, Itálie, Lucembursko, Nizozemí, Norsko, Portugalsko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko a Velká Británie.

Materiálně-závislé parametry a/nebo funkční požadavky jsou zahrnuty do systému norem.

Tato norma je jednou z řady norem pro zkušební metody, které podporují systém standardů pro plastové potrubní systémy a systémy potrubí. [7]

### 5.1 Oblast použití

Tato norma specifikuje metodu pro testování odolnosti potrubních spojů vůči teplotním cyklům, složených z tuhých nebo ohebných termoplastů.

Norma je použitelná pro termoplastické potrubní systémy určené k použití v horké a studené vodě za působení určitého tlaku.

### 5.2 Principy

Testovaná soustava trubek je vystavena teplotním cyklům průtoku vody pod tlakem za použití střídavě teplé a studené vody pro určitý počet cyklů, přičemž v průběhu vystavování teplotním cyklům je okruh udržován pod tažným tlakem a/nebo ohybovým napětím pomocí statických svorek. V průběhu a po testu je montáž trubek monitorována, zda nedochází ke vzniku různých netěsností. [7]

POZNÁMKA: Předpokládá se, že tyto testované parametry jsou nastaveny standardně s odkazem na tuto normu:

- a) test teploty (viz. 4.3.1, 4.3.2 a 4.6.1),
- b) průběh celého cyklu a každé části cyklu (viz. 4.3.1, 4.3.2 a 4.6.1),
- c) test tlaku (viz. 4.3.6 a 4.6.1),
- d) test pevnosti v tahu (viz. 4.3.8 a 4.5.3),
- e) rádius ohybu (viz. věta 4.4 a obrázek č. 13 a 14),
- f) celkový počet cyklů, včetně prvních pěti cyklů (viz. 4.6.2 a 4.6.3).

## 5.3 Testovací aparatura

### 5.3.1 Zdroj studené vody:

- a) dodává studenou vodu nezbytnou k udržení teplotního kolísání během testu do specifikovaného maxima rozdílu (viz 4.6.2);
- b) zásobující voda v nejnižší teplotě je specifikovaná doporučující normou do  $\pm 5\text{K}$ ;
- c) zásobující voda v průběhu přinejmenším každého cyklu je specifikována doporučující normou.

### 5.3.2 Zdroj horké vody:

- a) dodává horkou vodu nezbytnou k dosažení požadovaného průtoku (viz 4.6.2);
- b) zásobující voda v nejvyšší teplotě je specifikovaná doporučující normou do  $\pm 2\text{K}$ ;
- c) zásobující voda v průběhu přinejmenším každého cyklu je specifikována doporučující normou.

### 5.3.3 Vyrovnávací ventily

- slouží k regulaci průtoku vody, což je nezbytné k udržení teplotního kolísání během testování do specifikovaného maxima rozdílu (viz 4.6.2).

### 5.3.4 Alternativní vybavení

- schopné dosáhnout každé změny v horkých a studených teplotách na vstupu do 1 min.

### 5.3.5 Teploměr(y)

- slouží ke kontrole stanovených zkušebních teplot (viz 4.3.1 a 4.3.2 a 4.6.2).

### 5.3.6 Tlakoměr(y)

- slouží k regulaci tlaku ve zkušební soustavě podle předkládající normy s přesností  $\pm 0,5$  bar s výjimkou menších výkyvů, které mohou nastat, když se teplota vody mění z horké na studenou a naopak. [7]

### 5.3.7 Podpůrné svorky

- držáky, které podle potřeby zahrnují kotevní konzoly (pevné hroty), schopné přidržit součásti trubek a vodící konzoly, schopné podepřít součásti potrubí bez brzdícího podélného pohybu (viz. kapitola 4.5 a obrázek č. 13).

### 5.3.8 Napínací zařízení

- schopné vytvořit potřebný výchozí tažný tlak (viz. 4.5.3).

POZNÁMKA: To má simulovat pnutí, které může být způsobeno v jakémkoli pevném potrubí v důsledku kontrakce způsobené ochlazením na teplotu nižší, než je teplota převládající během instalace.

## 5.4 Zkušební soustava

Zkušební soustava zahrnuje montáž trubek a kování spojených a oříznutých v souladu s obrázkem č. 13 doporučeným postupem výrobce, až na následující:

Pokud (za použití doporučujícího postupu výrobce) potrubí nelze ohnout v konfiguraci uvedené pro větev C jak je na obrázku č. 13, například kvůli materiálu, tloušťce stěny a/nebo venkovnímu průměru trubky, pak větev C musí odpovídat obrázku č. 14.

Zkušební soustava - jak lze vidět na obr. č. 13 - musí obsahovat následující: [7]

- a) pro větev A: alespoň tři předpjaté trubky propojené přímými konektory, namáhané v souladu s 4.5.3, kde prostá délka každého spojení musí být  $(3000 \pm 5)$  mm;
- b) pro větev B: alespoň dvě rovné trubky, každá s možností volného pohybu a které mají prostou délku  $(300 \pm 5)$  mm;
- c) pro větev C: nejméně jeden ohyb (viz. obrázek č. 13 nebo 14) podepřený na koncích. Prostá délka potrubí by měla být v rozmezí od  $27 d_n$  do  $28 d_n$ , kde  $d_n$  je nominální průměr trubky, nebo eventuálně může mít délku, která umožňuje minimální rádius ohybu potrubí, jak uvádí výrobce, aby bylo usazeno.

## 5.5 Příprava zkušební sestavy

- a) V případě potřeby, předmět zkušební sestavy je třeba stabilizovat v souladu s doporučeními výrobce potrubních částí a/nebo spojovacích prvků (např. lepidel).
- b) Podmínka pro testování je pokojová teplota  $(23 \pm 5)$  °C po nejméně 1 hod.
- c) Přepětí větve A zkušební sestavy k tažnému tlaku je specifikováno v předkládajícím standardu a zasazeno v poloze volných konců namáhaných větví.
- d) Napuštění zkušební soustavy studenou vodou tak, že všechny vzduch je vytlačen.

## 5.6 Metodika testování

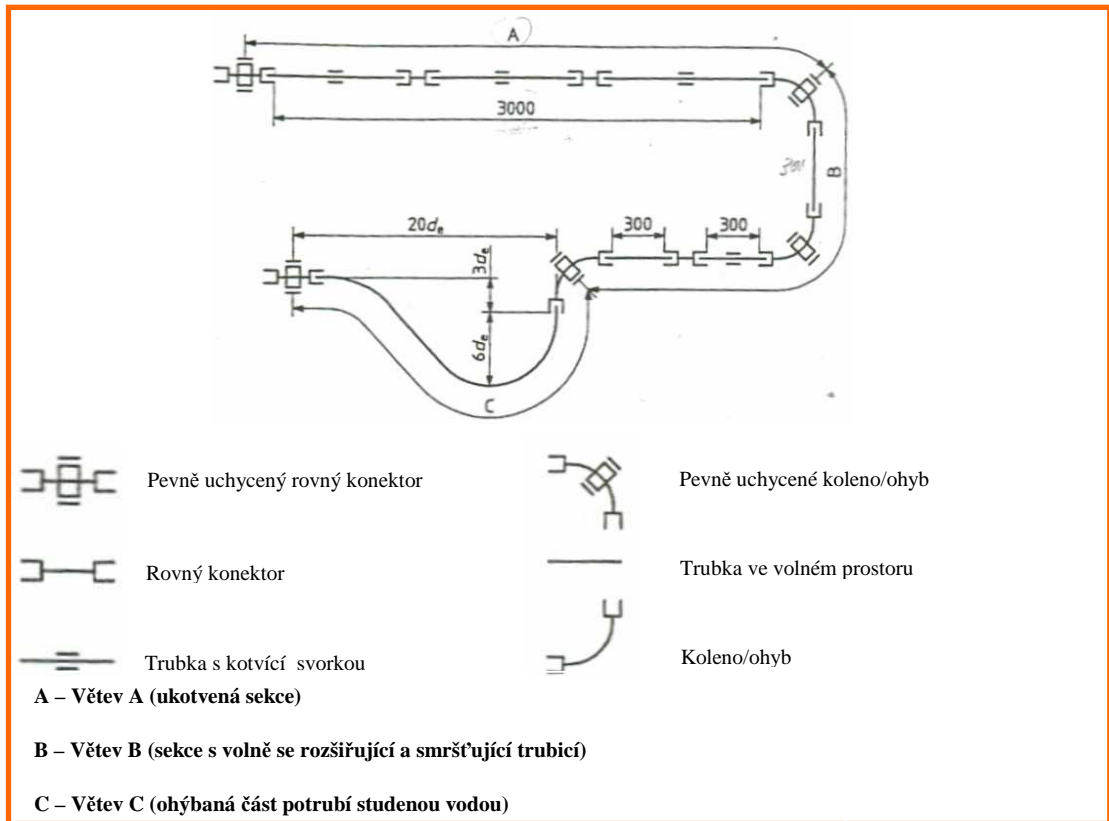
- a) Započítí cyklování – prvně studená potom horká voda, tak jak je uvedeno v předložené normě [viz. b) a f) v poznámce kapitoly 2] pod určitým tlakem a za určité provozní teploty opět jak je uvedeno v předložené normě.
- b) V rámci prvních pěti cyklů je nutné:
  1. sladit vyvážení ventilů tak, že pro zbývající část testu, během každé části cyklu teplota udržovaná teplotními poklesy mezi vstupem a výstupem zkušební sestavy musí být menší než 5 K;
  2. provést jakékoliv úpravy kloubů nezbytné k odstranění případného úniku vody.
- c) Během a následně po ukončení počtu cyklu specifikovaných v předložené normě je třeba zkontrolovat všechny klouby, jestli neobsahují znaky nějakých netěsností apod.

V případě, že jsou nějaké netěsnosti nalezeny, je potřeba zaznačit jejich pozici a také kdy byly nalezeny.

