


Optimalizace řízení akumulace tepla v horkovodní soustavě Olomouc

Optimizing Control Accumulation of Heat in the Hot Water System
Olomouc

Bc. Tomáš Vlach

Diplomová práce
2013

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Vlach**
Osobní číslo: **A11513**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace řízení akumulace tepla v horkovodní soustavě Olomouc**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Navrhněte aplikační modul v dispečerském systému D2000 na řízení akumulace tepla.
3. Vytvořte vizuální a prezentační rozhraní pro sledování a dálkové ovládání zkratu.
4. Zajistěte ukládání měřených dat do databáze a jejich zobrazení v grafu.
5. Zpracujte manuál pro uživatele aplikačního modulu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. PLC a automatizace: 1.díl – Základní pojmy, úvod do programování. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009. ISBN 978-80-86056-58-9.
2. MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty III : softwarové vybavení. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02804-6.
3. IPESOFT SPOL. S.R.O. D2000 Online referenčná príručka: Konfigurácia systému D2000 V8.0.
4. BALÁTĚ, Jaroslav. Automatické řízení. 2. aktualizované vydání. Is.I.J : BEN, 2004. 664 s. ISBN 978-80-7300-148-3.
5. DOSTÁLEK, Libor a Alena KABELOVÁ. Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS. 1.dotisk 5.aktualizovaného vydání. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-2236-5.
6. KOZIOREK, Jiří, Jiří KOCIÁN, Libor CHROMČÁK a Tomáš LÁRYŠ. Distribuované systémy řízení. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2599-1. Dostupné z: www.person.vsb.cz/archivcd/FEI/DSR/Distribuovane%20systemy.pdf. Učební text. VŠB-TU Ostrava.
7. HRUŠKA, František. Projektování řídicích a informačních systémů [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010 [cit. 2013-02-02]. ISBN 978-80-7318-979-2. Dostupné z: https://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/18584/Skripta_PRIS.pdf?sequence=1

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Konzultant:

Ing. Richard Čemeš

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

22. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

22. května 2013

Ve Zlíně dne 22. února 2013


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. Mgr. Román Jašek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem a vytvořením modulu v dispečerském systému D2000 pro efektivní řízení technologie akumulace tepla v horkovodní soustavě města Olomouce. Cílem práce je popis postupného vytvoření operátorského prostředí pro dálkové řízení a monitorování technologie akumulace tepla. Za pomoci měřených bodů a dalších vytvořených objektů v dispečerském systému jsou prováděny výpočty, které slouží k efektivnímu řízení technologie akumulace tepla. Efektivita řízení spočívá v automatickém výpočtu a chodu systému akumulace tepla. Měřená a vypočtená data jsou ukládána do archivní databáze pro následné zpracování v grafické nebo tabulkové formě. Celé vizualizační prostředí je vytvořeno pomocí moderního SCADA/HMI software firmy Ipesoft s názvem D2000 Actis. Vytvořený modul pro řízení systému akumulace tepla je sestaven k následnému využívání provozovatelem horkovodní sítě v Olomouci.

Klíčová slova: SCADA/HMI, Vizualizace, Akumulace tepla, Měřený bod, D2000, Programovatelný automat

ABSTRACT

The work deals with the proposal and creation of a module in the dispatcher system D2000 for an effective control of the heat accumulation technology in the hot-water system in the city of Olomouc. The aim of this work is a description of a gradual creation of operators environment for distant control and monitoring of heat accumulation technology. By means of measured points and other created objects in the dispatcher system the calculations are carried out. These serve for an effective control of accumulation heat technology. The effectivity of the control is based on an automatic calculation and operation of the heat accumulation system. The measured and calculated data are saved in the archive database for consequent processing in a graphic or chart form. The overall visualization environment is created with the help of a modern SCADA/HMI software (Ipesoft company) called D2000 Actis. The created module for the control of heat accumulation system is formed to be subsequently used by the operator of the hot-water network in Olomouc.

Keywords: SCADA/HMI, Visualization, Accumulation of heat, Measured point, D2000, Programmable logic controller

Poděkování, motto

Chci poděkovat rodině za podporu při studiu, dále chci poděkovat vedoucímu práce Ing. Tomáši Sysalovi, Ph. D, za odborné vedení při psaní této práce. Děkuji také konzultantům Ing. Richardu Čemešovi a Ing. Michalu Ďuračikovi za odbornou a technickou pomoc.

