

# **Stanovení tepelných ztrát akumulční nádrže**

Determination of thermal deficit of accumulation tank

Daniel Matějka



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

**Fakulta aplikované informatiky**

akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniel MATĚJKA**

Osobní číslo: **A08240**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Stanovení tepelných ztrát akumulční nádrže**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Povedte návrh, realizaci a popis měřicího řetězce a zapojení vzorku v měřicím okruhu.
3. Navrhněte čidla a senzory nutné k získávání informací a řízení aplikace.
4. Uvedený návrh hardwarově realizujte.
5. Vytvořte program měřicí a ovládající všechny potřebné vstupy a výstupy.
6. Vizualizujte celý systém v prostředí Control Web.
7. Prezentujte příklad vzorového měření.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. ČSN EN 12897. Zásobování vodou – Nepřímo ohřívání uzavřené zásobníkové ohřívače vody. Praha, Český normalizační institut, 2007.
2. MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. DataLab.2.5. Zlín-Malenovice: Moravské přístroje a.s., 2011. Dostupné z:<http://www.mii.cz/>
3. HRUŠKA, František. Technické prostředky informatiky a automatizace : (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace). 1. vydání. Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2007. 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.
4. BÍLÝ, Radek. Control Web 2000. 1. vyd. Praha : Computer Press, 1999. 382 s. ISBN 8072262580.
5. KOFRÁNEK, Jiří. Control Web – objektové vývojové prostředí (nejen) pro průmyslové aplikace [online]. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2000 [cit. 2008-03-27]. Dostupný z WWW: <http://formular-ekf.vsb.cz/formulare/F01/tsw/getfile.php?prispevekid=6741>.
6. CONTROL WEB 5, Moravské přístroje a.s. Manuál k programu Control Web 5.

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Marek Kubalčík, Ph.D.**

Ústav řízení procesů

Konzultant:

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

Datum zadání bakalářské práce:

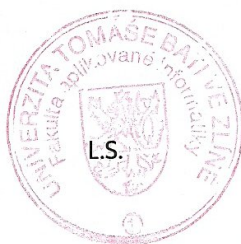
**24. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**8. června 2012**

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*



## ABSTRAKT

Abstrakt česky

Práce se zabývá měřením tepelné ztráty akumulční nádrže dle normy ČSN EN 12897. Teoretická část nastiňuje potřebnou teorii týkající se způsobů měření teploty a měření spotřeby elektrické energie, které jsou nutné pro realizaci zkoušky. Dále také stručně seznamuje s prostředím Control Web, ve kterém je program pro řízení zkoušky realizován, a vstupně výstupní jednotkou Datalab IO sloužící ke komunikaci mezi snímači a programem. V práci jsou popsány jednotlivé moduly, které jsou umístěny v jednotce Datalab IO jako modul čítače, modul pro digitální výstupy a modul pro odporové snímače teploty. V rámci práce byl realizován program provádějící měření, který zpracovává a archivuje naměřené hodnoty a provádí obsluhu celého měřicího zařízení. Výstupem programu je protokol o měření. Protokol generuje sám program na základě archivovaných hodnot, které se vyhodnocují ve 24 hodinových intervalech. Cílem vytvořeného programu je usnadnit jednak samotné měření a jednak vyhodnocování naměřených údajů. Nakonec byla funkce programu ověřena zkušebním měřením, které je do této práce rovněž zahrnuto.

Klíčová slova: Tepelná ztráta, akumulční nádrž.

## ABSTRACT

The work deals with the measurement of heat loss of storage tanks according to ČSN EN 12897. The theoretical part outlines the necessary theory regarding the methods of temperature measurement and metering of electricity, which are required to carry out tests. It also briefly introduces the Control Web environment in which the program is implemented to control testing, and input and output DataLab IO for communicating between sensors and software. The thesis describes the modules that are placed in the unit as a module DataLab IO counters for digital output module and a module for resistive temperature sensors. The work was carried out performing measurement program that processes and archives the measured values and performs the operation of measuring equipment. The output of the program is the measurement protocol. The protocol itself generates a program based on the archived values are evaluated at 24 hour intervals. The

aim of the program is created to facilitate both the actual measurement and evaluation of both the measured data. Finally, the function was verified by test measurements, which in this work is also included.

Keywords: Heat loss, heat reservoir.

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc.Ing. Marku Kubalčíkovi Ph.D. a konzultantovi Mgr. Romanu Dlabajovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk 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 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 – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta



## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>12</b>
<b>1 MĚŘENÍ TEPLENÉ ZTRÁTY DLE NORMY ČSN EN 12897 .....</b>	<b>13</b>
1.1 ZAŘÍZENÍ PRO ZKOUŠKU .....	13
1.2 POSTUP ZKOUŠKY .....	14
<b>2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ CONTROL WEB.....</b>	<b>15</b>
<b>3 DATALAB IO .....</b>	<b>17</b>
3.1 DATA LAB IO/USB .....	17
<b>4 MĚŘENÍ TEPLoty .....</b>	<b>18</b>
4.1 DILATAČNÍ SNÍMAČE TEPLoty .....	18
4.2 TLAKOVÉ SNÍMAČE TEPLoty .....	18
4.3 ODPOROVÉ SNÍMAČE TEPLoty .....	19
4.4 TERMOELEKTRICKÉ SNÍMAČE TEPLoty .....	19
<b>5 MĚŘENÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE.....</b>	<b>20</b>
5.1 ELEKTROMĚRY PRO STEJNOSMĚRNÝ PROUD .....	20
5.2 ELEKTROMĚRY PRO MĚŘENÍ STŘÍDAVÉHO PROUDU .....	21
5.2.1 Dynamické elektroměry .....	21
5.2.2 Statické elektroměry.....	21
5.2.3 Měření účinníku .....	21
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>22</b>
<b>6 USPOŘÁDÁNÍ ZKOUŠKY .....</b>	<b>23</b>
<b>7 HARDWARE POUŽITÝ PRO REALIZACI ZKOUŠKY.....</b>	<b>24</b>
7.1 DATALAB IO4/USB .....	24
7.1.1 Modul B: CNT2 –modul inkrementálního čítače.....	24
7.1.2 Modul C: DO1-modul digitálních výstupů .....	25
7.1.3 Modul D: RTD1-modul vstupu odporových teplotních snímačů.....	25
7.2 TEPLOTNÍ SNÍMAČE .....	25
7.3 DALŠÍ POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ .....	25
<b>8 POPIS PROGRAMU NAPIROGRAMOVANÉHO V PROSTŘEDÍ CONTROL WEB .....</b>	<b>28</b>
8.1 UŽIVATELSKÝ POPIS .....	28
8.1.1 Ovládací panel.....	28
8.1.2 Panel Protokolu .....	30
8.2 POPIS FUNKCE PROGRAMU A ZDROJOVÉHO KÓDU .....	30
8.2.1 Základní nastavení programu .....	30
8.2.2 Ovladač a parametrický soubor .....	31

8.2.3	Proměnné a kanály .....	31
8.2.4	Časovače.....	31
8.2.5	Další použité přístroje .....	32
8.2.6	Funkční kód.....	33
8.2.6.1	Regulace topení.....	33
8.2.6.2	Načtení průměrných hodnot teplot z databáze.....	33
8.2.6.3	Smazání protokolu .....	34
8.2.6.4	Výpočet tepelné ztráty.....	34
8.2.6.5	Řešení času zkoušky .....	34
8.2.6.6	Generování protokolu .....	34
8.2.6.7	Vyčítání hodnot spotřeby elektrické energie.....	35
<b>9</b>	<b>VZOROVÉ MĚŘENÍ .....</b>	<b>36</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>38</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>39</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>40</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>41</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>42</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>43</b>