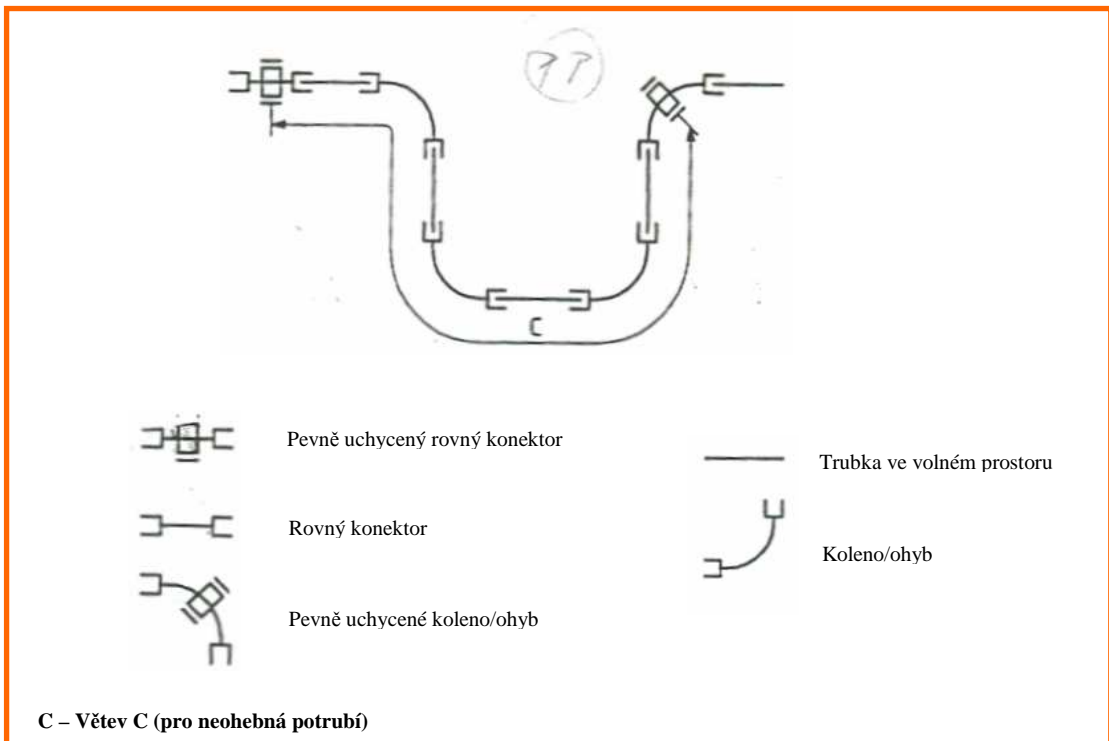
## 5.7 Zápis testu

Finální zpráva o tom, jak dopadl test, musí obsahovat následující informace: [7]

- a) odkaz na tuto normu;
- b) identifikace komponent použitých při testu, včetně třídy provozních podmínek a provozní tlak;
- c) zda-li byla trubice pružná nebo pevná;
- d) v případě ohebných trubek, rádius ohybu uplatňovaný ve větvi C;
- e) tažný tlak větve A;
- f) hodnota teploty (spodní a horní teplota cyklu), ve °C;
- g) délka úplného cyklu a každé části cyklu v jednotkách minut;
- h) celkový počet úplných cyklů (zahrnující také prvních pět cyklů);
- i) hodnota tlaku, na které byl test prováděn v jednotkách barů;
- j) znaky netěsnosti (v případě, že se vyskytly) a kde a kdy k nim došlo;
- k) jakékoliv faktory, které mohly ovlivnit výsledky, jako jsou náhody nebo provozní údaje nspecifikované v této normě;
- l) datum testu.



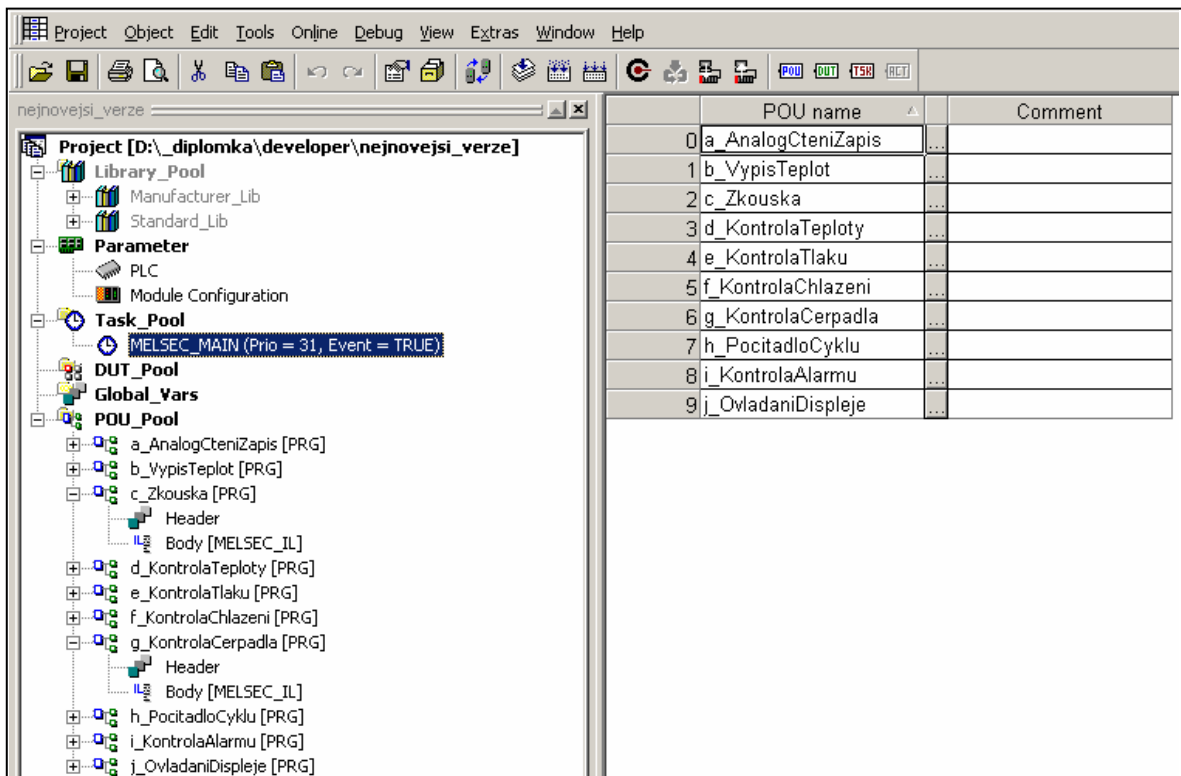
Obrázek č.26 – Uspořádání zkušební soustavy



Obrázek č.27 – Alternativní uspořádání zkušební soustavy větve C pro neohebná potrubí

## 6 POPIS ZDROJOVÉHO KÓDU PROGRAMU

Výsledný program je v GX Developeru organizován do tzv. POUs (Program organisation units), které si lze také představit jako dílčí podprogramy. Pořadí v jakém se budou vykonávat, určuje umístění v sekci „Task\_Pool“ viz. následující obrázek. Pro ještě větší přehlednost byly jednotlivé POU doplněny písmenem abecedy na začátku jejich názvu, aby se ve stejném pořadí „poskládaly“ i v sekci „POU\_Pool“, což by jinak nebylo možné.



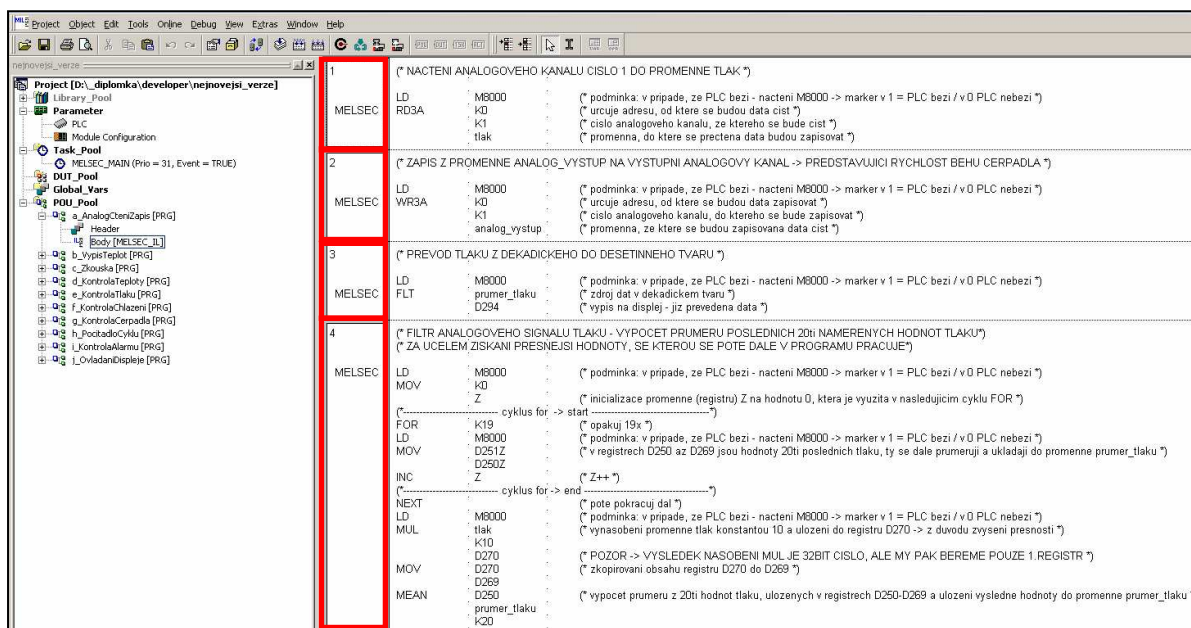
Obrázek č.28 – Pořadí jednotlivých POUs v sekci Task Pool

Celkově se tedy program skládá z 10-ti podprogramů, které budou v následujících kapitolách podrobněji popsány.

### 6.1 POU „a\_AnalogCteniZapis“

Nejprve je nutné podotknout, že celý program je psán v textovém jazyce instrukcí (v tomto případě se konkrétně jedná o MELSEC Instruction List), přičemž zdrojový kód v každém podprogramu je ve většině případů pro lepší orientaci rozdělen do bloků tak, jak ukazuje následující obrázek (červeně vyznačeno). Na začátku každého bloku je v poznámce uvedena velkými písmeny činnost, kterou daný blok provádí. Dále za skoro každým řádkem zdrojového kódu následuje v poznámce přesný popis, co daný kód vykonává.





