

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

VIZUALIZACE ZKUŠEBNY PRO KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY

TESTING LAB VISUALIZATION FOR AIR CONDITIONING UNITS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. VERONIKA HAMPLOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. DANIEL ZUTH, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Veronika Hamplová

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902T001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vizualizace zkušebny pro klimatizační jednotky

v anglickém jazyce:

Testing lab visualization for air conditioning units

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se bude zabývat tvorbou vizualizace pro ovládání, zobrazení a záznam dat ze zkušebny pro klimatizační jednotky pomocí SW ControlWeb. Jedná se o reálnou zkušebnu navrhovanou pro Strojírenský zkušební ústav, s.p.. Práce je součásti řešení VVZ MSM 0021630529 - Inteligentní systémy v automatizaci.

Cíle diplomové práce:

- seznámení s základními prvky použité ve zkušebně
- popis akčních prvků a řídícího systému
- popis použitých regulátoru a jejich popis
- realizace vizualizace pro ovládání všech prvků
- realizace ukládání dat pro potřeby zkoušky

Seznam odborné literatury:

- JANOTKOVÁ,E. - Technika prostředí /Brno :VUT,1991. 1. vyd. 201 s. ISBN 80-214-0258-X
- CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M.: Meranie technických veličín. Slovenská technická univerzita v Bratislavě, 1999.
- časopisy Automa, Automatizace
- firemní literatura

Vedoucí diplomové práce: Ing. Daniel Zuth, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 21.11.2011

L.S.

_____	_____
Ing. Jan Roupec, Ph.D.	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Ředitel ústavu	Děkan fakulty

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá tvorbou vizualizace vzduchotechnické jednotky vybudované Strojírenským zkušebním ústavem s.p. za účelem testování především tepelných čerpadel a dalších vzduchotechnických přístrojů. Tato vizualizace byla vytvořena v programu ControlWeb a umožňuje ovládání, monitorování, ukládání a načítaní všech potřebných veličin. Práce dále pojednává o technikách měření, automatizačních prostředcích a vizualizačních softwarech.

Abstract

This diploma thesis deals with the creation of visualization for testing lab for air conditioning unit. This unit was made by Strojírenský zkušební ústav. The visualization was programmed in the visualization and simulation program called ControlWeb. This application allows controlling, monitoring, storing and retrieving all necessary variables. Next part of diploma thesis discusses techniques of measurement, automation devices and visualization software.

Klíčová slova

Vizualizace, ControlWeb, OPC Server, vzduchotechnická jednotka, regulátor

Keywords

Visualization, ControlWeb, OPC Server, air handling unit, controller

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tuto diplomovou práci Vizualizace zkušebny pro klimatizační jednotky jsem vypracovala a napsala samostatně, pod vedením Ing. Daniela Zutha, Ph.D. a uvedla jsem v seznamu literatury všechny literární a odborné zdroje.

V Brně dne: 15. 5. 2012

_____

Bc. Veronika Hamplová

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAMPLOVÁ, Veronika. *Vizualizace zkušebny pro klimatizační jednotky*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. 93 s. Vedoucí práce Ing. Daniel Zuth, Ph.D.

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Danielu Zuthovi, Ph.D. a panu Ing. Milanu Baštovi za jejich ochotu a odbornou pomoc při tvorbě této diplomové práce.

Obsah:

Zadání závěrečné práce **3**

Abstrakt **5**

1 ÚVOD **15**

2 TEORIE AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ **17**

2.1 Automatizace 17

2.1.1 Prostředky automatizace 17

2.1.2 Důvody pro zavedení automatizace 18

2.2 Řízení 19

2.2.1 Typy řízení 19

2.2.2 Logické řízení 21

2.2.3 Spojité řízení 23

2.2.4 Diskrétní řízení 23

2.3 Regulátory 24

2.3.1 P regulátor 25

2.3.2 I regulátor (Integrační regulátor) 26

2.3.3 D regulátor (Derivační regulátor) 27

2.3.4 PI regulátor (Proporcionálně-integrační regulátor) 27

2.3.5 PD regulátor (Proporcionálně-derivační regulátor) 28

2.3.6 PID regulátor (Proporcionálně-integračně-derivační regulátor) 29

2.3.7 Číslicové regulátory 29

2.3.3 Metody nastavení PID regulátorů 30

2.3.4 Programovatelné automaty 32

2.4 OPC Server 34

2.4.1 OPC architektura 34

2.4.2 Výhody OPC 35

2.5 Software pro automatizaci 36

2.5.1 Controlweb 36

2.5.2 Labview 37

2.5.3 DEWESoft 39

2.5.4 Další software pro automatizaci 39

2.6 Automatizace techniky prostředí 40

2.6.1 Akční členy klimatizačních zařízení 40

2.6.2 Základní terminologie, vzorce a děje spojené s technikou prostředí 42
3 MĚŘENÍ 45
3.1 Metody měření 45
3.2 Chyby měření 46
3.2.1 Výpočet chyby 46
3.2.2 Směrodatná odchylka 47
3.3 Měřicí přístroje 47
3.3.1 Statické vlastnosti 48
3.3.2 Přístroje na měření teploty 49
3.3.3 Přístroje na měření tlaku 50
3.3.4 Měření vlhkosti 51
4 VIZUALIZACE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY 52
4.1 Popis vzduchotechnické jednotky 52
4.1.1 Klimatizační jednotka 53
4.1.2 Popis regulátorů 53
4.2 Controlweb 56
4.2.1 Základní panely 56
4.2.2 Základní přístroje – viditelné přístroje 60
4.2.3 Ukládání dat 66
4.2.4 Načítání hodnot 70
4.2.5 Graf 71
4.2.6 Ostatní prvky 72
4.2.7 Instalace a aktivace ControlWebu 74
4.2.8 Potenciální možnosti rozvoje projektu 76
4.3 Konfigurace OPC serveru 77
4.3.1 Konfigurace OPC serveru s nástrojem s grafickým rozhraním 77
4.3.2 Připojení OPC serveru v programu ControlWeb 79
5 ZÁVĚR 81
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 85
SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ 88
SEZNAM TABULEK 90
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 91
SEZNAM PŘÍLOH 93

1 ÚVOD

Všechny výrobky uváděné na trh musí procházet zkoušením a normalizací. Nejinak tomu je u klimatizačních zařízení, ventilátorů, tepelných čerpadel, čističek vzduchu a vzduchotechnického potrubí. A právě k testování a normalizaci těchto přístrojů vybudoval Strojírenský zkušební ústav s.p. vzduchotechnickou jednotku. U tohoto testování je nutné zabezpečit požadovanou vlhkost, teplotu a průtok vzduchu s velmi malým kolísáním těchto veličin.

Mým cílem bylo kompletně vytvořit vizualizaci pro tuto vzduchotechnickou jednotku. Touto aplikací má být nahrazen grafický displej, který je z důvodu nemožnosti ukládání dat a vytváření grafů pro toto testování nedostatečný. Na čtyřřádkovém displeji také nebylo možné stálé pozorování všech proměnných a jen pomalu a obtížně se mohly nastavovat požadované veličiny.

Výsledkem této práce je aplikace vytvořená v programu ControlWeb, která umožňuje jednoduše ovládat, monitorovat, načítat a ukládat všechny požadované veličiny. Práce se dále zabývá teoretickým rozborem problematiky, výběrem vhodných automatizačních a vizualizačních prostředků, popisem ovládaní a teorií měření. V práci je také uveden krátký přehled softwarů využívaných pro vizualizaci.

2 TEORIE AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ

Automatické řízení se poprvé objevilo již v Alexandrii, kde pomáhalo otevírat těžké chrámové dveře. Lidé si automatickými prostředky snažili usnadnit práci a to přetrvalo až do současnosti. Nyní se používají složitější automatizační prostředky, ale jejich prvotní cíl zjednodušit práci, zvýšit efektivitu práce a hospodárnost se nezměnil.

Moderní doba nutí podniky klást důraz na kontrolu a testování výrobků pro udržení jejich kvality, získání požadovaného certifikátu a udržení konkurenceschopnosti. S rostoucími požadavky na jakost výrobků však vzrostly i nároky na proces měření. Ani proškolený pracovník už nedokáže svým odborným odhadem dostatečně kvalitně posoudit jakost výrobku. Tyto dříve používané způsoby měření jsou nepraktické, pomalé a méně spolehlivé, proto se v dnešní době nahrazují lidské smysly čidly a senzory, které kontrolují výrobek efektivněji, rychleji a přesněji.

Požadavky na kvalitu a vybavení na zkušebních a certifikačních pracovištích jsou ještě daleko vyšší. Zde jsou požadována plně automatická moderní pracoviště bez nároku na nepřetržitou obsluhu. Obsluha musí mít v průběhu testu možnost sledovat aktuální měřené hodnoty, nastavovat žádané hodnoty, ukládat průběžné i konečné výsledky. Obsluha také musí mít možnost do průběhu zkoušky zasáhnout, přerušit ji či zcela zastavit. Ke zjednodušení ovládání celého tohoto procesu slouží vizualizace.

2.1 Automatizace

Automatizací je nazývána činnost, kdy je lidské konání při výrobě i mimo výrobní proces nahrazováno činností různých přístrojů a zařízení [1].

2.1.1 Prostředky automatizace

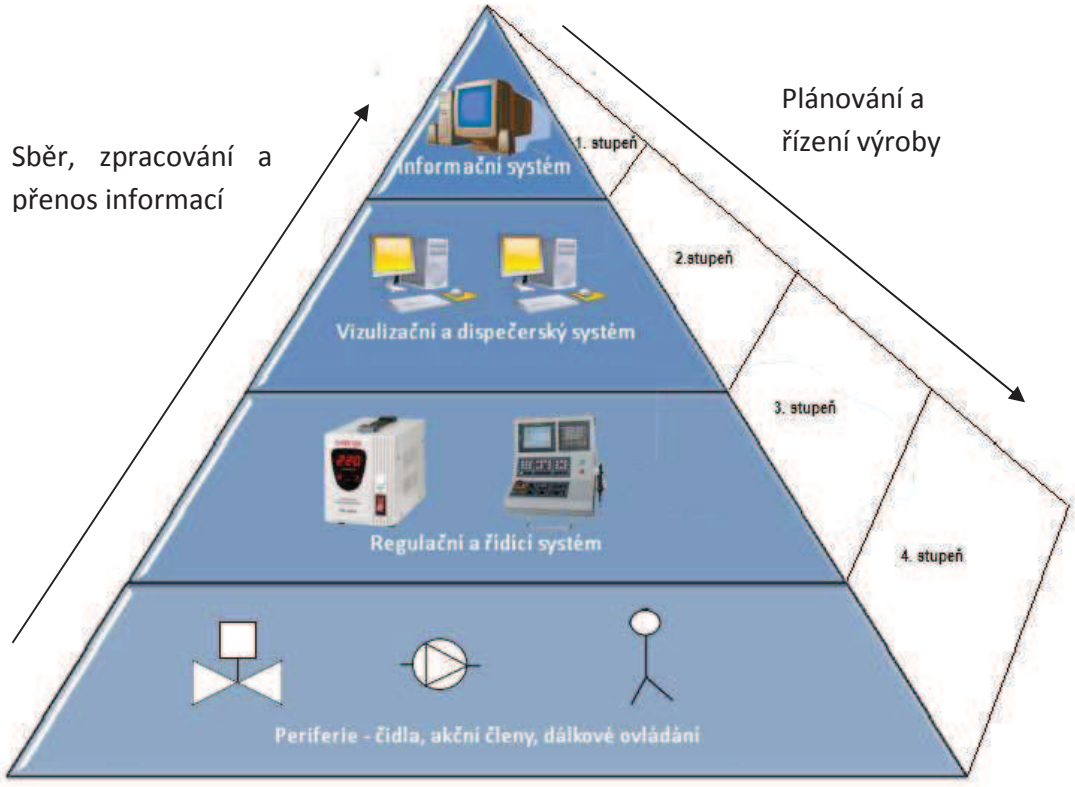
Spolu s rozvojem výpočetní techniky vzniklo i velké spektrum automatických prostředků. Tzv. hierarchii počítačových prostředků či pyramidu řízení lze vidět na obr. 1.

Tato pyramida rozděluje řízení do několika stupňů. V prvním nejnižším stupni se nachází periferie řídícího systému, což jsou například čidla, senzory atd. Tato skupina se také někdy nazývá prostředky procesní instrumentace. Velmi důležitý je výběr čidel a senzorů a jejich umístění pro dosažení přesnosti měření. V současnosti je velké množství čidel, senzorů i akčních členů vybaveno elektronikou pro zpracování signálu. Akčními členy jsou například elektrické motory, deformační elementy, hydraulické ventily, spínače, přepínače atd. [24] Do druhého stupně řízení, regulace a řízení systémů, řadíme průmyslové regulátory, mikrořadiče, PLC, velké systémy pro řízení procesů, logické a distribuované řízení. O vybraných prvcích pojednávají podkapitoly 2.2 Řízení a 2.3 Regulátory.

Třetím stupněm je vizualizační a dispečerský systém. Vizualizační a řídící software je podrobněji popsán v podkapitole 2.5 Software pro automatizaci [24].

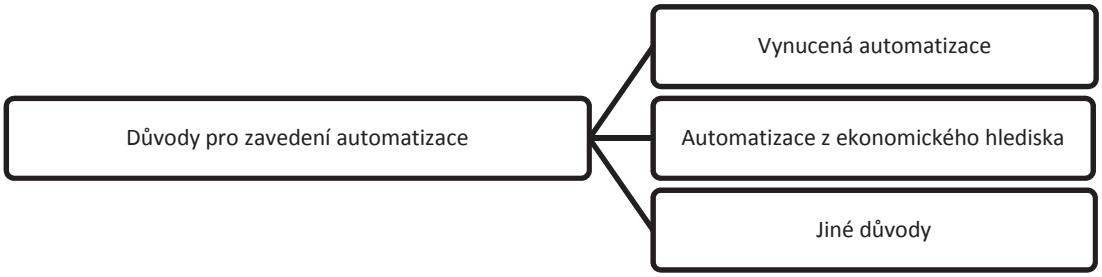
Nejvýše v pyramidě se nachází informační systém, který je velmi důležitý pro všechny ostatní stupně řízení. Tento systém zabezpečuje sběr, přenos, zpracování a uchování dat [24].

Další důležitou oblastí automatizace, která sice není uvedena v pyramidě, ale je velice důležitá, je komunikační systém. Tento systém může být složen z paralelní sběrnice mikropočítačů, paralelní sběrnice, sériové sběrnice LAN, Fieldbus atd. [24]



Obr. 1 Pyramida řízení [25]

2.1.2 Důvody pro zavedení automatizace



Graf 1 Důvody pro zavedení automatizace

Důvodů pro zavedení automatizace je mnoho, ale je možné je rozdělit do několika skupin (viz graf 1).

Do skupiny vynucené automatizace patří hlavně místa a pracovní procesy, při kterých je velká pravděpodobnost zdravotní újmy člověka nebo jeho nadměrné námahy. Dále to jsou procesy, kdy by člověk nebyl schopen kontrolovat a řídit velký počet procesů při takové rychlosti a s takovou přesností nebo v procesech, kde by jeho chybné vyhodnocení mohlo mít fatální následek. Vynucená automatizace je i tam, kde není možné, aby byl člověk z důvodů své velikosti přítomen [23].

Z ekonomického hlediska se berou v úvahu hlavně náklady a kvalita výsledného produktu. Při dobrém použití automatizace je možné výrazně snížit spotřebu materiálu, zvýšit produktivitu a jakost, což vede k námi požadovanému snížení nákladů.

Mezi další důvody může patřit zvýšení pohodlí člověka, lepší a přehlednější poskytování informací o chodu přístroje atd.

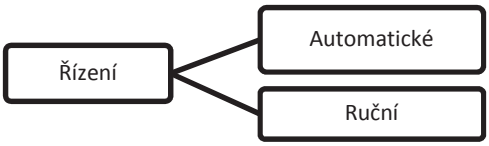
2.2 Řízení

„Řízení je cílené působení na řízený objekt tak, aby se dosáhlo určitého předepsaného cíle“. [1]

2.2.1 Typy řízení

Existuje mnoho dělení řízení například podle spotřeby energie, podle stupně automatizace, podle použití zpětné vazby atd. Zde jsou uvedeny nejdůležitějších z nich.

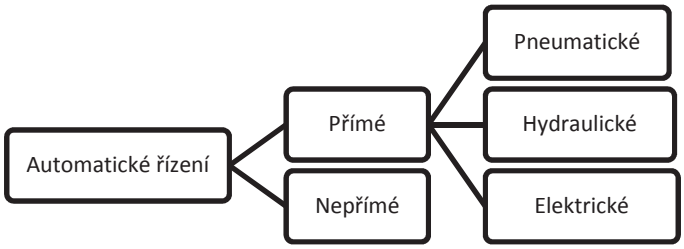
1) Dělení řízení podle stupně automatizace



Graf 2 Typy řízení podle stupně automatizace [1]

Ruční řízení znamená, že přístroj je ovládán člověkem. Automatické řízení probíhá bez vlivu člověka s výjimkou zadávání hodnoty řídící veličiny, tj. požadované hodnoty regulované veličiny [1].

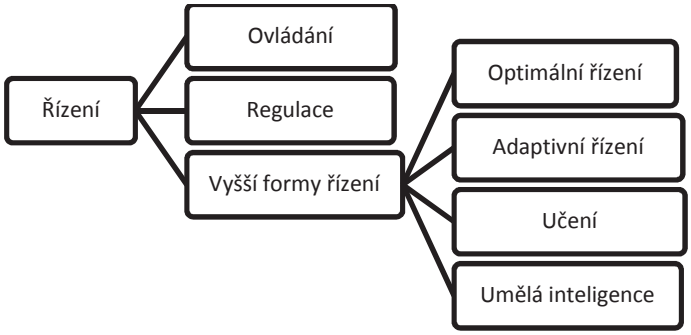
2) Dělení podle spotřeby energie



Graf 3 Typy řízení dle spotřeby energie [1]

Nepřímé řízení probíhá bez přívodu energie. U přímého řízení se energie naopak spotřebovává. Většina řízení je v současnosti poháněna hydraulickou, pneumatickou nebo elektrickou energií.

3) Dělení podle přítomnosti zpětné vazby



Graf 4 Typy řízení podle zpětné vazby [1]

Ovládání je řízení bez zpětné vazby.

Regulace je řízení se zpětnou vazbou na určitou dopočtenou nebo konstantní hodnotu určité fyzikální veličiny. Cílem regulace je minimalizace odchylky hodnoty této veličiny a hodnoty, kterou by měla veličina nabývat [1].

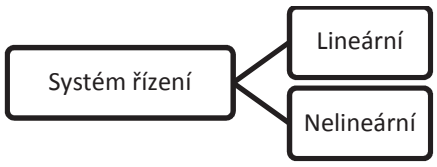
Optimální řízení je řízení, kde je systém schopen vyhledat nejvýhodnější působení při daných omezených podmínkách [1].

U adaptivního řízení dokáže systém změnit svoji strukturu včetně parametrů tak, aby proces probíhal optimálně i při změnách řízeného objektu [1].

Učení je adaptivní systém, který dokáže ukládat přijaté informace do paměti a později je v podobné situaci využít [1].

"Umělá inteligence je vlastnost uměle vytvořeného systému, který má schopnost rozpoznávat předměty, jevy, analyzovat vztahy mezi nimi a tak si vytvářet modely okolí, dělat účelná rozhodnutí a předvídat jejich důsledky, řešit problémy včetně objevování nových zákonitostí a zdokonalování své činnosti". [1]

4) Dělení podle použitého systému řízení

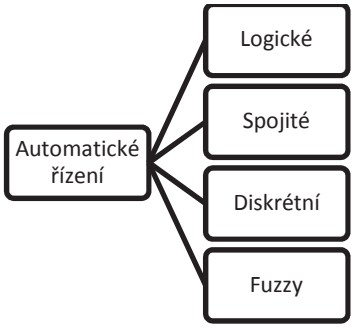


Graf 5 Dělení dle použitého systému [1]

Lineární systémy řízení jsou popsány lineárními diferenciálními rovnicemi a lze je poměrně jednoduše řešit. Ve skutečnosti neexistuje fyzikální systém, který by byl lineární. Mnohé nelineární systémy je však možno v určité oblasti a za určitých podmínek vyšetřovat jako lineární s dostatečnou přesností [1].

Nelineární systém je soubor jednotlivých prvků, z nichž alespoň jeden je nelineární [1].

5) Dělení podle způsobu technického řešení



Graf 6 Typy automatického řízení podle technického řešení [1]

Logické řízení je binární. Veličiny jsou vyjadřovány hodnotami 0 a 1. U logického řízení se využívá výrokové logiky, jejíž vztahy v souvislosti s logickým řízením nazýváme logické funkce.

U spojitého řízení je spojitě nastavován akční zásah a také měřené veličiny jsou spojité v čase.

„Diskrétní řízení vytváří vztah mezi vstupy a výstupy jako vztah mezi posloupnostmi impulsů snímaných v časovém sledu daném tzv. vzorkovací periodou. Mezi okamžiky vzorkování není regulovaná veličina měřena a ani akční veličina není upravována. Tato vzorkovací perioda je tím kratší, čím rychlejší je řízený proces.“ [1]

Počítač není schopný přijímat spojitý signál, proto se v současnosti používá spíše diskrétní řízení, které je počítačem dobře zpracovatelné a při malé vzorkovací frekvenci jsou výsledky velmi podobné výsledkům spojitého měření.

Fuzzy řízení se používá pro systémy, které není možné popsat, ale je možné je řídit (tzn. můžeme určit hodnotu výstupu, aniž známe vzorce mezi vstupem a výstupem). Fuzzy regulátor nejprve přiřadí zvoleným vstupním veličinám jazykovou hodnotu, dále se na základě znalostí experta určí slovní hodnoty akčních veličin a slovní vyjádření se převede na konkrétní číselné hodnoty veličin [1].

2.2.2 Logické řízení

„*Logické řízení je cílená činnost, při níž se logickým obvodem zpracovávají informace o řízeném procesu a podle nich ovládají příslušná zařízení tak, aby se dosáhlo předepsaného cíle“.* [1]

Logický obvod lze charakterizovat logickými prvky propojenými mezi sebou logickými veličinami.

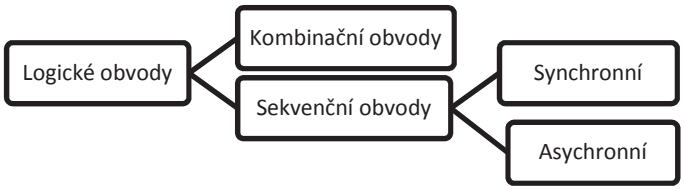
Logické operace jsou úkony logické algebry.

Logická algebra je soustava pravidel určená k popisu vztahů mezi logickými proměnnými. Logická algebra pracující s binárními veličinami se nazývá Booleova algebra.

Logická funkce je definována jako přiřazení hodnot *0 (false)* a *1 (true*) logické proměnné y ke kombinacím hodnot nezávislých logických proměnných x_1, x_2, ... x_n.

Dělení logických obvodů

1) Dělení podle závislosti výstupních hodnot na vstupních hodnotách



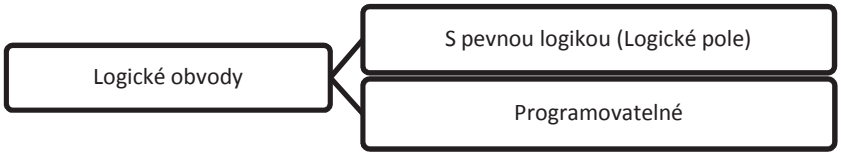
Graf 7 Rozdělení logických obvodů dle závislosti výstupních hodnot na vstupních hodnotách

„U kombinačních obvodů jsou funkční hodnoty jednoznačně určeny kombinacemi hodnot vstupních proměnných.“ [2]

Jejich hodnoty výstupních proměnných y_1, y_2,…, y_m závisí pouze na okamžitých hodnotách vstupních proměnných x_1, x_2,…, x_n. Tyto obvody neobsahují paměťové členy.

„U sekvenčních obvodů jsou funkční hodnoty určeny nejen kombinacemi hodnot vstupních proměnných, ale také jejich časově předcházejícími kombinacemi hodnot.“ [2] U asynchronních obvodů je případná změna vnitřních stavů bezprostředně vyvolávána změnami vstupních proměnných. U synchronních obvodů je činnost podmíněna přivedením synchronizačních impulzů, což způsobí stejné okamžiky změn všech proměnných.

2) Dělení podle možnosti změn logických obvodů



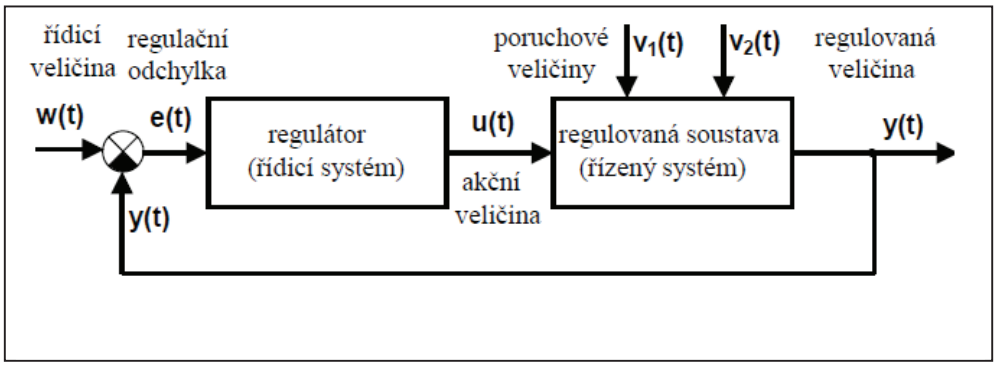
Graf 8 Základní rozdělení logických obvodů [2]

U logických obvodů s pevnou logikou je funkce dána propojením obvodů. Tato funkce se nedá měnit. Příkladem těchto obvodů mohou být obvody s kontaktními prvky (např.relé), polovodičové obvody, obvody s tranzistory, integrované obvody atd.

Logické obvody programovatelné mohou přeprogramováním změnit funkci. Nejčastěji se lze s nimi setkat ve formě programovatelných automatů, počítačů, mikropočítačových systémů a programovatelných logických polí.

2.2.3 Spojité řízení

Spojitý řídící systém vytváří (na rozdíl od diskrétního systému) nepřetržitou vazbu mezi vstupy a výstupy [1].



Obr. 2 Regulační systém [1]

Regulační systém (regulační obvod) je speciální druh složeného zpětnovazebného systému, který je tvořen řídícím a řízeným systémem [1].

Řídící systém (regulátor) je zařízení, kterým se uskutečňuje řízení (regulace) [1].

Řízený systém (regulovaná soustava) je zařízení (systém), na které působí regulátor [1].