## ÚVOD

Cílem této práce je zabývat se problematikou měření tepelné ztráty akumulční nádrže, která se provádí dle normy ČSN EN 12897. Zejména potom toto měření v praxi realizovat a naprogramovat program v prostředí Control Web, který bude zkoušku obsluhovat. Program bude obsluhovat externí topnou spirálu pro ohřev nádrže, snímat teploty okolí a teplotu nádrže pomocí čidel a rovněž pomocí elektroměru bude zaznamenávat spotřebovanou elektrickou energii topnou spirálou. Program bude ukládat veškerá data a tak usnadní další zpracování a vyhodnocování měření. Program sám dokáže stanovit tepelnou ztrátu podle normy ČSN EN 12897. Program naprogramovaný v prostředí Control Web bude rozebrán a popsán. Bude též podrobně vysvětlena jeho obsluha. Celá zkouška bude sestavena dle normy a bude provedeno zkušební měření neznámého vzorku.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 MĚŘENÍ TEPELNÉ ZTRÁTY DLE NORMY ČSN EN 12897

Zkouška měření tepelné ztráty se provádí dle normy ČSN EN 12897. Cílem je stanovit tepelné ztrátu po dobu 24hod. Norma nám přesně udává jak zkoušku provádět a za jakých podmínek. Měření se provádí proto, abychom mohli potvrdit údaje, které uvádí výrobce, a výrobek mohl být srovnán s výrobky jiných výrobců a zároveň se prokázala jeho nezávadnost.[1]

### 1.1 Zařízení pro zkoušku

Zkouška se provádí se zásobníkem, který je vybaven horizontálně namontovaným topným článkem nebo stacionárním elektrickým topným článkem o výkonu 3kW. To používáme až do objemu 250l. Pro větší objem může být dle doporučení výrobce použit větší objem. Funkci topných článků ověříme tím, že kapalinu v zásobníku vyhřejeme na 65°C. [1]

Pokud není možné použít vnitřní tepelný článek, může být nahrazen externím elektrickým průtokovým ohříváčem. Ohříváč je doplněn oběhovým čerpadlem a teplota ohříváče je řízena podle střední hodnoty horké vody v průběhu 24 hodin. [1]

Pokud dodáváme do systému tepelnou energii musí být oběhové čerpadlo v provozu, ale spotřebu elektrické energie měříme pouze na tepelném článku. [1]

Veškeré části systému musí být kvalitně zaizolovány, aby nedocházelo ke zkreslení měření díky ztrátám mimo akumulční nádrž. [1]

Vzorek, který měříme, musí být připevněn ke zdi dle instrukcí výrobce nebo položen na dřevovláknitou desku o tloušťce 20mm, která je upevněna 400±100mm nad úrovní podlahy. Izolujeme i odvzdušňovací-přepadovou trubku o průměru 22mm. Pokud je potřeba, tak i uzavírací ventil na vstupu potrubí můžeme dočasně izolovat. [1]

Zkušební zařízení musíme umístit do prostředí stíněnému proti přímému slunečnímu záření. V průběhu zkoušky musí být okolní teplota regulována na 20±2°C. [1]

Pokud není akumulční nádrž namontována na zeď dle pokynů výrobce, musíme ji umístit 700mm od jakékoliv zdi. [1]

Měření okolní teploty provádíme pomocí tří termočlánků nebo podobných měřících zařízení, které jsou schopny měřit s přesností  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Umístíme je v polovině nádrže ( $\pm 25\text{mm}$ ) akumulární nádrže a ve vzdálenosti  $350 \pm 25\text{mm}$  od vnějšího obalu nádrže. Zařízení musí být vzdáleny od vertikálních stěn. [1]

Zařízení, měřící vnitřní teplotu kapaliny s přesností  $\pm 1^\circ\text{C}$ , musí být umístěno na povrchu nebo uvnitř nádoby přibližně 25mm pod výstupem teplé vody. [1]

Tepelný článek musí být přímo napájen přes elektroměr s přesností  $\pm 0,01\text{kW}$ . [1]

## 1.2 Postup zkoušky

Zařízení se plní vodou až do chvíle, kdy začne voda proudit od vzdušňovací-  
přepadovou trubicou. [1]

Topný článek musí být během zkoušky zapnut a nastaven na teplotě  $65 \pm 2^\circ\text{C}$ . [1]

Měření se provádí ve 24 hodinových periodách. První provedeme stabilizační periodu a opíšeme stav elektroměru s přesností 0,01kWh. Dále provádíme měření, dokud rozdíl tepelných ztrát dvou po sobě jdoucích měření se neliší méně než o 2%. Pokud toho nelze dosáhnout, prodlouží se zkouška na dobu 168h a pro výpočet použijeme hodnoty vypočítané v posledních třech po sobě jdoucích intervalech. [1]

$$Q_{st} = E \left( \frac{45}{T_w - T_A} \right)$$

Obrázek 1 -Rovnice pro výpočet tepelné ztráty

## 2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ CONTROL WEB

Control Web 5 je otevřený komponentový průmyslový řídicí a informační systém reálného času pro operační systémy Windows. Control Web může pracovat stejně jako spousta jiných SCADA/HMI systémů používaných v průmyslu. K dispozici máme různé virtuální přístroje, které nám umožňují jednak provést vizualizace aplikací (zobrazovací a ovládací prvky, alarmy a archivy, historické trendy apod.), ale také jsou to neviditelné přístroje, které nám umožňují například časovat další virtuální přístroje.[6]

Control Web umožňuje práci v reálném čase. Máme možnost programování a použití otevřené, komponentové architektury. Množina virtuálních přístrojů není pevně dána a zabudována v systému. Každý přístroj je dynamicky linkovaná knihovna detekovaná při startu systému. Není problém množinu virtuálních přístrojů libovolně rozšiřovat.[6]

Při programování využíváme různé procedury virtuálních přístrojů, podle toho na jakou aktivitu chceme reagovat. Pokud nám nevyhovuje žádná procedura, nabízí nám Control Web vytvoření vlastní uživatelské procedury k danému virtuálnímu přístroji. V procedurách píšeme vlastní kód pomocí podmínek, cyklů a dalších příkazů (např loop, switch, pause, atd.). Proměnné, které při programování používáme, můžou být globální, definované v sekci data, nebo lokální definované na začátku procedury. Jako ve všech programovacích jazycích i zde můžeme používat poznámky. Pozor však, pokud je budete psát mezi přístroje, může je program při přepínání do grafického módu odstranit.[4]

Každý přístroj můžeme zvlášť časovat, či jej časovat pomocí hromadných časovačů. Tím budeme mít jistotu, že je spuštěný pouze když ho potřebuje a nezabírá systémové prostředky jinému procesu. Časování v reálném čase je přesně monitorováno a řízeno. Umožňuje sekvenční řízení procesů. Virtuální přístroje nejsou aktivovány dle priorit systému, ale v přesně definovaném čase a sekvenci.[4]

Každý vstupně/výstupní kanál je čten přesně v době, kdy jej nějaký virtuální přístroj požaduje. Nebo můžeme pomocí vyhodnocovaných výrazů (schedule) číst z kanálů přesně v daných intervalech. Virtuální přístroje pak mohou číst z vyhodnocovaných výrazů a nemusí tak stále volat daný kanál, tím dochází k uvolnění kanálu a komunikace není tak vytížená. Ke komunikaci potřebujeme ovladač, parametrický a mapovací soubor, kde přesně definujeme kanály a jejich datové typy.