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SYSTÉM CENTRALIZOVANÉHO ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM	12
1.1 ZDROJE TEPLA.....	12
1.1.1 Primární výměňkové a předávací stanice	13
1.2 ROZVODY TEPLA	13
1.3 SPOTŘEBITELSKÉ PŘEDÁVACÍ STANICE.....	14
2 ROZVOJ AUTOMATIZAČNÍCH A INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ	16
3 INTEGRACE A DISTRIBUOVANOST	17
3.1 INTEGROVANÉ SYSTÉMY.....	17
3.2 DISTRIBUOVANÉ SYSTÉMY.....	18
4 POČÍTAČOVĚ ŘÍZENÁ VÝROBA	19
5 PROCESNÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKA.....	22
5.1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY	22
5.2 PROCESNÍ MIKROPOČÍTAČE.....	24
5.3 PRŮMYSLOVÉ PERSONÁLNÍ POČÍTAČE	25
5.4 PERSONÁLNÍ POČÍTAČE.....	26
6 OPERÁTORSKÁ ROZHŘANÍ.....	27
7 PROPOJOVACÍ PROSTŘEDKY A PŘENOS INFORMACÍ	29
7.1 MODEL ISO-OSI.....	29
7.1.1 Fyzická vrstva (physical layer)	30
7.1.1.1 Kódování bitů.....	32
7.1.2 Linková vrstva (data link layer)	32
7.1.2.1 Asynchronní přenos.....	33
7.1.2.2 Synchronní přenos	33
7.1.2.3 Detekce a korekce chyb	34
7.1.2.4 Přístup ke komunikačnímu médiu	35
7.1.3 Síťová vrstva (network layer)	37
7.1.4 Transportní vrstva (transport layer)	38
7.1.5 Relační vrstva (session layer).....	38
7.1.6 Prezenční vrstva (presentation layer).....	39
7.1.7 Aplikační vrstva (application layer)	39
7.2 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE A KOMUNIKAČNÍ PROTOKOLY.....	39
7.2.1 RS 232.....	39
7.2.2 RS 422.....	40
7.2.3 RS 423.....	41
7.2.4 RS 485.....	41
7.2.5 USB.....	42
7.2.6 LonWorks.....	44
7.2.7 AS-i.....	44
7.2.8 M-BUS.....	45
7.2.8.1 Fyzická vrstva	46
7.2.8.2 Linková vrstva.....	46

7.2.8.3	Síťová vrstva	47
7.2.8.4	Aplikační vrstva	47
7.2.9	Profibus	47
7.2.9.1	Fyzická vrstva	48
7.2.9.2	Linková vrstva.....	48
7.2.9.3	Aplikační vrstva	49
7.2.10	Ethernet.....	49
7.2.10.1	Fyzická vrstva	50
7.2.10.2	Linková vrstva.....	50
7.2.10.3	Popis sítě	51
7.2.11	Průmyslový Ethernet	51
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	53
8	VÝZNAM AKUMULACE TEPLA A POPIS KOMPONENTŮ.....	54
8.1	KOMPONENTY ŘÍZENÍ, MĚŘENÍ A AKČNÍ ČLENY	54
8.2	PŘENOS DAT A KOMUNIKAČNÍ SERVER	56
8.3	D2000 ACTIS	57
8.3.1	Licencování produktu D2000.....	59
9	FILOZOFIE VÝPOČTŮ	60
10	VYTVOŘENÍ APLIKACE.....	65
10.1	CNF	65
10.1.1	Komunikace s I/O zařízeními.....	66
10.1.1.1	Komunikační proces	67
10.1.1.2	Linka	67
10.1.1.3	Stanice.....	68
10.1.1.4	Měřený bod	70
10.1.2	Vytvoření počítaného bodu.....	70
10.1.3	Event	73
10.1.3.1	ESL Editor.....	75
10.1.4	Archivace objektů.....	78
10.2	VYTVOŘENÍ GRAFICKÉHO OKNA	80
10.3	PROCES HI (HUMAN INTERFACE).....	85
10.3.1	Konfigurace grafu.....	87
11	OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ	93
12	MANUÁL PRO UŽIVATELE VIZUALIZAČNÍHO SCHÉMATU.....	95
	ZÁVĚR	99
	CONCLUSION.....	100
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	101
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	103
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	105
	SEZNAM TABULEK	107
	SEZNAM PŘÍLOH	108

ÚVOD

Ekonomika každého státu do jisté míry závisí na zvládnutí a využití výsledků rozvoje vědy a techniky. V současné době jsou jedním z hlavních rozvojových oborů informatika a automatizace. Tyto obory zajišťují zvyšování efektivity nejen podnikových procesů, ale i práce a výroby. Dále tyto obory mohou napomáhat ke snižování zatížení životního prostředí. Vývoj řídicích a informačních systémů společně ústí do jednoho oboru nazývaného systém informatiky a automatizace nebo také systém integrované automatizace (SIA).