Regulovaná veličina y(t) je veličina, jejíž hodnota je regulací udržována v předepsaných podmínkách. Tato veličina je zároveň rovna výstupní veličině řízeného systému a současně vstupuje do regulátoru [1].

Řídící veličina w(t) je předepsaná hodnota, na které má být regulovaná veličina udržována [1].

Regulační odchylka e(t) je rozdíl skutečné hodnoty regulované veličiny a žádané hodnoty regulované veličiny. Tato odchylka vzniká změnou žádané hodnoty nebo působením poruchové veličiny [1].

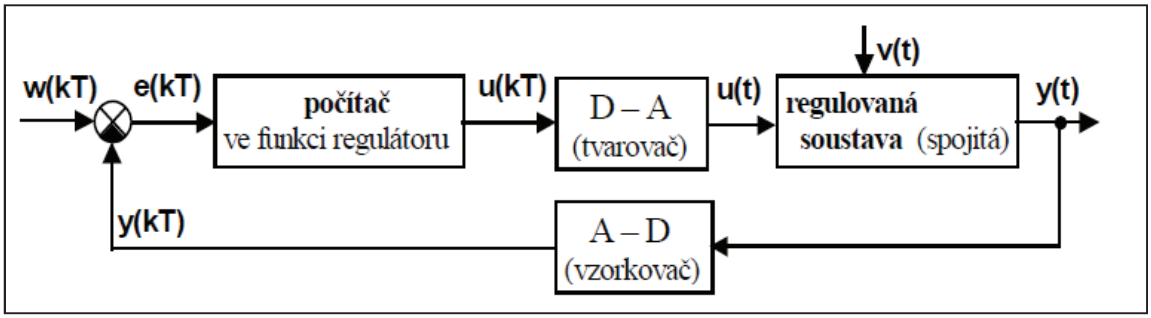
Akční veličina u(t) je výstupní veličinou regulátoru, která je zároveň vstupní veličinou regulované soustavy. Jejím cílem je, aby akční veličina zmenšovala regulační odchylku [1].

Poruchová veličina v(t) je neúmyslná a nepředvídaná změna regulované veličiny [1].

Pro popis, analýzu a syntézu spojitých systémů se využívá Laplaceova transformace.

2.2.4 Diskrétní řízení

Vznik a rozvoj diskrétního řízení je úzce spjat s rozvojem počítačů jako řídících členů. Počítač dokáže nahradit zesilovací, derivační i integrační člen, ale není schopen přijímat spojitý signál. Proto se musí tento spojitý signál převést na signál diskrétní. Tento převod se uskutečňuje pomocí analogově – digitálního (A/D) převodníku, který převede signál na impulzy a přiřadí jim určitou hodnotu [1].



Obr. 3 Diskrétní řídící obvod [1]

Značka kT na obr. 3 znázorňuje diskrétní čas.

U diskrétních obvodů je velmi důležitá vzorkovací frekvence, kterou lze dopočítat podle vztahu [1]:

$$\omega_v = \frac{2\pi}{T} \qquad (1)$$

Čím má regulovaná soustava delší časové konstanty, tím se musí zvolit i delší perioda vzorkování. K převodu signálu ze spojitého na diskrétní se používá vzorkovač, který sejme hodnotu v dané periodě. K převodu diskrétního signálu na spojitý se používá tvarovač [1].

Pro popis, analýzu a syntézu spojitých systémů se využívá Z - transformace [1].

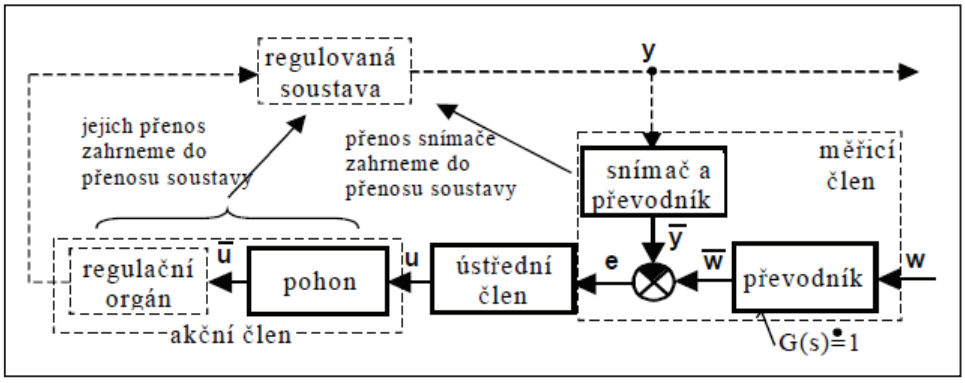
2.3 Regulátory

Regulátor je zařízení, které provádí regulaci, což znamená, že pomocí akční veličiny působí na regulovanou soustavu tak, aby regulovaná veličina měla určitou hodnotu a regulační odchylka byla co nejmenší [1].

Regulace může být na konstantní hodnotu, vlečná nebo programová. Při řešení na konstantní hodnotu je výsledná veličina udržována na konstantní hodnotě. Při vlečné regulaci se veličina mění v závislosti na jiné fyzikální veličině. U programové regulace je řídící veličina dána programem (časovým plánem) [1].

Spojitá regulace

Regulátor se skládá z měřícího členu, ústředního členu a akčního členu. Jejich zapojení je zobrazeno na obr. 4.

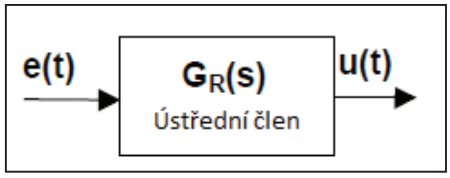


Obr. 4 Regulátor [1]

Měřící člen je sestrojen ze snímače nebo čidla s převodníkem, převodníku a porovnávacího členu. Pomocí snímače se zjistí skutečná hodnota a převodník ji převede na elektrické napětí, proud nebo tlak. Porovnávací člen porovná hodnoty a vypočte regulační odchylku. Regulační obvod nemůže mít nikdy větší přesnost než je přesnost snímače [1].

Ústřední člen zesiluje, integruje nebo derivuje regulační odchylku. Velmi důležité jsou jeho parametry, které nám zajistí vyhovující dynamické vlastnosti celého obvodu [1]. Ústřední člen se někdy také označuje jako regulátor.

Akční člen má dvě části, pohon a regulační orgán. Regulačním orgánem mohou být ventily, klapky atd., které jsou poháněny pohonem (např. servomotorem). U regulačního orgánu je požadována lineární závislost mezi polohou pohonu a akční veličinou [1].

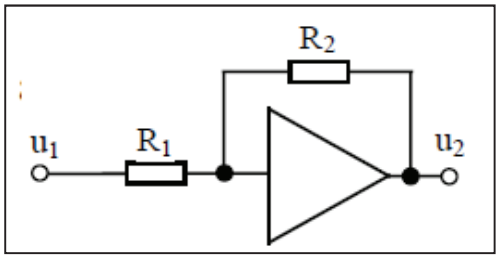


Obr. 5 Ústřední člen [1]

Do ústředního členu (regulátoru) vstupuje regulační odchylka a vystupuje akční veličina.

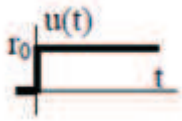
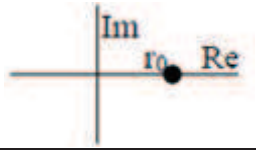
2.3.1 P regulátor (Proporcionální regulátor)

U P regulátoru je akční veličina přímo úměrná zesílení regulační odchylky. P-členy reagují na vstupní skokový signál opět skokovou funkcí na výstupu. Zapojení P regulátoru je znázorněno na obr. 6.



Obr. 6 Zapojení P regulátoru [1]

Všechny reálné členy pro přenos signálu fungují s určitým zpožděním. Pokud je toto zpoždění vzhledem k požadované dynamice regulace velmi malé, označujeme tyto členy „bez zpoždění“ [6].

Rovnice	Přenos $G_R(s)$	Přechodová charakteristika	Frekvenční charakteristika
$u = r_0 e$	r_0		

Tabulka 1 Charakteristiky P regulátoru [1]

Proporcionální člen se zpožděním 1. řádu má výstupní odezvu proporcionální s určitým zpožděním vstupního signálu. Jeho přenosová funkce je exponenciální. Tyto regulátory se používají při regulaci zapínání rotačního pohonu [6].

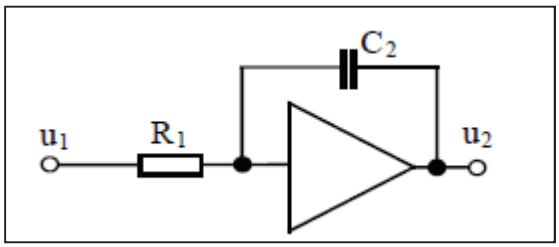
Proporcionální člen se skládá ze dvou za sebou zapojených PT1-členů. Signál zpožděný jedním členem je znovu zpožděn druhým členem absorbujícím (a pak uvolňujícím) energii. Jeho přenosová funkce má tvar protaženého S [6].

Výhodou P regulátorů je, že jsou stabilní, mají rychlý průběh regulace a jsou jednoduché. Jejich nevýhodou je trvalá regulační odchylka (trvalý rozdíl mezi skutečnou a žádanou hodnotou).

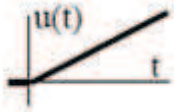
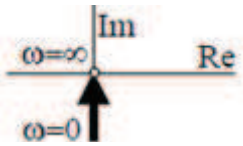
Příkladem použití P regulátorů jsou převody zvyšující otáčky, krouticí moment nebo elektronické zesilovače signálu [1].

2.3.2 I regulátor (Integrační regulátor)

U I regulátoru je akční veličina přímo úměrná integraci regulační odchylky. Integrování spočívá v průběžném přičítání vstupních hodnot. Zapojení je zobrazeno na obr. 7. I regulátor je schopen eliminovat regulační odchylku. Pokud regulační odchylka není nulová, regulátor funguje. Nevýhodou je zhoršená stabilita tohoto obvodu, což výrazně snižuje možnosti jeho samostatného použití. Používá se například u statických soustav s dopravním zpožděním [6].



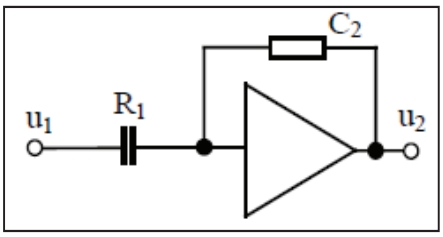
Obr. 7 Zapojení I regulátoru [1]

Rovnice	Přenos $G_R(s)$	Přechodová charakteristika	Frekvenční charakteristika
$u = r_{-1} \int e\, dt$	$\frac{r_{-1}}{s}$		

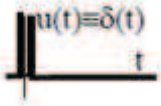
Tabulka 2 Charakteristiky I regulátoru [1]

2.3.3 D regulátor (Derivační regulátor)

U D regulátoru je akční veličina přímo úměrná derivaci regulační odchylky. Ideální derivační složka zesiluje šumy, což je pro použití nevhodné. Další nevýhodou je, že obvod je nestabilní a není schopen reagovat na ustálenou hodnotu regulační odchylky. D regulátor není možné samostatně použít, protože by došlo k rozpojení obvodu, proto je zde popisován ideální D regulátoru. Zapojení D regulátoru lze vidět na obr. 8.



Obr. 8 Zapojení D regulátoru [1]

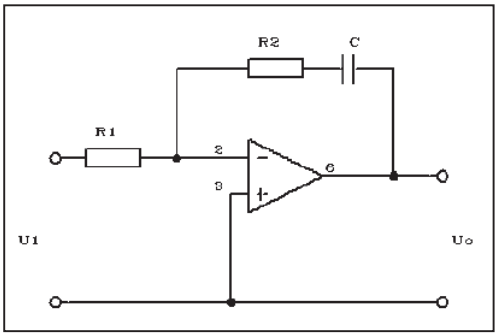
Rovnice	Přenos $G_R(s)$	Přechodová charakteristika	Frekvenční charakteristika
$u = r_1 e'$	$r_1 s$		

Tabulka 3 Charakteristika D regulátoru [1]

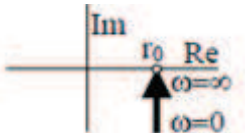
2.3.4 PI regulátor (Proporcionálně-integrační regulátor)

PI regulátor má akční veličinu úměrnou jak regulační odchylce tak jejímu integrálu. PI regulátor odstraňuje regulační odchylku a zlepšuje stabilitu regulačního obvodu. Tento regulátor vznikne paralelním spojením proporcionálního a integračního členu [1].

Na obr. 9 je zobrazeno zapojení PI regulátoru. Toto zapojení se v praxi moc nepoužívá, častější je složitější zapojení, při kterém se mění vazba mezi zesílením a časovou konstantou.



Obr. 9 Zapojení PI regulátoru [1]

Rovnice	Přenos $G_R(s)$	Přechodová charakteristika	Frekvenční charakteristika
$u = r_0 e + r_{-1} \int e\,dt$	$r_0 + \frac{r_{-1}}{s}$		

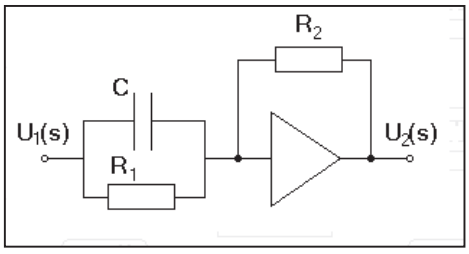
Tabulka 4 Charakteristika PI regulátoru [1]

''V praxi je většinou nutné vybavit regulátor omezovačem, který upraví výstupní signál na hodnotu potřebnou pro další zpracování. Kromě toho je vhodné vybavit regulátor i tzv. vnitřním omezovačem, který omezuje napětí na integračním členu." [7]

PI regulátor patří k nejpoužívanějším typům regulátorů v technice elektrických pohonů, například se používá pro regulaci otáček [6].

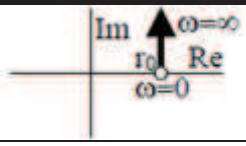
2.3.5 PD regulátor (Proporcionálně-derivační regulátor)

PD regulátor má akční veličinu úměrnou regulační odchylce a její derivaci. *"V počátku regulačního pochodu převládá vliv derivační složky, s narůstajícím časem převládá vliv proporcionální složky; regulátor pracuje s přechodným zvýšeným zesílením".* [8]



Obr. 10 Zapojení PD regulátoru [8]

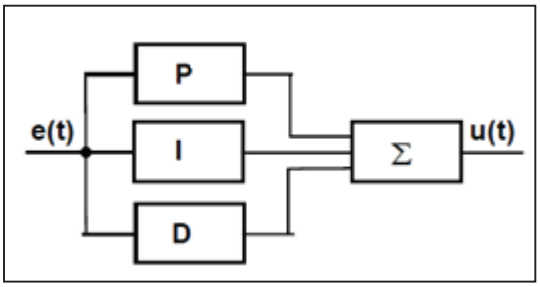
PD regulátor má vyšší stabilitu než P regulátor.

Rovnice	Přenos $G_R(s)$	Přechodová charakteristika	Frekvenční charakteristika
$\boldsymbol{u = r_0 e + r_1 e'}$	$r_0 + r_1 s$		

Tabulka 5 Charakteristika PD regulátoru

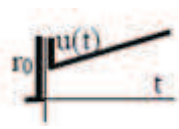
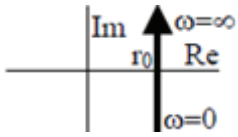
2.3.6 PID regulátor (Proporcionálně-integračně-derivační regulátor)

PID regulátor má akční veličinu úměrnou regulační odchylce, jejímu integrálu a její derivaci. Možné zapojení PID regulátoru je vyobrazeno na obr. 11.



Obr. 11 Zapojení PID regulátoru [1]

PID regulátor je vhodný všude tam, kde vyhovuje regulátor PI. Proti regulátoru PI je rychlejší, takže lépe tlumí rychlé překmity regulované veličiny.

Rovnice	Přenos $G_R(s)$	Přechodová charakteristika	Frekvenční charakteristika
$\boldsymbol{u = r_0 e + r_{-1} \int e\,dt + r_1 e'}$	$r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s$		

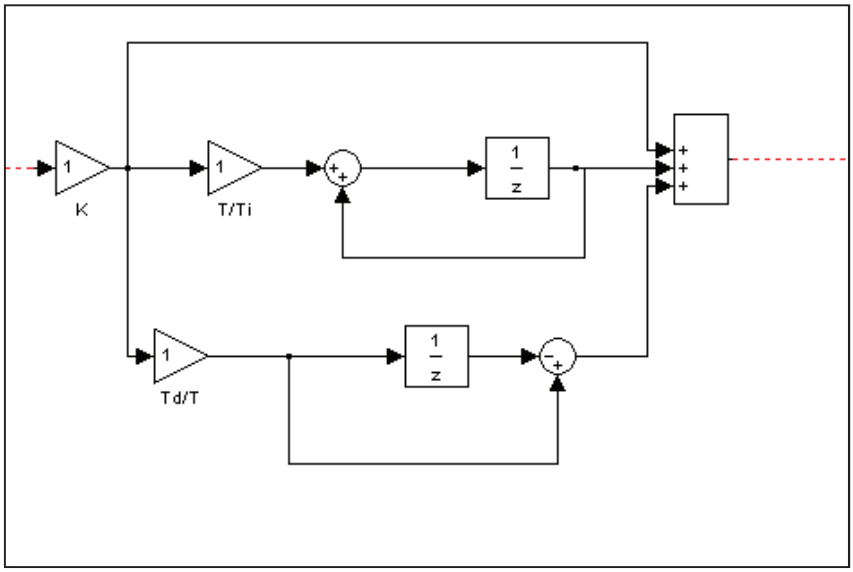
Tabulka 6 Charakteristika PID regulátoru [1]

Častěji než pomocí rovnice zobrazené v tabulce 6 se PID regulátor popisuje pomocí přenosové funkce (viz rovnice 2).

$$G_r\ (s) = r_0(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s) \tag{2}$$

2.3.7 Číslicové regulátory

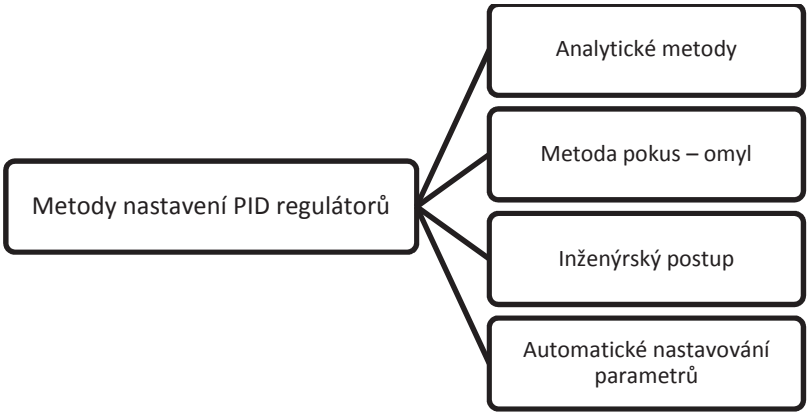
Číslicové PSD regulátory jsou analogií k PID regulátoru. Složka I je nahrazena sumací, složka D je nahrazena diferencí. Regulátor zjišťuje hodnotu akční veličiny jen v určitých okamžicích. Z počítače vystupuje opět posloupnost impulsů, které se také musí upravit na spojité. Integrace se nahrazuje pomocí dopředného obdélníkového nahrazení, zpětného obdélníkového nahrazení nebo lichoběžníkového nahrazení. Derivace se většinou nahrazuje zpětnou diferencí 1. řádu [1].



Obr. 12 Schéma polohového PSD regulátoru [9]

2.3.3 Metody nastavení PID regulátorů

Nastavení a seřízení PID regulátorů je poměrně složité. Cílem nastavení regulátoru je, aby regulační pochod netrval dlouho a brzy se ustálil a aby maximální překmit regulované veličiny nebyl příliš velký [1].



Graf 9 Metody nastavení PID regulátoru [10]

Analytické metody jsou poměrně složité a pro jejich použití je nutné vytvořit matematicko-fyzikální model nebo model vytvořený podle průběhu přechodových dějů. Návrh parametrů regulátorů PID je experimentální simulací na aproximovaném modelu. Tato metoda je velice náročná a její nasimulované výsledky jsou vždy horší než procesy. Výhodou je, že se velmi často objeví řada závad na vlastní technologii, čidlech, ve vedení signálu a u akčních prvků. *„Při uvádění do provozu se pak zpravidla nastaví na regulátoru upravené hodnoty parametrů, aby se systém s regulátorem nerozkmital. Postupně se zvyšuje vliv parametrů regulátoru a přitom se zjišťuje, jak se systém chová na různých výkonových hladinách či různém zatížení. Nastavení regulátorů je pak kompromisem mezi co nejrychlejší odezvou při změně žádané hodnoty a při vyregulování poruchy, velikostí překmitů, počtem překmitů, předepsanými technickými podmínkami pro dané zařízení atd.“* [10]

Metoda pokus-omyl je v současnosti nejpoužívanější metoda. Technik na základě znalostí a zkušeností nastavuje parametry regulátoru s uzavřenou smyčkou a zkoumá jejich přechodové charakteristiky. Tato metoda je vhodná pro pomalé systémy s dlouhou dobou odezvy [10].

Postup nastavování při použití metody pokus-omyl [11]:

1) Proporcionální složka je nastavena na maximum a integrační složka je nastavena na minimum, čímž se eliminují jejich vlivy.
2) V ručním režimu je nastavena P složka na nízkou hodnotu a poté je nutné přepnout na automatické nastavení.
3) Po malých krocích je zvyšováno zesílení, až je rychlost a kmitavost odpovídající našim požadavkům.
4) Poté je snižována regulační odchylka až na odpovídající hodnotu.
5) Zvyšováním derivační časové konstanty se zvýší rychlost a stabilita.

Inženýrský (heuristický) způsob nastavení kombinuje obě předchozí metody. Nejdříve je vytvořen zjednodušený model, podle kterého jsou nastaveny parametry PID regulátoru. Toto nastavení se pak dále ladí pomocí metody pokus-omyl. (Namísto zjednodušeného modelu můžeme uplatnit i Ziegler-Nicholsovo pravidlo, pokud to soustava dovoluje.) [10]

Automatické nastavování parametrů obsahuje téměř každý kompaktní regulátor. Toto nastavení je většinou prováděno metodou Zieglera a Nicholse, která je použitelné jen pro jednoduché systémy a parametry se velmi často musí ještě doladit [10].

Ziegler-Nicholsova metoda

Cílem této metody je, aby přechodová charakteristika procesu měla charakter písmene „S“, a tudíž nebyla ani kmitavá ani integrační. Výhodou této metody je její jednoduchost. Nevýhodou je, že se může použít jen na strukturálně stabilní a strukturálně nestabilní obvody a výsledkem není optimální nastavení.

Základní myšlenkou této metody je přivést obvod na hranici stability. Za kritické nastavení je považováno takové, při němž jsou integrační a derivační složka vyřazeny a změnou zesílení je obvod přiveden na hranici stability [1].

Postup při nastavování metodou Ziegler-Nichols [1]:

1) Eliminuje se integrační a derivační složka regulátoru.
2) Pomalu je zvyšováno zesílení regulátoru, až se dostane na netlumené kmity o konstantní amplitudě a konstantní periodě. Poté je odečteno zesílení (kritické zesílení r_{0k}) a je změřena doba kmitu (kritická perioda T_k).
3) Z kritického zesílení r_{0k} na hranici stability a z kritické doby kmitu T_k jsou určeny podle Tabulka 7 optimální parametry regulátoru, které je možné na skutečném regulátoru nastavit.

Regulátor	r_0	T_I	T_D
P	0,5 r_{0k}	—	—
PI	0,45 r_{0k}	0,83 T_k	—
PD	0,40 r_{0k}	—	0,05 T_k
PID	0,6 r_{0k}	0,5 T_k	0,12 T_k
I[9]	—	2 T_{ik}	—

Tabulka 7 Seřízení kritických hodnot regulátoru [1]

Cohen-Coonova metoda nastavení

Tato metoda vychází z tří-parametrového modelu regulované soustavy. Cohen-Coonova metoda je navržena tak, že dává poměr tlumení 1:4. To znamená, že u této metody u druhého kmitu bude odezva rovna čtvrtině první amplitudy. Tato metoda je vhodná pro systémy s malým dopravním zpožděním. [12,13]

Postup při nastavování metodou Cohena-Coona [13]:

1. Určení tří-parametrového modelu soustavy.
2. Zvolení typu regulátoru a jeho parametrů podle tabulky 8.

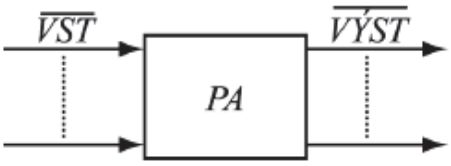
Regulátor	r_o	T_i	T_d
P	$\frac{1}{K}(0{,}35+\frac{1}{\Theta})$		
PI	$\frac{1}{K}(0{,}083+\frac{0{,}9}{\Theta})$	$\frac{3{,}3+0{,}31\Theta}{1+2{,}2\Theta}T_u$	
PD	$\frac{1}{K}(0{,}16+\frac{1{,}24}{\Theta})$		$\frac{0{,}27-0{,}88\Theta}{1+0{,}13\Theta}T_u$
PID	$\frac{1}{K}(0{,}25+\frac{1{,}35}{\Theta})$	$\frac{2{,}5+0{,}46\Theta}{1+0{,}61\Theta}T_u$	$\frac{0{,}37}{1+0{,}19\Theta}T_u$

Tabulka 8 Nastavení pomocí Cohen- Coonové metody [13]

Dalšími metodami jsou metoda násobného dominantního pólu, metoda minimální kvadratické regulační plochy, metoda optimálního modulu a symetrického optima, metoda Chiena, Hronese a Reswicka, Åström-Hägglundova metoda, metoda požadovaného modelu atd.

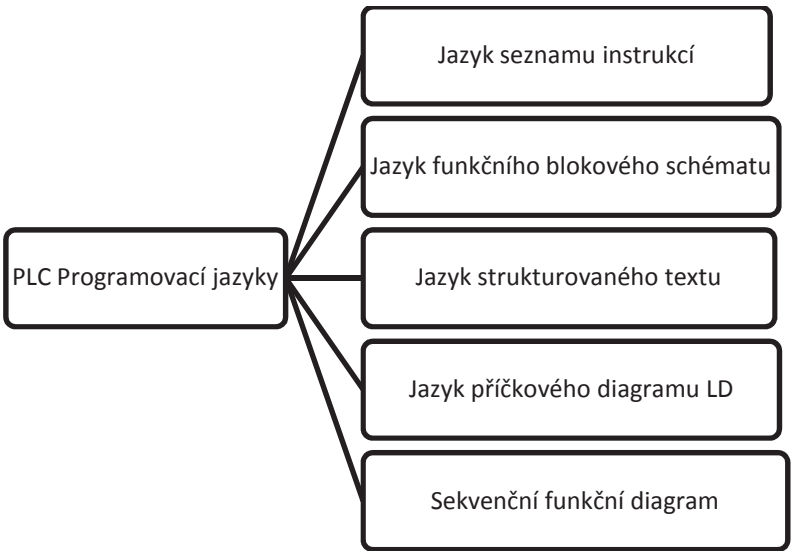
2.3.4 Programovatelné automaty

Programovatelné automaty (Programmable logic control - PLC) jsou programovatelné řídící systémy umožňující řízení průmyslových a technologických systémů a procesů. Dříve se tyto programy používaly pouze pro řešení logických systémů, ale v současnosti již dokážou pracovat i s analogovými a číslicovými údaji. Programovatelný automat se skládá z velkého počtu vstupů a výstupů, CPU a systémové a uživatelské paměti spojených přes sběrnici [1].