Control Web zpřístupňuje libovolný datový element všem spojeným aplikacím po libovolné TCP/IP síti včetně Internetu. Virtuální přístroje mohou být aktivovány po síti stejně jako metody dynamického rozhraní virtuálních přístrojů. Síťová komunikace může být samozřejmě přesně časována a řízena k dosažení žádaného výkonu.[6]

Umožňuje nám využít vizualizaci technologií internetových standardů HTTP a HTML pomocí libovolného webového prohlížeče v libovolném systému. Control Web obsahuje plnohodnotný HTTP server dynamicky tvořící stránky. Dokáže též řídit aplikaci prostřednictvím HTTP a HTML technologií. [6]

Nezávisí na použitém hardware. Rozhraní ovladačů je plně dokumentováno, můžeme doplnit ovladač dle našich vlastních potřeb. Integrované vývojové prostředí umožňuje přecházet mezi textovým módem a grafickým módem návrhu. Při každém překlápění kompiluje a upozorňuje nás na případné chyby ve zdrojovém kódu. Průvodci budují kostru aplikace a navigují uživatele přes počáteční stádia návrhu aplikace.[4]

V Control Webu jsou podporovány nejrozšířenější průmyslové standardy pro výměnu dat a spolupráci mezi aplikacemi - COM/OLE, ActiveX, ODBC, SQL.[6]

Archivace v Control Webu standardně používá typ MDB (MicrosoftDatabase). Přes rozhraní ODBC můžeme archivovat do libovolné databáze, například na SQL server. Pomocí přístrojů trend a archiver můžeme archivovat do souboru DBF. [6]



### 3 DATALAB IO

Vstupně výstupní jednotka určená ke spolupráci s nadřazeným počítačem pomocí USB, síťového rozhraní nebo pomocí sériového rozhraní RS-485. [2]

#### 3.1 DataLab IO/USB

Výhodou je vysoká rychlost komunikace se zařízením a automatická konfigurace. Jednotka DataLab má dle typu možnost připojit jeden až čtyři vstupně výstupní moduly dle potřeb aplikace. Lze připojit různé moduly například modul s osmi libovolnými logickými vstupy, 16bitový modul analogových vstupů, 12bitový modul analogových výstupů, modul vstupů pro odporové teplotní senzory či kombinované moduly analogově/digitální vstupně výstupní. [2]

Pokud nám počet osazení na jedné jednotce nestačí, je možné kombinovat více jednotek dohromady. Připojené do dalšího USB nebo pomocí USB rozbočovače. [2]

Jednotky, které mají více jak jeden vstup, mohou podle potřeby vyžadovat externí stejnosměrné napájení 10 až 40V. [2]

Čtyř modulová jednotka může být též zabudována do průmyslového počítače DataLab PC. Vnější rozměry počítače se tak změní a napájení jednotky i USB rozhraní je skryto uvnitř počítače. [2]

## 4 MĚŘENÍ TEPLOTY

Teplota je termodynamická stavová veličina. Měříme ji ve stupních Kelvina, Celsia či Fahrenheita. Při měření teploty dané látky nebo prostředí používáme několik různých typů senzorů založených na fyzikálním principu závislosti veličiny na teplotě. [3]

### 4.1 Dilatační snímače teploty

Využívají změny objemu tělesa, kapaliny, nebo plynu v závislosti na teplotě. [3]

Kapalinové dilatační teploměry jsou tvořeny skleněnou kapilárou naplněnou tekutinou a tělesem se stupnicí. Podle rozsahu teplot, který je měřen, se používá daná kapalina. (pentan -200°C až 30°C, rtuť -3°C až 300°C, etylalkohol -110°C až 70°C, toluen -90°C až 100°C, rtuť -3 až 300) [3]

Kovové dilatační teploměry se používají jako tyče z kovového materiálu (mosaz, hliník, ocel, nikl, zinek), které bývají v obalu z invaru, skla nebo porcelánu. Nevýhodou je špatná přesnost (nad 2%). Výhodou naopak velký rozsah (-30°C až 1000°C). [3]

Bimetalové (Dvojkolové) teploměry, jak už napovídá název, využívají roztažnosti dvou k sobě mechanicky pevně spojených pásků kovů, které mají různou roztažnost. (invar-nikl, ocel-invar, invar-mosaz, feroniko-ocel) [3]

Často se větší dilatace dosahuje změnou tvaru pásku například tvarem písmene U, válcové spirály nebo plochého tvaru. Rozsah měření je -40°C až 500°C. Nevýhodou je malá přesnost a velká časová konstanta. [3]

### 4.2 Tlakové snímače teploty

Využívají změny tlaku deformačního členu díky změně objemu tělesa, kapaliny nebo plynu v závislosti na teplotě. Změna deformačního členu je pomocí mechanismu přenášena na stupnici. Nejčastěji se využívá kapalinových a parních teploměrů. [3]

Tlakové kapalinové teploměry se používají pro malé změny teploty s menší přesností (rozsah od 38°C až 600°C). Jako medium pro měření se používá rtuť, petrolej, xylol nebo metylalkohol. Medium používáme v rozsahu pouze do bodu varu. Hydraulický systém je tvořen kovovou nádobkou, která je umístěna v místě měřené teploty, kapilárou

a deformačním členem (nejčastěji Bourdonova trubice). Často se používá korekce na vliv teploty okolí a hydrostatický tlak. [3]

Tlakové parní teploměry používají sytou páru v uzavřeném systému (oxidu siřičitého, toluenu, etyléteru, metyl chloridu, propanu, lihu, kyslíku, lihu, vodíku, helia). Závislost výstupního tlaku na teplotě je nelineární. Pára se vyskytuje společně s kapalinou v měrné nádobce. [3]

### 4.3 Odporové snímače teploty

Mají velké zastoupení díky přímému zapojení do elektrického obvodu. Využívají změny elektrického odporu v závislosti na teplotě. Materiál, ze kterého jsou snímače vyrobeny, určuje rozsah a přesnost měření. Nejčastěji se v čidlech využívá odporových snímačů z kovových materiálů a polovodičů. [3]

Snímače jsou konstruovány podle praktického využití. Nejčastěji je používán typ snímačů s ochranou trubicí. Senzor je umístěn v ochranné trubce a je spojen s vodiči ke svorkovnici, která je umístěna v hlavici. Z hlavičky je pak dál odpor šířen kabelem. [3]

Další konstrukcí je snímač s kovovou ochranou jímkou. Senzor je umístěn v trubici a přímo napojen na kabel. Výhodou je malá konstrukce a krátká časová konstanta. [3]

Pro měření teploty místnosti je senzor umístěn v montážní krabici, která se umísťuje na stěnu. [3]

Materiál pro senzor musí být fyzikálně i chemicky stálý, proto se používá některý ze stálých kovů nebo polovodičů. Např.: slitina zlato-stříbro, platina (-200°C až 800°C), nikl (-60°C až 180°C), měď, molybden (-200°C až 300°C). [3]

Dále se pro odporové snímání používají termistory a polovodiče. [3]

### 4.4 Termoelektrické snímače teploty

Používá se senzor vytvořený spojením dvou kovů, ale i nekovu, který je zdrojem elektrického napětí v milivoltech. Provedení konstrukce je podobné jako u odporového snímání. [3]

## 5 MĚŘENÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE

Elektrická práce v obecném případě je časový integrál elektrického výkonu. Pokud se zatížení nemění, může být práce elektrického proudu určena jako součin výkonu a času. Spotřeba elektrické energie se hodnotí podle výkonu a vykonané práce.[3]

Pro měření elektrické práce jsou používány integrační přístroje (elektroměry). V zásadě jsou to wattmetry s proudovou a napětovou cívkou, ovšem od běžných wattmetrů jsou odlišeny tím, že jejich otočné ústrojí nemá prikazovaný otáčivý moment. Pracuje na rovnováze brzdícího a impulsového pohybového momentu. Pro měření elektrického výkonu a energie se používají přístroje jako dynamické, nebo statické elektroměry či převodníky. Měřena bývá činná nebo jalová složka elektrické energie.[3]

Elektroměry dle druhu proudu dělíme na elektroměry pro střídavý proud a elektroměry pro stejnosměrný proud. Elektroměry pro střídavý proud můžeme rozdělit podle typu na elektroměry měřící jednofázový proud a třífázový proud. Podle typu také měří činnou, jalovou, nebo zdánlivou práci.[3]

### 5.1 Elektroměry pro stejnosměrný proud

Používají se integrační přístroje s elektrodynamickým měřícím mechanismem. Základní přístroj nazývaný watthodinový elektroměr pracuje na principu, kde celé uspořádání připomíná stejnosměrný motorek. Proud protéká dvěma pevnými cívkami, vytváří tím budící magnetické pole. Působením magnetického pole se otáčí soustava otočných cívek, které jsou propojeny s komutátorem. Vynutí tvoří zpravidla trojice otočných cívek, které je připojeno na dvojici kartáčů s předřadným rezistorem. Komutátor je důležitou součástí, protože po provedení půl otáčky by se elektroměr zastavil, pokud bychom neměli směr proudu v otočných cívkách. Nepůsobil by na ně žádný pohybový moment. Nesmíme zapomenout na kompenzační cívku, ta je zařazena do obvodu pevných cívek a vyvolává při konstantním napětí přidavný moment kompenzující třetí momenty zařízení. Kompenzace platí pouze pro jeden směr napětí.[3]