Vývoj informační technologie stejně jako vývoj automatizace lze demonstrovat na vývoji technických prostředků a metod pro provádění zpracování, třídění a archivaci dat, výsledků výpočtů a jejich další transformace na informace. Integrovaná automatizace si klade za cíl automatizovat postupy a procesy pomocí decentralizovaných podsystémů automatizace a přenos informací do jednoho systému za pomoci propojení komunikačními sítěmi. Takto lze zajistit efektivnost a kvalitu řešení a snadno se tak aplikuje automatizace i do nevýrobních oblastí. Základním významem pro vybudování systému integrované automatizace je dán technickými, ekonomickými a organizačními přínosy. Automatizované procesy mají několikanásobně vyšší kvalitu, ale i kvantitu produkce než proces ovládaný přímo člověkem. Neméně podstatným finančním efektem spojení informatiky a automatizace je přímé či nepřímé snižování energie, materiálů, surovin nebo různých vstupů do výrobního nebo nevýrobního procesu. Oblast zavádění informačních systémů do podnikových procesů a nevýrobní oblasti se jeví jako nutnost pro rozvoj ekonomiky podniku, ale i společnosti. Zvyšuje se kvalita a rychlost manažerských rozhodovacích procesů s ohledem na změny okolí. Při výrobních procesech lze díky správným a rychlým informacím předcházet ztrátám při pracovních operacích.

Tohoto přístupu je bezesbytku využíváno i v teplárenství, které patří mezi odvětví národního hospodářství a energetiky. Výroba tepla a jeho užití představuje velmi významnou část energetické bilance státu. Zásobování teplem v sobě zahrnuje uspokojování potřeby pro vytápění, klimatizaci, ohřev vody nebo pokrytí dodávky tepla pro technologické účely v průmyslu. Rozvoj systému integrované automatizace se velmi významným způsobem odráží ve vývoji prvků zajišťující efektivní řízení technologických procesů v teplárenství a v kvalitním a rychlém přenosu dat mezi prvky zajišťujícími komunikaci mezi různými stupni hierarchického řízení v technické praxi, systému centralizovaného zásobování teplem (SCZT) nevyjímaje. SCZT představuje jeden

z nejhospodárnějších a ekologicky velmi přijatelných systémů centralizované výroby a distribuce tepla.

Tato práce je zaměřena na vytvoření operátorského prostředí pro dálkové řízení a monitorování technologie akumulace tepla v horkovodním systému centralizovaného zásobování teplem města Olomouce. Za pomoci distribuovaného sběru dat jsou přenášena data z měřičů a technologických zařízení instalovaných v systému CZT do dispečerského systému D2000. S využitím těchto dat a dalších vytvořených objektů v dispečerském systému jsou prováděny výpočty, které slouží k optimálnějšímu a efektivnějšímu řízení technologie akumulace tepla. Efektivita spočívá v automatickém výpočtu a řízení systému akumulace tepla.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SYSTÉM CENTRALIZOVANÉHO ZÁSBOVÁNÍ TEPEM

System centralizovaného zásobování teplem (SCZT) je systém dodávky tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, případně dodávku tepla pro technologické účely. Příprava tepla v podobě teplé vody nebo páry je připravována centrálně ve vzdáleném zdroji. Teplonosné médium je poté rozváděno teplárenskými sítěmi k odběratelům do větších či menších územních nebo technologických celků, jako jsou sídliště, průmyslové zóny nebo jednotlivé předávací stanice v samostatných objektech.

SCZT lze rozdělit do 3 stupňů [10]:

- Zdroj tepla.
- Tepelný napáječ a rozvodná tepelná síť.
- Předávací odběratelské stanice.

System centralizovaného zásobování má, jako každý systém (zdroj), své výhody i nevýhody.

Mezi nesporné výhody patří zejména bezpečné umístění mimo obytné objekty, úplná bezobslužnost pro koncového uživatele, minimalizování ztrát při nabíhání samostatných technologií a také jeden zdroj emisí, který se lépe kontroluje a minimalizuje. Stinnou stránkou tohoto způsobu rozvodu tepla jsou vyšší ztráty při přenosu od tepelného zdroje ke koncovému uživateli (do předávací stanice), které se promítají do koncové ceny tepla. Další nevýhodou v případě poruchy zdroje tepla nebo tepelné rozvodné sítě je větší počet dotčených lidí, než v případě výpadku lokálního zdroje. Tato nevýhoda je potlačována u tepelných sítí jejich zokruhování, u tepelného zdroje se tento problém řeší zálohováním zdroje tepla nebo jeho částí.