Obr. 13 Závislost výstupu na vstupu

Na obr. 13 je vidět závislost výstupu na vstupu, která je dána programem. Tento program je jednoduše měnitelný, proto se jedno PLC může použít na více aplikací.



Graf 10 PLC programovací jazyky [1]

Jazyk seznamu instrukcí (IL-Instracture list) je textový jazyk podobný assembleru [1].

Jazyk příčkového diagramu (LD-Ladder diagram) nebo také jazyk kontaktních reléových schémat je grafický jazyk, při kterém se používají reléové a kontaktní prvky [1].

Jazyk funkčního blokového schématu (FBD-Function Block Diagram) používá funkční bloky [1].

Jazyk strukturovaného textu (ST-Structured text) je podobný vyšším programovacím jazykům [1].

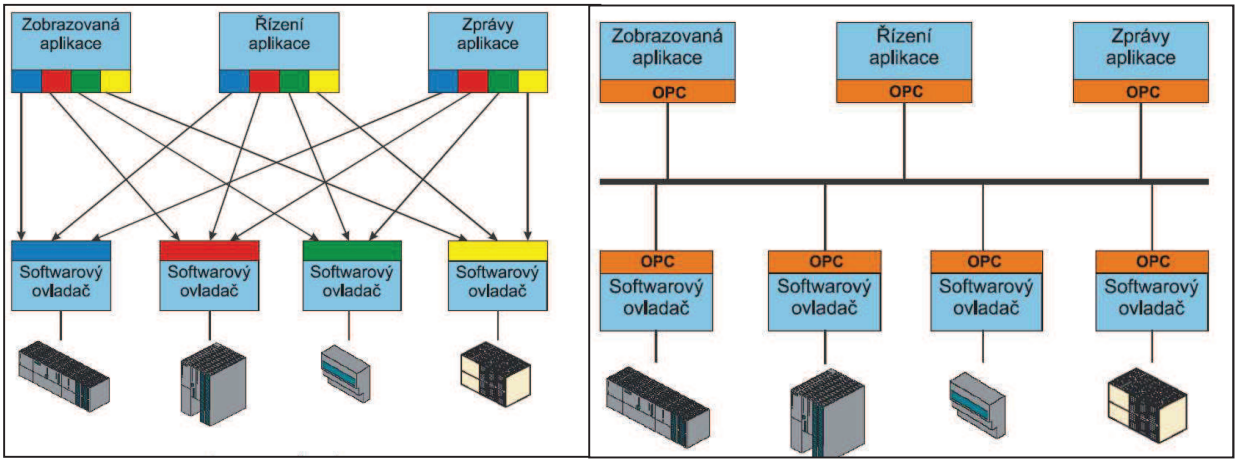
Jazyk sekvenčního funkčního diagramu (SFC-Sequential Function Chart) popisuje sekvenční chování řídícího programu. Je odvozen od Petriho sítí.

PLC jsou velmi důležité díky své spolehlivosti. Tyto automaty se používají v diagnostice, zabezpečovací technice, při optimalizování technického procesu.

2.4 OPC Server

OPC (Ole for Process Control) je standardizovaná specifikace rozhraní pro aplikace, které jsou zaměřeny na řízení a monitorování rychlých procesů. Tuto specifikaci definuje a upřesňuje nezisková organizace OPC Foundation, která sdružuje přední světové výrobce hardwaru a softwaru pro řídící techniku. Důvodem vzniku této organizace byla snaha sjednocení výměny dat mezi zařízeními používanými v řídící technice, včetně zařízení od různých výrobců [4].

Na obr. 14 je možné porovnat propojení zařízení pomocí OPC Serverů. OPC standard řeší problém velkého množství ovladačů při použití velkého množství různého zařízení (popřípadě i velkého množství stejného zařízení, ale od jiných firem). S použitím OPC může výrobce hardwaru vyvinout pro své zařízení efektivní server komunikující se zdrojem dat, který je použitelný pro všechny klienty [4].



Obr. 14 Přístup k zařízení za použití OPC serveru a ovladačů [6]

„Standard OPC je vytvářen a udržován prostřednictvím tzv. specifikací OPC. Specifikace OPC je volně přístupná technická dokumentace stanovující pravidla, kterými se řídí chování a konfigurace standardního rozhraní OPC“. [5] Nejčastěji používanými specifikacemi jsou OPC Alarms and Events, OPC Historical Data Access a OPC Data Access a OPC XML DA.

Nezbytnou složkou pro komunikaci podle OPC je vrstva COM nebo DCOM, která je v současnosti součástí téměř všech operačních systémů Windows [4].

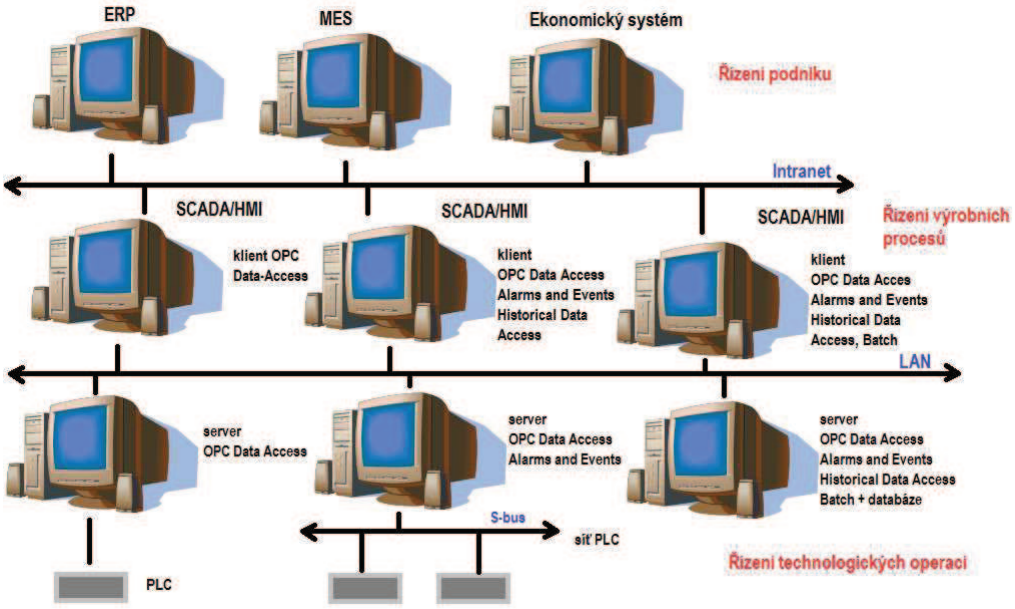
2.4.1 OPC architektura

OPC používá architekturu založenou na vztahu server/klient. OPC specifikace definuje pouze způsob komunikace mezi serverem a klientem, ale nedefinuje jeho implementaci. Proto se může architektura u různých výrobců lišit [4,5].

OPC klient využívá objektů serveru a může získávat data z různých zařízení nezávisle na výrobci zařízení a způsobu jeho komunikace s počítačem. Jeden klient se může připojit na libovolný počet serverů různých výrobců a tak získat najednou přístup k několika různým

zařízením. Stejně tak se k jednomu serveru může připojit několik klientů od různých výrobců najednou [4,5].

Typická architektura průmyslového informačního systému je vyobrazena na obr. 15.



Obr. 15 Architektura OPC klient/OPC server [5]

Tato architektura se skládá ze 3 úrovní [5]:

- Řízení technologických operací – obsahuje: komunikační popř. řídící počítače připojené k řídícím jednotkám (PA, PLC) a podnikové síti (LAN) a komunikační (datový) server, který může uchovávat data v databázi.
- Řízení výrobních procesů – obsahuje klientské počítače s vizualizačními a monitorovacími programy.
- Řízení podniku (není vždy součástí) obsahuje nadřazené informační procesy typu Manufacturing Execution Systems, Enterprise Resources Planning atd.

2.4.2 Výhody OPC

Cílem vytvoření standardů OPC bylo umožnit klientským aplikačním programům stálý přístup k datům v technologických provozech.

Výhody použití OPC [5]:

- Pouze jeden SW komponent pro všechny zákazníky.
- Zákazník si může vybrat dodavatele různých zařízení a součástí a různě je kombinovat.
- Není potřeba nové ovladače při změnách vlastností hardwaru.
- OPC rozhraní je součástí většiny nových programových produktů pro sledování a řízení technologických procesů strojů, zařízení, modulů programovatelných automatů a jiných systémů. Toto rozhraní je většinou již zahrnuto v ceně systému.

2.5 Software pro automatizaci

Software pro automatizaci se používá pro řízení a vizualizaci systému. Dříve byly tyto systémy jen složitě nastavitelné. Software vyvinutý pro řízení a vizualizaci napomáhá při nastavování veličin. Tyto programy informují uživatele o měření, o probíhajícím procesu a dovolují uživateli pomocí akčních prvků ovlivňovat průběh procesu. Tyto programy fungují na počítači nebo operátorských panelech. Samotné řízení a regulace z důvodu větší spolehlivosti probíhá na zařízeních jako je PLC, mikrokontrolér nebo průmyslový počítač.

V současnosti je softwarů pro automatizaci velký počet a téměř každá firma poskytující regulátory má i svoje vývojové prostředí. Problémem těchto prostředí je, že většinou nejsou kompatibilní se zařízeními od jiných firem. Jako příklad můžeme uvést firmu Rockwell Automation vyrábějící programovatelné automaty a její software FactoryTalk. Dalším příkladem je firma Siemens a její software Simatic WinCC.

Když mluvíme o vizualizaci, velmi často se setkáme se zkratkou SCADA/HMI. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) je systém dispečerského řízení a sběru dat, která je ještě doplňována dodatkem HMI (Human-Machine Interface), což je rozhraní mezi člověkem a strojem. SCADA/HMI může být zastoupena ve formě operátorských panelů nebo vizualizačního a dispečerského softwaru. Tato kapitola, jak je uvedeno v názvu, se zaměří na software.

Software pro automatizaci se nejčastěji dělí na vizualizační, měřící a řídící. Vizualizační programy slouží pouze k vizualizaci procesu, technologie. Technologie či proces není nijak závislý na vizualizaci a i po jejím vypnutí pokračuje dál. Měřící programy slouží k naměření dat a k jejich zpracování. Většinou jsou účelové a jsou zaměřené jen na jedno použití. Řídící programy provádí vlastní výpočty a regulaci. Při vypnutí tohoto softwaru přestává být technologie řízena, proto je zde kladen větší důraz na spolehlivost zařízení.

Vizualizační systémy jsou obvykle dodávány ve dvou verzích. Ve vývojové verzi, kde je možné vytvořit danou aplikaci a tu uložit do runtime verze. V runtime verzi není možné měnit či upravovat zdrojový kód, či jinak vizualizaci měnit.

2.5.1 Controlweb

Controlweb (CW) je software vyvinutý firmou Moravské přístroje a.s.. Controlweb dokáže vizualizovat a řídit procesy v reálném čase a tím je možné i přímé řízení strojů a technologií. Dále je v něm možné provádět i různé simulace [17].

Control Web je systém nezávislý na hardware, což znamená, že může jednoduše komunikovat s jakýmkoli zařízením například přes OPC server. CW podporuje množství otevřených protokolů a standardů [17].

Tento program je určen pro trvalý spolehlivý provoz 24 hodin, 7 dní v týdnu.

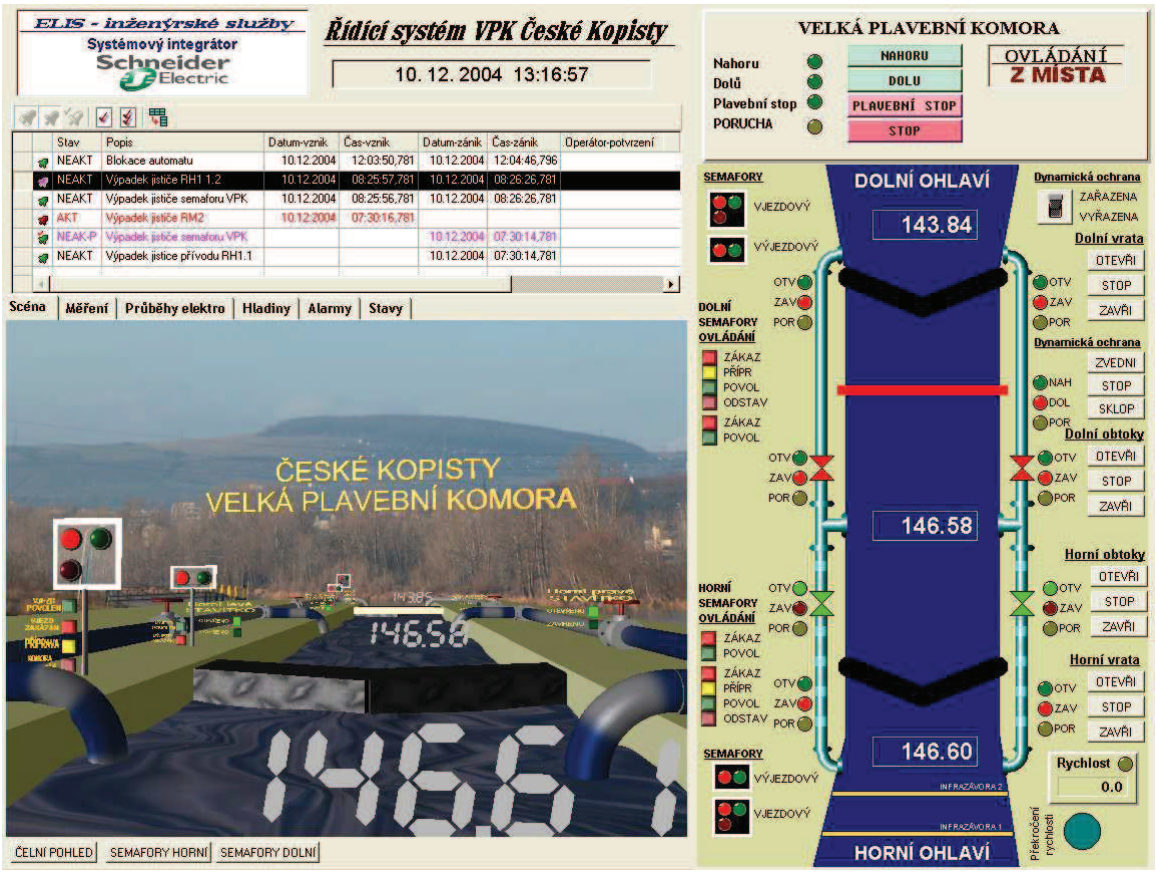
CW nemá žádná omezení týkající se počtu komunikujících kanálů, počtu panelů, přístrojů v panelech, připojených PLC a jiných ovladačů apod. Je omezen pouze kapacitou paměti, rychlostí procesoru, propustností komunikačních linek apod.

Controlweb používá tzv. virtuální přístroje, které pracují s datovými elementy. Virtuálním přístrojem jej nazýváme proto, že svými projevy a činností připomíná klasický přístroj ve své fyzické podobě [17].

Aplikace je možné vytvářet ve dvou jazycích - grafickém a textovém.

Přístroje mohou být 2D nebo 3D a podle svých vlastností jsou rozděleny do skupin pro lepší orientovatelnost v programu. Základními skupinami jsou systémové přístroje, časovače, ploché přístroje, prostorové přístroje, výkonné přístroje a kamerové přístroje. Ukázku vizualizace v ControlWebu je možná vidět na obr. 16Obr. 16 [17].

Nejnovější verze je Controlweb 6.



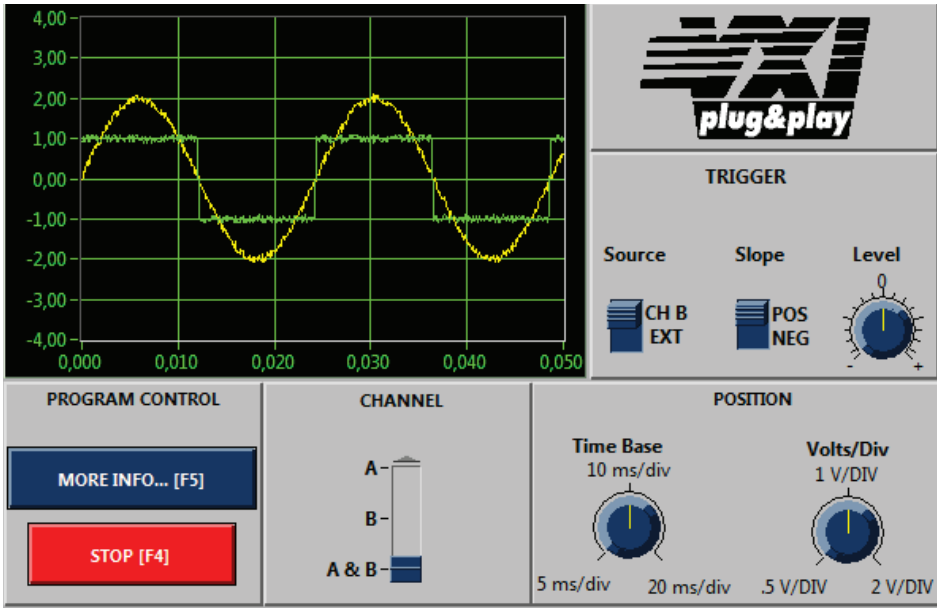
Obr. 16 CotrolWeb- Elektrárna Tři chaloupky [17]

2.5.2 Labview

Labview (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) je software vyvinutý firmou National Instruments v roce 1986. Toto prostředí je vyvinuté pro potřeby měření a kontroly a automatizace procesu. Aplikace v něm vytvořené jsou zaměřeny především na zajištění řízení celého procesu – sběr, analýzu a prezentaci dat [18].

Hlavní myšlenka při práci v Labview vychází z toho, že technik vytvoří blokové schéma, které předá programátorovi, který ho převede do syntaxí daného programovacího jazyka. K programování se používá grafický jazyk označovaný písmenem G. Program obsahuje velké množství knihoven a je kompatibilní s většinou zařízení [18].

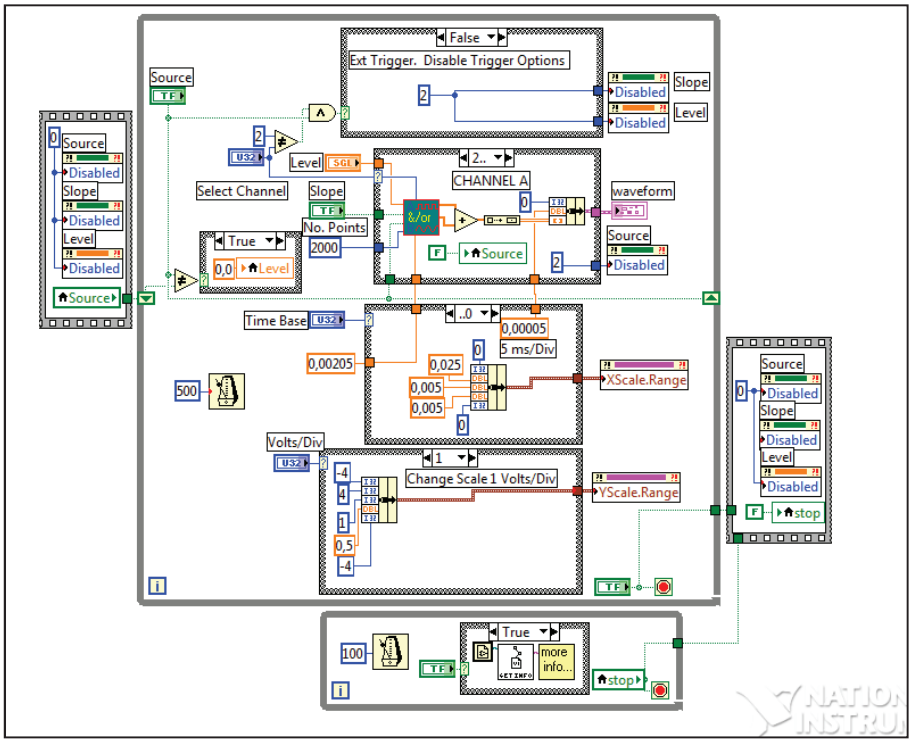
Labview je složeno ze dvou panelů - předního panelu (viz obr. 17) a blokového diagramu. Přední panel slouží jako uživatelské rozhraní, kde jsou zobrazeny zobrazovací a ovládací přístroje. Přední panel obsahuje přepínače rozsahu čidel, ručkové nebo digitální indikátory, grafy.



Obr. 17 Labview přední panel [18]

V blokovém diagramu se tvoří program pomocí různého propojení bloků. Každý virtuální přístroj má své blokové schéma [18].

Labview existuje ve třech variantách, ale je možné dokoupit i mnoho jejich rozšíření. Nejnovější verze tohoto programu je Labview 11 [18].



Obr. 18 Labview blokový diagram [18]

2.5.3 DEWESoft

DEWESoft je software vyvinutý německou firmou DEWETRON Ges.m.b.H a specializuje se na měřicí techniky. Tento program umožňuje synchronně poskládat data z mnoha různých zdrojů do jednoho záznamu, dále pak umožňuje ukládání a export dat s následnou analýzou a tiskem protokolu.

Program obsahuje následující části: konfiguraci celého systému, různé typy zobrazení naměřených dat, jejich ukládání, analýzu a export. Tento systém je poměrně jednoduše programovatelný a také pracuje s grafickým prostředím. Tento software se nejčastěji používá v automobilovém průmyslu, což je možné vidět i na obr. 19 [19].

Maximální počet kanálů se kterými dokáže pracovat je 255.

Jeho nejnovější verze je DEWESoft 7 [19].



Obr. 19 DewSoft - údaje o silničním zatížení [19]

2.5.4 Další software pro automatizaci

PROMOTIC

PROMOTIC je software vyrobený firmou Microsys. PROMOTIC je komplexní SCADA objektový softwarový nástroj pro tvorbu aplikací. Slouží k vizualizaci, řízení, monitorování a sběru dat z technologických procesů v nejrůznějších oblastech průmyslu.

Nejnovější verze je Promotic 8 [3].

Citec Vijeo

Citec Vijeo je software od firmy Schneider electronic. Tento systém podporuje plánovací systém a má integrovaný kamerový systém Pelco. Jeho nejnovější verzí je Vijeo Citect 7 [22].

InTouch

Tento software vyrobila firma Wonderware. Jeho aplikace jsou určeny pro řízení procesů, sledování výroby, sbírání procesních dat, řízení dávkových procesů a poskytování dat do sítě Internet [21].

TIRSNet

Tento software je vyroben českou firmou Coral a používá se pro vytváření a provoz aplikací pro monitorování a řízení libovolné připojené technologie [26].

Dalšími softwary jsou:

- Reliance od firmy Teco
- FlukeView Forms od firmy Fluke
- TestPoint od firmy IPP measure spol. s r.o
- Versiondog od firmy AUVESY GmbH & Co. KG

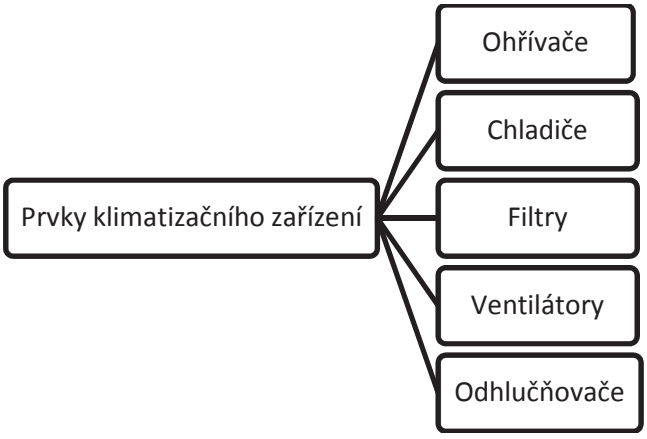
2.6 Automatizace techniky prostředí

Technika prostředí je velmi široký vědní obor zahrnující klimatizace a větrání, vytápění, hluk a akustiku prostředí, osvětlení a další související obory. Tato část bude zaměřena na klimatizace a klimatizační zařízení.

Klimatizace je zařízení na dopravu a úpravu vzduchu. Toto zařízení vzduch čistí, ohřívá, chladí, vlhčí a dopravuje. V běžném životě je nejčastěji možné se setkat s klimatizací komfortní zajištující tepelnou pohodu. V technické praxi je nejobvyklejší klimatizace průmyslová zajišťující podmínky pro danou výrobní technologii [16].

2.6.1 Akční členy klimatizačních zařízení

Klimatizační zařízení se skládá z několika prvků a jejich zařazení ovlivňuje její konečný stav vzduchu.



Graf 11 Prvky klimatizačního zařízení [16]

Ohřívače

Ohřívače jsou tepelné výměníky, které mají za úkol oteplení výsledného vzduchu. Zde může docházet i ke změně skupenství. Velmi často se jako ohřívače používají kondenzátory [16].

Ohřívače mohou být vodní, parní, elektrické, plynové nebo také ve formě kondenzátorové jednotky v chladivovém systému. U vodních a parních výměníků může docházet k namrzání, proto je nutné použít protimrazovou ochranu [15].

Chladiče

Chladiče jsou také tepelné výměníky, ale jejich úkolem je ochlazení vycházejícího vzduchu. Tento výměník se velmi často vyskytuje ve formě výparníků [16].

Zařízení, kterými se nejčastěji vzduch chladí, jsou vodní chladiče, u kterých je teplonosnou látkou voda nebo nemrznoucí směs ze zdroje chladu, a chladivové systémy ve formě přímých výparníků [15].

Zvlhčovače vzduchu

Zvlhčovače vzduchu se používají na ovlivnění vlhkosti vzduchu. Zvlhčování vzduchu probíhá vodou nebo parou, kterou sytíme vzduch [15].

Zařízení používané pro zvlhčování jsou vodní pračky nebo rozprašovače vody. Vodní pračky mohou být sprchové, blánové, bubnové, bublinové. Rozprašování se děje na principu pneumatickém, mechanickém nebo ultrazvukovém [16].

Filtry

Filtry se používají na odstranění nečistot jak u přiváděného, ale také často i u odváděného vzduchu. Filtry se liší účinností filtrace, tlakovou ztrátou a provedením. Pro běžné větrání se používají prachové filtry, při nutnosti vyšší filtrace se používají aerosolové filtry [16].