## 5.2 Elektroměry pro měření střídavého proudu

### 5.2.1 Dynamické elektroměry

Pro střídavý elektrický proud se využívají dynamické elektroměry, které využívají soustavu s postupným magnetickým polem. Dvojice jader s napětovou a proudovou cívkou vytváří elektromagnetické pole. Magnetické vířivé proudy prochází přes hliníkový kotouč, který se díky jejich působení otáčí a přímo zaznamenává okamžitý výkon pro činnou, nebo jalovou práci. Elektroměry jsou vyráběny jak pro měření jedno fázového proudu tak i třífázového proudu.[3]

### 5.2.2 Statické elektroměry

Statické elektroměry měří napětí, proud a posun fází proudu. Následně jsou pak vypočteny žádané hodnoty. Při měření se používá metody pulzně šířkové modulace. Na fázový vodič elektrického vedení je přes proudový a vstupní napětový transformátor na elektroměr. Elektrický výkon je vyhodnocen jako součin vstupního napětí a proudu kde se vyhodnotí i fázový posuv. Na výstupní signál, buď impulsní, nebo analogový se výkon upraví v obvodu zesilovače. Hodnoty výkonu se současně integrují na hodnotu elektrické energie, poté jsou vedeny na výstup, jako impulsní binární signál. Výhodou je větší přesnost oproti dynamickým elektroměrům.[3]

### 5.2.3 Měření účinníku

Je hodnota posuvu fázového úhlu  $\cos \varphi$  mezi proudem a napětím jednofázové ho proudu se sinusovým průběhem nebo trojfázového napětí se symetrickým zatížením. Princip měření je vzdálenost průchodu nulou průběhu napětí a proudu. Podle zatížení sítě se mění hodnota účinníku. Převodník je zapojen na zdroj elektrické energie proudovým a napětovým vstupem. Pokud účinník nabývá hodnot 1 až 0,5, proud se zpožďuje za napětím. Tento stav nastává v praxi při zapojení induktivní zátěže. Je-li hodnota účinníku 0,5 až 1 proud předbíhá napětí. To se děje pokud zapojíme kapacitní zátěž nebo kompenzační kondensátory.[3]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 USPOŘÁDÁNÍ ZKOUŠKY

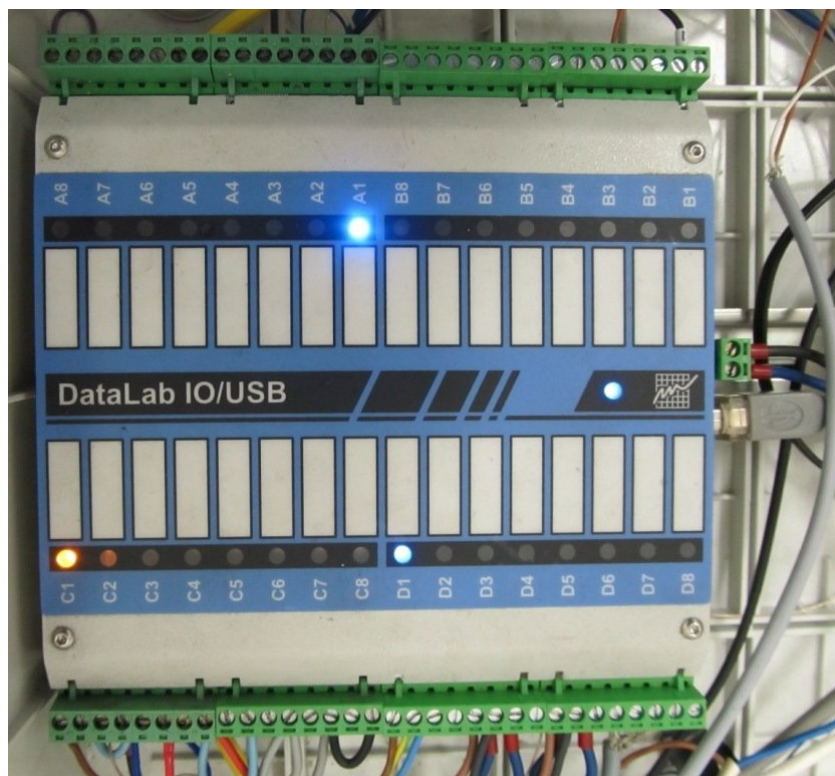
Zkouška byla uspořádána dle normy ČSN EN 12897, která byla popsána v teoretické části této práce. Ohřev nádrže se provádí externím topným tělesem, jež je zapojeno v okruhu se zkoušenou nádrží. Cirkulaci kapaliny zajišťuje čerpadlo. Veškeré komponenty jsou dobře tepelně zaizolovány, tak aby se tepelná ztráta dala spolehlivě měřit. Teplotní snímač pro měření teploty kapaliny byl umístěn podle normy na výstupu teplé kapaliny.

Kolem nádrže byly umístěny tři teplotní snímače tak, jak nám předepisuje norma. Všechny snímače jsou zapojeny do komunikační jednotky Datalab a tak je zapojena pomocí USB výstupu do počítače. Ten pak podle přijímaných hodnot v Control Webu komunikuje zpět s Datalabem, který spíná topné těleso a udržuje tak správnou teplotu nádrže během zkoušky.

## 7 HARDWARE POUŽITÝ PRO REALIZACI ZKOUŠKY

### 7.1 Datalab IO4/USB

Byl použit pro komunikaci mezi počítačem a jednotlivým hardwarem. Modul A nebyl použit.



Obrázek 2 -Výstupně vstupní zařízení Datalab IO

#### 7.1.1 Modul B: CNT2 – modul inkrementálního čítače

Obsahuje jeden 32bitový čítač (rozsah je teda od -2147483648 do 2147483648). Je schopen dekódovat vstup inkrementálních čidel s kvadrurní modulací. Může čítat v režimu nahoru/dolu nebo krok/směr.[2]



### 7.1.2 Modul C: DO1-modul digitálních výstupů

Modul obsahuje osm digitálních vstupů/výstupů, které jsou galvanicky oddělené. Směr toku dat je volitelný na pomoci propojek na desce u každého konektoru modulu nezávisle. U vstupů můžeme volit vstupní odpor, tím i rozsahy vstupních napětí vyhodnocovaných jako logická nula či jedna. Vstupní hodnoty jsou indikovány pomocí LED diody. Tranzistory MOSFET tvoří výstupní obvody. Mají malý vnitřní odpor v sepnutém stavu a tím nízký ztrátový výkon na spínacím prvku.[2]

### 7.1.3 Modul D: RTD1-modul vstupu odporových teplotních snímačů

Modul slouží pro měření teploty pomocí teplotních odporových snímačů.(Pt100,Pt1000 a Ni1000.) Má čtyři vstupy. Snímač je možné zapojit pomocí dvou nebo tří vodičů. Modul poskytuje hodnoty ve frekvenci 50Hz, pokud jsou zapojeny všechny kanály poskytuje hodnoty ve frekvenci 12,5Hz.[2]

## 7.2 Teplotní snímače

Na snímání teploty byly použity odporové teplotní snímače Pt100. Mají teplotní rozsah měření od -200°C do 600°C. Principem měření je změna elektrického odporu platinového drátu v závislosti na teplotě.

## 7.3 Další použité zařízení

Třífázový elektroměr DTS-353 s pulzním výstupem, čerpadlo Grundfos typ:UPS 25-40 180 (25-45W), Topné těleso 5kW, Zdroj 24V pro napájení Datalab IO a elektroměru.