1.1 Zdroje tepla

Podle stupně využití lze rozdělit zdroje tepla na základní a špičkový zdroj. Základní zdroj dodává teplo do SCZT v průběhu celého roku, špičkový zdroj slouží pro krátkodobé pokrytí potřeby tepla při výkonových špičkách nebo případně v letních měsících, kdy není potřeba tepla vysoká, k záložnímu zásobování v případě plánované údržbové odstávky základního zdroje. Podle charakteru lze zdroje tepla rozdělit [10]:

- Výtopny - zařízení s parními, horkovodními nebo teplovodními kotli.
- Teplárny -

- a) pracující v parním cyklu (parní teplárny) s protitlakovými nebo odběrovými kondenzačními turbínami.
 - b) pracující v plynovém cyklu - teplárny pracující se spalovacími turbínami nebo spalovacími motory.
- Paroplynová soustrojí – teplárny pracující v kombinovaném cyklu, tj. spalovací turbína-parní kotel-parní turbína.
 - Zařízení na využití odpadního tepla – spalínové kotle za technologickými agregáty, využívající odpadní teplo spalin, horké vody nebo citelného tepla materiálu.

Teplu z těchto zdrojů je zapojeno do systému centralizovaného zásobování teplem. Za účelem kvalitnějšího a optimálního využití primárních zdrojů energie, zejména paliv se využívá tzv. kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET).

1.1.1 Primární výměňkové a předávací stanice

Prostředníkem mezi zdrojem tepla a tepelnou rozvodnou sítí je primární předávací stanice. Ta je umístěna v objektu zdroje tepla, tj. ve výtopně nebo teplárně. Jednotlivé části vybavení primární předávací stanice jsou závislé na druhu tepelného média, kterým se teplo tepelnou sítí dopravuje [10].

Tyto druhy lze rozdělit:

- Parní systémy – nositelem energie je pára.
- Horkovodní systémy – nositelem energie je voda.

1.2 Rozvody tepla

Rozvody tepla jsou tepelné sítě, které zprostředkovávají dopravu tepla ze zdroje ke spotřebičům (předávacím stanicím). Teplonosným médiem v těchto rozvodech mohou být pára, horká voda nebo teplá voda.

Podle počtu trubek lze tepelné sítě dělit [10]:

- Jednotrubková soustava – parní.
- Dvoutrubková soustava – parní (pára a vrácený kondenzát), vodní (primární a vratné potrubí).
- Třítrubková soustava – dvojitě primární potrubí a společné zpětné potrubí.

- Vícetrubkové systémy – systémy rozvodu tepla s různými parametry.

Vedení (uložení) tepelných sítí může být [10]:

- Podzemní.
 - a) Kanálové – většinou využitelné v parních rozvodech.
 - b) Bezkanálové (zasypané izolované potrubí) – tohoto způsobu se využívá v horkovodních rozvodech, kdy je použito předizolovaného potrubí.
- Pozemní.
 - a) Uloženo nízko nad úrovní terénu na nízkých podpěrách.
 - b) V odkryté povrchové rýze.
- Nadzemní.
 - a) Uloženo na vysokých podpěrách (sloupech).
 - b) Uloženo na potrubních mostech (využíváno především v přechodech nad komunikacemi).

S ohledem na změny teplot je nutné počítat s dilatací potrubí. Proto je nutné provádět kompenzace. Druhy kompenzace [10]:

- Přirozeným způsobem změnou trasy (ohyb typu L a Z).
- U přímého potrubí, když nelze využít předchozí, se provádí dilatace ve svislém směru u nadzemních vedení.
- Pomocí kompenzátorů – trubkové (tvaru U, lyrové) a osově (ucpávkové, čočkovité, vlnovkové, kloubové).

1.3 Spotřebitelské předávací stanice

Slouží jako transformátor tepelné energie z přiváděného teplotnosného média v primárním potrubí do sekundárních rozvodů objektu nebo přímo ke spotřebiči tepla. V těchto stanicích dochází převážně k hydraulickému a teplotnímu oddělení primární napájecí sítě od vlastního zásobování objektu nebo i celého sídliště.

V zásadě lze stanice rozdělit podle druhu přiváděného primárního média:

- Parní stanice.
- Horkovodní stanice.