Obrázek č.29 – Ukázka rozdělení podprogramu do jednotlivých bloků

Co se týče samotné POU „a\_AnalogCteniZapis“, tak už z názvu vyplývá, že půjde o čtení a zápis z/do analogového kanálu PLC.

**BLOK 1:** Dochází k načtení hodnoty tlaku do proměnné *tlak*, se kterou se v programu dále pracuje a to ještě hned v této POU (viz. blok č. 4).

**BLOK 2:** V této sekci se z proměnné *analog\_vystup* zapíše data do analogového kanálu PLC. Hodnota v této proměnné představuje rychlost oběhového čerpadla.

**BLOK 3:** Zde pomocí příkazu *FLT* dochází k převodu tlaku z celočíselného formátu do formátu desetinného čísla, aby bylo možné sledovat tuto veličinu přesněji (1 des. místo).

**BLOK 4:** Tento blok zajišťuje výpočet přesnější hodnoty naměřeného tlaku a to tím způsobem, že PLC vezme posledních 20 naměřených hodnot, uloží je do daných registrů, ze kterých je poté pomocí příkazu *MEAN* vypočten průměr. Výsledek je následně uložen do proměnné „*prumer\_tlaku*“, se kterou program dále pracuje.

## 6.2 POU „b\_VypisTeplot“

**BLOK 1:** V tomto bloku dochází k vynulování dvou chybových registrů D8268 a D8278 z modulu Pt100, přičemž význam jednotlivých bitů registrů je shrnut v následující tabulce.

**BLOK 2:** Nastavení teplotních jednotek na °C pro modul 1 a 2. Tato operace je provedena nastavením markerů M8260 a M8270 (druhou jednotkou na výběr jsou °F).

Bit	Description	Bit	Description
b0	The temperature measurement data in channel 1 is outside the specified range, or disconnection is detected.	b5	Number of averaging time setting error
b1	The temperature measurement data in channel 2 is outside the specified range, or disconnection is detected.	b6	TC-ADP hardware error
b2	The temperature measurement data in channel 3 is outside the specified range, or disconnection is detected.	b7	TC-ADP communication data error
b3	The temperature measurement data in channel 4 is outside the specified range, or disconnection is detected.	b8 to b15	Unused
b4	EEPROM error	-	-

Tabulka č.30 – Význam jednotlivých bitů chybových registrů

**BLOK 3:** Zde dochází k uložení konstant do registrů D8264-D8267 a D8274-D8277. Jedná se o hodnotu 10, přičemž toto číslo určuje průměr → kolik posledních hodnot naměřených daným teplotním senzorem se má uložit do registrů D8260-D8263 a také D8270-D8273.

**BLOK 4:** Navazuje na předchozí blok. Hodnoty teplot z výše uvedených registrů jsou přeuloženy do běžných proměnných, se kterými se v programu dále pracuje.

**BLOK 5:** V této sekci jsou první dvě čtveřice bitů chybových registrů D8268 a D8287 přeuloženy do markerů M100-M107 resp. M108-M115. Jsou zde vypsány dva možné způsoby zápisu. Nutno ovšem podotknout, že tyto „error“ statusy nejsou v další části programu využity k žádnému účelu, nicméně byly ponechány v programu.

**BLOK 6:** Opět pomocí příkazu FTL jsou proměnné *teplota\_bojleru*, *teplota\_vstupu*, *teplota\_vystup1*, *teplota\_vystup2*, *teplota\_vystup3*, *teplota\_vystup4* a *teplota\_laboratore* převedeny z celočíselného formátu do formátu desetinného čísla a uloženy do registrů, sloužících k výpisu těchto hodnot na dotykovém displeji.

### 6.3 POU „c\_Zkouska“

Tato část programu by se dala označit jako jednou z hlavních, protože má na starosti řízení celé zkoušky. První blok řídí běh studené fáze a druhý blok běh teplé fáze.

**BLOK 1:** Na začátku bloku se testuje, zda-li bylo stisknuto tlačítko **Zkouška On/off**. V případě že ano, dojde k zapnutí regulace tlaku a teploty (kdyby to neprovedl nebo zapomněl provést uživatel sám pomocí daných tlačítek), poté se do proměnné *analog\_vystup* zapíše konstanta 250, což představuje maximální rychlost oběhového

čerpadla = 70Hz. Následně se vyresetuje marker značící fázi předtopení a spolu s ním všechny markery znázorňující některý z alarmových stavů. Nakonec dojde již k sepnutí hlavního stykače v ovládací skříni, kde je umístěno PLC, dále se do hodnoty 1 nastaví marker *zkouska\_jede* a započne celý cyklus testování, který tedy začíná studenou fází. Na začátku studené fáze dojde k přepnutí ventilu na studenou vodu a také k aktivování několika časovačů, které budou níže podrobněji popsány.

**Časovač T50** – Po uběhnutí tohoto časovače se marker M41 nastaví do 0, což signalizuje konec prvních 90 sekund studené fáze. To má vliv na způsob chlazení celého okruhu, což je dále vysvětleno v kapitole 8.6.

**Časovač T51** – Tento časovač je nastaven na hodnotu 6000 = 600 sekund = 10 minut. Po uplynutí této doby se proměnná *faze\_predtopeni* nastaví na 1. Proč je vůbec nutné předtápět bojler dopředu ještě ve studené fázi je uvedeno v kapitole 8.4.

**Časovač T52** – Je nastaven na necelých 15 minut (přesně 896 sekund) a to proto, aby se 4 sekundy před koncem studené fáze vypnulo čerpadlo viz. T53.

**Časovač T53** – Tento časovač zapíná čerpadlo na začátku studené fáze (po 4 sekundách). Je to z toho důvodu, aby při přechodu z teplé fáze do studené a naopak nedošlo k nežádoucímu promíchání studené a horké vody v okruhu.

**Časovač T54** – Hlavní časovač studené fáze → po uplynutí 15 minut končí studená fáze a začíná fáze teplá.

## **BLOK 2:**

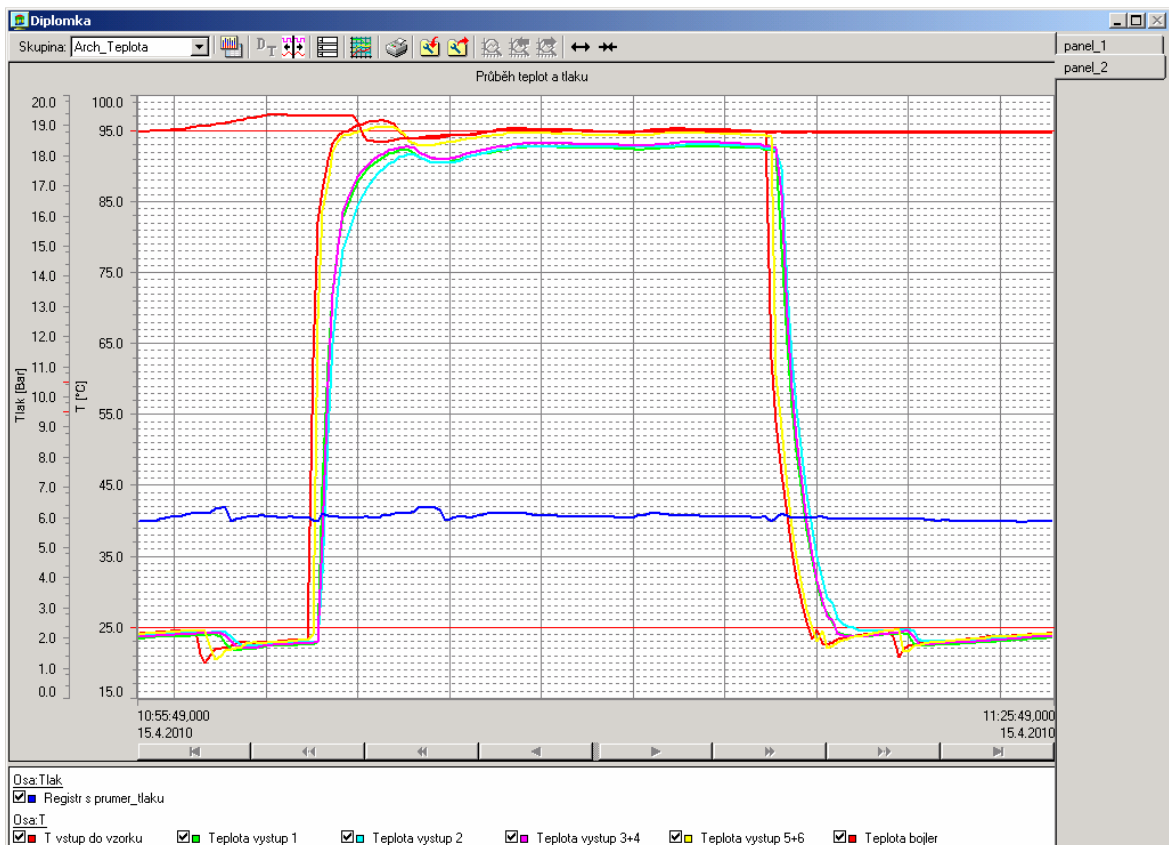
Teplá fáze je řešena obdobně jako fáze studená, jen s několika rozdíly. Na začátku teplé fáze dojde opět k nastavení čerpadla na 70Hz a samozřejmě k přepnutí ventilu na horkou vodu, čili vodní okruh se propojí s bojlerem, ve kterém se neustále udržuje voda o teplotě 96°C. Časovače zde hrají prakticky stejnou roli jako ve studené fázi. Hlavní rozdíl je v tom, že se zde testuje teplota na vstupu (*teplota\_vstupu*) s hodnotou teploty uložené v proměnné *teplota\_dolni\_mez2*. V případě, že teplota na vstupu dosáhne vyšší hodnoty, než která je nastavena v uvedené proměnné (studená voda je nahrazena horkou vodou), dojde k nastavení markeru M43 na hodnotu 1. To způsobí, že za 3 minuty od této události

(časovač T58) bude rychlost čerpadla snížena na 40Hz z důvodu zamezení zbytečného opotřebování čerpadla, které by jinak fungovalo na maximální výkon, což zde není nezbytně nutné a daná minimální rychlost absolutně dostačuje.