Obrázek 3 – Pulzní elektroměr DTS-353



Obrázek 4 – Relé pro spínání topné spirály



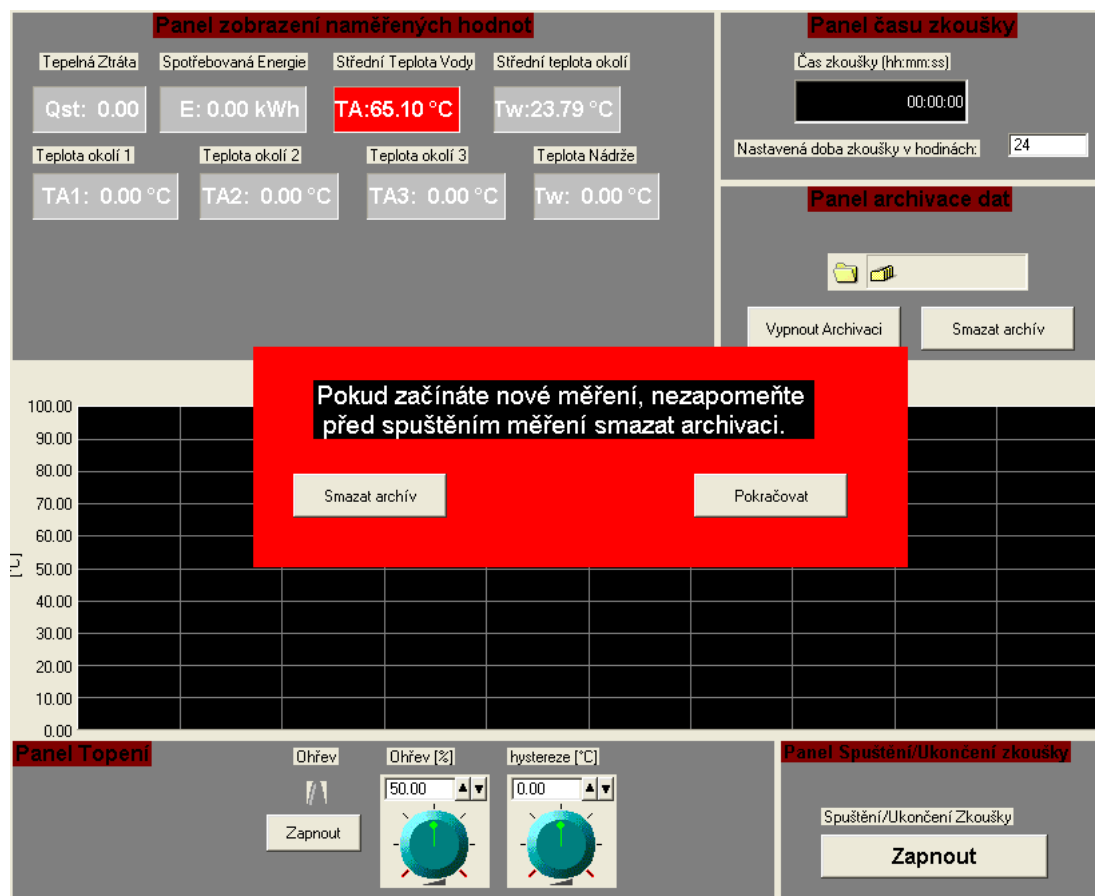
Obrázek 5 – Zdroj 24V pro napájení Elektroměru a Datalabu IO

## 8 POPIS PROGRAMU NAPIROGRAMOVANÉHO V PROSTŘEDÍ CONTROL WEB

### 8.1 Uživatelský popis

Z uživatelského pohledu program obsahuje dva panely. Jeden panel slouží k samotnému měření, jsou zde zobrazovány a vyhodnocovány naměřené hodnoty a také zde probíhá samotné ovládání zkoušky pomocí ovládacích prvků. Druhý panel umožňuje tvorbu protokolu měření.

#### 8.1.1 Ovládací panel



Obrázek 6 – Ovládací panel

Ovládací panel obsahuje všechny potřebné prvky pro průběžné zobrazení hodnot a ovládání jednotlivých zařízení. Je rozdělen do jednotlivých panelů podle funkce.

Vlevo, v horní části panelu se nachází panel pro zobrazování průběžných hodnot jednotlivých teplot, průměrných teplot, spotřebované elektrické energie a tepelné ztráty. Také je v tomto panelu zobrazováno výstražné oznámení týkající se vytemperování nádrže na potřebnou teplotu.

Napravo je panel času. Zobrazuje uběhlý čas zkoušky, ve formátu „hodiny::minuty:vteřiny“ a můžeme zde též nastavit dobu trvání zkoušky v hodinách nejlépe v násobcích 24. Po dosažení zadané doby trvání zkoušky se zkouška sama ukončí.

Pod panelem času se nachází panel archivace. Zde je prvek ARCHIVER, tím můžeme nahlédnout do už naměřených hodnot, či zkopírovat už naměřené data jinam. Pod tímto prvkem jsou dvě tlačítka. Vlevo je zapínání a vypínání archivace. Hodnoty se začnou archivovat, až se spustí zkouška, ale musí být archivace zapnuta. Vpravo je tlačítko pro smazání archivovaných dat.

Uprostřed ovládacího panelu je přístroj TREND, který zobrazuje průběžné hodnoty teplot v grafu.

Vlevo pod přístrojem TREND je panel topení. Panel obsahuje jeden indikační prvek signalizující činnost ohřevu. Spínací prvek pro spuštění ohřevu. Pokud bude zkouška spuštěna a ohřev nebude zapnut, budeme vyzváni ke spuštění ohřevu. Dále můžeme nastavovat procenta ohřevu a hysterezi v rozsahu 4°C.

Vpravo od panelu topení je panel pro ovládání spuštění/ukončení zkoušky. Obsahuje tlačítko pro samotné spuštění experimentu. Pokud by byla teplota nádrže nízká, budeme upozorněni a experiment se spustí, až dosáhneme žádané teploty. Jakmile teplota přesáhne požadovanou mez, budeme upozorněni.

Při spuštění měření se uprostřed zobrazí panel upozorňující na smazání archivace. Obsahuje upozorňující text a dvě tlačítka. Jedno tlačítko pro smazání původních dat a druhé tlačítko pro pokračování bez smazání dat. Jakmile stiskneme jedno z tlačítek, panel zmizí.

## 8.1.2 Panel Protokolu

**Panel Protokolu**

Soubor Editace Formát Data Nastavení Vložit Rámce Nápověda

Standard Arial (Středoevropský) 8 B I U K A A

G1 X ✓ F

Vymazat obsah Vygenerovat Protokol

1 Institut pro testování a certifikaci, a.s., T.Bati 299, 764 21 Zlín-Louky, ČR

2

3

4 Zkouška tepelné ztráty akumulační nádrže:

5 Datum:

6 Číslo vzorku: Zkoušku provedl:

7

	Průměrná teplota okolí (°C)	Průměrná teplota nádrže (°C)	Spotřeba el.energie (kWh/hod)	Tepelná ztráta	Rozdíl TZ v %
9	1				
10	2				
11	3				
12	4				
13	5				
14	6				
15	7				
16	8				
17	9				
18	10				
19	11				
20	12				
21	13				
22	14				
23	15				
24	16				
25	17				
26	18				
27	19				
28	20				

Obrázek 7 – Panel Protokolu

Zde jsou do přístroje TABLE ve kterém je předdefinovaná tabulka, pomocí tlačítka „vygenerovat protokol“ vkládány hodnoty. Jsou to výsledky 24 hodinových intervalů. Je zobrazena průměrná hodnota teplot nádrže a okolí, spotřeba elektrické energie, tepelná ztráta a rozdíl posledních dvou tepelných ztrát v procentech.

## 8.2 Popis funkce programu a zdrojového kódu

### 8.2.1 Základní nastavení programu

Běh programu je nastavený v reálném čase, protože zkouška sama probíhá ve 24 hodinových intervalech. Časová prodleva programu je nastavena na nulu, program není tak náročný, aby časovou prodlevu potřeboval. V základních nastaveních je též připojena souborová DSN databáze, shromažďující jednotlivé soubory DBF jako tabulky. Pro funkci databáze je důležité při přesunu programu na jiné místo úložiště, přepsat cestu k programu v souboru DSN.

### 8.2.2 Ovladač a parametrický soubor

Jako ovladač byl použit dldrv.dll standardní ovladač od Moravské přístroje a.s. K ovladači bylo potřeba vytvořit parametrický soubor. Zde byly definovány jednotlivé moduly Datalabu. Moduly jsou označené podle abecedy, dle toho, na jakém místě jsou v kartě Datalabu umístěny.