Ventilátory

Ventilátor je rotační stroj s lopatkovým kolem nebo vrtulí pro dopravu a stlačování plynů a par. U klimatizací mají za úkol dopravu vzduchu potrubím do klimatizovaného prostoru s určitou danou výstupní rychlostí. To znamená, že dodávají vzduchu pohybovou energii [16].

Ventilátory můžeme dělit podle průtoku vzduchu oběžným kolem na radiální, axiální a diagonální ventilátory [16].

Dále je můžeme dělit podle dopravního tlaku na nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké. Tlaky vyšší jak 10kPa jsou dopravovány kompresory [16].

2.6.2 Základní terminologie, vzorce a děje spojené s technikou prostředí

Název veličiny		Jednotka	Popis	Vzorec pro výpočet
Absolutní vlhkost vzduchu	ρ_V	kg/m^3	Hmotnost vodní páry v objemu 1 m^3	
Relativní vlhkost	ϕ	%	Udává míru nasycení vzduchu	$\phi = \frac{\rho_v''}{\rho_v}$
Měrná vlhkost vzduchu	x	kg/kg_A	Udává poměr hmotnosti vodní páry a suchého vzduchu	$X = \frac{M_v}{M_a} = 0{,}622\frac{p_v}{p_a}$
Teplota rosného bodu	t_{DP}	°C	Teplota při které je vzduch nasycen	
Teplota mokrého teploměru	t_m	°C	Mezní teplota adiabatického chlazení	
Hustota vlhkého vzduchu	ρ	kg/m^3		$\rho = \rho_V + \rho_A$

Tabulka 9 Termomechanické terminologie související se vzduchotechnikou [15]

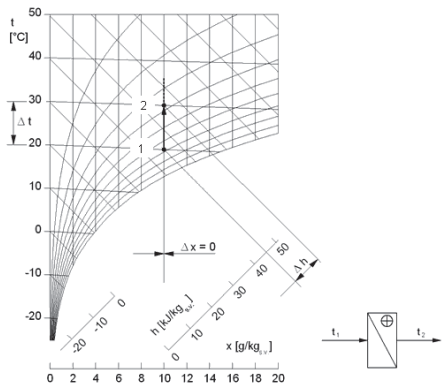
V klimatizacích dochází k několika termodynamickým dějům, které se nejlépe dají zobrazit na Molliérově diagramu vlhkého vzduchu, viz příloha 1. Tento diagram znázorňuje změny stavu vzduchu při izobarických dějích [15].

Úpravy vzduchu probíhající v klimatizacích jsou ohřev a chlazení, vlhčení a odvlhčování, mísení.

Ohřev

Při ohřívání je měrná vlhkost konstantní, což je zobrazeno na Molierově diagramu v grafu 12. Pro jeho výpočet se velmi často používá následující vzorec [15]:

$$Q_{oh} = \dot{M}\,\Delta h = \dot{V}\,\rho\,\Delta h \tag{3}$$

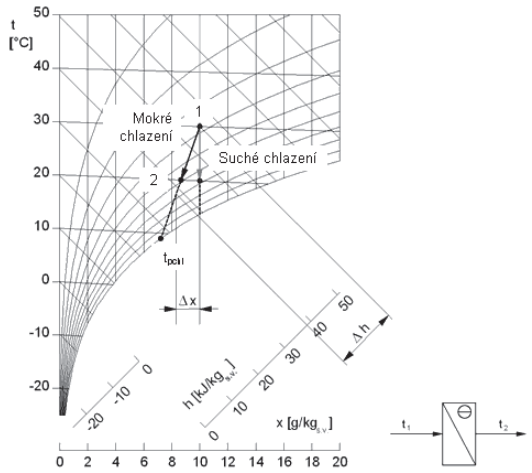


Graf 12 Zobrazení ohřevu v Moliérově diagramu [15]

Chlazení vzduchu

Chlazení vzduchu je mokré nebo suché podle toho, jestli zde dochází ke kondenzaci.

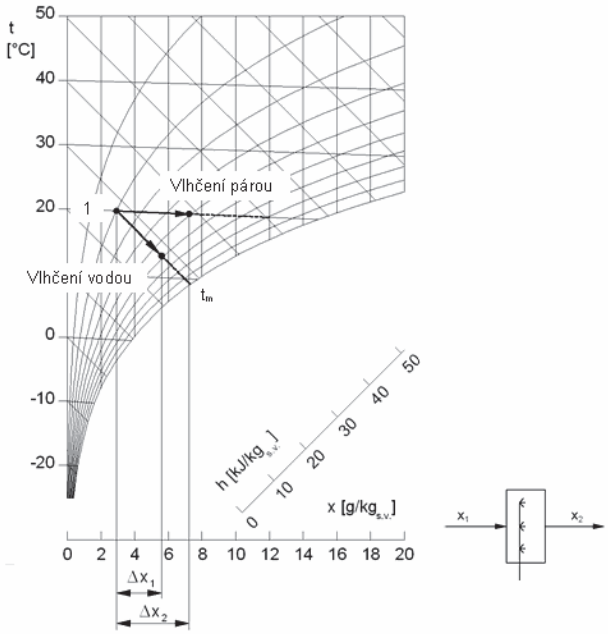
Suché chlazení je, když povrchová teplota výměníku je vyšší než teplota rosného bodu upravovaného vzduchu. U mokrého chlazení dochází ke kondenzaci vodní páry obsažené v upravovaném vzduchu. Toto nastává, pokud je povrchová teplota výměníku nižší než teplota rosného bodu upraveného vzduchu [15].



Graf 13 Chlazení v Molliérově diagramu [15]

Vlhčení vzduchu

Vlhčení může probíhat vodou nebo párou. Změna stavu vzduchu při vlhčení párou probíhá přibližně za konstantní teploty. Vlhčením vodou o dané teplotě probíhá změna stavu vzduchu za konstantní entalpie [15].



Graf 14 Vlhčení vzduchu v Molliérově diagramu [15]

Odvlhčování

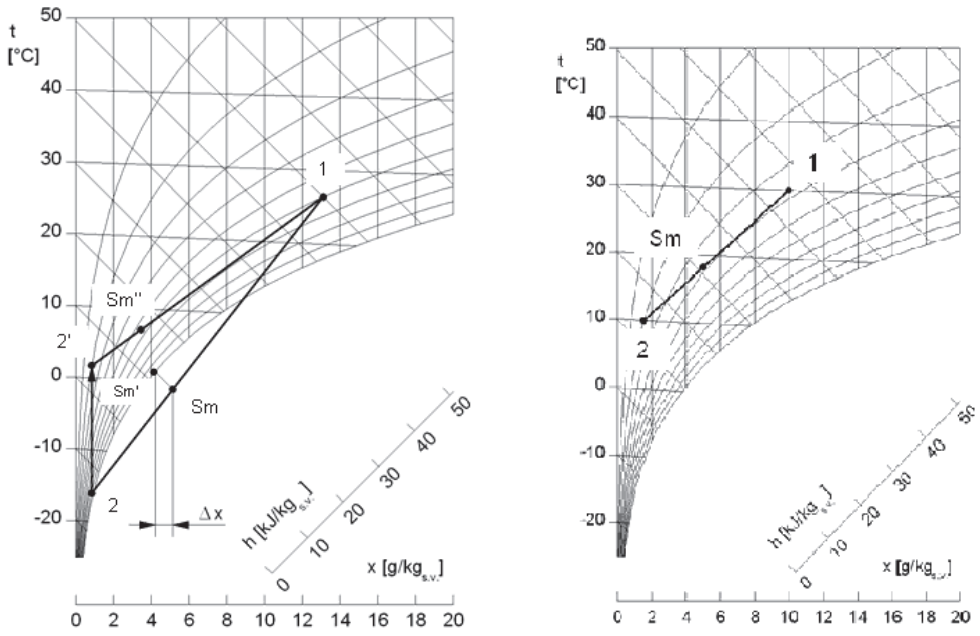
Odvlhčování lze provádět několika způsoby. Jednou možností je za pomoci chladiče a ohřívače, kdy dochází k mokrému chlazení a následnému ohřevu. U chladících okruhů je chladičem výparník a ohřívačem kondenzátor. Druhou možností je absorpční chlazení, které je uskutečňováno chemickou nebo mechanickou absorpcí [15].

Mísení dvou a více různých stavů vzduchu

V praxi se velmi často setkáme i s mísením více stavů vzduchů. Problém u takového mísení je možnost vzniku mlhy, což znamená, že konečný stav leží pod křivkou nasycení v Molliérově diagramu. Proto je lepší tuto mlhu předehřát. Obě tyto možnosti jsou zobrazeny v grafu 15. Pro výpočet konečného stavu se používají vztahy 4 a 5 [15].

$$t_{sm} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^{n} M_i} \tag{4}$$

$$x_{sm} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^{n} M_i} \tag{5}$$



Graf 15 Míšení vzduchu v Molliérově diagramu [15]

3 MĚŘENÍ

Definic popisujících měření je velký počet. Nejčastějšími jsou:

- Měření je soubor činností, jejichž cílem je stanovit hodnotu měřené fyzikální veličiny.
- Měření je určení hodnoty měřené veličiny ve zvolených jednotkách.
- Měření je souhrn experimentálních operací sloužících k určení hodnoty měřené veličiny.
- Měření je určení kvantitativního výroku o jistém kvalitativním znaku sledovaného objektu.

3.1 Metody měření

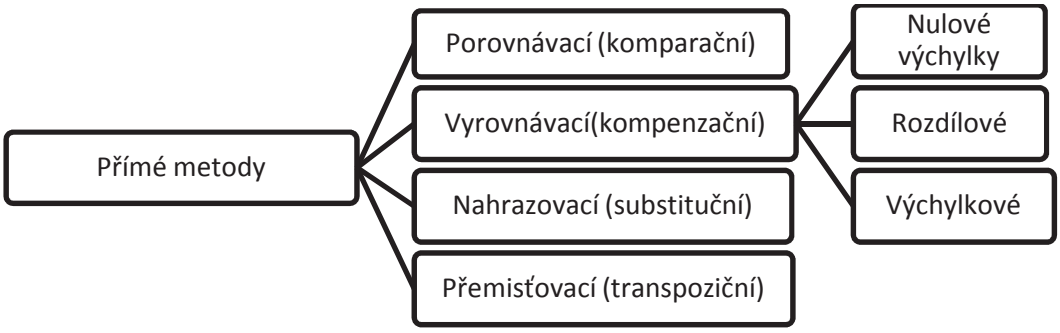
„Metoda měření je logický sled po sobě následujících genericky posloupně popsaných činností, které jsou používány při měření.'' [27]

Nejčastější rozdělení měřících metod je na dotykové a bezdotykové. Kontaktní měřící prostředky jsou spojeny s měřeným předmětem a mají lepší přesnost.

Podle principu, na kterém pracují, můžeme rozdělit metody měření na mechanické, optické, elektrické atd.

Podle korespondence se základní definicí se rozdělují metody měření na definiční a odvozené. Definiční metody korespondují se základní definicí veličiny. Odvozené metody jsou odvozeny na jiných principech a základech než základní definice veličiny.

Metody je dále možné rozdělit na přímé a nepřímé. Přímé metody jsou měřeny pomocí stejné veličiny. Nepřímé metody měříme zprostředkovaně přes jiné veličiny a jejich hodnota se následně dopočte.



Graf 16 Přímé metody

Porovnávací metody se používají pro přímé porovnání veličin stejného druhu. Vyrovnávací metody jsou metody, při kterých je účinek jedné veličiny vyvážen veličinou stejného druhu. Vyvážení může být na nulu, kompenzováno na určitou část a zbytek je doměřen nebo převážná část není dorovnána a je doměřena citlivým měřidlem [27].

U nahrazovacích metod je účinek veličiny nahrazen jinými známými hodnotami téže veličiny [27].

Přemisťovací metody jsou metody, při kterých se postupně přemisťuje měřená veličina po známé hodnotě téže veličiny [27].

3.2 Chyby měření

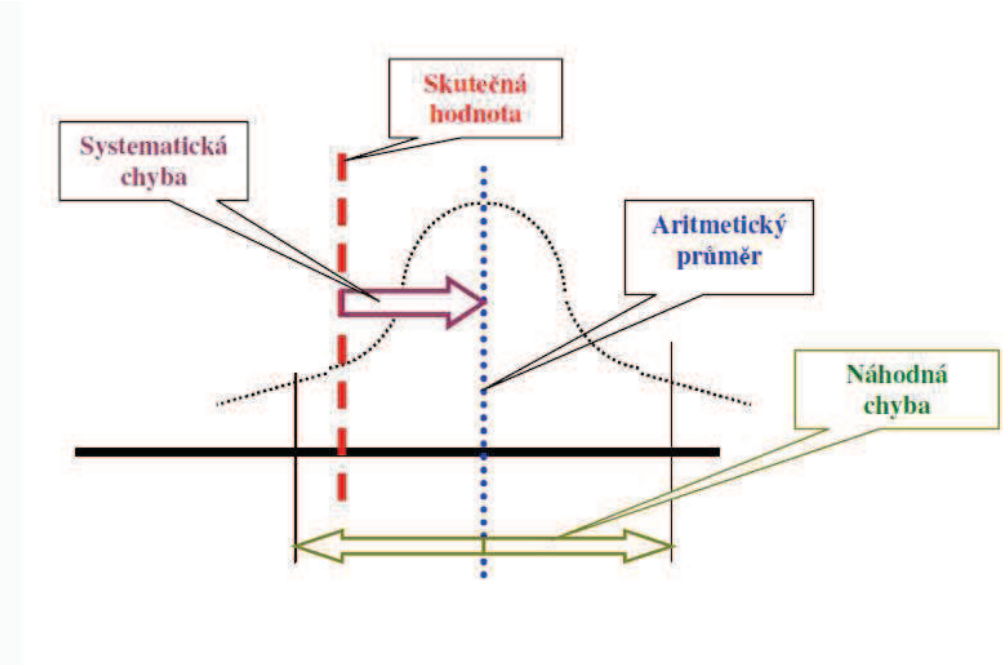
Chyby měření jsou způsobeny chybami přístroje, instalace, metod, pozorování, vyhodnocení anebo vlivem prostředí.

Chyby rozdělujeme podle působnosti na výsledek na systematické, náhodné a hrubé chyby.

Systematické chyby jsou ty, které se při stejných podmínkách měření nemění. Tyto chyby nejsou odhalitelné na základě opakovaného měření. Lze je určit a zmenšit vhodnou kompenzací, odstraněním příčin, uplatněním příslušných korekcí, ale jejich zjišťování je nákladné [27].

Náhodné chyby jsou těžce předvídatelné a není možné je vyloučit. Pro jejich zjištění se používá opakovaného měření a statistických metod odpovídajících pravděpodobnostnímu modelu [30].

Hrubé chyby jsou nevyzpytatelné a mohou znehodnotit veškeré měření, proto se vylučují naměřené hodnoty, které se výrazně liší od ostatních [30].



Obr. 20 Rozložení chyb [27]

3.2.1 Výpočet chyby

Výpočet chyby je velmi důležitý pro určení správného výsledku.

Chyba	Výpočet chyby
Absolutní chyba	$\Delta(x) = x_m - x_s$
Relativní chyba	$\delta(x) = \frac{\Delta(x)}{x_s} = \frac{x_m - x_s}{x_s}$
Systematická chyba	$e = \overline{x} - x_s$
Výsledná chyba	$\Delta(x) = \lvert e \rvert + \lvert \varepsilon \rvert$
Maximální hodnota výsledné chyby	$\Delta_{max} = (\overline{x} - x_s) + 2s$

Tabulka 10 Výpočet chyb [27]

3.2.2 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka udává hodnotu, jak jsou výsledky měření (náhodné chyby) rozptýlené.

Směrodatná odchylka	Výpočet směrodatné odchylky
Základní souboru	$\sigma(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{\Delta^2(x_i)}{N}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{\Delta^2(x_i - \bar{x})^2}{N}}$
Výběrového souboru	$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta^2(x_i)}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
Aritmetického průměru	$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$

Tabulka 11 Výpočet směrodatné odchylky [30]

3.3 Měřicí přístroje

„Měřicí přístroj je zařízení ke zjišťování hodnot naměřené veličiny.“ [27]

„Etanoly *jsou ztělesněná míra, měřicí přístroj, měřidlo, referenční materiál nebo měřicí systém, které jsou určeny k definování, realizování, uchovávání nebo reprodukování jednotky nebo jedné či více hodnot veličiny k použití pro referenční účely. “* [27]

Rozdělení měřicích zařízení můžete vidět na obr. 21.

Etalon (měřicí zařízení)	Odpovědnost	Úkoly	Základ pro kalibrace nebo měření	Dokumentace kalibrace nebo měření
Státní etalon	Národní metrologický institut	Uchovávání a šíření národních etalonů	Zákonná povinnost realizovat jednotky SI a zajišťovat mezinár. porov.	Kalibrace a certifikace referenčních etalonů
Referenční etalon	Akreditované kalibrační laboratoře	Zajišťovat metrologickou infrastrukturu v zemi	Kalibrační listy z NMI nebo jiných akreditovaných kalibr. laboratoří	Kalibrační listy pro pracovní nebo podnikové etalony
Pracovní etalon Podnikový etalon	Vnitropod-nikové kalibrační útvary	Dohled nad zkušebním zařiz. určeným pro vl. použití	Kalibrační listy z NMI nebo jiných akreditovaných laboratoří	Podnikové kalibrační listy, kalibr. značky pro zkuš.zařízení
Měřicí zařízení	Všechny útvary podniku	Měření a zkouš. jako část zabezpečení jakosti měr	Podnikové kalibr. listy, kalibrační značky atd.	Zkušební značky atd.

Obr. 21 Hierarchie měřicích zařízení [27]

3.3.1 Statické vlastnosti

Základem statických vlastností je statická charakteristika, která určuje závislost mezi vstupní a výstupní veličinou systému za ustáleného stavu. Dynamické vlastnosti se určují naopak při neustáleném stavu [30].

Statickými vlastnostmi měřidla jsou statická charakteristika, přesnost, citlivost, spolehlivost, životnost, rozlišovací schopnost, práh pohyblivosti a práh necitlivosti.

Přesnost

"Přesnost je schopností přístroje indikovat výsledky měření v pásmu přípustných chyb a v mnoha případech je definována třídou přesnosti, což je maximální přípustná chyba v celém měřícím rozsahu. Výsledek je zaokrouhlen na nejbližší vyšší číslo z doporučené číselné řady ''. [27]

Třídu přesnosti lze dopočítat podle rovnice 6.

$$T_p = \frac{\Delta max}{M} 100 \tag{6}$$

Velmi často se přesnost definuje pomocí dvousložkové chyby [27]:

$$\Delta(x)_{dov} = A + Bx \tag{7}$$

Citlivost

„Citlivost je schopnost přístroje reagovat svým výstupem na změnu vstupní veličiny". [27]

$$C = \lim_{x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} = y' \tag{8}$$

Spolehlivost

Spolehlivost je schopnost přístroje za stanovených podmínek udávat (indikovat) hodnotu měřené veličiny v mezích požadované přesnosti [27].

Parametry spolehlivosti jsou pravděpodobnost bezporuchového chodu (R(t)) (viz rovnice 9) a pravděpodobnost poruchy (F(f)) (viz rovnice 10). Součet těchto veličin je vždy jedna [27].

$$R_{(t)} = e^{-\lambda t} \tag{9}$$

$$F_{(t)} = 1 - e^{-\lambda t} \tag{10}$$

Životnost

Životnost je schopnost plnit požadované funkce do dosažení mezního stavu. Dobu životnosti vypočteme dle vztahu [30]:

$$\mathrm{t_z} = \frac{\ln(\mathrm{R_{min}})}{-\lambda} \tag{11}$$

3.3.2 Přístroje na měření teploty

Přístroje na měření teploty (teploměry) můžeme rozdělit do skupin podle fyzikálního principu na dilatační, elektrické, speciální a optické [27].

Dilatační teploměry

Teploměry dilatační využívají principu roztažnosti materiálu.

Zástupci těchto teploměrů jsou teploměry stonkové, tyčinkové a škálové, které využívají roztažnosti kapalin při různých teplotách. Teploměry tlakové, plynové a parní využívají změnu tlaku způsobenou změnou teploty. Tento tlak je měřen deformačními manometry. Parní teploměry jsou z části vyplněny lehce odpařitelnou látkou a jsou přesnější než tlakové. Plynové teploměry jsou naplněny inertním plynem a používají se pro teploty blízké absolutní nule nebo pokud je požadována vysoká přesnost. Délkové roztažnosti využívají teploměry kovové, bimetalové nebo tyčové. [27,30]

Elektrické teploměry

Elektrické teploměry mohou být odporové nebo termočlánky.

Odporové teploměry využívají změny odporu při různých teplotách. Mohou být vyrobeny z kovu nebo polovodiče.

Kovové teploměry vyžívají závislosti odporu na teplotě. Nejtypičtějším teploměrem z této skupiny je Pt100. Toto měřidlo je založeno na principu platinové cívky navinuté na vhodný materiál - sklo nebo keramiku. Další materiály používané pro výrobu odporových snímačů jsou nikl, měď, zlato, stříbro, palladium, indium a různé slitiny kovu [30].

Polovodičové teploměry dělíme na negastory, pozistory a monokrystalické odporové senzory. Termistory mohou být destičkové, tyčinkové nebo perličkové [27].

Termoelektrické teploměry (termočlánky) jsou elektrické teploměry využívající vznik termoelektrického napětí vlivem teploty. Tyto přístroje využívají Seebekův jev, který říká, že pokud spojíme vodivě dráty dvou různých kovů do uzavřeného obvodu a oba spoje umístíme do prostředí o rozdílných teplotách, pak citlivý milivoltmetr v obvodu zaznamená výchylku. Tyto teploměry mohou mít miniaturní velikost. [27,30]

Optické teploměry

Teploměry optické (pyrometry) jsou bezdotyková měřící zařízení a můžeme je rozdělit na radiační, jasové, barvové a pásmové.

Radiační teploměry využívají Stefan-Boltzmanův zákon. Z měřeného tělesa je optickou soustavou vysílané záření soustředěno do ohniska objektivu eventuelně zrcadla, kde dopadá na termočlánek nebo bolometr. Tato měřená teplota se pomocí emisního součinitele přepočte na teplotu skutečnou. Na stejném principu fungují i pásmové pyrometry, ale jejich rozsah vlnových délek je omezen [27,30].

Jasové teploměry využívají měření množství tepelné energie vyzářené v úzkém pásmu vlnových délek. Tyto teploměry srovnávají jas měřeného objektu s jasem porovnávajícího pyrometru [27].

Barvové (distribuční) pyrometry používají stejného principu jako jasové, ale jsou vylepšeny na fungování při různé emisivitě. Příkladem barvových a jasových pyrometrů jsou infračervené pyrometry a infračervené termočlánky [27].

Speciální teploměry

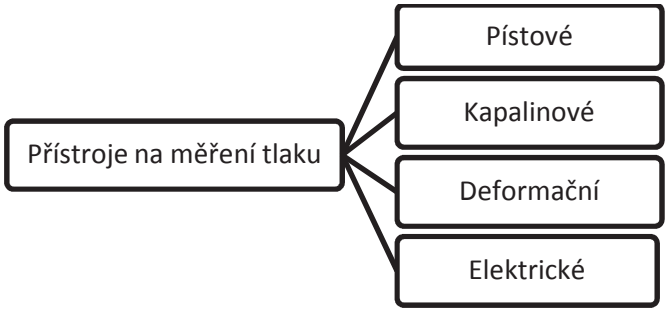
Speciálními teploměry jsou termovize, krystalový teploměr, akustický teploměr, šumový teploměr, rtuťové tepelné pojistky atd. [27]

Termovize je speciální kamera s detektorem infračerveného záření.

3.3.3 Přístroje na měření tlaku

Přístroje na měření tlaku jsou rozděleny podle velikosti tlaků, pro které jsou uzpůsobeny. Pro měření přetlaků se používají manometry, pro měření barometrických tlaků barometry a pro měření podtlaků vakuometry. Existují také mano-vakuometry, což jsou přístroje na měření podtlaků a přetlaků [27].

Další možností dělení přístrojů je na pístové, kapalinové, deformační a elektrické.



Graf 17 Přístroje na měření tlaku

Pístové manometry pracují na principu přivedení tlaku na jednu stranu pístu, která je vykompenzována na druhé straně silou závaží nebo pružiny. Tyto manometry jsou velmi přesné [27].

Kapalinové tlakoměry jsou přístroje, které využívají vztahu:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g h \tag{12}$$

Jejich přesnost je okolo 1%, protože měření bývá zkresleno kapilárními vlivy. Příkladem kapalinových tlakoměrů může být U manometr, mikromanometr se skloněným ramenem, nádobkový manometr [27,30].

Deformační manometry využívají pružné deformace. Přesnost těchto přístrojů je 0,5-2,5 %. Podle provedení mohou být tyto manometry trubicové, membránové a krabicové tlakoměry [30].

Elektrické tlakoměry využívají změn odporu. Tyto přístroje se používají při měření extrémních hodnot. Odporové tlakoměry a další elektrické vakuometry (Bolometrický, Penningův, Ionizační) se používají hlavně při měření extrémních hodnot [27,30].

3.3.4 Měření vlhkosti

Vlhkost vyjadřuje množství vodních par obsažených ve sledovaném prostředí. Nejčastějšími prostředky pro měření vlhkosti jsou hygrometry a psychrometry.

Hygrometry

Hygrometry využívají vhodné tuhé materiály, které vlivem sorpční vlhkosti mění svůj elektrický odpor, dielektrické vlastnosti**,** délku, apod**.**

Dilatační vlhkoměry využívají prodloužení/zkrácení určitého materiálu při různých vlhkostech. Jako materiál se velmi často používá vlas, protože jeho roztažnost je až 3%. Výsledná výchylku je možné převést na elektrický signál pomocí odporového potenciometru nebo indukčního snímače. Nevýhodou těchto přístrojů je jejich malá přesnost [28,30].

Gravimetrický vlhkoměr využívá vhodné sušidlo absorbující vodní páru o známém objemu vzduchu a zjišťuje se přírůstek jeho hmotnosti [28].

Odporový vlhkoměr má podobný princip jako gravimetrický vlhkoměr, ale množství sorbované vody se posuzuje na základě změny elektrického odporu. Při tomto měření je nutné odečítat teplotu, která také ovlivňuje výsledný odpor. Tyto senzory jsou citlivé na orosení [28].

Kapacitní vlhkoměr je obdoba elektrického vlhkoměru, ale měří se výsledná kapacita kondenzátoru. Tento vlhkoměr obsahuje dvě elektrody, mezi které je umístěn měřený předmět. Změnou vlhkosti vyvolá změnu kapacity kondenzátoru [28,30].

Dalšími hygrometry jsou vlhkoměry s vyhřívanými termistory a rezonanční vlhkoměry.