## 6.4 POU „d\_KontrolaTeploty“

**BLOK 1:** Tato část programu zajišťuje regulaci teploty. Nejprve se testuje, zda-li se program nachází ve fázi předtopení. Pokud ano, tak se k uživatelem zadané teplotě v CW připočtou 2 °C a teprve s touto hodnotou program dále pracuje. V opačném případě se použije pouze zadaná hodnota.

*Vysvětlení fáze předtopení bojleru:* Z důvodu výrazného poklesu teploty bojleru při přechodu ze studené fáze do teplé fáze, kdy teplota klesala pod hranici 95°C, (což je v rozporu s normou) bylo nutné přehřát vodu v bojleru o cca 2°C, aby došlo k eliminaci tohoto problému. Na následujícím obrázku je jasně vidět, že po přehřátí bojleru není propad teploty tak výrazný a rychle se srovná s hranicí teploty určené normou.



Obrázek č.31 – Ukázka předtopení bojleru

V další části tohoto bloku dojde k výpočtu dolních mezí teplot, které se uloží do proměnných *teplota\_dolni\_mez* a *teplota\_dolni\_mez2*. První proměnná je použita v následném testu, při kterém se kontroluje, jestli je teplota bojleru nižší než tato mez. Pokud ano, dojde k sepnutí topné spirály. Naopak pokud je teplota bojleru vyšší nebo rovná, topná spirála se vypne. Druhá proměnná je použita v teplé fázi viz. kapitola 8.3.

**BLOK 2:** Ošetření havarijního stavu, kdy je teplota bojleru nebo teplota na vstupu vyšší než 98°C. V takovém případě dojde k odstavení celého systému a zobrazení daného alarmu na dotykovém displeji i na panelu v CW. To samé platí i pro externí regulátor OMRON, který slouží jako pojistka proti případnému přetopení bojleru.

**BLOK 3:** Ošetření havarijního stavu, kdy je během zkoušky překročena teplota na vstupu o více jak 2.5°C. V tom případě dojde k odstavení systému. Tento alarm může být vyvolán pouze během zkoušky na rozdíl od bloku č. 2, kde dochází ke kontrole teploty kdykoliv je PLC zapnuté resp. aktivní.

## 6.5 POU „e\_KontrolaTlaku“

**BLOK 1:** Výpočet dolních a horních mezí a jejich uložení do proměnných, které jsou dále používány v programu pro regulaci tlaku.

**BLOK 2:** Ošetření situace, kdy je po zapnutí cyklování v systému nulový nebo menší tlak než hodnota nastavená v panelu. V případě absence tohoto kódu by pokaždé došlo k odstavení celého systému, což je nepřijatelné. Proto tento blok zajistí, že k aktivaci alarmů tlaku dojde až v případě „najatí“ provozního tlaku v okruhu na hodnotu nastavenou uživatelem v panelu.

**BLOK 3:** Ošetření havarijního stavu přetlakování v případě, že tlak v okruhu přesáhne hodnotu 10,9 Bar. Pokud tento stav trvá déle jak 3 sekundy, dojde k odstavení systému a zároveň se zapne vypouštění, které poběží do doby, než se hodnota tlaku dostane pod hranici 10,2 Bar.

**BLOK 4:** Tento blok zajišťuje dotlakování okruhu pokud klesne hranice tlaku pod vypočtenou dolní mez.

**BLOK 5:** Podobně jako předchozí blok s tím rozdílem, že se jedná o odtlakování okruhu pokud vzroste hranice tlaku nad vypočtenou horní mez.

**BLOK 6:** Ošetření havarijního stavu dlouhé doby dopouštění. V případě, že je tlakování sepnuto nepřetržitě 2 minuty, dojde k odstavení systému. Tento stav může být vyvolán například vzniklými netěsnostmi nebo rovnou prasklým potrubím.

**BLOK 7:** Ošetření stavu častého dopouštění (častého sepínání dotlakovávacího ventilu) v intervalu kratším než jsou 3 sekundy.

**BLOK 8:** Alarmový stav nízkého tlaku. Pokud se hodnota tlaku v okruhu dostane pod vypočtenou hodnotu dolní meze, dojde k odstavení systému.

**BLOK 9:** Alarmový stav vysokého tlaku. Pokud se hodnota tlaku v okruhu dostane nad vypočtenou hodnotu horní meze, dojde k odstavení systému.

**BLOK 10:** Pokud uživatel vypne regulace tlaku a zároveň není zapnuté manuální odtlakování systému, deaktivuje se vypouštění.

## 6.6 POU „f\_KontrolaChlazení“

**BLOK 1:** Aktivace regulace chlazení po dobu studené fáze.

**BLOK 2:** V prvních 90-ti sekundách studené fáze se zapne chlazení okruhu (voda začne proudit přes deskový výměník tepla). Chlazení probíhá tak dlouho, dokud se teplota na vstupu nedostane pod hranici 24,8°C.

**BLOK 3:** Po prvních 90-ti sekundách se aktivuje chlazení již pouze tehdy, když teplota na vstupu vzroste nad 24,5°C.

**BLOK 4:** Tento blok zajišťuje vypnutí chlazení v posledních 4 sekundách studené fáze kvůli tomu, aby nezůstalo „viset“ při přechodu do teplé fáze.

**BLOK 5:** Ošetření havarijního stavu dlouhé doby chlazení. Pokud je chlazení sepnuto déle jak 2 minuty, dojde k odstavení systému.

**BLOK 6:** V případě ukončení zkoušky dojde k vypnutí regulace chlazení.

## 6.7 POU „g\_KontrolaCerpadla“

**BLOK 1:** Nastavení rychlosti čerpadla v prvních 90-ti sekundách studené fáze na maximální rychlost = 70Hz.

**BLOK 2:** Nastavení rychlosti čerpadla v teplé fázi než dojde k řádné výměně vody opět na maximální rychlost (viz. kapitola 8.3).

**BLOK 3:** Navazuje na předchozí blok. Po výměně vody je rychlost čerpadla snížena na nezbytné minimum = 40Hz.

**BLOK 4:** V tomto bloku se aktivuje samotná regulace čerpadla, která funguje ve studené fázi od 91 sekundy až do konce studené fáze a dále v teplé fázi 3 minuty po řádné výměně vody ze studené na teplou.

Vysvětlení regulace čerpadla: Regulace čerpadla je založena na rozdílu teplot v jednotlivých větvích vodárenského okruhu. V rámci normy a také objektivitu testování je nutné, aby ve všech testovaných větvích byla teplota stejná nebo alespoň aby se teploty k sobě co nejvíce blížily. Z toho důvodu se rychlost čerpadla zvyšuje při rozdílu vyšším jako 0,5°C a tím pádem dojde opět ke „srovnání“ teplot na stejnou hodnotu a nebo při rozdílu nižším jako 0,3°C se rychlost oběhového čerpadla začne snižovat, aby nedocházelo ke zbytečnému opotřebování.

**BLOK 5:** Zde se provádí výpočet rozdílu teplot mezi vstupem a jednotlivými větvemi potrubí, přičemž výsledky se uloží do proměnných *delta1-delta4*.

**BLOK 6:** Ošetření situace, kdy vypočtené delty vyjdou záporně. V tom případě je daná proměnná vynásobená hodnotou -1.

**BLOK 7:** Jestliže alespoň jedna delta (rozdíl teploty na vstupu→větev1-6) měřené větve je vyšší jak 0,5°C, začne se inkrementovat proměnná *analog\_vystup*, což má za následek zvyšování rychlosti oběhového čerpadla.

**BLOK 8:** Jestliže alespoň jedna delta (rozdíl teploty na vstupu→větev1-6) měřené větve je nižší jak 0,3°C, začne se dekrementovat proměnná *analog\_vystup*, což má za následek snižování rychlosti oběhového čerpadla.

## 6.8 POU „h\_PocitadloCyklu“

**BLOK 1-6:** V každém bloku se nachází počítadlo cyklů pro jednotlivé větve 1-6 testovaného potrubí. Počet cyklů je ukládán do proměnných *cykly1-6* a dále zobrazen na uživatelské panelu a také na dotykovém displeji.

## 6.9 POU „i\_KontrolaAlarmu“

**BLOK 1-4:** Obsloužení tlačítka *TL\_uplne\_vypnuti*, po jehož stisknutí (nebo aktivování programem) dojde k odstavení celého vodárenského okruhu. V rámci toho se vyresetují všechny vstupy PLC Y0-Y7 a mnoho dalších markerů, aby bylo po odstranění havarijního stavu opět možné pokračovat ve zkoušce.