U každého modulu nastavíme v parametrickém souboru typ modulu. Poté podle každého typu nastavujeme jinak parametry. Zde je velmi nápomocná nápověda Control Webu, kde jsou všechny parametry jednotlivých modulů popsány. Hlavní je nastavit u každého modulu číslo prvního vstupního kanálu. Zde si musíme uvědomit počet kanálů, aby se nám kanály jednotlivých modulů nepřekrývaly. Podle potřeby nastavujeme parametr mode. Upřesníme tím funkci modulu, nebo u modulu pro tepelná čidla nastavíme typ a rozsah čidla. Jednotku, ve které bude udávána teplota, nastavíme parametrem unit.

### 8.2.3 Proměnné a kanály

Nacházejí se v sekci data. Proměnné jsou v podsekcí „var“, kanály jsou definovány v podsekcí channel, dále je zde ještě podsekcí schedule, která zajišťuje aby se kanály četly v určitých intervalech do proměnných v schedule a odtud všechny přístroje četly hodnotu kanálu, aby tak nedocházelo k zahlcení kanálu.

Proměnné jsou definovány názvem, typem, inicializační hodnotou a komentářem sloužícím pro přehled při používání proměnných. Proměnné můžeme takto definovat i na začátku každé procedury, pak je však můžeme používat pouze v proceduře.

U kanálů je to podobné jako u proměnných. Jen zde přibyli další atributy ovladač, číslo kanálu (podle parametrického souboru), a typ spojení (output/input).

### 8.2.4 Časovače

V programu jsou použity dva druhy časovačů. Celkově jsou použity čtyři časovače. Jednak jsou to časovače, které fungují periodicky bez jakékoliv podmínky. Vykonnávají určitou část kódu periodicky, pak jsou to podmínkové časovače, které fungují, pokud je splněna daná podmínka. Například časovač časující jen ty přístroje viditelné přístroje, podle podmínky viditelnosti panelu.

### 8.2.5 Další použité přístroje

U každého grafického přístroje se pomocí grafického prostředí nastavila jeho poloha na daném panelu a jeho rozměry. Pro přehlednost byly umístěny některé přístroje zvlášť v dalších panelech vně panelu.

Pro popisování přístrojů byly použity přístroje „Label“. U těchto přístrojů byla nastavena velikost a typ fontu textu.

Pro zobrazování aktuálních hodnot byly použity přístroje „Meter“. Zde bylo třeba nastavit vhodný časovač podle zobrazení přístroje a rozsah stupnice přístroje.

Nastavování logických hodnot zajišťují přístroje „Switch“. Zde bylo nutné volit dle funkce vzhled přístroje jako textové tlačítko. U přístroje byl ještě nastaven výraz, který daný prvek ovládá. Též zajišťuje jestli se má přístroj po stisknutí vrátit opět do polohy FALSE, nebo zůstat v poloze TRUE. U některých těchto přístrojů byla využita procedura „OnOutput“, která vykoná funkční kód po stisku tlačítka.

Zobrazení logické hodnoty zajišťuje přístroj „Indicator“. Nastavena byla pouze vyhodnocovaná hodnota a časovač.

Přístroj „Control“ nám zajišťuje nastavení číselné hodnoty. Nastavované parametry jsou podobné jako u přístroje „switch“, dále byl ještě nastaven rozsah a velikost kroku.

Přístroje použité pro zobrazení výstrah „box“, „rounded\_box“, „triangle“. Nastavována byla barva přístrojů.

Pro zobrazování aktuální a průběžných hodnot v grafu byl použit přístroj „trend“. Byly nastaveny zpracovávané proměnné, soubor pro ukládání dat a popisy grafu.

K archivaci dat byl použit přístroj „archiver“. Zde byly nastaveny archivované hodnoty, časovač, podmínky archivace, archivační soubor a hodnotu, která určuje, zda se má archiv vymazat.

Práci s archivovanými hodnotami zajišťuje přístroj „sql“, u kterého pomocí SQL dotazů byly získány hodnoty ze souborů díky souborovému DNS. V přístroji jsou zapsané SQL dotazy, které vykonáváme pomocí funkčního kódu.



Výpis protokolu je proveden přístrojem „Table“. Do něho je parametry zvolena předloha protokolu, do které se pomocí funkčního kódu vloží naměřené hodnoty. Také jsou pomocí parametru přidány ovládací prvky tabulky.

Celou velikost a vlastnosti okna programu zajišťuje přístroj „backpanel“ na němž jsou umístěny přístroje „panel“ a „control\_panel“, kde je přístroj „tab\_switch“ určený k přepínání panelů.

Přístroj „program startup“ vykonává funkční kód, který do kanálu pro nulování čítače ukládá nulu.

Přístroj „program topení“ obsluhuje topnou spirálu pomocí funkčního kódu. Je volán po stisku tlačítka topení. Pokud je topení zapnuto, vykonává cyklus WHILE. V tomto cyklu střídavě vypíná a zapíná topnou spirálu v časovém intervalu pěti sekund. Poměr kdy je zapnutí a vypnutí určuje parametr „ohrev“ přes příkaz pause.

### **8.2.6 Funkční kód**

Veškerý zdrojový kód ovládající chod aplikace je umístěn v procedurách. Ve většině případů je to procedura „OnActivate“, která probíhá pokud je daný přístroj aktivní, nebo procedura OnOutput probíhající po stisku daného tlačítka. Využívány byly hlavně časovače, protože se spouští opakovaně v přesných intervalech.

#### **8.2.6.1 Regulace topení**

Umístěno v programu topení popsáno, který je volán při stisku tlačítka pro spouštění topení v proceduře „OnOutput“.

#### **8.2.6.2 Načtení průměrných hodnot teplot z databáze**

Kód je umístěn do časovače, který se spouští jednou za deset sekund. Nejprve otevře databázi „mojedsn.dsn“. Pak provede SQL příkaz uložený v přístroji „sql“ nazvaný „prum“. Tento příkaz z tabulky „data.DBF“ z jednotlivých sloupců teplot vypočítá průměry a ty uloží do nové tabulky pod zadaným názvem. Jakmile zjistí, že záznam byl úspěšně načten, tak proměnné „prumtout“ a prumtin“ vynuluje a načte do proměnných „prt1“, „prt2“, „prt3“ a „prumtin“ teploty z tabulek. Z průměru teplot okolí pak udělá jeden průměr a ten uloží do proměnné „prmtout“. Nakonec zavře načtený výsledek SQL dotazu.

### 8.2.6.3 *Smazání protokolu*

Kód je umístěn proceduře „OnOutput“ tlačítka pro tlačítka „vymazat obsah“ panelu protokolu v podmínce „Output“. Jednotlivé buňky tabulky se nastavují v cyklu WHILE na nulu. Po smazání dvaceti řádků se cyklus ukončí.

### 8.2.6.4 *Výpočet tepelné ztráty*

Provádí se v jednosekundovém časovači jako předchozí. Podmínkou je spuštění experimentu a dosažení potřebné teploty nádrže. Vypočítává se ze spotřebované elektrické energie vynásobené podílem konstanty čtyřicet pět a rozdílu průměrné teploty nádrže a okolí.

### 8.2.6.5 *Řešení času zkoušky*

Provádí se ve stejném časovači a za stejných podmínek jako předchozí. Do proměnné „sec“ se ukládá hodnota sekundy, s každým průběhem časovače se o jedno zvýší. Až dosáhne hodnoty šedesát, vynuluje se a do proměnné „min“ připočte jedničku. Jakmile hodnota min dosáhne šedesáti, též se vynuluje a do proměnné „hod“ připočte jedničku. To se bude opakovat, dokud proměnná „hod“ nedosáhne nastaveného času zkoušky proměnné „cas“. Poté se zkoušky ukončí do proměnné „exp\_on“ se запиše hodnota FALSE. Proměnné „sec“, „min“ a „hod“ se vynulují.