Psychrometry

Při měření psychrometrem odečítáme teplotu vlhkého a suchého teploměru. Teplota suchého teploměru je teplota prostředí, teplota mokrého teploměru je teplota senzoru, na kterém se odpařuje voda. Intenzita odpařování závisí na vlhkosti. Teplota mokrého teploměru je vždy menší než suchého teploměru a pomocí jejich rozdílů je možné určit vlhkost [28,30].

Příkladem psychrometru je Assmanův psychrometr, který je bez nucené cirkulace plynu nebo aspirační psychrometr, u kterého je nutnost konstantního průtoku plynu [28].

Dalšími metodami pro měření vlhkosti plynů je metoda měření rosného bodu, Coulometrická metoda, difúzní metoda, sorpční metoda, metoda měření tepelné vodivosti atd.

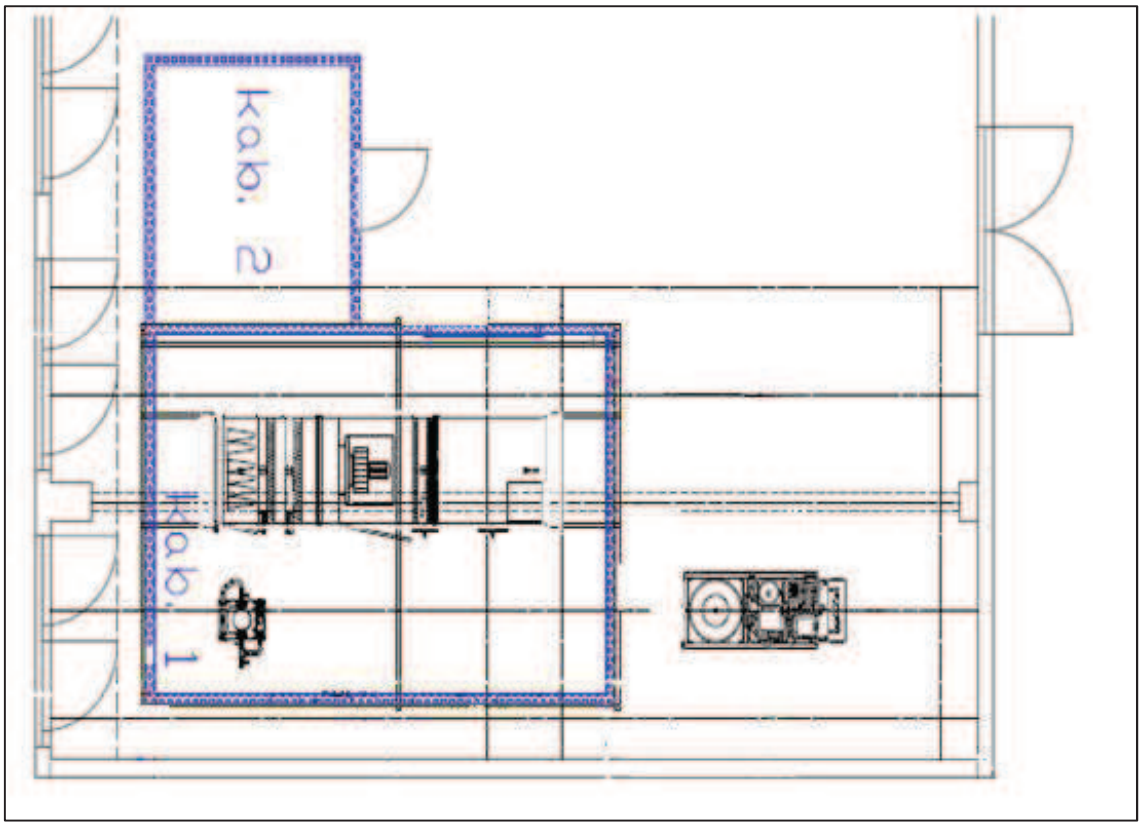
4 VIZUALIZACE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Tato kapitola se skládá ze tří podkapitol. V první podkapitole je popsána vzduchotechnická jednotka. Na ni navazuje tvorba vizualizace této jednotky a v poslední podkapitole je pak popsáno spojení klimatizační komory s programem ControlWeb přes OPC server.

4.1 Popis vzduchotechnické jednotky

Vzduchotechnická jednotka je rozdělena do několika celků, jak můžete vidět na obr. 22. Modře je vyznačena kabina 1 a kabina 2. Na střeše kabiny 1 je umístěna klimatizační jednotka. Mimo tyto prostory se nachází technologie chlazení. Kabina 2 se v současnosti nepoužívá a na testování tepelných čerpadel je v provozu jen komora 1.

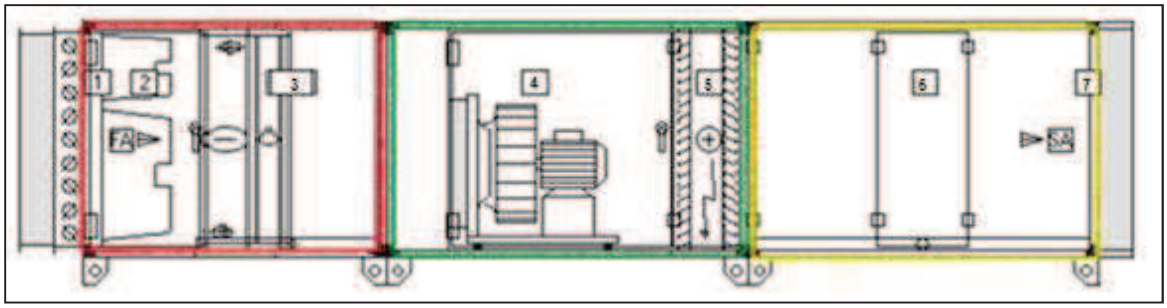
Vzduchotechnická jednotka byla vyrobena za účelem testování tepelných čerpadel.



Obr. 22 Návrh klimatizační jednotky dle SZÚ

4.1.1 Klimatizační jednotka

Klimatizační jednotka je umístěna na střeše kabiny 1. Její prostor je rozdělen do tří transportních sekcí, jak můžete vidět na obr. 23 a v příloze 2.



Obr. 23 Klimatizační jednotka – nárys

Popis obrázku:

1- Vstup vzduchu
2- Filtr
3- Chladič
4- Přívodní ventilátor
5- Ohřívač
6- Zvlhčovač
7- Výstup vzduchu

SA - Přívodní vzduch
FA – Čerstvý vzduch
– Transportní sekce 1
– Transportní sekce 2
– Transportní sekce 3

Do transportní sekce 1 vstupuje vzduch, který prostupuje krátkým kapsovým filtrem do tepelného výměníku, chladiče. Tepelný výměníky používají pro lepší ochlazování glykol přiváděný z technologie chlazení.

V transportní sekci 2 je umístěn přívodní ventilátor s elektrickým motorem a elektrický ohřívač vzduchu.

V transportní sekci 3 se nachází parní zvlhčovač bez parního generátoru a z této sekce také vstupuje vzduch do komory.

Z výkresů na obr. 22, obr. 23 byl vytvořen návrh grafického zobrazení ve vizualizaci komory.

4.1.2 Popis regulátorů

Regulace vzduchotechnické jednotky je řešena pomocí šesti PID regulátorů.

Regulaci teploty zajišťují regulátor topení a chlazení. Dva regulátory jsou také použity k regulaci vlhkosti. Dále se provádí regulace odvlhčení za chladičem a v neposlední řadě se reguluje limit náběhové vody.

K této regulaci bylo použito regulátorů od italské firmy CAREL. Z její nabídky v současnosti prodávaných regulátorů pCO byl vybrán typ pCO3 [29].

Regulátor pCO3

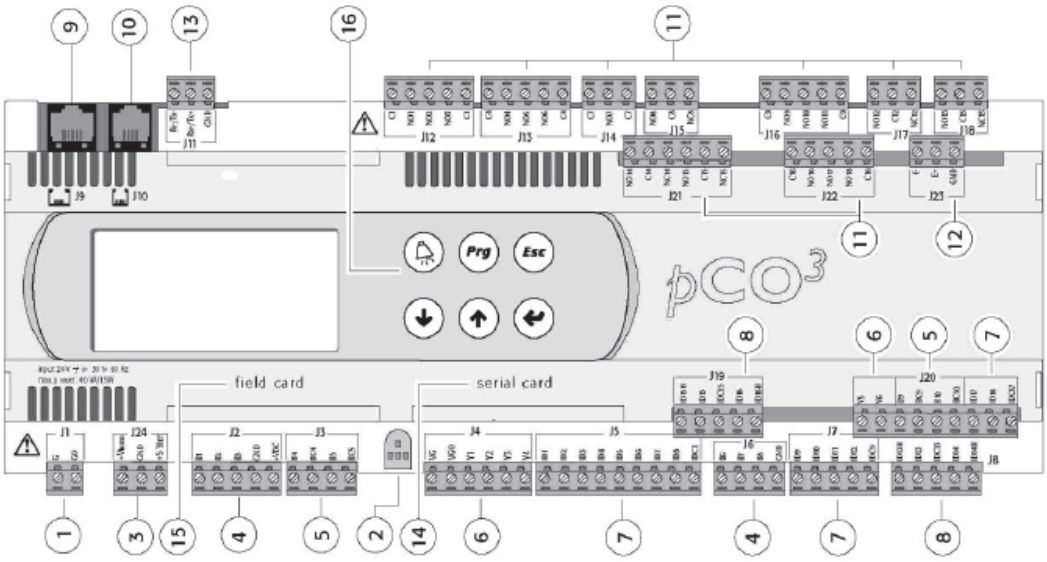
Regulátor pCO3 má 16 bitový mikroprocesor a 4 MB paměť.

K regulátoru je možné připojení poměrových snímačů, integračních vestavěných terminálů, modernizovaných programovací klávesnic a sériový portů pro připojení k ovládaným zařízením (ventilům, rozšiřujícím deskám vstupů/výstupů, ovladačům elektronických ventilů atd.). Regulátor pCO je možné také připojit k pLAN sítím vytvořených z maximálně 32 regulátorů pCO a terminálů. Příkladem možného zapojení pCO3 je uvedeno v příloze 3 [14].

Velikost nabízených prvků pCO3 je SMALL, MEDIUM, LARGE, EXTRALARGE NO, EXTRALARGE NC. Pro regulaci vzduchotechnické jednotky byl vybrán regulátor pCO3 medium [14].

Vlastnosti pCO3 Medium [14]:

- CPU 16 bitový mikroprocesor, 14 MHz, interní registry a 32 bitový provoz, 512 bytů vnitřní paměti RAM,
- RS485 sériový port pro pLAN,
- hodiny s lithiovou baterií,
- plastové pouzdro DIN pro instalaci do kolejnic,
- napájecí napětí 24Vac/Vdc,
- 8 opticky izolované 24 V AC 50/60 Hz nebo 24 V DC, 2 při 24 V AC/V DC nebo 230 V A 50/60 Hz,
- 13 relé pro digitální výstupy (3 z nich s možností změny kontaktů),
- 8 analogových vstupů, možnost výběru mezi NTC, PT1000,
- 4 analogové výstupy, 0÷10 V.



Obr. 24 Regulátor pCO3 [14]

Popis obr. 24 [14]:

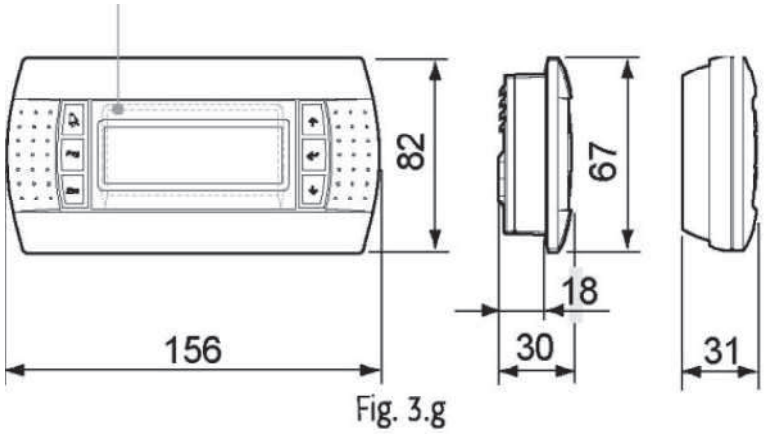
1. Konektor napájení [G (+), G0 (-)];
2. Žlutá LED napájení a 3 LED stavu (viz odstavec 6.3);
3. Dodatečné napájení terminálu a 0 - 5 V poměrových sond;
4. Univerzální analogové vstupy: NTC, 0 a 1 V, 0 a 5 V poměrové, 0 a 10 V, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA;
5. Pasivní analogové vstupy: NTC, PT1000, ON/OFF;
6. Analogové výstupy 0 a 10 V;
7. Digitální vstupy 24 Vac/Vdc;
8. Digitální vstupy 230 Vac nebo 24 Vac/Vdc;
9. Konektor pro zobrazovací panel (externí panel s přímými signály);
10. Konektor pro všechny standardní terminály řady pCO a pro stahování aplikačního programu;
11. Reléové digitální výstupy;
12. Konektor pro spojení vstupní/výstupní rozšiřující desky;
13. Konektor sítě pLAN;
14. Kryt pro vložení volitelné výbavy dohledu a dálkové údržby;
15. Kryt pro vložení volitelné field bus karty;
16. Vestavěné terminály (LCD, tlačítka a LED).

4.1.3 Grafický terminál

Grafický terminál, který byl použit je také od firmy CAREL, jeho typ je PGD0. Velikost LCD displeje je 72x36 mm, ostatní rozměry jsou vidět na obr. 25 [28].

Tento vestavěný displej je schopen zobrazit grafiku s rozlišením 132x64 pixelů. V textovém režimu se může zobrazovat 8 řádků a 22 sloupců nebo 4 řádky x 11 sloupců nebo jejich kombinace. Velikost znaků je 3,5 nebo 7,5 mm, z čehož bylo zvoleno hlavně písmo 3,5 pro lepší orientaci v programu zobrazením více položek. Podsvícení bylo z možností bílé a zelené vybráno zelené LED. Tlačítka ↑, ↓, Enter a Esc jsou posvícená zeleně, Prg a Alarm červeně nebo oranžově [28].

Napájení je zajišťováno z pCO přes telefonní konektor nebo z externího zdroje.



Obr. 25 Displej PGD 0 [28]

4.2 Controlweb

Pro vizualizaci klimatizační komory byl vybrán program ControlWeb, přesněji jeho vývojová verze 6, jehož cena je v současnosti 23 900,-.

ControlWeb 6 pracuje jak s grafickým tak textovým rozhraním v jeho vývojové verzi. U vytváření této vizualizace byly používány oba tyto mody.

Celá vizualizace je složena z 1809 různých objektů. Její zdrojový kód je na 23 386 řádků a je napsaná pomocí 594 843 znaků.

4.2.1 Základní panely

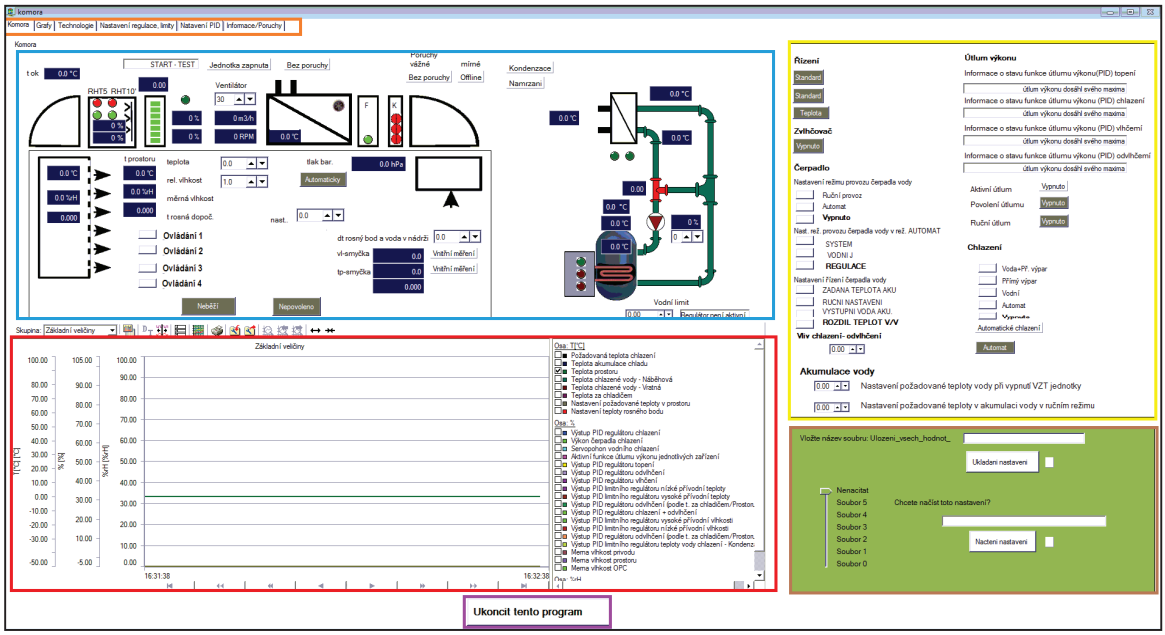
Celá vizualizace je rozdělena do šesti základních panelů – Komora, Grafy, Technologie, Nastavení regulace limity, Nastavení PID a Informace/Poruchy, sedmý panel je přidán jen pro ovládání přepínání předchozích a je na ní umístěn jediný přístroj *tswitch*. Tento přístroj je umístěn v levém horním rohu (na obr. 27 je označen oranžovou barvou). Rozdělení a uspořádání přístrojů bylo vytvořeno podle návrhu získaného od SZÚ, z nákresů vzduchotechnické jednotky (obr. 22 a obr. 23) a reálného rozložení prvků. Grafickou část výsledné vizualizace můžete najít v přílohách 4, 5, 6, 7 a 8.



Obr. 26 Tswitch

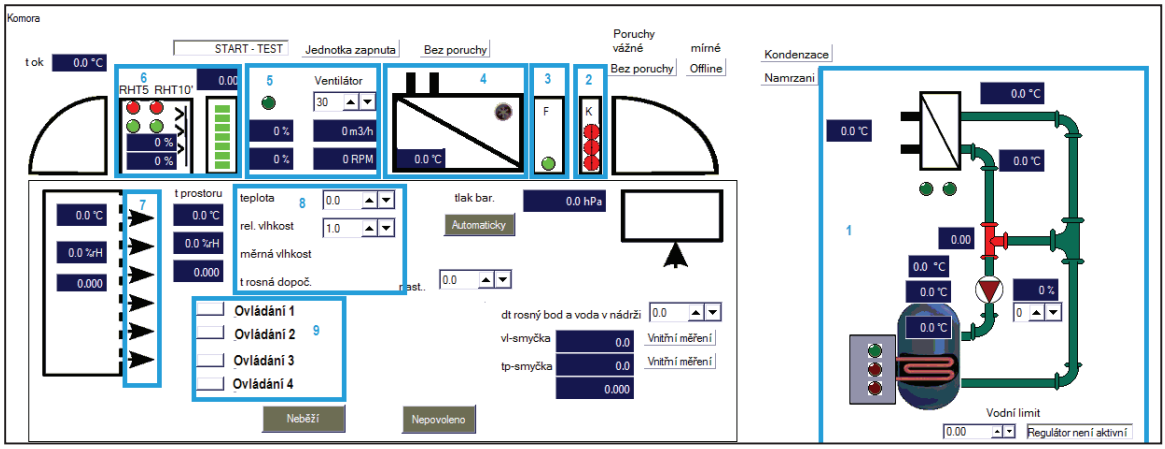
Komora

V panelu Komora jsou zobrazeny všechny prvky, které jsou nutné pro základní ovládání. Je zde nejvíce věnována pozornost grafické stránce.



Obr. 27 Komora

Vlevo nahoře na obr. 27 je modře vyznačený zjednodušený model komory, který se jako detail nachází i na obr. 28. Tento zjednodušený model byl vytvořen z nákresů a reálného rozestavění prvků komory.



Obr. 28 Zjednodušený model komory

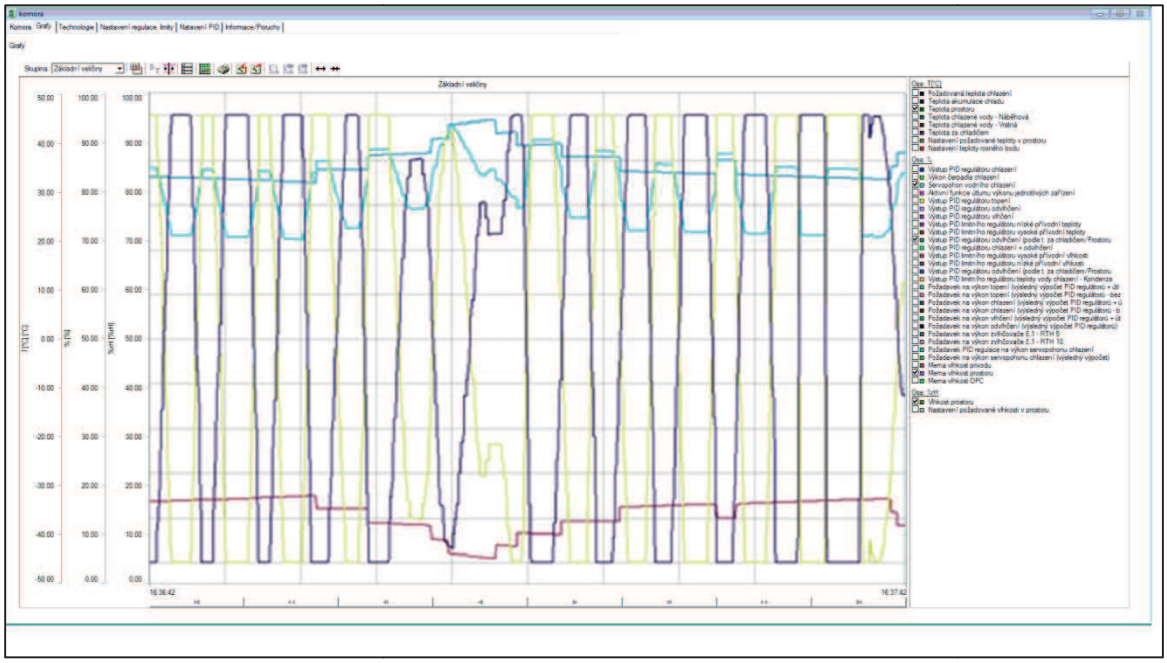
1- Technologie chlazení glykolem
2- Klapky
3- Filtr
4- Chladič
5- Ventilátor
6- Zvlhčovač
7- Vstup vzduchu do komory
8- Nastavení požadovaných veličin
9- Ovládání

Vlevo dole na obr. 27 se nachází graf. V pravé horní části, na obr. 27 zvýrazněný žlutou barvou, se nacházejí přepínače pro různé nastavení chlazení, vlhčení, odvlhčení a výkonu. V pravém dolním rohu označených hnědou barvou se nalézá ukládání a načítání nastavení. Tato část má jako jediná jinou barvu pozadí. Tato odlišná barva byla zvolena pro tento prostor, aby si ho jednoduše nebylo možné splést a v průběhu testu si změnit požadované nastavení. Fialovou barvou dole je označeno tlačítko Ukončit tento program, kterým je zaručeno jednoduché ukončení tohoto programu.

Na tomto panelu byl používán bublinkový popisovač pro lepší orientaci mezi přístroji.

Grafy

Na tomto panelu je zobrazen velký graf. Tento graf není pouhou kopií malého grafu v panelu komora, ale obsahuje více hodnot, které je možné zobrazit. Graf obsahuje tři různé osy – pro vlhkost, teplotu a procenta. Při zapnutí tohoto programu se zobrazí pouze dvě nejdůležitější hodnoty. Ostatní je možné okamžitě po zatržení zobrazit.

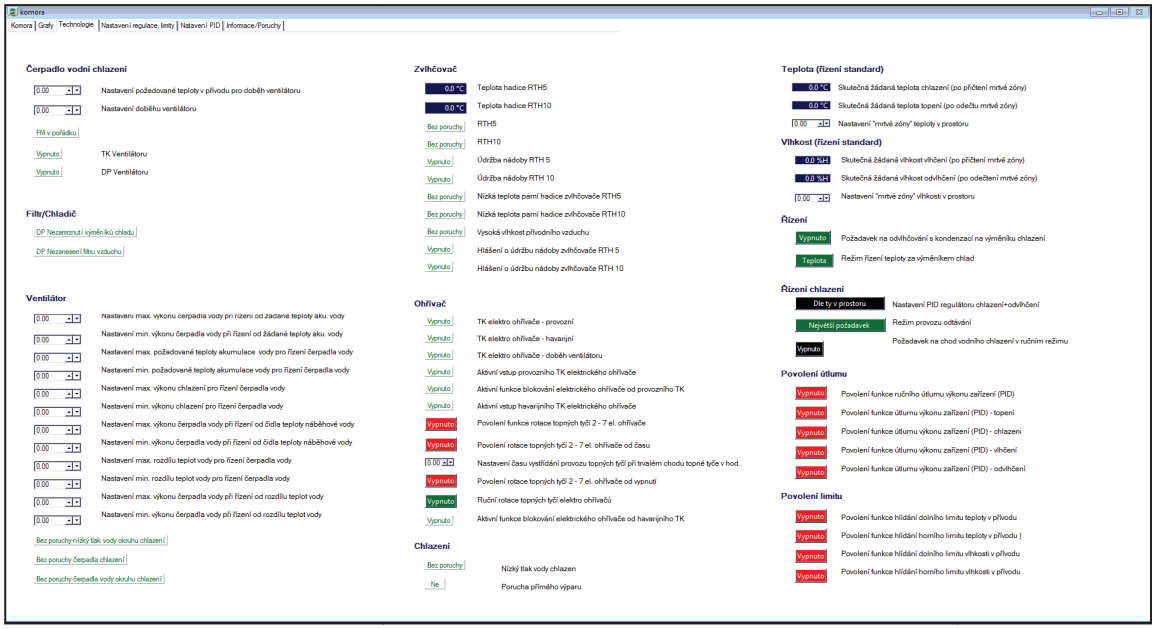


Obr. 29 Grafy

Technologie

Panel Technologie je umístěn jako třetí. Tento panel je také velmi důležitý, ale není nutné ho běžně používat. Pro pravidelné užívání je určen především panel Komora, na kterém jsou zobrazeny všechny nejdůležitější nastavitelné, ale i měřené veličiny.