**BLOK 5:** Při stisku tlačítka *TL\_reset\_alarmu* dojde k vyresetování všech alarmů na uživatelské panelu.

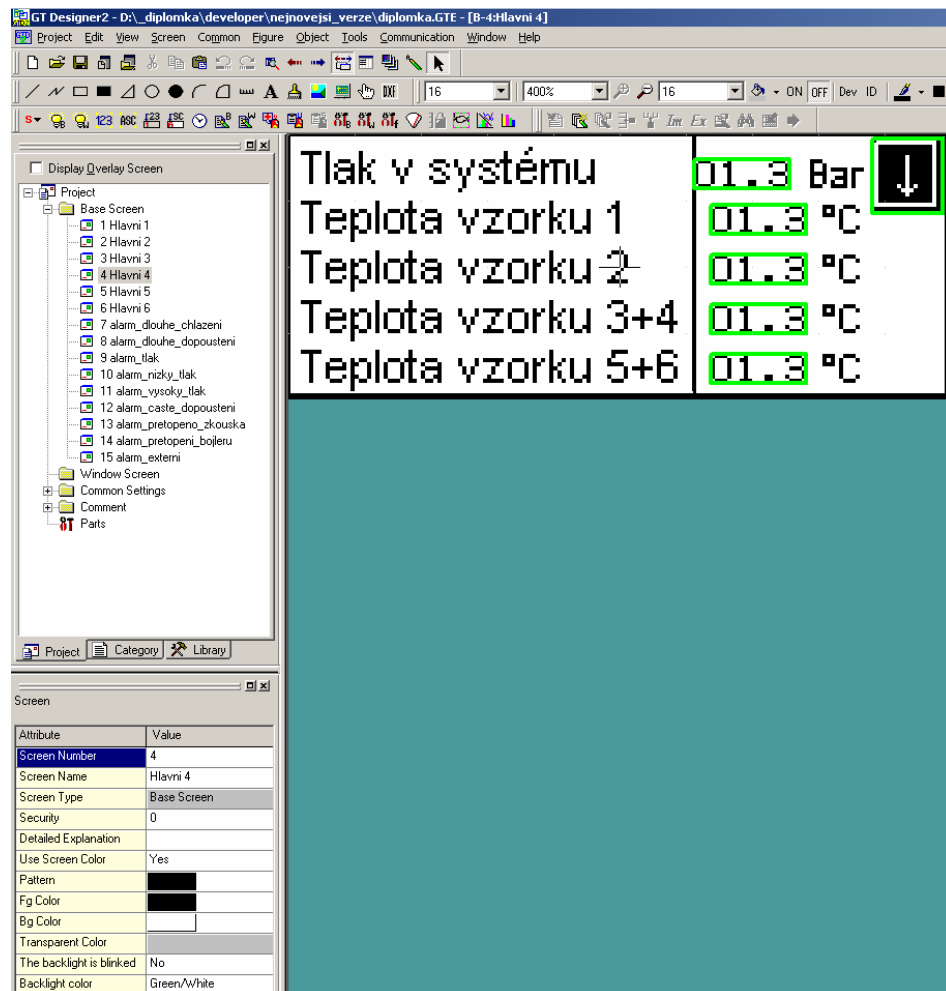
## 6.10 POU „j\_OvladaniDispleje“

**BLOK 1:** Jako poslední podprogram je úsek kódu, sloužící k ovládní dotykového displeje resp. k listování mezi jednotlivými obrazovkami a také k obsluze havarijních stavů. Při stisku příslušného tlačítka na dotykovém displeji dojde k inkrementaci registru D370 (tento registr představuje číslo obrazovky) a tím se uživatel posune o jednu obrazovku dopředu. Celkem má obsluha k dispozici 6 obrazovek, ze kterých lze vyčíst různé informace nebo nastavit testovací parametry jako je tlak, teplota apod. Více o tomto v kapitole 9.



## 7 NÁVRH OBRAZOVKOVÉHO FORMÁTU DISPLEJE

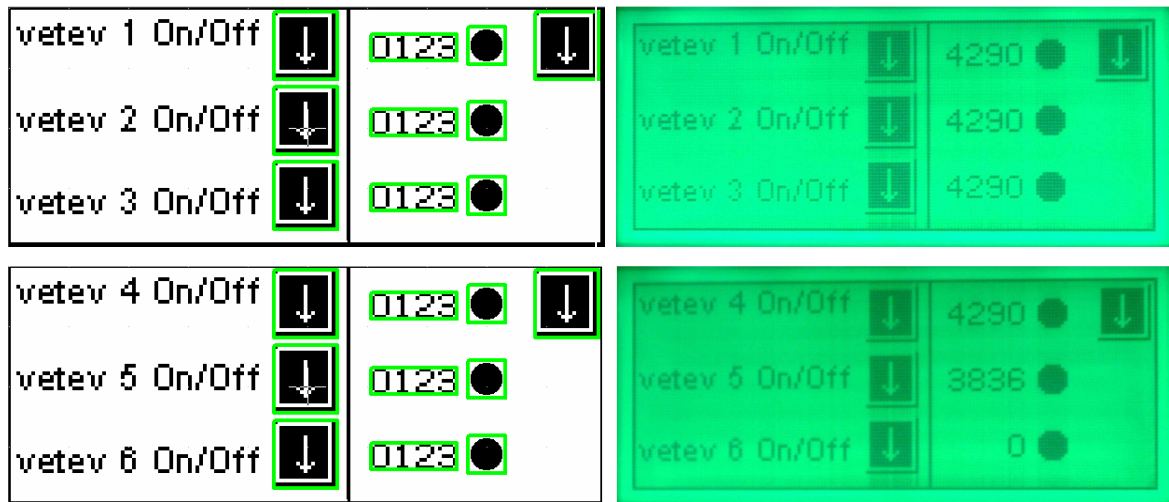
Hlavním úkolem tohoto návrhu je to, aby bylo možné ovládat zkoušku potrubí pomocí dotykového displeje nezávisle na PC. Čili všechny důležité funkce, které obsahoval panel na PC, musely být zahrnuty i v tomto návrhu.



Obrázek č.32 – Seznam navržených obrazovek dotykového displeje v GT Designeru

Na obrázku výše lze v levém sloupci vidět seznam jednotlivých obrazovek, kterých je tedy v součtu 15 z toho prvních 6 má k dispozici obsluha a zbytek je vyhrazen pro případné havarijní stavy. Na následujících stranách bude každá obrazovka podrobně rozebrána o informace, které může obsluha z jednotlivých obrazovek vyčíst a také parametry, které je možné nastavit před a nebo v průběhu zkoušky. Popis je doplněn obrázky, kde na levé straně je obrazovka znázorněna tak, jak vypadá v GT Developeru a na pravé straně je poté fotka reálného vzhledu na displeji.

**Obrazovky 1 a 2:** Na těchto obrazovkách lze v levé části nastavit, které větve (vzorky potrubí) jsou v okruhu namontovány (osazeny) a kde tím pádem má být aktivní počítadlo cyklů. To je zobrazeno v pravé části spolu s tlačítkem, které umožňuje vynulování cyklů.



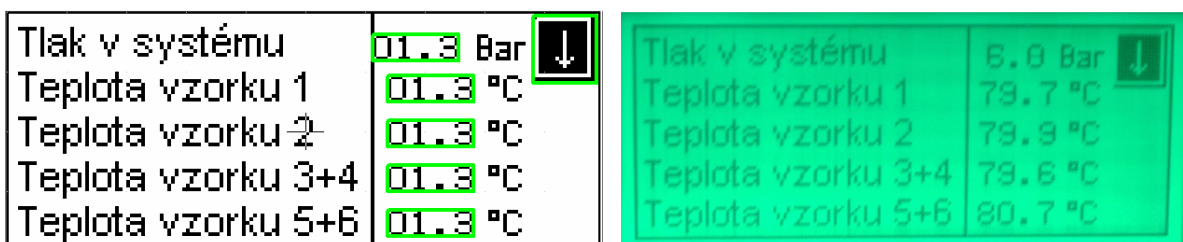
Obrázek č.33 – Obrazovky dotykového displeje 1 a 2

**Obrazovka 3:** Na této obrazovce jsou uvedeny základní informace jako teplota bojleru, vstupu a teplota laboratoře, ve které je testování prováděno. Dále má obsluha možnost nastavit tlak v potrubí a teplotu, na jakou se bude vytápět voda v bojleru.



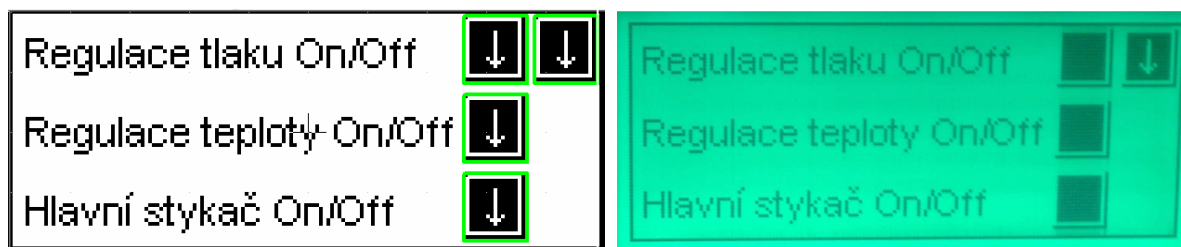
Obrázek č.34 – Obrazovka dotykového displeje 3

**Obrazovka 4:** Zobrazuje hodnotu tlaku v okruhu a dále přehled teplot na všech vzorcích. Vzorky 3 a 4 resp. 5 a 6 mají společný teplotní snímač. Ještě stojí za zmínku, že k listování mezi jednotlivými obrazovkami slouží tlačítko v pravém horním rohu displeje.



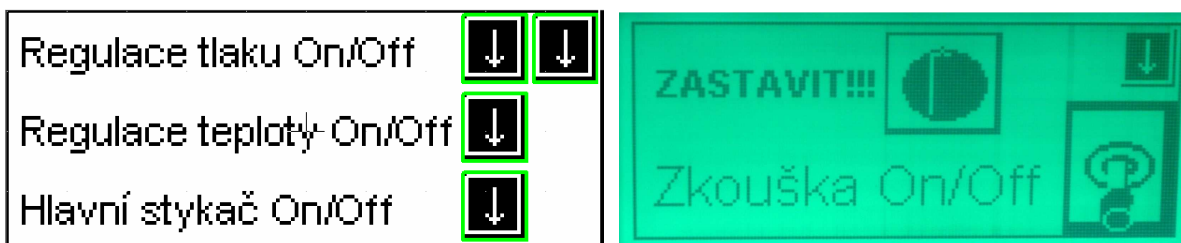
Obrázek č.35 – Obrazovka dotykového displeje 4

**Obrazovka 5:** Slouží k aktivaci regulace tlaku, teploty a k sepnutí hlavního stykače v rozvodné skříni.



Obrázek č.36 – Obrazovka dotykového displeje 5

**Obrazovka 6:** Tlačítko ZASTAVIT umožňuje rychlé odstavení vodárenského okruhu v případě havárie. Dále je na této obrazovce možné vypnout cyklování.



Obrázek č.37 – Obrazovka dotykového displeje 6

**Obrazovky 7-15:** Následující obrazovky jsou vyhrazeny havarijním stavům, které byly popsány v předchozí kapitole. Při vzniku havarijního stavu začnou obrazovky s příslušným textem alarmu blikat oranžově nebo červeně.