### 8.2.6.6 *Generování protokolu*

Provádí se v proceduře „OnOutput“ tlačítka pro vygenerování protokolu. Nejprve se otevře databáze „mojedsn.DSN“, poté je proveden dotaz „idmax“. Výsledná hodnota je pak uložena do proměnné „maxid“ a dotaz záznam je zavřen.

Hodnota „maxid“ reprezentuje v záznamu čas zkoušky. Navyšuje se o jedna při každém archivaci hodnot přístroje „archiver“ a sama je také uložena do tabulky. Pomáhá nám rozdělit záznamy na 24 hodinové intervaly.

Dále se při generování protokolu proměnná „ok“ nastaví na TRUE a proměnné „secs“, „S1“, „procent“, „n“ a „spot0“ jsou vynulovány. Následuje cyklus while, který probíhá, dokud proměnná „maxid“ je větší nebo rovna proměnné „secs“, která reprezentuje 24 hodinový interval.

V cyklu WHILE se první nastaví parametry SQL dotazu „protokol“ vyčítajícího z tabulky „data“ průměrné teploty a maximální hodnotu spotřeby elektrické energie za 24 hodinový interval určený, omezený hodnotou id. Proměnná „secs“ určuje počátek intervalu. Zadává se jako první parametr dotazu. Druhý parametr dotazu je hodnota proměnné „secs“ navýšená o 24 hodiny.

Dále je tento dotaz proveden a výsledky jednotlivých sloupců jsou uloženy do proměnných, ze kterých se vypočítá tepelná ztráta a rozdíl posledních dvou po sobě jdoucích tepelných ztrát v procentech. Hodnoty jsou vloženy do tabulky protokolu. Dále je nutno proměnnou „secs“ navýšit o 24 hodinový interval. Celý cyklus se opakuje, dokud se nenaplní tabulka nebo dokud se nepřečtou všechny archivované hodnoty.

#### **8.2.6.7 *Vyčítání hodnot spotřeby elektrické energie***

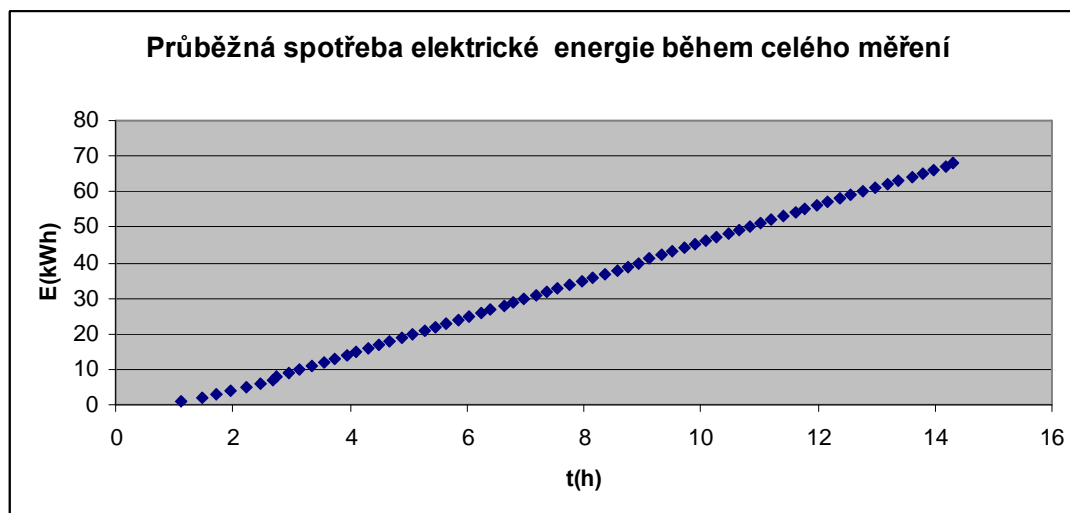
Celé vyčítání probíhá v jednosekundovém časovači. Jako první je vynulována hodnota proměnné „přetečení“, která slouží k uložení hodnoty čítače před vynulováním kvůli dosažení maximální hodnoty. Proměnná je vynulována, pokud je zkouška vypnuta a hodnota proměnné je různá od nuly.

Následně si uložíme původní hodnotu čítače do proměnné „counter\_init“, pokud zkouška není spuštěna. Jakmile hodnota čítače dosáhne horní meze je hodnota čítače uložena do proměnné „pretečení“ spolu se svojí původní hodnotou a čítač je vynulován.

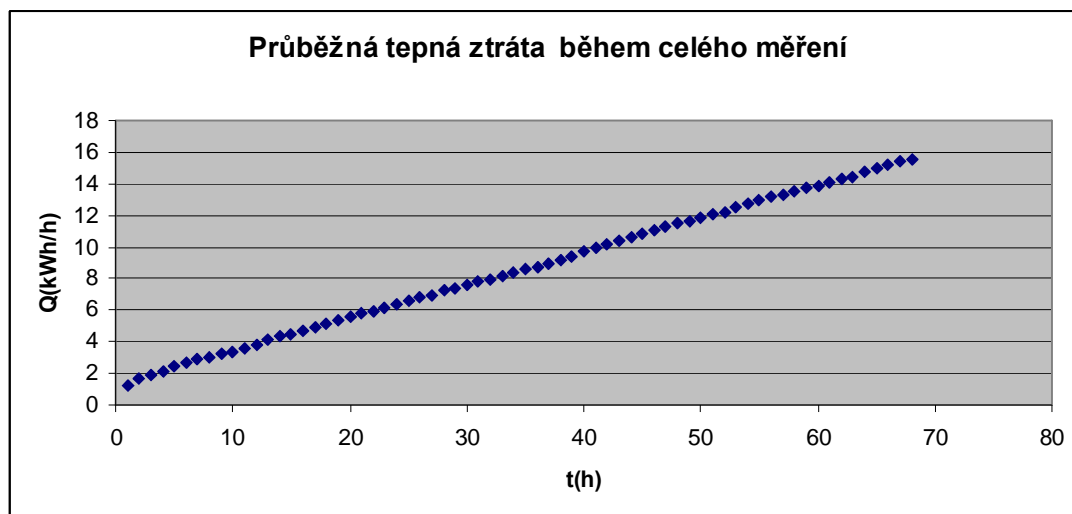
Samotné měření elektrické spotřeby probíhá, když je zkouška spuštěna a je dosaženo požadované teploty. Hodnota čítače je snížena o hodnotu proměnné „counter\_init“ a je k ní přičtena hodnota uložená v proměnné „pretečení“, to celé je poděleno konstantou 800 a tím je vypočtena hodnota spotřeby elektrické energie.