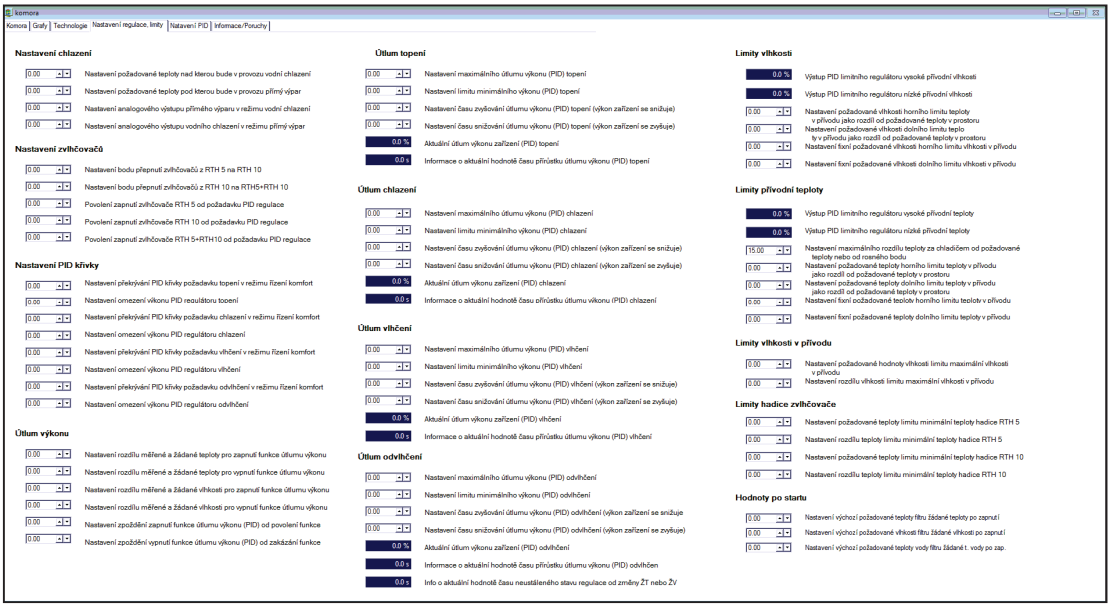
V panelu Technologie se nachází podrobnější nastavení čerpadla, ventilátoru, zvlhčovače, ohřívače, chladiče (viz obr. 30 a příloha 6). Dále jsou zde vyvedeny proměnné teplota a vlhkost při řízení standard a také zde můžete najít vypínače pro povolení limitu a pro povolení útlumu.



Obr. 30 Technologie

Nastavení regulace/limity

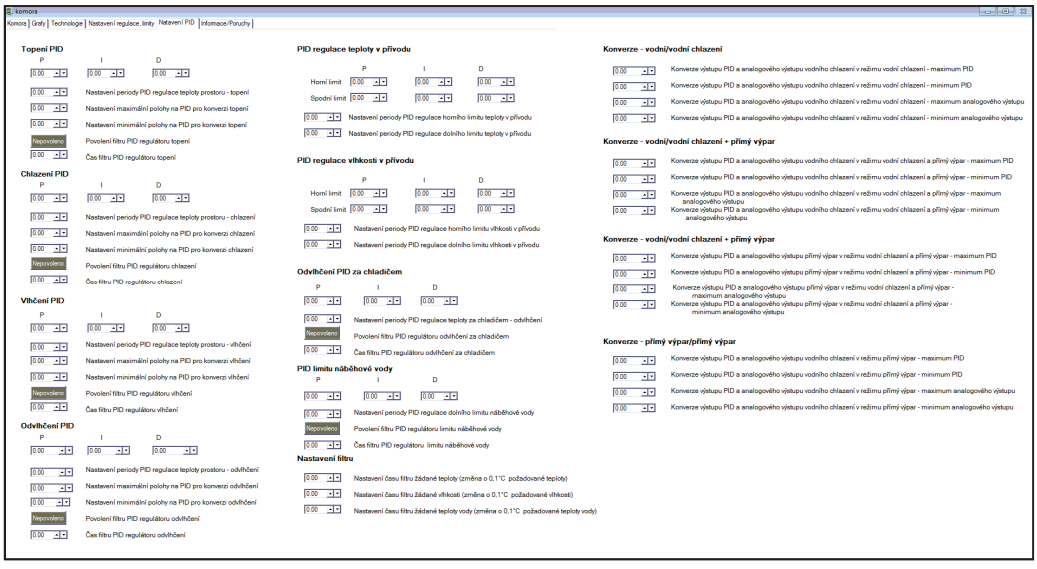
Čtvrtým panelem je Nastavení regulace/limity. Jak je možné vidět na obr. 31 (popř. v příloze), je tento panel opět rozdělen do 3 sloupců. V levém sloupci se nachází nastavení chlazení, nastavení zvlhčovačů, nastavení PID křivky a útlum výkonu. Prostřední sloupec je věnovaný útlumům, útlumu topení, chlazení, vlhčení a odvlhčení. Vpravo se nachází limity vlhkosti, limity přívodní vlhkosti, limity teploty v přívodu, limity vlhkosti v přívodu, limity hadice zvlhčovače a hodnoty po startu.



Obr. 31 Nastavení regulace/limity

Nastavení PID

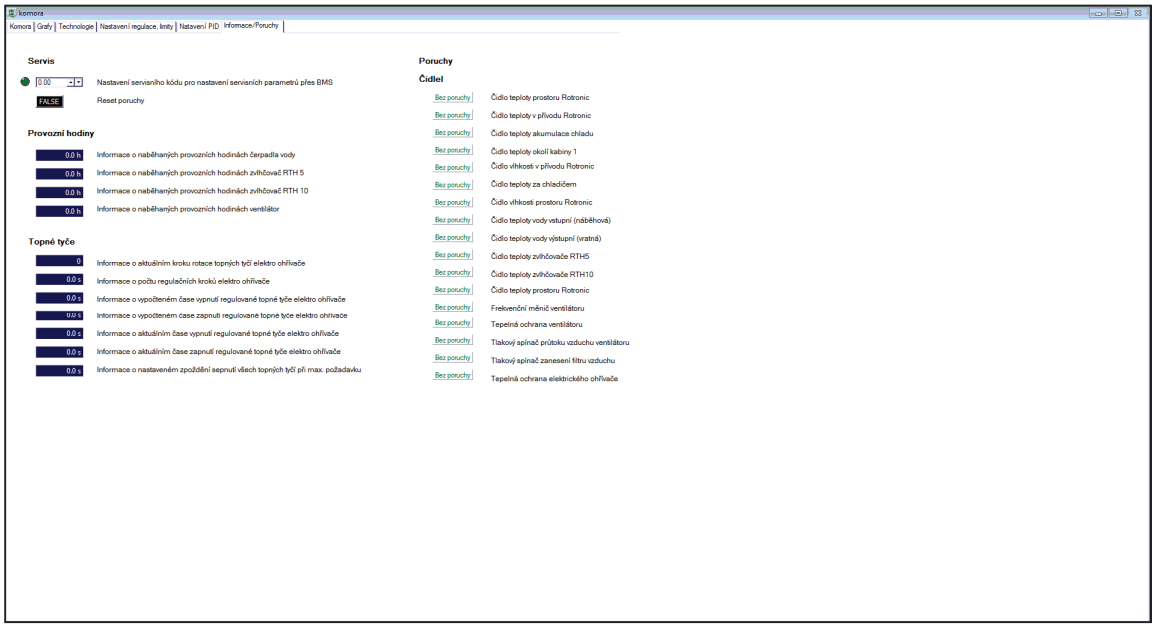
Panel nastavení PID byl vytvořen pro nastavení a vyladění optimálního nastavení PID regulátorů při určitých daných výkonech klimatizací. Tento panel se po správném nastavení a vyladění nebude využívat a veškeré nastavení se bude načítat z již uloženého nastavení.



Obr. 32 Nastavení PID

Informace/Poruchy

Informace/Poruchy je poslední z šesti panelů. Tento panel obsahuje informace o servisu, o provozních hodinách, o topných tyčích. Zde se objevují i poruchy jednotlivých čidel, takže je možné v případě problémů zjistit, zda čidla měří správně či ne. Podrobněji je možné si tento panel prohlédnout v příloze 9.



Obr. 33 Informace/Poruchy

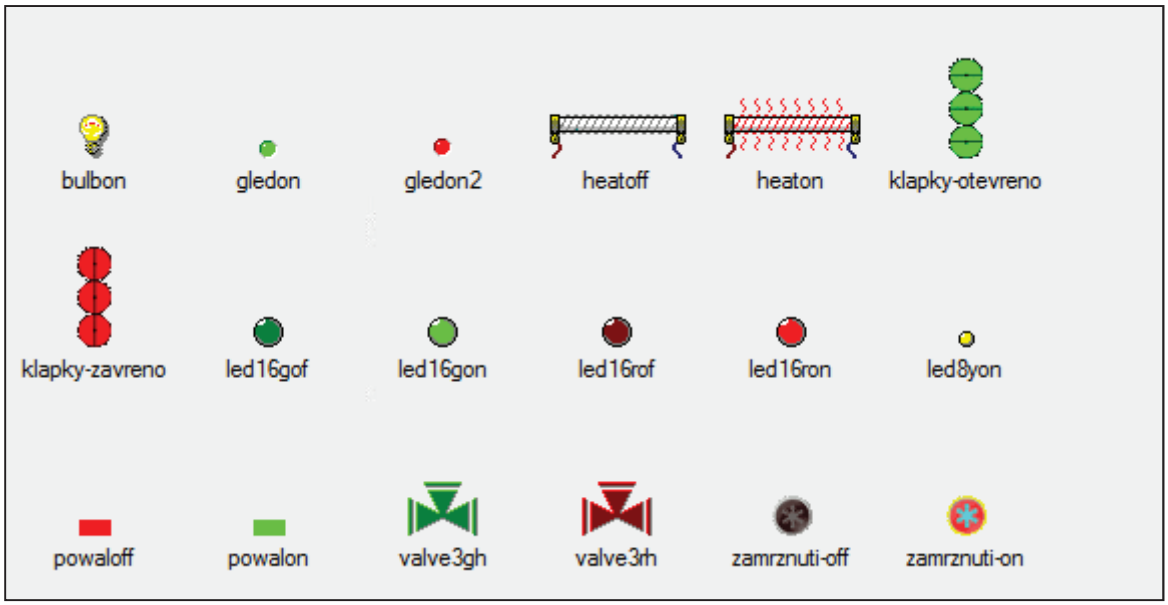
4.2.2 Základní přístroje – viditelné přístroje

Celá vizualizace využívá převážně ploché přístroje. Většinu těchto přístrojů je potřeba časovat. Pro toto časování byla vybrána konstanta 0,3 s. Výhodou je její jednoduché přenastavení u všech hodnot současně.

Zobrazovací binární přístroje

U binárních proměnných nabízí ControlWeb velkou škálu variant jejich zobrazení. V této části jsou popsány jen varianty použité ve vizualizaci.

Pro zobrazení binárních proměnných je používán nejčastěji přístroj *indicator*. I když tento přístroj je v paletě nástrojů zobrazen jen jako žárovka, která v případě hodnoty *true* (logické 1) svítí a nesvítí v případě hodnoty *false* (logická 0), je velmi jednouché nastavit jiné jeho grafické zobrazení v těchto dvou stavech. Pro tyto dva stavy byla vytvořena vždy tvarově stejná ikona odlišné barvy. Hodnota logická 1 ne vždy znamená zelenou barvu, ale znamená spíše normální bezporuchový chod. Vše je v programu popsáno bublinkovými popisovači nebo pomocí přístroje *label* vedle proměnné.



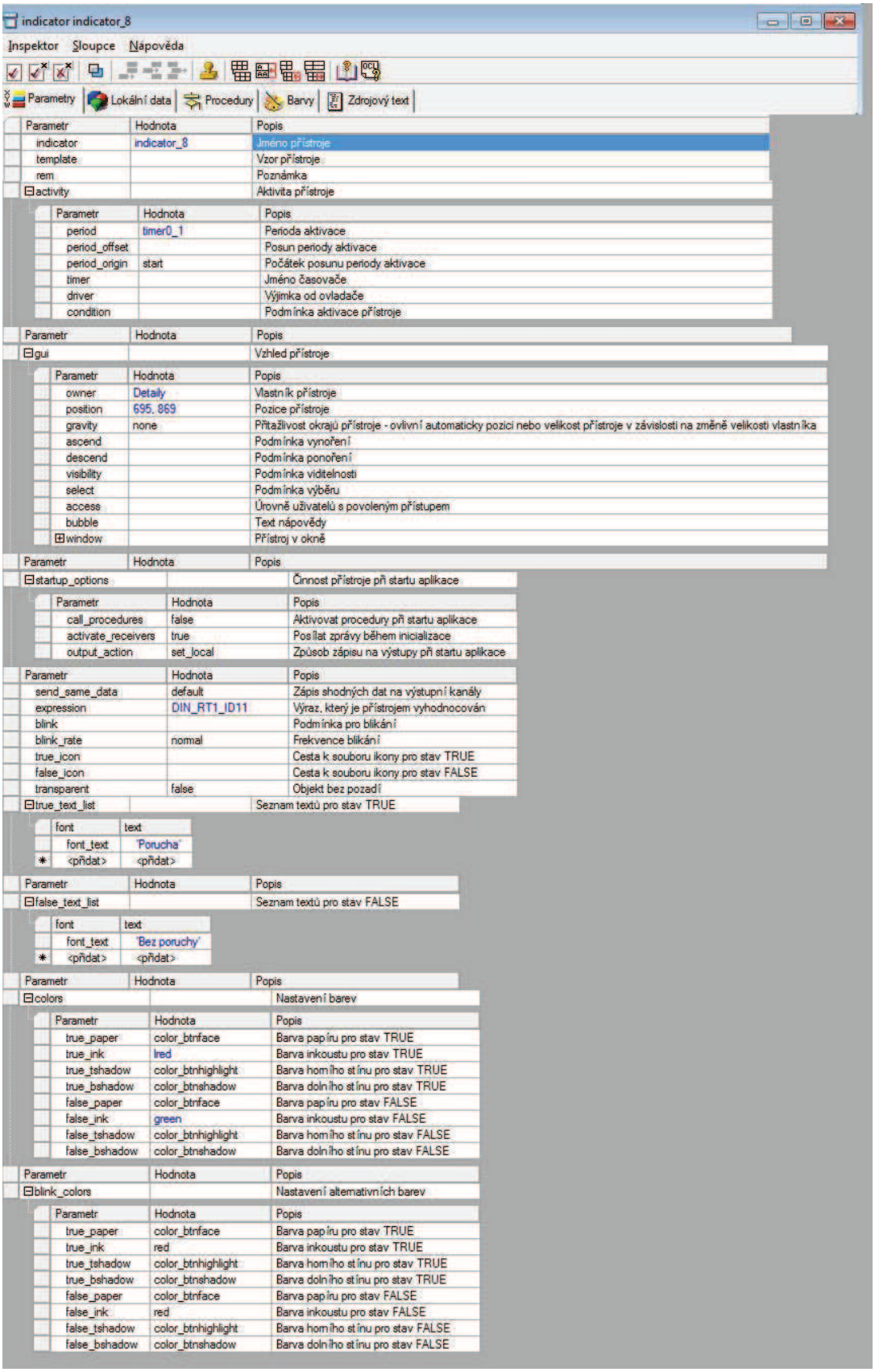
Obr. 34 Binární zobrazovače

Další výhodou tohoto přístroje je možnost zobrazení různých textů při hodnotách *true* a *false*. Toto bylo velmi často použito pro lepší orientaci v programu, kdy se jednalo o zobrazovače dvou stavů (např. kondenzace x chlazení) a nestačilo pouhé zobrazení ikony. Tento text může být odlišen barevně, může mít rozdílnou velikost, rozdílnou barvu pozadí atd.

Příklad nastavení binárního přístroje se změnou textu v textovém modu:

```
activity
  period = timer0_1;
end_activity;
gui
  owner = Detaily;
  position = 695, 169;
  window
    disable = zoom, maximize;
  end_window;
end_gui;
expression = XXXXXXX;
true_text_list
  text = 'Porucha';
end_true_text_list;
false_text_list
  text = 'Bez poruchy';
end_false_text_list;
colors
  true_ink = lred;
  false_ink = green;
end_colors;
```

Příklad nastavení stejného přístroje v grafickém rozhraní:



Obr. 35 Nastavení přístroje *indicator* v grafickém rozhraní

Příklad nastavení binárního přístroje se změnou ikony v textovém rozhraní:

```
activity
  period = timer0_1;
end_activity;
gui
  owner = Komora;
  position = 635, 135;
  bubble = 'Otevření klapky vzduchu';
  window
    disable = zoom, maximize;
  end_window;
end_gui;
expression = XXXXXXXXXX;
true_icon = 'klapky-otevreno.ico';
false_icon = 'klapky-zavreno.ico';
```

Zobrazovací přístroje pro proměnné analogové a integer

Pro zobrazení integer a analogových proměnných byl většinou použit plochý spojitý přístroj *Meter,* přesněji jeho varianta číslicového měřicího přístroje využívající fonty systému. Tento přístroj umožňuje zadání textové masky pro formátování textu. Výhodou použití tohoto přístroje je, že je možné nastavit jeho minimální a maximální rozsah, počet desetinných míst, bublinkový popisovač a jeho masku. Tato maska může mít například tento tvar ###.# °C , z kterého lze jasně poznat jednotka dané proměnné.

Další možností jak zobrazit proměnné integer ve vizualizaci je pomocí plochého textového zobrazovače *String_display*. Zde bylo pomocí procedury OnActivate přiřazen každému stavu textový řetězec, který byl zobrazen na displeji.

Příklad procedury OnActivate() u přístroje *String_display*:

```
OnActivate();
begin
if  STAV_VZT1= 0 then text6='START - TEST ' end;
if  STAV_VZT1= 1 then text6='VYPNUTO - systém OK ' end;
if  STAV_VZT1= 2 then text6='VYPNUTO - z BMS(PC)  ' end;
if  STAV_VZT1= 3 then text6='VYPNUTO - z DO (ID) ' end;
if  STAV_VZT1= 4 then text6='VYPNUTO - Ovladač  'end;
if  STAV_VZT1= 5 then text6='ZAPNUTO - Systém OK 'end;
if  STAV_VZT1= 6 then text6='ZAP.- !!! SERVIS RTH 'end;
if  STAV_VZT1= 7 then text6='ZAP.- RUCNI CHLAZENI 'end;
if  STAV_VZT1= 8 then text6='ZAPNUTO - Poruch 'end;
if  STAV_VZT1= 9 then text6='VYPNUTO - Porucha 'end;
if  STAV_VZT1= 10 then text6='VYPNUTO - S 'end;
end_procedure;
```

Přístroje pro řízení a ovládání binárních proměnných

Mnoho proměnných, které bylo potřeba vizualizovat, bylo určeno pro čtení hodnot a také pro zápis. Pro takovéto proměnné byl využit přístroj *Switch.* Ve vizualizaci v grafické podobě jsou velmi podobné přístroji *Indicator* se změnou textu, který byl použit pro zobrazení binárních proměnných, proto jsou tyto přístroje rozlišené jinou barvou pozadí a barvou písma, aby je bylo možné hned na první pohled identifikovat. Barvy byly voleny většinou inverzní k barvám zobrazovacích přístrojů viz obr. 36. Na levé straně je vidět zobrazovací přístroj, na pravé nastavovací přístroj.



Obr. 36 Nastavení vs. zobrazení binárních členů

Přístroje pro řízení a ovládání integer a analogových proměnných

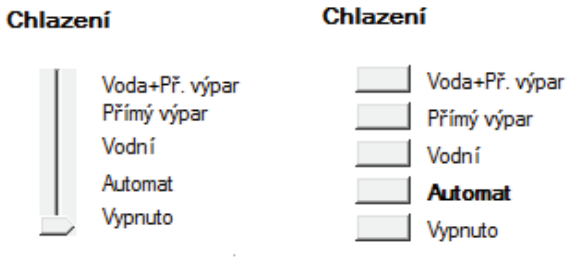
Pro nastavení a zobrazení hodnot integer či analog byl nejčastěji použit přístroj *Control – count box*. Tento přístroj umožňuje zadat minimum, maximum, počet desetinných míst, bublinkový popisovač, ale důvodem, kvůli kterému byl vybrán, je možnost auto-update, kdy je automaticky načítána hodnota získaná z daného kanálu, se kterým je spojen a v případě potřeby je možné ji kdykoli přepsat. U všech těchto proměnných je aktivován stop_auto-update_when_selected**,** který zastavuje načítání proměnné v době zapisování do proměnné.

Příklad nastavení přístroje Control:

```
gui
  owner = Komora;
  position = 705, 295, 80, 23;
  bubble = 'Rozdíl žádané teploty vzduchu pro výpočet žádané
teploty akumulátoru';
end_gui;
output = XXXXX;
mode = count_box;
range_from = -50;
range_to = 40;
dec_places = 1;
auto_update = true;
stop_auto_update_when_selected = true;
```

Další možností, která byla využita v různých vyvíjených verzích, byl přístroj *Control -Vertical potenciometr.* Tento přístroj umožňuje také jednoduše načítat a nastavovat danou hodnotu. Nevýhodou tohoto přístroje je, že není možné se přesunout z jednoho stavu do druhého při nespuštění ostatních stavů, které jsou mezi nimi. Z těchto důvodů musely být nahrazeny všechny přístroje *Control – Vertical potenciometr,* několika přístroji *Button.* Počet přístrojů *Button* odpovídá počtu hodnot, které může proměnná nabývat. Každý přístroj *Button* obsahuje jednoduchou proceduru, která při stlačení nastaví

proměnnou na určitou hodnotu. Zobrazení je tvořeno u obou variant pomocí změny normálního textu na tučný, z čehož je jednoduše viděn aktivovaný stav.



Obr. 37 Přístroj Control- Vertial potenciometer vlevo, vpravo 5 přístrojů Button

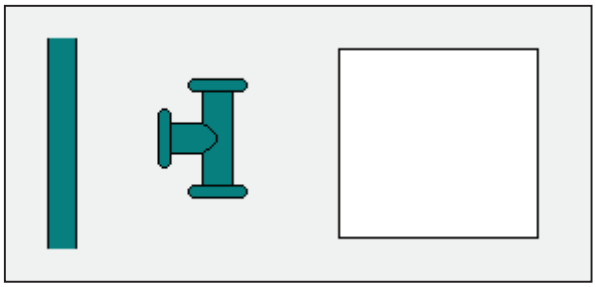
Přístroje pro popis

Přístroj použitý pro vkládání textů byl *Panel- label.* Tento statický plochý přístroj je použit pro lepší orientaci v programu. Pomocí tohoto přístroje je zobrazena většina popisů v programu. Výhodou tohoto přístroje je možnost nastavení různé velikosti a typu písma. Jako u většiny přístrojů, je zde možnost použít různých barev inkoustu a různých barev pozadí, ale těchto možností nebylo moc využito s cílem zachování grafické jednotnosti. Rozdílnou barvu pozadí je možné nalézt jen u ukládání proměnných (viz příloha 5).

Panel-label je možné použít i pro zobrazení binárních či jiných proměnných pomocí parametru *visibility* nebo *condition*, ale v tomto případě nebylo této možnosti využito.

Přístroje pro grafické zobrazení

Grafické zobrazení bylo vytvořeno podle technického výkresu (viz obr. 22) a reálného uspořádání klimatizační komory. Pro jeho zjednodušené napodobení byly využity přístroje *Image, Box, Pipe* a *Knee*. Poslední tři jmenované přístroje byly zobrazeny bez výrazných odlesků a grafiky připomínající trojrozměrné objekty. ControlWeb nabízí různé možnosti zabarvení, tvarů a stylů těchto přístrojů.



Obr. 38 Vertical-pipe, Knee_left_up_down a Box -interior_and_border

Přístroj *Image* umožňuje zobrazit jiné nepředefinované tvary programem ControlWeb. Přístroj dokáže zobrazit soubory s příponou jpeg, jpg, png, tif, tiff, bmp a gif. V tomto programu byly zobrazeny hlavně obrázky s příponou jpeg a png.

4.2.3 Ukládání dat

Ukládání dat bylo řešeno dvakrát v průběhu řešení celého tohoto projektu. Nejdříve bylo řešeno ukládání všech hodnot kanálů přiváděných z OPC serveru. Tento program měl za cíl vytvořit zálohu nastavení. V průběhu řešení projektu se ukázaly i ostatní možnosti využití, hlavně pro techniky spravující řídící regulátory Carel. V případě problémů bylo možné kdykoli uložit současné hodnoty a tím jednodušeji vyřešit problémy komunikace či přepsání proměnných. Druhé ukládání dat bylo řešeno v samotném programu, kde byly ukládány jen proměnné, které bylo možné nastavit v této vizualizaci. Ukládání pouze nastavovaných hodnot ve vizualizaci zkrátilo čas při následném načítání tohoto souboru.

Program ControlWeb 6 umožňuje archivaci dat pomocí datových sekcí *Archive.* Všechny datové elementy, které jsou definovány v těchto datových sekcích jsou archivovány do databázových tabulek v databázi typu MicrosoftDatabase (MDS). V případě, že chcete vytvořit jinou databázi je nutné zadat v Datových inspektorech DSN soubor. Všechny datové elementy z jedné archivní sekce jsou archivovány do jedné tabulky. Pro zobrazení takto uložených hodnot je vhodné použít přístroj *Data_viewer.*

Další možností pro ukládání proměnných je pomocí přístroje *Table* a tabulkového editoru *Incalc,* který byl použit pro ukládání dat v této diplomové práci. Tento postup byl zvolen, protože SZU si přálo zasahovat do zpracování dat a editace tabulkového souboru byla snadnější. Pro jednoduché vygenerování zdrojového kódu použitého pro ukládání a zobrazení byl vytvořen program v Matlabu.

Program pro generování zdrojového kódu:

```
x=importdata('promenne.txt');
n= length(x);
fileID=fopen('vysledek.txt','wt');
for i=1:n
text=cell2mat(x(i,1));
 %na obrazovku
 fprintf('item_expr\n');
 fprintf('\t condition = true;\n');
 fprintf('\t layer = 1;\n');
 fprintf('\t row = %i;\n',i);
 fprintf('\t column = 2;\n');
 fprintf('\t expression = %s;\n',text);
 fprintf('end_item_expr;\n\n');
 % do souboru
 fprintf(fileID,'item_expr\n');
 fprintf(fileID,'\t condition = true;\n');
 fprintf(fileID,'\t layer = 1;\n');
 fprintf(fileID,'\t row = %i;\n',i);
 fprintf(fileID,'\t column = 2;\n');
 fprintf(fileID,'\t expression = %s;\n',text);
 fprintf(fileID,'end_item_expr;\n\n') ;
end
```

Tento program otevře textový soubor promenne.txt, ve kterém jsou uloženy pod sebou všechny názvy kanálů přivedených z OPC serveru. Do souboru vysledek.txt vypíše zdrojový kód, který je potřeba pro uložení hodnot do souboru a jejich zobrazení v InCalcu. Hodnoty budou ukládány a zobrazovány v druhém sloupci.