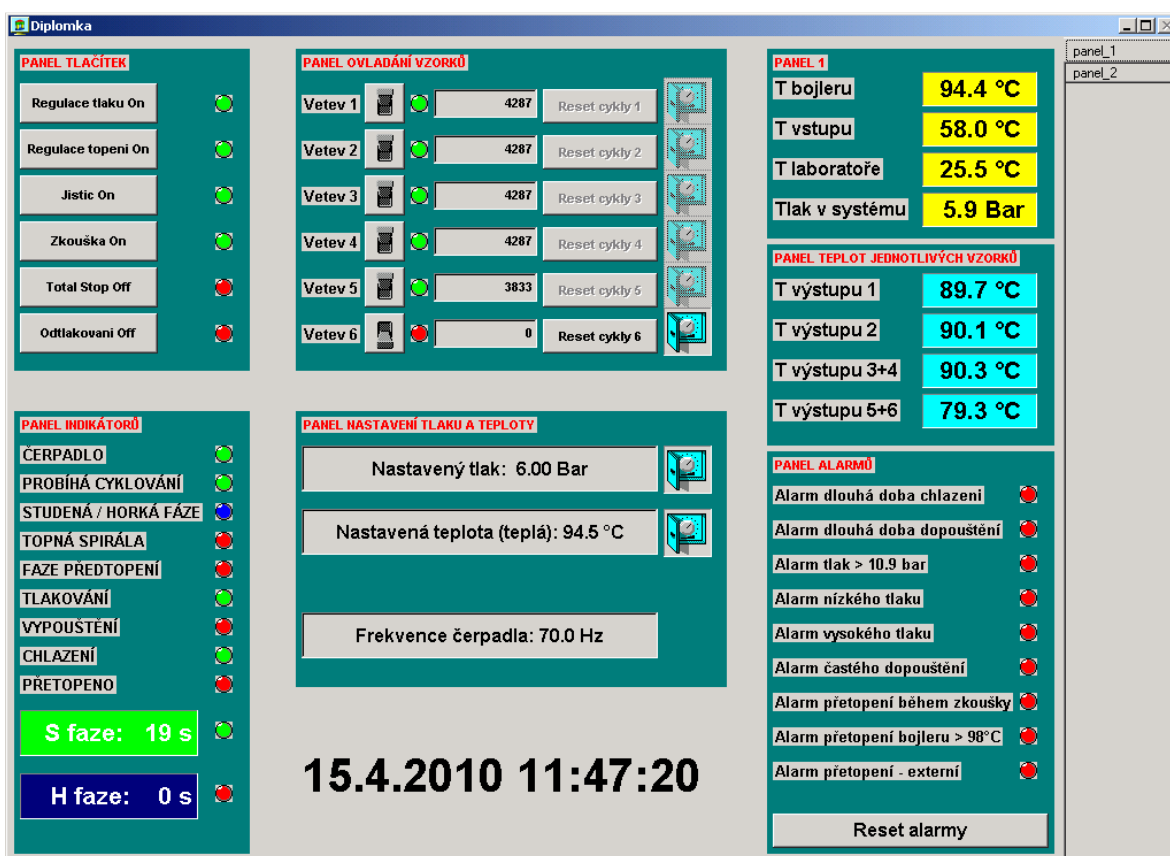
Obrázek č.38 – Obrazovky dotykového displeje 7 a 8



Obrázek č.39 – Obrazovky dotykového displeje 9 až 15

## 8 POPIS PANELU REALIZOVANÉM V CONTROL WEBU

Celé uživatelské prostředí je rozděleno do dvou panelů. První panel slouží k ovládání celého vodárenského okruhu, přičemž je intuitivně rozdělen do několika sekcí podle toho, o jaké ovládací nebo indikační prvky se jedná. Na druhém panelu je poté zachycen graf s průběhem celého procesu, pod kterým je zobrazena legenda. Jednotlivé dílčí průběhy lze také v případě potřeby pro lepší přehlednost dočasně skrýt popř. opět nechat zobrazit. V následujících podkapitolách budou funkce jednotlivých panelů popsány.



Obrázek č.40 – Celkový pohled na hlavní panel 1

### 8.1 Panel tlačítek



Panel tlačítek obsahuje základní ovládací prvky celého okruhu. Uživatel má zde možnost zapnout regulaci tlaku a teploty. Dále je na tomto panelu tlačítko hlavního stykače, bez jehož aktivace nedojde k propojení PLC s okruhem. Následuje tlačítko k zapnutí cyklování a odstavení systému v případě vzniku havárie.

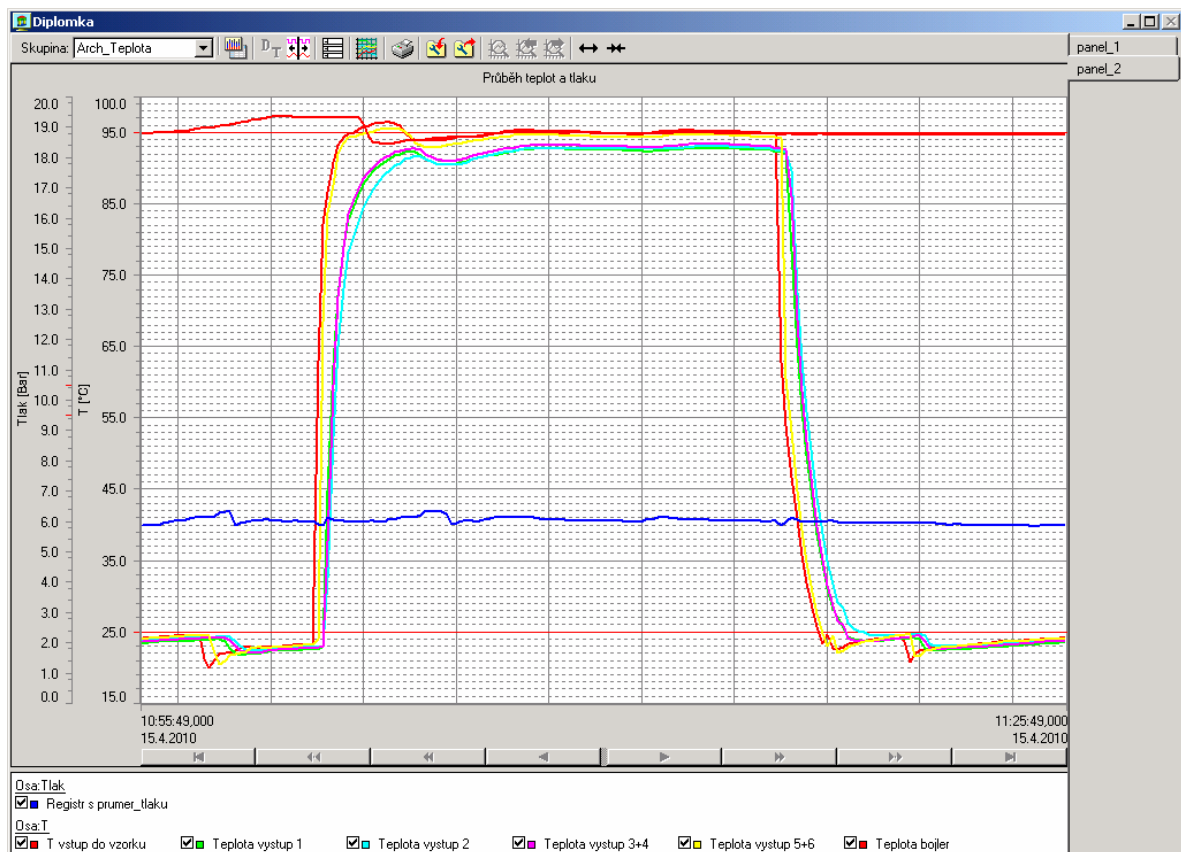
Obrázek č.41 – Panel tlačítek

## 8.2 Panel indikátorů

Tento panel zajišťuje signalizaci možných stavů, které mohou v okruhu nastat. Ve všech případech indikátorů na jakémkoliv panelu platí, že zelená barva znamená stav aktivní a červená barva stav neaktivní. Pouze v tomto panelu v případě indikace studené a horké fáze znamená modrá barva stav, že právě probíhá studená fáze a naopak červená barva signalizuje probíhající horkou fázi. Ve spodní části panelu je také počítadlo, které jasně ukazuje, v jaké části cyklu se vodárenský okruh v daném okamžiku nachází.



Obrázek č.42 – Panel indikátorů



Obrázek č.43 – Hlavní panel 2

### 8.3 Panel ovládání vzorků

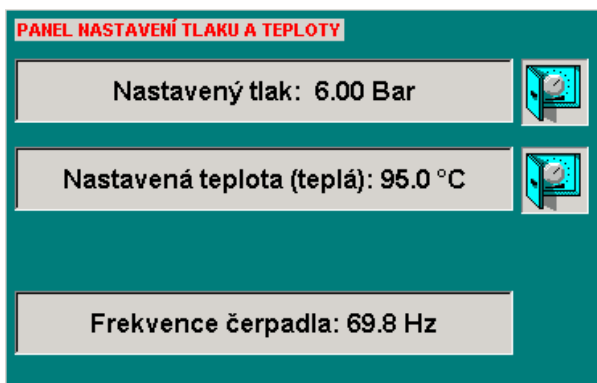
Zde má uživatel možnost nastavit, které větve (vzorky potrubí) jsou osazeny. U těch, které jsou aktivní se začnou počítat cykly. Kromě toho je tu také možnost vyresetování počtu cyklů popř. obsluha může ručně nastavit jejich počet, k čemuž slouží tlačítka úplně na pravé straně panelu.



Obrázek č.44 – Panel ovládání vzorků

### 8.4 Panel nastavení tlaku a teploty

Slouží k nastavení tlaku v okruhu a dále teploty, na kterou se bude vyhřívat voda v bojleru. Pod těmito prvky se ještě nachází ukazatel frekvence oběhového čerpadla.



Obrázek č.45 – Panel nastavení tlaku a teploty

### 8.5 Panel 1

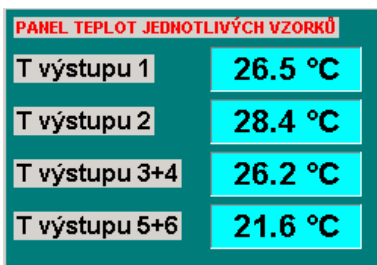
PANEL 1	
T bojleru	95.1 °C
T vstupu	22.6 °C
T laboratoře	25.8 °C
Tlak v systému	6.0 Bar

Zobrazuje základní veličiny jako je teplota bojleru, vstupu, teplotu v laboratoři a tlak v okruhu.

Obrázek č.46 – Panel 1

## 8.6 Panel teplot jednotlivých vzorků

Zobrazuje teploty jednotlivých větví (vzorků testovaných potrubí).