## 9 VZOROVÉ MĚŘENÍ

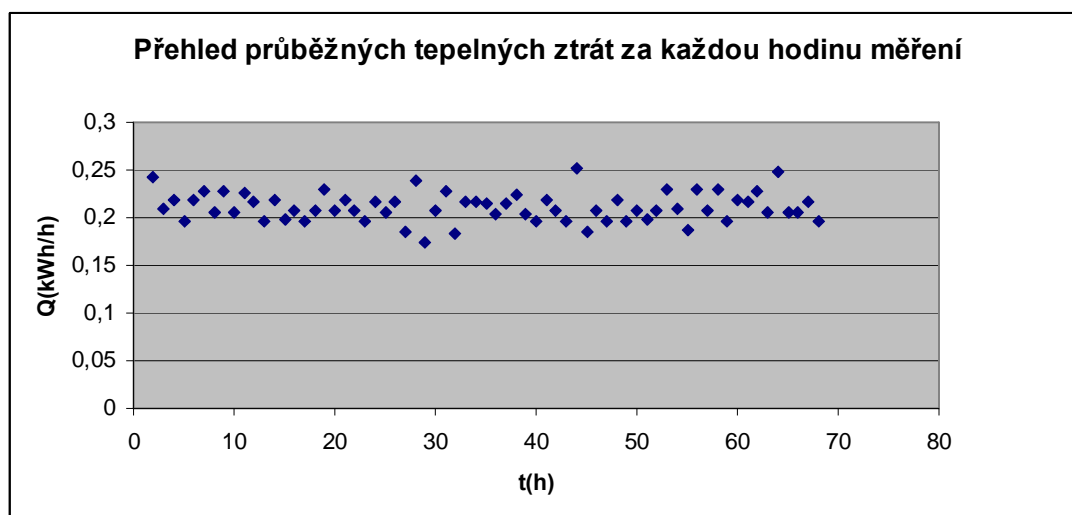
Bylo uskutečněno vzorové měření neznámého vzorku nádrže o objemu 250l, které probíhalo 68 hodin. Z tohoto měření byly vybrány dva po sobě jdoucí 24 hodinové intervaly a byla vypočtena jejich tepelná ztráta podle normy ČSN EN 12897. V prvním, 24 hodinovém cyklu byla tepelná ztráta vypočtena na  $Q_{st}=4,72$  kWh/24h při střední teplotě okolí  $T_A=23,65^{\circ}\text{C}$  a střední teplotě horké vody v nádrži  $T_w=65,11^{\circ}\text{C}$ . Ve druhém cyklu byla stanovena o 5,95% odlišná tepelná ztráta  $Q_{st}=5,003$  kWh/24h při střední teplotě okolí  $T_A=23,85^{\circ}\text{C}$  a střední teplotě horké vody v nádrži  $T_w=65,1$ . Měření je pouze vzorové a slouží k prezentaci funkce měřicí soustavy a programu obsluhující měření. Pro objektivní měření by bylo nutné v místnosti stabilizovat teplotu okolí dle normy a měření opakovat tolikrát až by výsledky tepelných ztrát posledních dvou po sobě jdoucích cyklů lišily maximálně o 2% dle normy.



Obrázek 8 – Graf spotřeby elektrické energie



Obrázek 9 – Graf průběžných tepelných ztrát v průběhu měření



Obrázek 10 – Graf průběžných tepelných ztrát za každou hodinu měření.

## ZÁVĚR

V práci byla popsána norma ČSN EN 12897 a potřebné metody, komunikační a měřicí zařízení pro realizaci zkoušky a vývojové prostředí Control Web. Byl sestaven měřicí okruh se zapojeným zkušebním vzorkem nádrží, čerpadle a topnou spirálou zapojenou na pulzní elektroměr.

Výstup z elektroměru byl zapojený do čítačového modulu vstupně/výstupní jednotky Datalab IO, zajišťující spínání topné spirály přes digitální výstup a relé. Do Datalabu IO byl též zapojen modul pro odporová čidla teploty, do nějž byly zapojeny čtyři čidla typu Pt100. Jednotka Datalab IO byla zapojena do osobního počítače, kde pomocí prostředí Control web, byl naprogramován program pro obsluhu a vyhodnocování zkoušky.

Program obsluhuje měření, pomocí vlastní logiky spíná topnou spirálu na základě teploty nádrže. Zobrazuje zaznamenané hodnoty a ukládá je do databáze. Program pomocí naměřených hodnot z databáze dokáže sestavit protokol vypočítat střední hodnoty teplot ve 24 hodinových intervalech a na základě naměřené spotřeby elektrické energie v daném intervalu vypočítat tepelnou ztrátu, také počítá procentuální rozdíl posledních dvou po sobě jdoucích tepelných ztrát.

Program byl otestován při měření neznámého vzorku nádrže o objemu 250l, který probíhal 68 hodin. Ze dvou po sobě jdoucích 24 hodinových cyklech byly stanoveny dvě tepelné ztráty lišící se o 5,95%. Pro přesné měření by bylo třeba opakovat měření, až do té doby, dokud by se poslední dva po sobě jdoucí cykly lišily maximálně o 2%. Byly ověřeny všechny funkce měřicí soustavy a obslužného programu.

Podle vzorového měření byly doladěny nedostatky v programu a bylo sladěno časování, tak aby nedocházelo k přetěžování komunikace s vstupně/výstupním zařízením Datalab IO a zbytečné zaplňování paměti. Pro úplnou přesnost měření by bylo ještě důležité v místnosti udržet konstantní teplotu okolí předepsanou normou. Nyní k tomu není patřičné vybavení.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

In the work described was standard ČSN EN 12897 and the necessary methods, communications and measuring equipment for testing and implementation of development Control Web. It was built measuring circuit is involved in the test sample tank, pump and heater connected to the pulse meter.

The output of the electrometer was involved in counter module input / output units DataLab IO, providing switching heating elements through the digital outputs and relays. The Datalab IO module was also involved for resistance temperature sensors, which were involved in four sensors type Pt100. DataLab IO was involved in a personal computer, where by using the Web Control has been programmed to operate the program and evaluation tests.

The program operates by measuring its own logic switches the heating coil at the temperature of the tank. Displays the recorded values and stores them in a database. Program using measured values from the database can establish protocol to calculate the mean temperature in twenty-four hour intervals and based on the measured power consumption in a given interval to calculate the heat loss, also calculates the percentage difference the last two consecutive heat loss.

The program was tested by measuring an unknown sample reservoir with a capacity of 250 liters, which ran 68 hours. Of the two consecutive 24-hour cycles were determined two differing heat loss of 5.95%. For accurate measurements would be necessary to repeat the measurements until, until, the last two consecutive cycles differed by a maximum of 2%. Were verified by measuring all system functions and utility.

Under the sample measurements were deficiencies in the program fine-tuned and aligned to timing, to avoid overloading the communication with the input / output device DataLab IO and filling unnecessary memory. For complete accuracy, it would be even more important in maintaining a constant room temperature around the prescribed standard, now is not the proper equipment.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN 12897. *Zásobování vodou - Nepřímo ohřívání uzavřené zásobníkové ohříváče vody*. \. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [2] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. *DataLab*. 2.5. Zlín-Malenovice: Moravské přístroje a.s., 2011. Dostupné z: <http://www.mii.cz/>
- [3] HRUŠKA, František. *Technické prostředky informatiky a automatizace : (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace)*. 1. vydání. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2007. 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.
- [4] KOFRÁNEK, Jiří. *Control Web - objektové vývojové prostředí (nejen) pro průmyslové aplikace* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2000 [cit. 2008-03-27]. Dostupný z WWW: <<http://formular-ekf.vsb.cz/formulare/F01/tsw/getfile.php?prispevekid=674>>.
- [5] CONTROL WEB 5, Moravské přístroje a.s. *Manuál k programu Control Web 5*.
- [6] Control Web 2000. MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. *Control Web 2000* [online]. 2004, 18.5.2004 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=68&lang=405>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$Q_{st}$	Tepelná ztráta za 24h v kWh/24h
E	Energie spotřebovaná za 24h v kWh
TA	Střední teplota okolí za 24h ve °C.
$T_w$	Střední teplota v nádrže v průběhu 24h ve °C
SCADA/HMI	Supervizní řízení a sběr dat
TCP/IP	Primární transportní protokol
HTTP	Internetový protokol pro výměnu hypertextových dokumentů ve formátu HTML
HTML	Značkovací jazyk pro hypertext
COM/OLE	Komponentní Objektiví Model/Objektové propojování a vkládání
MDB	Typ databáze společnosti Microsoft
DBF	Prostý databázový soubor
DNS	Hierarchický systém doménových jmen
USB	Universální sériová sběrnice
SQL	Strukturovaný dotazovací jazyk
ODBC	Standardizované softwarové API pro přístup k databázovým systémům.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 -Rovnice pro výpočet tepelné ztráty.....	14
Obrázek 2 -Výstupně vstupní zařízení Datalab IO .....	24
Obrázek 3 – Pulzní elektroměr DTS-353 .....	26
Obrázek 4 – Relé pro spínání topné spirály .....	27
Obrázek 5 – Zdroj 24V pro napájení Elektroměru a Datalabu IO .....	27
Obrázek 6 – Ovládací panel .....	28
Obrázek 7 – Panel Protokolu .....	30
Obrázek 8 – Graf spotřeby elektrické energie.....	36
Obrázek 9 – Graf průběžných tepelných ztrát v průběhu měření .....	37
Obrázek 10 – Graf průběžných tepelných ztrát za každou hodinu měření. ....	37

## SEZNAM PŘÍLOH

1. Soubory programu
2. Soubor naměřených dat.