Příklad části vygenerovaného zdrojového kódu ze souboru vysledek.txt :

```
item_expr
  condition = true;
  layer = 1;
  row = 1;
  column = 2;
  expression = DIN_RT1_ID1;
end_item_expr;
item_expr
  condition = true;
  layer = 1;
  row = 2;
  column = 2;
  expression = DIN_RT1_ID2;
end_item_expr;
```

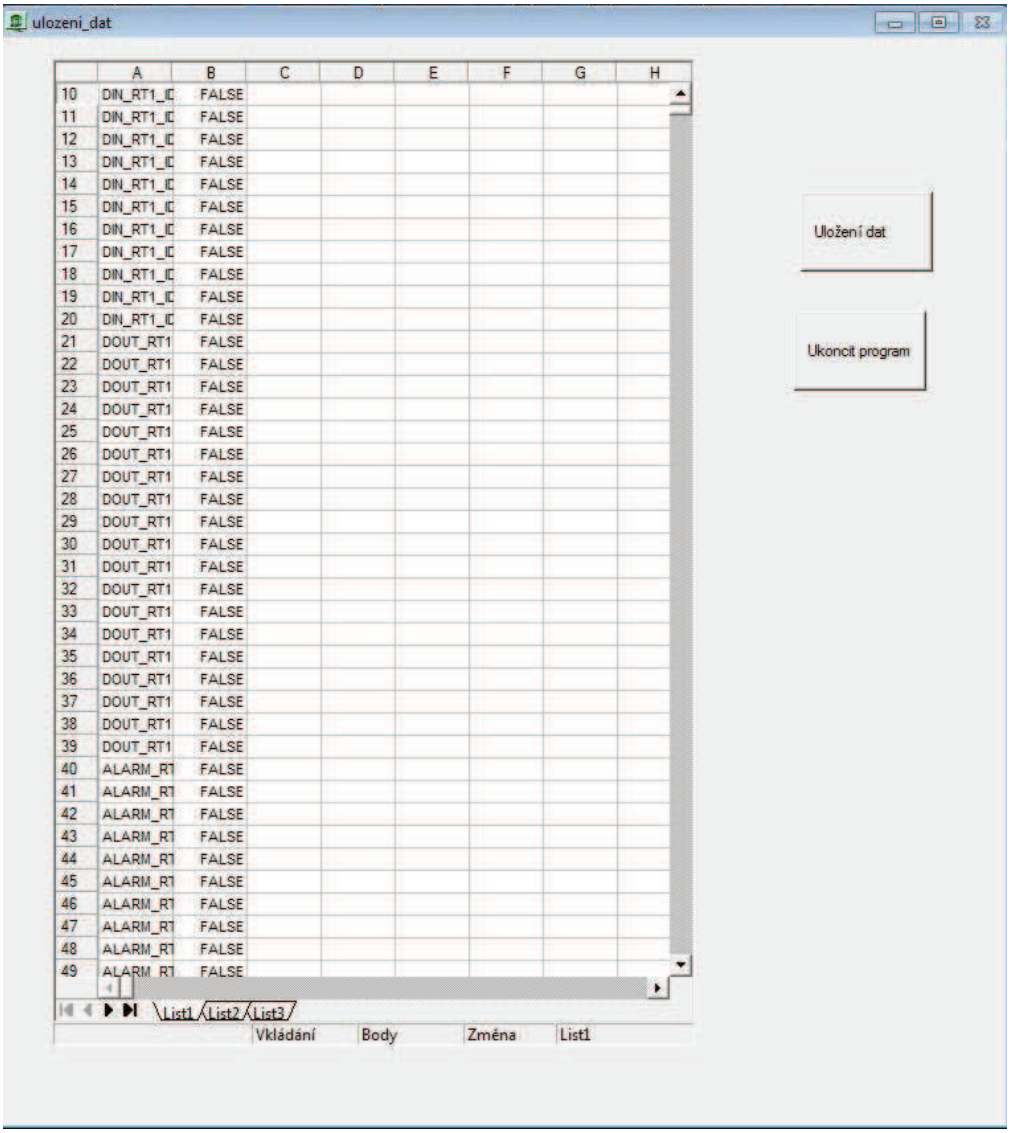
Na obr. 39 můžete vidět grafické zobrazení programu na uložení dat. Do sloupce B jsou pravidelně načítány hodnoty s periodou 1 sekunda. Pro zobrazovaní hodnot byl vytvořen soubor promenne.tbw v editoru InCalc, který slouží jako šablona pro zobrazení názvů proměnných v tomto programu.

Zdrojový kód tabulky:

```
activity
  period = 1;
end_activity;
gui
  owner = backpane;
  position = 38, 17, 485, 745;
end_gui;
table_description
  table_look = container, status_bar;
  template_file = 'promenne.TBW';
end_table_description;

 VYGENEROVANÝ TEXT Z MATLABU

errors
end_errors;
```

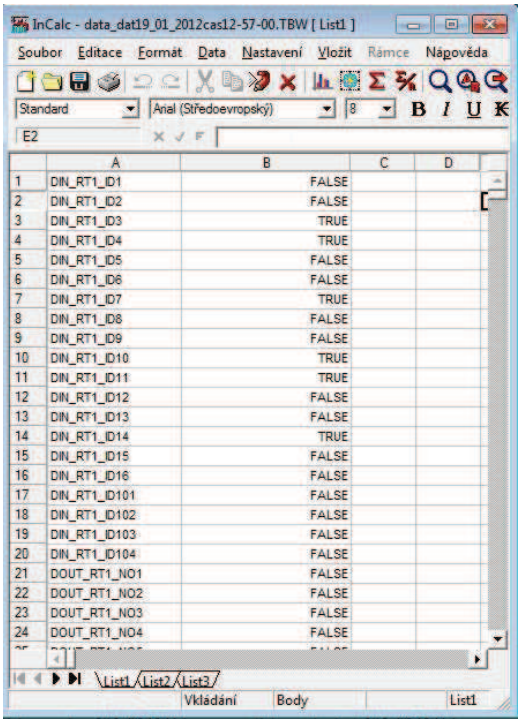


Obr. 39 Uložení dat

Button s popisem Uložení dat uloží při jeho zmáčknutí data do souboru v InCalcu a CSV souboru. Název InCalcového souboru začíná vždy data_ a potom následuje datum a čas jeho uložení. ControlWeb využívá přijímaného data a času z počítače. Tento čas je pro ukládání spíše orientační, proto setinové rozdíly operačního systému a pravého nejsou důležité.

Dalším důležitým přístrojem je *Button* s popisem ukončení programu, který obsahuje jednoduchou proceduru *OnPress* pouze s jedním příkazem system.StopApplication(). Tato procedura zajistí, že po zmáčknutí tohoto tlačítka se program zavře.

Výsledným souborem je tabulka v textovém editoru InCalc zobrazená na obr. 40.



Obr. 40 Tabulka v textovém editoru InCalc

Ukládání veličin v hlavním programu je vytvořeno obdobně, ale počet ukládaných proměnných je omezen jen na vizualizované nastavitelné proměnné, kterých je přesně 200 a přístroj *Table* je zařazen do neviditelných přístrojů. Výsledný soubor je ukládán pod názvem začínající uložení_všech_hodnot_, pak následuje vlastní řetězec znaků, které uživatel může či nemusí využít. Tento soubor je vždy zakončen datem a časem uložení.

Čas uložení

ControlWeb pracuje s časem počítače. Tento čas se dá načíst do programu pomocí *GetDate(var Yea,Month, Day, DayOfWeek)* nebo *GetTime(var Hour, Minute, Second, mSecs).* Protože s tímto časem nebo datem již nikde jinde v programu nepracuje, bylo použito procedur *TimeToString()* a *DateToString()*. Tyto procedury převedou aktuální čas do řetězce a je možné je vložit do názvu spolu s ostatním textem.

Přesný zápis zdrojového kódu pro uložení času:

```
 nazev_cas=date.TimeToString( hour, minute, second, 'HH-mm-ss'
);
 nazev_datum=date.DateToString( year, month, day, 'dd_MM_yyyy'
) ;
 nazev_soubor='dat'+nazev_datum+'cas'+nazev_cas;

table_3.SaveTable('zaloha_prubeznych_dat\Ulozeni_vsech_hodnot_
'+Nazev_souboru+'_'+nazev_soubor+'.TBW' );
```

4.2.4 Načítání hodnot

Načítání hodnot bylo vytvořeno pro hlavní program pouze pro nastavitelné hodnoty, které zde byly vizualizované. Pro načítání hodnot opět ControlWeb nabízí několik variant, včetně varianty načítání hodnot z databáze. Protože hodnoty byly ukládány do souboru InCalc, bylo vhodné pracovat s tímto souborem.

První možností pro načítání je pomocí procedury:

```
GetRealValue( Layer : any; Row : longcard; Col : any; var Value : real )
```

Př. `GetRealValue(1;1;1; XXXXX)`

Tuto proceduru je nutné vytvořit pro všechny proměnné a vložit ji k nějakému přístroji.

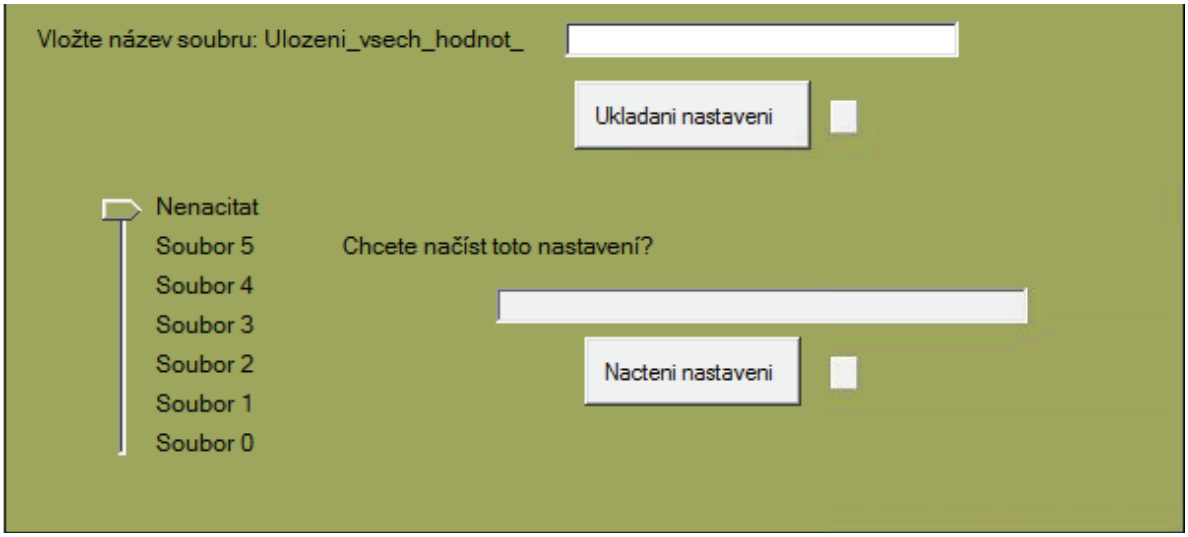
Další možností bylo upravit a vygenerovat podobný soubor v Matlabu jako pro ukládání a ten vložit do tabulky.

Příklad vygenerovaného souboru:

```
item_element
        get_data = true;
        condition = true;
        layer = 1;
        row = 1;
        column = 5;
        data_element = PC_ON_RT1;
end_item_element;

item_element
        get_data = true;
        condition = true;
        layer = 1;
        row = 2;
        column = 5;
        data_element = EN_PC_RT1;
end_item_element;
```

Pro načítání byla vytvořena banka šesti souborů. V případě načítání je nutné si tento soubor zvolit, název souboru se zobrazí v okně a poté je nutné zmáčknout tlačítko *Načtení nastavení*. Tento poměrně zdlouhavý postup je volen, aby nemohla být data přepsána náhodně či omylem při testování. Soubory 0-5 odpovídají různým druhům nastavení vyladěným pro různé výkony testovaných klimatizačních zařízení. V případě, že je aktivován soubor nenačítat, po zmáčknutí tlačítka *Načtení nastavení* se nenačte žádný ze souborů.



Obr. 41 Uložení nastavení

4.2.5 Graf

V této vizualizaci byl jedním z požadavků od SZU zobrazovat grafy. Tyto grafy jsou hlavně využívány pro rozpoznání krátkých výkyvů při měření.

Zobrazení grafů v programu ControlWeb může být prováděno dvěma různými přístroji *crt a data_viewer* . Přístroj *crt* umožňuje zobrazovat časové průběhy funkcí x(t) a y(t) vyjádřených pomocí numerických výrazů x a y do jednoho grafu.

Data_viewer je určen pro zobrazování dat uložených archivními sekcemi do databázových souborů, ale je s ním možné prohlížet také datové elementy bez vlastní historie. Proměnné jsou nejčastěji v sekcích var nebo data channel. Pro tyto datové elementy přístroj vytváří lokální datový buffer, ve kterém se uchovává určitý definovaný počet hodnot elementu. Velikost bufferu je možno nastavit v rámci definice parametrů přístroje v položce history. Tyto buffery zanikají ukončením aplikace. V ose x je zobrazován čas a v ose y je zobrazována námi požadovaná proměnná. V tomto případě teplota, procenta a vlhkost. (Osa x neznamená vertikální nebo horizontální osu.) U tohoto přístroje je možné nastavit limity na osách a také zda chceme zobrazovat mřížku v grafu.

Proměnné je pomocí *data_group* možné rozdělit do skupin. V této vizualizaci byla použita jen jedna skupina. Výhoda těchto skupin je hlavně při velkém počtu proměnných, které chcete vizualizovat. Jednotlivé proměnné lze načítat z nearchivovaných sekcí var a channel nebo také z archivovaných proměnných v databázích. U každé proměnné se definuje na jaké ose se má zobrazovat, její barva, popis a viditelnost.

group_name	title	item
'Základní veličiny'	'Základní veličiny'	⊟item

	data_element	axis_name	visible	line_width	color	mask	description	chart_type
	IAOUT_RT1_Y5	'Teplota'	true	2	black		'Požadovaná teplota chlazení'	line
	CIDLO_RT1_B4	'Teplota'	true	2	blue		'Teplota akumulace chladu'	undefined
	CID_RT1_B1	'Teplota'	true	2	green		'Teplota prostoru '	undefined
	CIDLO_RT1_B9	'Teplota'	true	2	cyan		'Teplota chlazené vody - Náběhová'	undefined
	CIDLO_RT1_B10	'Teplota'	true	2	red		'Teplota chlazené vody - Vratná'	undefined
	CIDLO_RT1_B7	'Teplota'	true	2	magenta		'Teplota za chladičem'	undefined
	CID_RT1_B8	'Vlhkost'	true	2	yellow		'Vlhkost prostoru '	line

Obr. 42 Data_group

Viditelnost je také možné nastavit pomocí procedury *SetSeriesShow*.

Př.

```
SetSeriesShow('AOUT_RT1_Y3X',false); ('AOUT_RT1_Y3X',false);
```

4.2.6 Ostatní prvky

Program

Přístroj *Program* je obsažen v každém přístroji jako systémová událostní procedura OnActivate(). Virtuální přístroj *program* byl použit pro lepší přehlednost výsledné vizualizace. Jeho programování je v OCL jazyce.

Tento přístroj byl použit hlavně pro dopočítávání složitějších rovnic, které byly v průběhu vyvíjení vizualizace upravovány.

Výpočet pro barometrický tlak:

```
if (BAR_TLAK_PB >0) then
     if (zap_bar_tlak=false) then
     tlak_vzduchu=(BAR_TLAK_PB/10)
          else tlak_vzduchu=(tlak_bar_nastaven/10) end;
               end;
```

Výpočet měrné vlhkosti:

```
if   CID_RT1_B1<0 then tlak_syte_pary_prostoru= exp(28.557-
(5951.3855/(268.78+CID_RT1_B1))) else
tlak_syte_pary_prostoru=exp(23.58-(4044.2/(235.6+CID_RT1_B1)))
end;

merna_vlhkost_prostoru=(0.622*((CID_RT1_B8/100)*tlak_syte_pary
_prostoru)/(tlak_vzduchu*1000-
((CID_RT1_B8/100)*tlak_syte_pary_prostoru))*1000);
```

Viditelnost

V tomto programu je řešena viditelnost a neviditelnost různých prvků, jejich aktivace a deaktivace v různých situacích.

Viditelnost byla řešena v různých situacích a v různých verzích vývoje rozdílně.

Zobrazování přístrojů

Většina přístrojů byla zobrazena po celou dobu a tím pádem nebylo nutné u nich nastavovat viditelnost. Rozdílem byly prvky použité při ovládání, protože při různém ovládání bylo nutné zobrazit jiné přístroje, aby uživatel mohl nastavit jen dané prvky, které se v tomto typu ovládání měly nastavovat. Celkem se jednalo o 4 různé nastavení viditelnosti pro 4 různé ovládání.

Pro jejich zobrazení bylo nejdříve použito podmínek a procedur vložených do neviditelného programu.

Procedura pro zobrazení:
Př.

```
if rizeni=3 then ozn_rosna.Hide() end;
if rizeni=3 then ozn_merna_vlhkost.Hide() end;
if rizeni=3 then ozn_relat.Show() end;
if rizeni=3 then ozn_teplota.Show() end;
if rizeni=3 then ozn_relat1.Hide() end;
```

Další možností je použít natavení *visibility* přímo u daného přístroje, jak je to zobrazeno na obr. 43. *Visibility* může mít hodnotu *true* pro zobrazování přístroje a *false* pro jeho nezobrazování. V případě, že tato kolonka není vyplněna, je automaticky brána jako *true*.

⊟gui		Vzhled přístroje
Parametr	Hodnota	Popis
owner	Komora	Vlastník přístroje
position	355, 235, 80, 23	Pozice přístroje
tab_select		Pořadí prvku v panelu, při výběru tabelátorem
gravity	none	Přitažlivost okrajů přístroje - ovlivní automaticky pozici nebo velikost přístroje v závislosti na změně velikosti v
ascend		Podmínka vynoření
descend		Podmínka ponoření
visibility	(RIZENI_SYSTEM = 0) or (RIZENI_SYSTEM = 2)	Podmínka viditelnosti
select		Podmínka výběru
access		Úrovně uživatelů s povoleným přístupem
bubble	'Požadovaná vlhkost prostoru '	Text nápovědy
⊞window		Přístroj v okně

Obr. 43 Visibility přístroje

Procedury v programovacím jazyce

ControlWeb ve svém jazyce OCL nabízí klasické programovací procedury *if, while, switch, for* a *reapeat until*. Jejich zápis je velmi podobný zápisu jako v jiných programovacích jazycích.

V této vizualizaci bylo použito hlavně procedury *if,* jejíž obecný zápis je:

```
if EXPRESSION then
                  BLOCK
                { elsif EXPRESSION then
                  BLOCK }
                [ else
                  BLOCK ]
                end
```

Příklad jeho vyžití můžete naleznout v této podkapitole při výpočtu měrné vlhkosti.

U této vizualizace bylo také použito již předdefinované podmínky condition, kterou je možné nalézt u každého přístroje v záložce *activity*. Tato podmínka plní stejnou funkci jako if, ale její zápis je v grafickém rozhraní jednodušší.

activity		Aktivita přístroje
Parametr	Hodnota	Popis
period		Perioda aktivace
period_offset		Posun periody aktivace
period_origin	start	Počátek posunu periody aktivace
timer		Jméno časovače
driver		Výjimka od ovladače
condition	c=1	Podmínka aktivace přístroje

Obr. 44 Podmínka - condition

Ve zdrojovém kódu je tato podmínka zapsána:

```
activity
  condition = c=1;
end_activity;
```

4.2.7 Instalace a aktivace ControlWebu

Control Web je určen pro běh na počítačích s 32 bitovými operačními systémy Windows.

Instalace

ControlWeb je možné instalovat po stažení souboru z internetu nebo pomocí CD-ROM s tímto systémem.

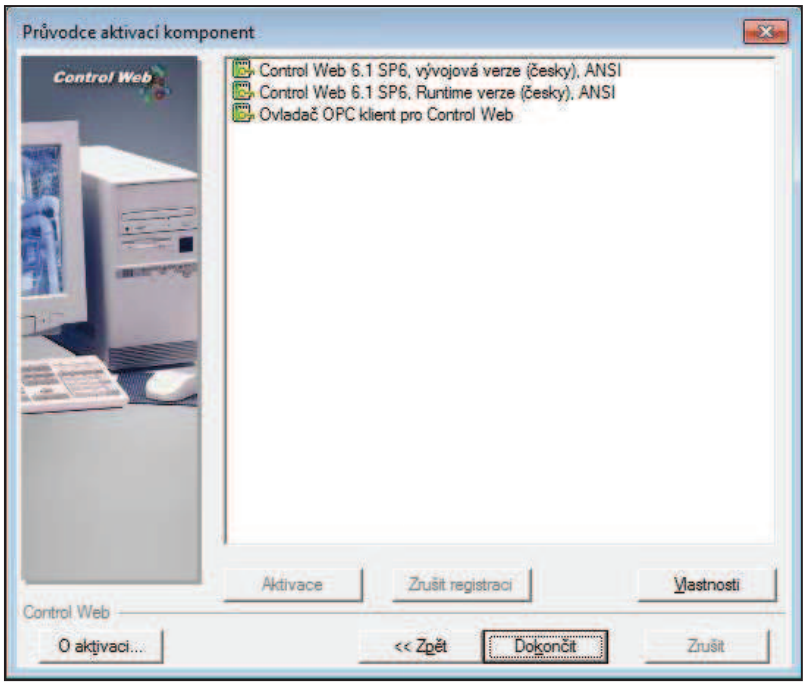
V případě CD-ROM je instalační procedura spuštěna automaticky po jeho vložení do mechaniky. Nejprve je nutné zvolit jazyk a zda má být instalována Runtime nebo vývojová verze aplikace.

Pokud si tento soubor stáhneme ze serveru, stahujeme už námi přesně určenou verzi a je zde pouze nutné ve staženém balíčku najít spustitelný (.exe) soubor. Instalace následně probíhá jako u většiny programů.

Aktivace

Pro aktivování programu ControlWeb je nutné mít platnou licenci. Tato licence je ověřována pomocí USB klíče nebo pomocí licenčního čísla.

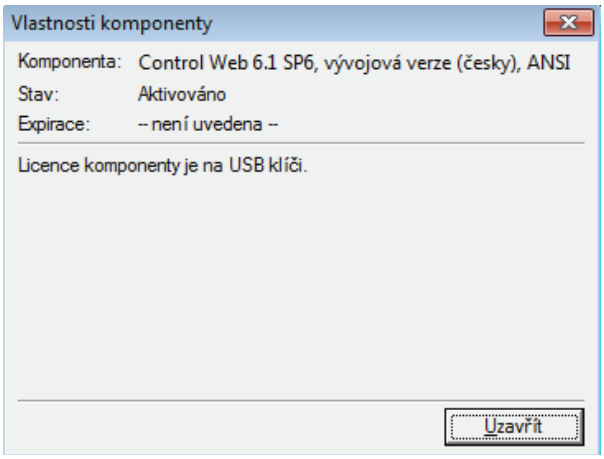
Systém ověřování pomocí licenčního čísla je stejný jako pro většinu programů. Nejdříve si nainstalujete neregistrovanou verzi, kterou při zapnutí pomocí navigace v *Průvodci aktivací komponent* zaregistrujete. Pomocí tohoto průvodce si můžeme prohlédnout i zjistit aktuální stav všech komponent systému — jaké ovladače jsou nainstalovány a zda jsou správně aktivovány (viz obr. 45).



Obr. 45 Aktivované komponenty

Další možností registrace programu je pomocí USB klíče. Klíč obsahuje jednu (nebo i více) licencí. Tento klíč v počítači umožňuje běh produktů bez jakýchkoliv omezení při zapojení USB klíče v USB portu jakékoliv počítače. Tato možnost byla vybrána pro registrování ControlWebu v Strojírenském zkušebním ústavu v Brně. Při zapojení USB klíče je nutná jeho instalace. Některé USB klíče mohou být chráněny USB PINem.

Nainstalované programy a ovladače můžeme vidět na obr. 45. V případě zmáčknutí tlačítka vlastnosti se nám zobrazí typ licence a délka platnosti aktivační licence jednotlivých prvků (viz obr. 46).



Obr. 46 Vlastnosti komponenty

Tento druh licence byl zvolen, protože v současnosti se pracuje na více projektech, ke kterým je tento program využíván a tato licence je jednoduše přenositelná pro více počítačů. Po dokončení všech projektů je plánováno ponechání pouze Runtime verze a ovladač OPC klient, která je cenově výhodnější.

4.2.8 Potenciální možnosti rozvoje projektu

Největší možností v rozvoji tohoto projektu je sdílení zkoušky přes internet či intranet. V tomto prostředí bude dostupný pro osoby provádějící zkoušku, ale také pro klienty, pro které je daný produkt testován.

ControlWeb obsahuje speciální virtuální přístroj *httpd*, který zprostředkovává prezentaci dat na internetu. Tento server, který je součástí tohoto programu, umožňuje vizualizovat a řídit proces. Prostřednictvím HTML formulářů lze nastavovat hodnoty datových elementů, spouštět libovolné přístroje v systému nebo zavolat zadané procedury.

Virtuální přístroj *httpd* nezobrazuje přímo data z technologie a nenastavuje přímo datové elementy. Vždy je nutno explicitně definovat přemapování mezi světem aplikace a vnějším světem. Neexistuje tedy možnost zobrazit nebo nastavit hodnoty aplikace z WWW klienta, pokud je tvůrce programu nepřemapuje a tím nezveřejní. Další výhodou tohoto přístroje je možnost nastavení přístupových práv. Toto by se hlavně uplatnilo při nahlížení do systému programátorem, který bude moci přeprogramovat program, technikem provádějícím zkoušku, a klientem, který pouze tento test pozoruje. Výhodou pro klienta je, že pro spuštění této aplikace není nutná žádná instalace žádné verze ControlWeb.

Posílání dat z formulářů probíhá pomocí metody POST a načítání dat z formulářů pomoci metody GET.

HTML aplikaci můžeme vytvořit pomocí celých panelů nebo jen určitých námi vybraných přístrojů. Přístroje jsou do HTML dokumentu vkládány jako obrázky. Panely jsou vkládány se všemi přístroji, které jsou v nich zaregistrované. Obrázky panelů jsou vždy vkládány do sady HTML objektů, které vytváří vzhled okna. Obrázky mohou být načítány periodicky nebo při události v HTML aplikaci, takže zobrazovaný stav může být poměrně aktuální.

Další možností rozvoje tohoto projektu jsou v omezení zobrazovaných prvků jen na ty prvky, které jsou doopravdy potřebné. Snížením počtu viditelných přístrojů se zvýší přehlednost celého programu, jeho ovládání bude o něco jednodušší i pro obsluhu nepracující denně v tomto programu.