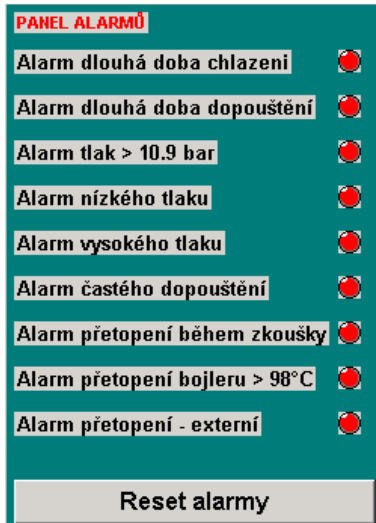


PANEL TEPLIT JEDNOTLIVÝCH VZORKŮ	
T výstupu 1	26.5 °C
T výstupu 2	28.4 °C
T výstupu 3+4	26.2 °C
T výstupu 5+6	21.6 °C

Obrázek č.47 – Panel teplot jednotlivých vzorků

## 8.7 Panel alarmů

Na tomto panelu jsou umístěny indikátory celkem devíti možných alarmů, které obsluze dají informaci v případě vzniku nestandardní situace v okruhu. Pokud nastane nějaký havarijní stav, po jeho odstranění stačí uživateli vyresetovat indikaci tlačítkem ve spodní části panelu a testování může dále pokračovat.



Obrázek č.48 – Panel alarmů

## 8.8 Ovladače a kanály

Prostředí Control Webu komunikuje s reálným zařízením prostřednictvím kanálů. Kanály jsou datové elementy, které mají vztah k reálným snímačům nebo řídicím prvkům. Je-li kanál připojen na snímač, jde o kanály vstupní (určené k měření). Pokud je kanál připojen na řídicí prvek, jde o výstupní (určené k zápisu dat do technologie).



Každý kanál má své číslo kanálu v ovladači, které se používá při definici kanálu v aplikaci. Pomocí tohoto čísla tedy dochází k logickému propojení pojmenovaného kanálu tzn. datového elementu s kanálem a částí ovladače. Číslo kanálu v ovladači je základní informace, která se při výměně dat mezi jádrem a ovladačem používá k rozlišení kanálu.

### 8.8.1 Popis mapového souboru

Textový soubor \*.dfm (mapový soubor) obsahuje popis dostupných kanálů v ovladači.

Každý řádek definuje číslo (interval) kanálu ovladače, datový typ kanálu a směr kanálu.

```
begin
2          real input      (* chybovy kod ovladace *)
364 - 371  boolean input  (* vstup X0 - X7 *)
380 - 387  boolean input  (* vstup Y0 - Y7 *)
200 - 219  boolean input  (* vstup vsechny tlacitka *)
240 - 247  boolean input  (* S faze + T faze + zkouska ON + reg. cerpadla a chlazení *)
248 - 255  boolean input  (* vstup alarmove bity *)
300 - 310  real input     (* vstup analog teploty + analog_vystup + prumer_tlaku *)
340 - 345  real input     (* vstup cykly1 - cykly6 *)
346 - 346  real input     (* vstup casovace T54 - studena faze *)
347 - 347  real input     (* vstup casovace T57 - tepla faze *)
348 - 348  real input     (* vstup D320 - teplota zadana *)
349 - 349  real input     (* vstup D331 - tlak zadany *)

1248 - 1255 boolean output (* vystup alarmove bity *)
1348 - 1348 real output   (* registr pro nastaveni teploty *)
1349 - 1349 real output   (* registr pro nastaveni tlaku *)
1200 - 1219 boolean output (* vystup vsechny tlacitka *)
1340 - 1345 real output   (* vystup cykly1 - cykly6 *)
1364 - 1371 boolean output (* vystup X0 - X7 *)
1380 - 1387 boolean output (* vystup Y0 - Y7 *)
end.
```

Tabulka č.2 – Mapový soubor

### 8.8.2 Popis parametrického souboru

Textový soubor \*.par (parametrický soubor) obsahuje parametry ovladače. Parametry se načítají nejčastěji pro inicializaci ovladače během spouštění aplikace. Jádro komunikuje s ovladačem pomocí procedur ovladače. Pro vstup i výstup je určena samostatná sada procedur, ovladač v principu pracuje tak, že přijímá od jádra požadavky na měření a zápis kanálů, a tyto požadavky postupně vyřizuje.

<pre>[Comm] baudrate = 9600 parity = even databits = 7 stopbits = 1 rx_buffer = 1024 tx_buffer = 1024 rx_frame_buffer = 1024 tx_frame_buffer = 1024 cts_flow = false dsr_flow = false dtr_control = disable rts_control = disable dsr_sense = low rx_interchar_timeout = 100 rx_char_timeout = 100 rx_timeout = 100 tx_char_timeout = 100 tx_timeout = 100  [mssec] ComDriver = cwcomm, com1 Timeout = 1000 NumRepeat = 3 ReadBack = false Prefer = read InitDisable = false</pre>	<pre>[Channels] Block = 364, X0, X7, B Block = 380, Y0, Y7, B Block = 200, M200, M219, B Block = 240, M240, M247, B Block = 248, M64, M72, B Block = 300, D300, D310, W Block = 340, D340, D345, W Block = 346, TN54, TN54, W Block = 347, TN57, TN57, W Block = 348, D320, D320, W Block = 349, D331, D331, W  Block = 1248, M64, M72, B, SetByBit Block = 1348, D320, D320, W Block = 1349, D331, D331, W Block = 1200, M200, M219, B, SetByBit Block = 1340, D340, D345, W Block = 1364, X0, X7, B, SetByBit Block = 1380, Y0, Y7, B, SetByBit</pre>
--	---

Tabulka č.3 – Parametrický soubor

## ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvořit program pro jednoúčelové zařízení ovládající zkoušky termoplastových potrubí na odolnost proti opotřebení. Dále k tomuto programu bylo za úkol vytvořit uživatelské rozhraní realizované přes dotykový displej a také aplikaci vytvořenou ve vizualizačním programu Control Web 6.0, skrze kterou by šlo celý proces zkoušek ovládat přes PC. Samotný princip zkoušek se dá popsat tak, že zkušební soustava je vystavena teplotním cyklům při konstantním tlaku, přičemž změna teploty se musí v rámci teplotního cyklu provést v určitém časovém limitu dle přiložené normy. Aplikaci bylo tedy nutné naprogramovat tak, aby bylo zajištěno přepínání okruhu přes zásobník horké vody (teplá fáze) nebo přes chladič (studená fáze).

V teoretické části byl kromě základů automatizace a seznámení s programovatelnými automaty kladen důraz na popis použitých programů, kterými byly GX IEC Developer jakožto standardní nástroj určený k programování PLC a GT Designer 2 pro návrh obrazkového formátu dotykového displeje řady GOT 1000. Pro tvorbu uživatelského rozhraní byl vybrán vizualizační software Control Web 6.0 a to především z toho důvodu, že se jedná o dostupný vývojový software používaný ve většině českých významných průmyslových podnicích a univerzitách, firmy ITC, a. s. a FAI UTB nevyjímaje. Navíc umožňuje vizualizaci a řízení technologických procesů v reálném čase.

Úvod praktické části byl věnován zkušebním prostorám, ve kterých probíhalo testování potrubí. Následující kapitola je vyhrazena normě, obsahující řadu parametrů a dalších nezbytných požadavků, které měly zásadní vliv na vývoj programu. Samotný program je rozdělen do deseti bloků, jejichž činnost a funkce je podrobně vysvětlena. U návrhu obrazovek dotykového displeje šlo především o to, aby bylo možné ovládat celý testovací proces pomocí dotykového displeje nezávisle na PC, takže všechny důležité funkce, které obsahoval panel na PC, musely být zahrnuty i v tomto návrhu. Uživatelské prostředí realizované v Control Webu je rozděleno do dvou panelů. První panel slouží k ovládání celého vodárenského okruhu a na druhém panelu je poté zachycen graf s průběhem celého zkušebního procesu.

Na DVD přiloženém k této práci jsou umístěny zdrojové kódy PLC programu, soubor s návrhem obrazovek dotykového displeje a soubory uživatelského panelu vytvořeném v Control Webu.

## CLOSE

The main aim of the diploma thesis was to create the programme for the dedicated device, which controls the tests of the thermoplastic pipes, their resistance to wear. Then was the task to create the user interface for this programme, which was realized through the touch screen, and also the application created in the visualization's programme Control Web 6.0, through which should controls the testing process with PC. The principle of testing should be described so that the testing system is exposed to the temperature's cycles during constant pressure, during which time the change of the temperature within the frame of the temperature cycle must be realized in the definite time limit according to the enclosed norm. The application was programmed so that was provided the switching of the cycle through the water tank of the hot water (warm phase) or through the cooler (cold phase).

In the theoretical part was, except the principle of automatization and familiarization with the programmable controllers, placed emphasis on the decription of used programmes, which were GX IEC Developer as the standard implement destined for the programming PLC and GT Designer 2 for the concept of the visual format for the touch display, series GOT 1000. For the creating the user's interface was choosen the visualization's software Control Web 6.0 for that reason, that it is the available developmental software, which is used in the most czech important industrial companies and universities, firms ITC, a.s. and FAI UTB including. In addition provides visualization and management of the technological process in the real time.

The introduction of the practical part was turned to the testing rooms, in which runs over the testing of the pipes. The another chapter was turned to the norm, which includes a lot of the parameters and the another important requirements, which have the main influence for the development of the programme. The programme is divided into ten blocks, their activity and function is detaily described. In the concept of the touch display was important to control the whole testing process through the use of the touch display independently of PC, so that all important functions, which includes panel on PC, must be covered in this concept too. The user's interface, realized in Control Web, is separated into two panels. The first panel is engaged as control of the whole water supply cycle and on the second panel is tabed the graph with the history of the whole testing process. On the DVD enclosed to this thesis are source codes PLC programme given, the file with the concept of the touch display and the files of the user's panel created in Control Web.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Mitsubishi Electric Europe B.V. [online]. 2000 [cit. 2010-02-01]. Dostupný z WWW: <http://www.mitsubishi-automation-cz.com/>.
- [2] BÍLÝ, Radek. Control Web 2000. 1. vyd. Praha : Computer Press, 1999. 382 s. ISBN 8072262580.
- [3] Moravské přístroje a.s. [online]. 2003 [cit. 2010-02-01]. Dostupný z WWW: <http://www.mii.cz/>.
- [4] ŠMEJKAL, Ladislav ; MARTINÁSKOVÁ, Marie . *PLC A AUTOMATIZACE 1 : Základní pojmy, úvod do programování*. Vyd. 1. Praha : Ben, 1999. 224 s. ISBN 80-86056-58-9.
- [5] HRUŠKA, PH.D., Doc. Ing. František. *Technické prostředky informatiky a automatizace*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně : [s.n.], 2007. 193 s.
- [6] MARTINÁSKOVÁ, Marie. Programovací jazyky pro PLC. *Automatizace* [online]. 2004, č. 6, [cit. 2010-05-24]. Dostupný z WWW: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=142>.
- [7] ČSN EN 12293. *Plastové potrubní systémy - Termoplastové trubky a tvarovky pro horkou a studenou vodu*. CEN, 1998. 8 s.
- [8] Mitsubishi Electric [online]. 2010 [cit. 2010-05-24]. MELSOFT-Software – GX IEC Developer. Dostupné z WWW: [http://www.mitsubishi-automation-cz.com/products/software\\_gx\\_iec\\_developer.htm](http://www.mitsubishi-automation-cz.com/products/software_gx_iec_developer.htm).
- [9] *Kompaktní řešení FX-PLC a GOT1000* [online]., 12.2009 [cit. 2010-05-24]. GT Designer 2, . Dostupné z WWW: [https://my.mitsubishi-automation.com/downloads\\_sendfile.php?id=7062&saveAs=0](https://my.mitsubishi-automation.com/downloads_sendfile.php?id=7062&saveAs=0).
- [10] Mitsubishi Electric [online]. 2010 [cit. 2010-05-24]. HMI – GT10. Dostupné z WWW: [http://www.mitsubishi-automation-cz.com/products/visualisation\\_got10xx.html](http://www.mitsubishi-automation-cz.com/products/visualisation_got10xx.html).
- [11] KOFRÁNEK, Jiří. *Control Web - objektové vývojové prostředí (nejen) pro průmyslové aplikace* [online]. 2004 [cit. cit. 2010-05-24]. Dostupný z WWW: [formular-ekf.vsb.cz/formulare/F01/tsw/getfile.php?prispevekid=674](http://formular-ekf.vsb.cz/formulare/F01/tsw/getfile.php?prispevekid=674).

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ITC	Institut pro testování a certifikaci
IPC	Industrial personal compurer – průmyslový počítač
PC	personál computer
CAN	Controller–area network
PLC	Programmable Logic Controller
LED	light-emitting diode
PID	proportional–integral–derivative controller (PID controller)
LD	Ladder Diagram - jazyk kontaktních schémat
FBD	Function Block Diagram – jazyk funkčních blokových schémat
IL	Instruction List – seznam instrukcí
ST	Structured Text – strukturovaný text
SFC	Sequential Function Chart – jazyk sekvenčních funkčních diagramů
CPU	Central Processing Unit
EDM	Entry Data Monitor
HMI	Human Machine Interface
USB	Universal Serial Bus
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
GPRS	General Packet Radio Service
SQL	Structured Query Language
TCP	Transmission Control Protocol
IP	Internet Protocol
DOS	Disk Operating System
ČSN	české technické normy
POU	program organisation unit

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1 - Příklad čtyřvrstvého uspořádání integrovaného systému výrobního podniku.....	13
Obrázek č. 2 - Pasivní operátorský panel SAIA PCD7.D230.....	14
Obrázek č. 3 - Pasivní operátorský panel SAIA PCD7.D232.....	15
Obrázek č. 4 - Kompaktní PLC Mitsubishi MELSEC FX3C.....	17
Obrázek č. 5 - Modulární PLC Mitsubishi MELSEC řady AnSH.....	17
Obrázek č. 6 - Mikro PLC Mitsubishi řady ALFA 2(ALFA XL.....	19
Obrázek č. 7 - Cyklické vykonávání PLC programu.....	22
Obrázek č. 8 - Příklad příčkového diagramu.....	23
Obrázek č. 9 - Příklad diagramu funkčních bloků.....	24
Obrázek č. 10 - Příklad seznamu instrukcí.....	24
Obrázek č. 11 - Příklad strukturovaného textu.....	25
Obrázek č. 12 - Příklad sekvenčního funkčního diagramu.....	25
Obrázek č. 13 - Ukázka vývojového prostředí GT Designeru 2.....	28
Obrázek č. 14 - Dotykový displej série GOT 1000.....	29
Obrázek č. 15 – Průvodci programu Kontrol Web.....	30
Obrázek č. 16 - Paleta přístrojů v Control Webu .....	31
Obrázek č. 17 - Ukázka textového a grafického režimu.....	32
Obrázek č. 18 - Schéma časování aplikací reálného času v Control Webu .....	33
Obrázek č. 19 - Schéma vícemodulární aplikace .....	34
Obrázek č. 20 - Pracovní podmínky .....	37
Obrázek č. 21 - Hlavní skříň s PLC a rozvody celého okruhu .....	37
Obrázek č. 22 - Detail na otevřenou skříň .....	38
Obrázek č. 23 - Pohled na levý bok vodárenského okruhu .....	38
Obrázek č. 24 - Pohled shora na celkem 5 osazených vzorků potrubí .....	39

Obrázek č. 25 - Tlaková nádoba .....	39
Obrázek č. 26 - Uspořádání zkušební soustavy .....	47
Obrázek č. 27 - Alternativní uspořádání zkušební soustavy větve C pro neohebná potrubí... 47	
Obrázek č. 28 - Pořadí jednotlivých POUs v sekci Task Pool .....	48
Obrázek č. 29 - Ukázka rozdělení podprogramu do jednotlivých bloků .....	49
Obrázek č. 30 - Význam jednotlivých bitů chybových registrů .....	50
Obrázek č. 31 - Ukázka předtopení bojleru .....	52
Obrázek č. 32 - Seznam navržených obrazovek dotykového displeje v GT Designeru .....	57
Obrázek č. 33 - Obrazovky dotykového displeje 1 a 2 .....	58
Obrázek č. 34 - Obrazovka dotykového displeje 3 .....	58
Obrázek č. 35 - Obrazovka dotykového displeje 4 .....	58
Obrázek č. 36 - Obrazovka dotykového displeje 5 .....	59
Obrázek č. 37 - Obrazovka dotykového displeje 6 .....	59
Obrázek č. 38 - Obrazovky dotykového displeje 7 a 8 .....	59
Obrázek č. 39 - Obrazovky dotykového displeje 9 až 15 .....	60
Obrázek č. 40 - Celkový pohled na hlavní panel 1 .....	61
Obrázek č. 41 - Panel tlačítek .....	61
Obrázek č. 42 - Panel indikátorů .....	62
Obrázek č. 43 - Hlavní panel 2 .....	62
Obrázek č. 44 - Panel ovládání vzorků.....	63
Obrázek č. 45 - Panel nastavení tlaku a teploty .....	63
Obrázek č. 46 - Panel 1 .....	63
Obrázek č. 47 - Panel teplot jednotlivých vzorků .....	64
Obrázek č. 48 - Panel alarmů .....	64

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1 - Seznam stěžejních komponent vodárenského okruhu.....	40-42
Tabulka č. 2 - Mapový soubor.....	65
Tabulka č. 3 - Parametrický soubor.....	65



## SEZNAM PŘÍLOH

- PI Dokumentační DVD obsahuje elektronickou verzi této diplomové práce. Dále pak zdrojové kódy vytvořeného řídicí a vizualizačního programu a také návrh obrazovkového formátu dotykového displeje.

## PŘÍLOHA P I: DOKUMENTAČNÍ DVD

### Struktura disku:

Adresář **program**: Obsahuje řídicí program pro PLC.

Adresář **dotykovy\_displej**: Obsahuje návrh obrazovkového formátu pro použitý dotykový displej vytvořený v GT Designer2.

Adresář **vizualizace**: Obsahuje uživatelský panel realizovaný v Control Webu.

Adresář **text\_diplomove\_prace**: Obsahuje textovou část práce ve formátu PDF.

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří FŮSEK**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Řízení zkoušky odolnosti spojů termoplastového potrubí vůči teplotním cyklům.**

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte program pro ovládání jednoúčelového zařízení pro zkoušky termoplastových potrubí na odolnost proti opotřebení.
2. Využijte PLC MITSUBISHI a dotykový displej.
3. Aplikaci vytvořte s možností napojení do PC s využitím rozhraní Control Web.
4. Zkušební sestava je vystavena teplotním cyklům při konstantním tlaku. Změna teploty v rámci teplotního cyklu se musí provést v určitém časovém limitu. Aplikaci vytvořte tak, aby bylo zajištěno přepínání okruhu přes zásobník horké vody (teplá fáze) nebo přes chladič (studená fáze).
5. Uživatelské rozhraní realizujte přes dotykový displej.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. LARS-ERIC, Janson. Plastic pipes for water supply and sewage disposal, 1989. 162 s.
2. Mitsubishi Electric Europe B.V. [online]. 2000 [cit. 2010-02-01]. Dostupný z WWW: <http://www.mitsubishi-automation-cz.com/>.
3. BÍLÝ, Radek. Control Web 2000. 1. vyd. Praha : Computer Press, 1999. 382 s. ISBN 8072262580.
4. Český normalizační institut [online]. 2004 [cit. 2010-02-01]. Dostupný z WWW: <http://domino.cni.cz/>.
5. Moravské přístroje a.s. [online]. 2003 [cit. 2010-02-01]. Dostupný z WWW: <http://www.mii.cz/>.
6. ŠMEJKAL, Ladislav. PLC A AUTOMATIZACE 2. 1. vyd. Praha : Ben, 2005. 208 s. ISBN 80-7300-087-3.

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Marek Kubalčík, Ph.D.**

Ústav řízení procesů

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**8. června 2010**

Konzultant:

**Mgr. Roman Dlabaja, Ph.D.**

Ve Zlíně dne 19. února 2010



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*ředitel ústavu*