Vada, která byla již odstraněna v průběhu řešení tohoto projektu, bylo zapisování proměnných z ControlWebu do PID regulátoru do paměti EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory).* Tato paměť umožňuje jen omezený počet zápisů (umožňuje průměrně 100 000 přepisů), což při zapisování jednou za sekundu a méně způsobuje jen velmi krátkou životnost. Proto byly nejčastěji přepisované proměnné přesunuty do paměti RAM (random-access memory). Zde mohou být přepisovány hodnoty bez omezení. Tato paměť sice při vypnutí napájení ztratí svůj obsah, ale hodnoty těchto vybraných proměnných jsou načítány automaticky, tím pádem se vždy při zapnutí načtou aktuální hodnoty.

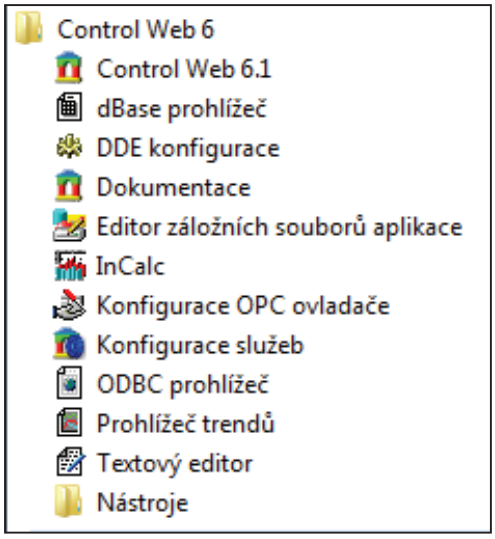
4.3 Konfigurace OPC serveru

OPC server byl pro tuto aplikaci vybrán, protože je kompatibilní s ControlWebem a současně je schopný komunikovat s různým technickým vybavením od různých firem. OPC server má v současnosti tři verze a se všemi dokáže ControlWeb pracovat.

Pro nastavení OPC serveru je nutné mít dva konfigurační soubory - mapovací a parametrický. Tyto dva soubory jsou nutné pro všechny ovladače v systému ControlWebu. Mapovací soubor je dokonce stejný pro všechny ovladače. Ke ControlWebu je spolu s ovladačem OPC dodáván i konfigurační nástroj OpcDrvCf, který celý proces tvoření souborů výrazně zjednodušuje.

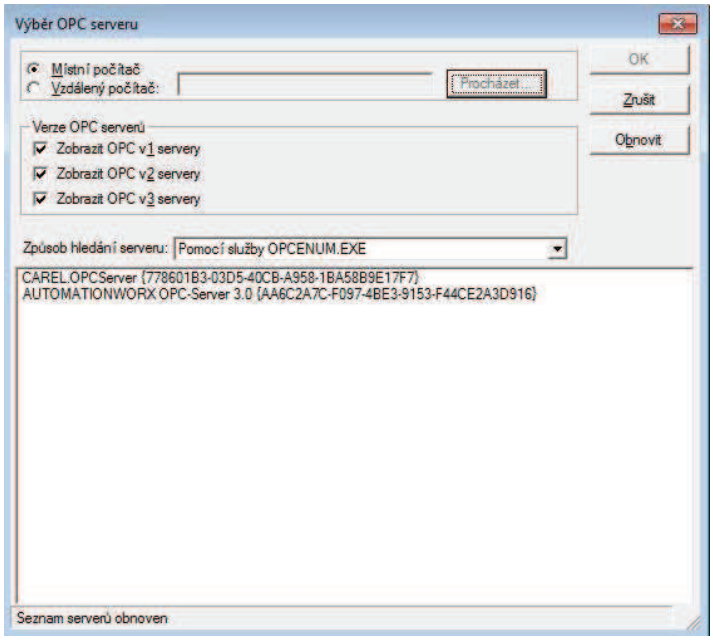
4.3.1 Konfigurace OPC serveru s nástrojem s grafickým rozhraním

Pro vytvoření těchto souborů je nejjednodušší otevřít si Konfiguraci OPC ovladače (viz obr. 47).



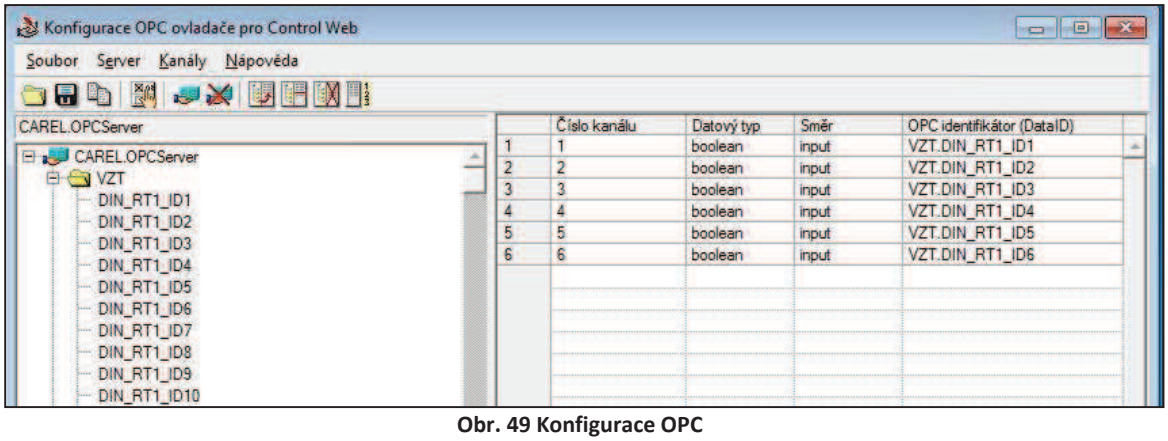
Obr. 47 Control Web 6

Na monitoru se objeví panel. V MENU, z nabídky *Server*, se vybere *Připojit k OPC serveru*. Zde se v okně zobrazí veškeré OPC servery, které jsou nainstalovány na tomto nebo vzdáleném počítači. Pro lepší orientaci si zde můžeme zvolit, v jaké verzi chceme zobrazit OPC servery, zda je chceme jen zobrazit na místním či vzdáleném počítači a jaký má být způsob jejich hledání. V tomto okně byly označen CAREL.OPCServer a potvrzeny tlačítkem OK.



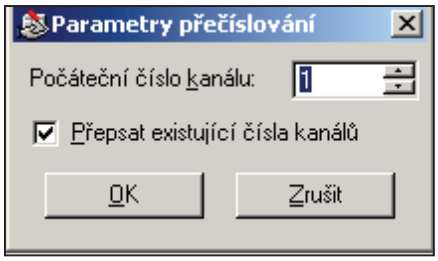
Obr. 48 OPC zobrazení kanálů

Po spojení serveru se zobrazilo v levém panelu jméno serveru a jeho struktura. Pomocí dvojkliku bylo zjištěno, zda se načetly všechny kanály včetně nově přidaných. V případě, že se všechny kanály nenačetly, bylo nutné zavřít program a otevřít ho ještě jednou. Po kontrole byly vybrány všechny kanály pomocí Alt a Shift, které označí více položek. Poté byly pomocí menu *kanály/Přidat vybrané položky* přidány položky. Pokud bychom chtěli určitý kanál smazat, můžeme použít Kanály/Smazat vybraný kanál (můžeme také označit daný řádek a stisknout klávesu Del). Pro smazání všech kanálů bylo použito Kanály/Smazat všechny kanály.



Obr. 49 Konfigurace OPC

Konfigurační nástroj se snaží pro každý přidaný řádek (kanál) získat ze serveru také údaje o typu dat a směru komunikace. Další údaj, který bylo nutné doplnit, je číslování kanálů. Toto číslování se může přidávat individuálně nebo pomocí menu Kanály/Přečíslovat kanály. V programu vizualizace klimatizace komory jsou kanály číslovány od 1. Toto zaručuje, že žádné identifikační číslo se nebude opakovat dvakrát.



Obr. 50 Číslování kanálu

Po přiřazení číselné identifikace všech kanálu, byly vygenerovány 2 soubory: parametrický a mapovací. Pomocí nástroje S*oubor/Zapsat PAR a DMF* jsou tyto soubory vygenerovány. Parametrický a mapovací byl uložen do stejné složky jako samotný program v ControlWebu. Pomocí nástroje *Soubor/Kopírovat kanály* byla do schránky uložena textová podobu zápisu kanálů v aplikaci systému ControlWeb. V textovém editoru byla smazána část VZT_ , která se opakovala u všech kanálů a tento zápis byl vložen do zdrojového kódu.

4.3.2 Připojení OPC serveru v programu ControlWeb

Pro připojení kanálů z OPC bylo nutné nadefinovat *Driver*. Zde bylo nutné uvést jméno ovladače, jméno mapovacího souboru a jméno parametrického souboru. U této vizualizace byly použity 2 OPC servery, proto bylo nutné definovat dva OPC ovladače. Z druhého ovladače (OPC_PLC) byl přiveden jen jeden kanál.

Nastavení ovladačů:

```
Driver
  OPC_Carel8    {driver    =    'opcdrv.dll';    map_file    =
'OPC_Carel8.dmf'; parameter_file = 'OPC_Carel8.par'};
  OPC_PLC {driver = 'opcdrv.dll'; map_file = 'OPC_PLC2.dmf';
parameter_file = 'OPC_PLC2.par'};
end_driver;
```

Dále bylo nutné definovat všechny kanály, které jsme měli uložené v textovém editoru.

```
channel {driver = OPC_Carel8}
……
T_FI_DF : integer {init_value = 0; driver_index = 573;
direction = bidirectional};
T_FI_VODA : integer {init_value = 0; driver_index = 574;
direction = bidirectional};
BAR_TLAK_PB : shortreal {init_value = 0; driver = OPC_PLC;
driver_index = 1; direction = bidirectional};
end channel;
```

Protože tento program používal dva ovladače, bylo nutné u proměnné z druhého kanálu OPC_PLC upravit vygenerovaný textový editor při konfiguraci OPC ovladače přidáním driver = OPC_PLC, jak můžete vidět ve zdrojovém kódu výše.

V celé vizualizaci bylo osmkrát generováno nastavení OPC serveru díky velkým změnám proměnných. Celkový počet kanálů je 575 přivedených ze dvou různých OPC serverů.

5 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření vizualizace pro ovládání, zobrazení a záznam dat ze vzduchotechnické jednotky provozované Strojírenským zkušebním ústavem, s.p.. Strojírenský zkušební ústav je akreditovaná zkušební a certifikační organizace, proto je pro ni velmi důležitá přesnost a spolehlivost všech prvků.

Vzduchotechnická jednotka je využívána pro testování klimatizačních zařízení, ventilátorů, tepelných čerpadel, čističek vzduchu a vzduchotechnického potrubí. Tato jednotka se skládá z kabiny 1, kabiny 2, klimatizační jednotky, technologie přímý výpar a technologie chlazení glykolem. Na střeše kabiny 1 je umístěna klimatizační jednotka skládající se z chladiče, ventilátorů, ohřívače a zvlhčovače. K regulaci komory je použito šesti PID regulátorů - regulátor topení, chlazení, vlhčení, odvlhčení, limitu náběhové vody a regulátor odvlhčení za chladičem. Všechny regulátory byly dodány firmou CAREL. Jako grafický terminál pro ruční nastavení byl použit čtyř řádkový LED displej PGD 0 od stejné společnosti.

Právě tento malý a nepřehledný displej jsem nahradila Run time aplikací vytvořenou v programu ControlWeb 6, která je uživatelsky přívětivější a obsahuje i mnoho dalších potřebných funkcí. Tato aplikace umožňuje jednoduché ovládání včetně různých výpočtů zadávaných veličin, dále pak přehledné monitorování s možností zobrazení grafů s volbou zobrazovaných proměnných. Další funkcí této aplikace je možnost načítaní a ukládání všech potřebných veličin, čímž se výrazně ulehčí práce při nastavování prvků zkušebny při různých normalizovaných testech.

Výsledná vizualizace obsahuje 1809 různých objektů a její zdrojový kód je na 23 386 řádcích. Při její tvorbě bylo pracováno v grafickém vývojovém prostředí a v prostředí zdrojového kódu. K vytvoření této aplikace byly použity zobrazovací binární přístroje, zobrazovací přístroje pro analogové a integer proměnné, přístroje pro řízení a ovládaní binárních, integer a analogových proměnných. Dále pro lepší orientaci v programu byly použity přístroje pro popis a pro grafické zobrazení. Pro funkci ukládání a načítání hodnot byl vytvořen program v Matlabu, který vygeneroval zdrojový kód. Tento kód byl vložen do vývojového prostředí programu ControlWeb. Výsledná aplikace obsahuje i dva přístroje typu *Data_viewer* pro zobrazení grafů. Celá aplikace byla vytvářena jako uživatelsky přívětivá, proto byla řešena i viditelnost prvků. Jako součást tohoto projektu byla také vytvořena další samostatná aplikace pro ukládání veškerých dat.

Komunikace mezi regulací komory a ControlWebem je zajištěna pomocí OPC serveru. Díky změnám v přiváděných proměnných bylo nutné tento server osmkrát přenastavit. Celkový počet přiváděných kanálu je 575. Tento program pracuje se dvěma různými OPC servery.

Práce na tomto projektu probíhala převážně pomocí připojení přes vzdálenou plochu. Celkovou tvorbu vizualizace prodlužovala nedostatečná dokumentace a nepřesné požadavky na výslednou aplikaci, což je u tvoření takového projektu velmi důležité, a proto byla vizualizace několikrát upravována.

Tato aplikace je v současnosti již aktivně používána firmou Strojírenský zkušební ústav, s.p.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] IVAN ŠVARC. ZÁKLADY AUTOMATIZACE: Učební texty pro kombinovanou formu bakalářského studia [online]. [cit. 2012-03-20].

[2] Logické řízení. [online]. s. 65 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a4-603/opory/elr.pdf

[3] MICROSYS. MICROSYS: PROMOTIC [online]. [cit. 2012-03-20].

[4] SVOBODA, Tomáš. Průmyslová automatizace s využitím OPC. Praha, 2003. Dostupné z: http://support.dce.felk.cvut.cz/mediawiki/images/9/91/Dp_2003_svoboda_tomas.pdf. Diplomová práce. ČVUT v Praze.

[5] OPC v průmyslové komunikaci. Automa: časopis pro automatizační techniku [online]. Praha: FCC Public, 2004, 4., č. 6, s. 6 [cit. 2012-03-20]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32378

[6] VLČEK, Jiří. Moderní elektronika. 1. vyd. Praha: Ben, 2003. ISBN 8594011421555.

[7] PI regulátor. VSB [online]. Ostrava [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat430/old/Studium/Materialy/TPREP/PI.pdf

[8] PD regulátor. [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.352.vsb.cz/uc_texty/synteza/text02c3.htm

[9] STANĚK, Viktor. Porovnávací studie PID a PSD regulátorů: Comparative study of PID and PSD Controllers. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18114. Bakalářská práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Petr Pivońka.

[10] PIVOŇKA, Petr. Vyšší formy řízení [online]. Brno, 2003 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.kves.uniza.sk/kvesnew/dokumenty/%C5%A1ep/PID%20Control/VFR03.pdf

[11] Moderní metody nastavení PID regulátoru: Procesy s přechodovou charakteristikou typu "S'. Automa: časopis pro automatizační techniku. Praha: FCC Public, 2000, 1., 9., s. 4. ISSN 1210-9592. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/download/au090054.pdf

[12] Ústav mechatroniky a technické informatiky: Technická univerzita v Liberci [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.mti.tul.cz/

[13] VAVRUŠA, Svatomír. ŘÍZENÍ SPOJITÝCH SYSTÉMŮ S DOPRAVNÍM ZPOŽDĚNÍM RŮZNÝMI METODAMI. Zlín, 2006. Dostupné z: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/590/vavru%c5%a1a_2006_dp.pdf?sequence=1. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Petr Dostál.

[14] CIUR A.S. *PCO systém*: *Souhrnný manuál -Uživatelská příručka*. CIUR a.s., 2007, 88 s.

[15] SCHWARZER, Jan. Teorie vlhkého vzduchu (III): Základní úpravy vlhkého vzduchu. TZB [online]. 2006[cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/3382-teorie-vlhkeho-vzduchu-iii

[16] BEČVÁŘ, Jaroslav. Klimatizace učeben a kanceláří. Brno, 2008. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5898. Diplomová práce. VUT v Brně.

[17] Moravské přístroje: Neomezený prostor pro Vaše aplikace [online]. 17.2. 2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.mii.cz/

[18] National Instruments [online]. 2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.ni.com/labview/whatis/

[19] DEWEsoft: mesurement innovation [online]. 2000, 2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.dewesoft.com/

[20] KREIDL, M.; Šmíd, R.. Technická diagnostika. 1. vyd. Praha, 2006. 408 stran. ISBN 80-7300-158-6.

[21] Wonderware [online]. 2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://global.wonderware.com/EN/Pages/default.aspx

[22] Schneider Electric [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/ww/

[23] BRANISLAV LACKO, LADISLAV MAIXNER, PAVEL BENEŠ, LADISLAV ŠMEJKAL. Automatizace a automatizační technika: systemové pojetí automatizace 1., vyd. Praha :Computer Press,2000. 1. vyd. 97 s. ISBN 80-7226-246-7

[24] ZEZULKA, František, Petr FIEDLER a Zdenek BRADÁČ. Prostředky průmyslové automatizace [online]. Brno, 2002 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://files.gamepub.sk/Bakalar/ET1/Prostredky_prumyslove_automatizace.pdf

[25] KADLEC, K. Měřicí a řídicí technika pro FPBT: POČÍTAČOVÉ ŘÍZENÍ. [online]. s. 5 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://web.vscht.cz/kadleck/archiv/mrt_fpbt/prednasky/12-FPBT06-PC.pdf

[26] CORAL S.R.O. CORAL: Computer research algorithm [online]. Hradec Králové, 2007 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://www.coral.cz/cs

[27] VDOLEČEK, František. TECHNICKÁ MĚŘENÍ: Text pro podporu výuky v kombinovaném studiu. Brno, 2012. Dostupné z: http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/ETC.pdf

[28] Měření vlhkosti vzduchu. s. 26. Dostupné z: http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34SES/cviceni/Navody%20na%20cviceni/07.Mereni%20vlhkosti.pdf

[29] CAREL [online]. [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: http://www.carel.com/carelcom/web/eng/home.jsp

[30] CHUDÝ, Vladimír. Meranie technických veličín. 1. vyd. Bratislava: STU, 1999, 689 s. ISBN 80-227-1275-2.

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Seznam obrázků

Obr. 1 Pyramida řízení [25] 18
Obr. 2 Regulační systém [1] 23
Obr. 3 Diskrétní řídící obvod [1] 24
Obr. 4 Regulátor [1] 25
Obr. 5 Ústřední člen [1] 25
Obr. 6 Zapojení P regulátoru [1] 25
Obr. 7 Zapojení I regulátoru [1] 26
Obr. 8 Zapojení D regulátoru [1] 27
Obr. 9 Zapojení PI regulátoru [1] 28
Obr. 10 Zapojení PD regulátoru [8] 28
Obr. 11 Zapojení PID regulátoru [1] 29
Obr. 12 Schéma polohového PSD regulátoru [9] 30
Obr. 13 Závislost výstupu na vstupu 33
Obr. 14 Přístup k zařízení za použití OPC serveru a ovladačů [6] 34
Obr. 15 Architektura OPC klient/OPC server [5] 35
Obr. 16 CotrolWeb- Elektrárna Tři chaloupky [17] 37
Obr. 17 Labview přední panel [18] 38
Obr. 18 Labview blokový diagram [18] 38
Obr. 19 DewSoft - údaje o silničním zatížení [19] 39
Obr. 20 Rozložení chyb [27] 46
Obr. 21 Hierarchie měřicích zařízení [27] 47
Obr. 22 Návrh klimatizační jednotky dle SZÚ 52
Obr. 23 Klimatizační jednotka – nárys 53
Obr. 24 Regulátor pCO3 [14] 54
Obr. 25 Displej PGD 0 [28] 55
Obr. 26 Tswitch 56
Obr. 27 Komora 56
Obr. 28 Zjednodušený model komory 57
Obr. 29 Grafy 58
Obr. 30 Technologie 58
Obr. 31 Nastavení regulace/limity 59
Obr. 32 Nastavení PID 59
Obr. 33 Informace/Poruchy 60
Obr. 34 Binární zobrazovače 61
Obr. 35 Nastavení přístroje *indicator* v grafickém rozhraní 62
Obr. 36 Nastavení vs. zobrazení binárních členů 64
Obr. 37 Přístroj Control- Vertial potenciometer vlevo, vpravo 5 přístrojů Button 65

Obr. 38 Vertical-pipe, Knee_left_up_down a Box -interior_and_border 65
Obr. 39 Uložení dat 68
Obr. 40 Tabulka v textovém editoru InCalc 69
Obr. 41 Uložení nastavení 71
Obr. 42 Data_group 71
Obr. 43 Visibility přístroje 73
Obr. 44 Podmínka - condition 74
Obr. 45 Aktivované komponenty 75
Obr. 46 Vlastnosti komponenty 75
Obr. 47 Control Web 6 77
Obr. 48 OPC zobrazení kanálů 78
Obr. 49 Konfigurace OPC 78
Obr. 50 Číslování kanálu 79

Seznam grafů

Graf 1 Důvody pro zavedení automatizace 18
Graf 2 Typy řízení podle stupně automatizace [1] 19
Graf 3 Typy řízení dle spotřeby energie [1] 19
Graf 4 Typy řízení podle zpětné vazby [1] 20
Graf 5 Dělení dle použitého systému [1] 20
Graf 6 Typy automatického řízení podle technického řešení [1] 21
Graf 7 Rozdělení logických obvodů dle závislosti výstupních na vstupních hodnotách 22
Graf 8 Základní rozdělení logických obvodů [2] 22
Graf 9 Metody nastavení PID regulátoru [10] 30
Graf 10 PLC programovací jazyky [1] 33
Graf 11 Prvky klimatizačního zařízení [16] 40
Graf 12 Zobrazení ohřevu v Moliérově diagramu [15] 42
Graf 13 Chlazení v Molliérově diagramu [15] 43
Graf 14 Vlhčení vzduchu v Molliérově diagramu [15] 43
Graf 15 Míšení vzduchu v Molliérově diagramu [15] 44
Graf 16 Přímé metody 45
Graf 17 Přístroje na měření tlaku 50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Charakteristiky P regulátoru [1] 26
Tabulka 2 Charakteristiky I regulátoru [1] 27
Tabulka 3 Charakteristika D regulátoru [1] 27
Tabulka 4 Charakteristika PI regulátoru [1] 28
Tabulka 5 Charakteristika PD regulátoru 29
Tabulka 6 Charakteristika PID regulátoru [1] 29
Tabulka 7 Seřízení kritických hodnot regulátoru [1] 32
Tabulka 8 Nastavení pomocí Cohen- Coonové metody [13] 32
Tabulka 9 Termomechanické terminologie související se vzduchotechnikou [15] 42
Tabulka 10 Výpočet chyb [27] 46
Tabulka 11 Výpočet směrodatné odchylky [30] 47

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Seznam zkratek

COM	Component Object Model	
CSV	Comma-separated values	Hodnoty odděleny čárkami
CW		ControlWeb
D	Derivative controller	Derivační regulátor
DCOM	Distributed Component Object Model	
DSN	Data Source Name	
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	Elektricky mazatelná nevolatilní paměť
FA	Fresh air	Čerstvý vzduch
FBD	Function Block Diagram	Jazyk funkčního blokového schématu
HMI	Human machine interface	Uživatelské rozhraní
HTML	Hyper Text Markup Language	
I	Integral controller	Integrační regulátor
IL	Instracture list	Jazyk seznamu instrukcí
LAN	Local Area Network	Lokální síť
LCD	Liquid crystal display	Displej z tekutých krystalů
LD	Ladder diagram	Jazyk příčkového diagramu
LED	Light-Emitting Diode	Dioda emitující světlo
MDS	MicrosoftDatabase	
OCL	Object Constraint Language	
OPC	Ole for Process Control	
P	Proportional controller	Proporcionální regulátor
PA		Programovatelný automat
PD	Proportional–derivative controller	Proporcionálně-derivační regulátor
PI	Proportional–integral controller	Proporcionálně-integrační regulátor
PID	Proportional–integral–derivative controller	Proporcionálně-integračně-derivační regulátor
PLC	Programmable logic control	Programovatelný logický automat
PSD		Číslicový regulátor
RAM	Random-access memory	Paměť s přímým přístupem
SA		Přívodní vzduch
SCADA	Supervisory control and data acquisition	Dispečerské řízení a sběr dat
SFC	Sequential Function Chart	Jazyk sekvenčního funkčního diagramu
ST	Structured text	Jazyk strukturovaného textu
SZÚ		Strojírenský zkušební ústav
USB	Universal Serial Bus	

Seznam veličin

ω_v	[Hz]	Vzorkovací frekvence
T	[s]	Vzorkovací perioda
$e(t)$	[-]	Regulační odchylka
$u(t)$	[-]	Akční veličina
$y(t)$	[-]	Regulovaná veličina
$v(t)$	[-]	Poruchová veličina
$w(t)$	[-]	Řídící veličina
r_{0k}	[-]	Kritické zesílení
T_k	[s]	Kritická perioda
Φ	[%]	Relativní vlhkost
X	[kg/kg$_A$]	Měrná vlhkost vzduchu
t_{DP}	[°C]	Teplota rosného bodu
t_m	[°C]	Teplota mokrého teploměru
ρ	[kg/m^3]	Hustota vlhkého vzduchu
Q_{oh}	[J]	Teplo ohřevu (tepelná energie ohřevu)
M	[kg]	Hmotnost
Δh	[g/m^3]	Absolutní vlhkost
t_{sm}	[°C]	Teplota po smíšení
$F_{(t)}$	[%]	Pravděpodobnost poruchy
$R_{(t)}$	[%]	Pravděpodobnost bezporuchového chodu
λ	[h^{-1}]	Intenzita poruch
$\Delta(x)_{dov}$	[-]	Dovolená přesnost
C	[-]	Citlivost
T_p	[-]	Třída přesnosti
Δmax	[-]	Maximální přípustná chyba
t_z	[rok]	Životnost
$G_r(s)$	[s]	Přenos
T_i	[s]	Integrační časová konstanta
T_d	[s]	Derivační časová konstanta
T_{ik}	[s]	Kritická integrační časová konstanta
t_{sm}	[°C]	Teplota směsi
x_{sm}	[kg/kg$_A$]	Měrná vlhkost směsi
x	[kg/kg $_A$]	Měrná vlhkost
x_m	[kg/kg$_A$]	Měřená hodnota
x_s	[kg/kg$_A$]	Správná hodnota
R_{min}	[%]	Minimální pravděpodobnost bezporuchového stavu
h	[mm]	Výška rozdílu hladin

SEZNAM PŘÍLOH

1. Moliérův diagram
2. Výkres vzduchotechnické jednotky
3. Možné zapojení pCO3
4. Vizualizace - Komora
5. Vizualizace - Grafy
6. Vizualizace - Technologie
7. Vizualizace - Nastavení regulace, limity
8. Vizualizace - Nastavení PID
9. Vizualizace - Informace/Poruchy