Dále lze každý z těchto druhů rozdělit na stanice [10]:

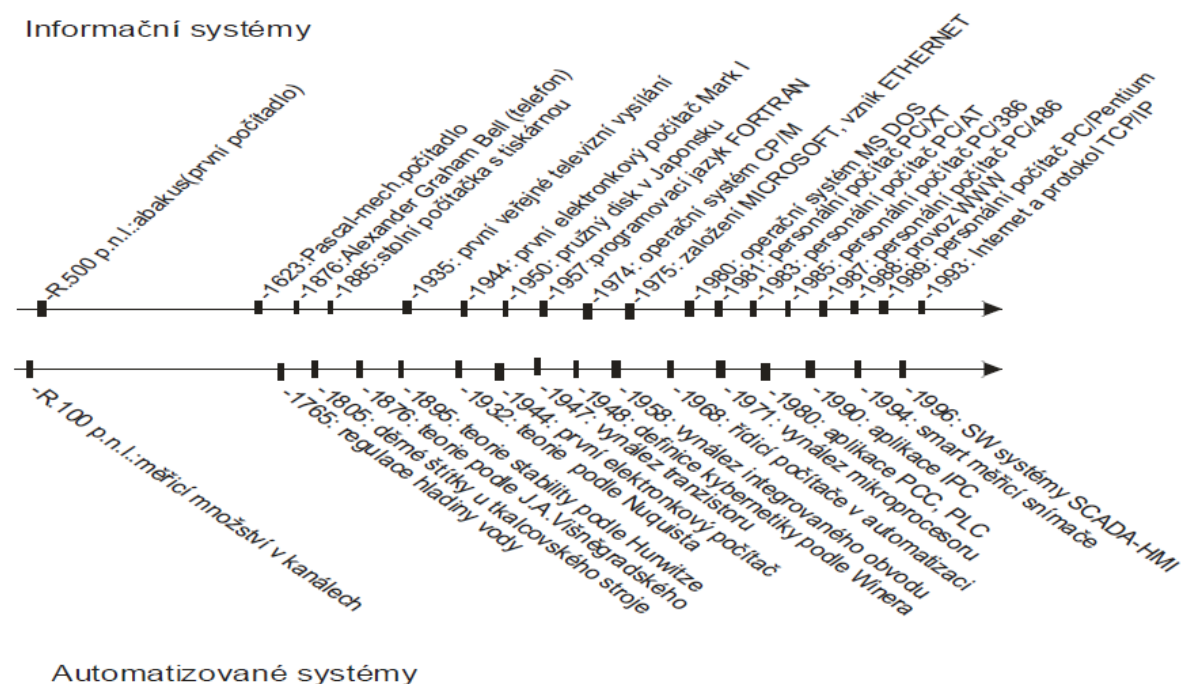
- Tlakově závislé, kde se tlakové změny z primárního okruhu přenáší do sekundárního okruhu.
- Tlakově nezávislé, kde jsou primární a sekundární okruh navzájem odděleny, převážně výměníkem tepla.

V současné době dochází k masivnímu přechodu z parních potrubních rozvodů na horkovodní potrubní systémy. Děje se tomu převážně v oblastech, kde není zapotřebí páry pro technologické účely. Tento přechod je přínosem k ochraně životního prostředí. Horkovody snižují tepelné ztráty a mají tak příznivý dopad na jejich finanční provoz. Izolace parních potrubí bývá často vzhledem ke svému stáří ve špatném stavu, což vede k velkým ztrátám. V současné době je při budování horkovodních systémů převážně využíváno předizolované potrubí, které je ukládáno do země pomocí bezkanálové technologie. Při této výstavbě je společně budován systém distribuovaného sběru dat, kdy je k novému potrubí ukládán komunikační kabel, případně jiné komunikační médium (optický kabel) nebo kombinace obou. Tento systém je následně používán ke sběru dat z měřičů tepla instalovaných v horkovodním systému nebo k vizualizaci a řízení připojených technologií. Stejného systému distribuovaného sběru dat je využito i v této práci.

Vzhledem k zadaným úkolům této práce, která je zaměřena na vytvoření aplikace pro efektivní řízení akumulace tepla do vratné větve horkovodního potrubí, bude další výklad zaměřen na prvky používané v automatizačních a informačních systémech průmyslového prostředí pro řízení a distribuovaný systém sběru dat.

2 ROZVOJ AUTOMATIZAČNÍCH A INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

Současný stav systému integrované automatizace je důsledkem bohaté historie rozvoje automatizace a informačních systémů. Počátky automatického řízení v současném pojetí jsou neoddělitelně spjaty s počátky průmyslu. Hlavní milníky jsou vyznačeny chronologicky na následujícím obrázku 2-1.



Obrázek 2-1. Grafický přehled vývoje informatiky a automatizace [7]

Vývoj informačních technologií lze stejně jako vývoj automatizace ukázat na vývoji technických prostředků a metod pro zpracování, výpočty, třídění a archivaci měřených dat.

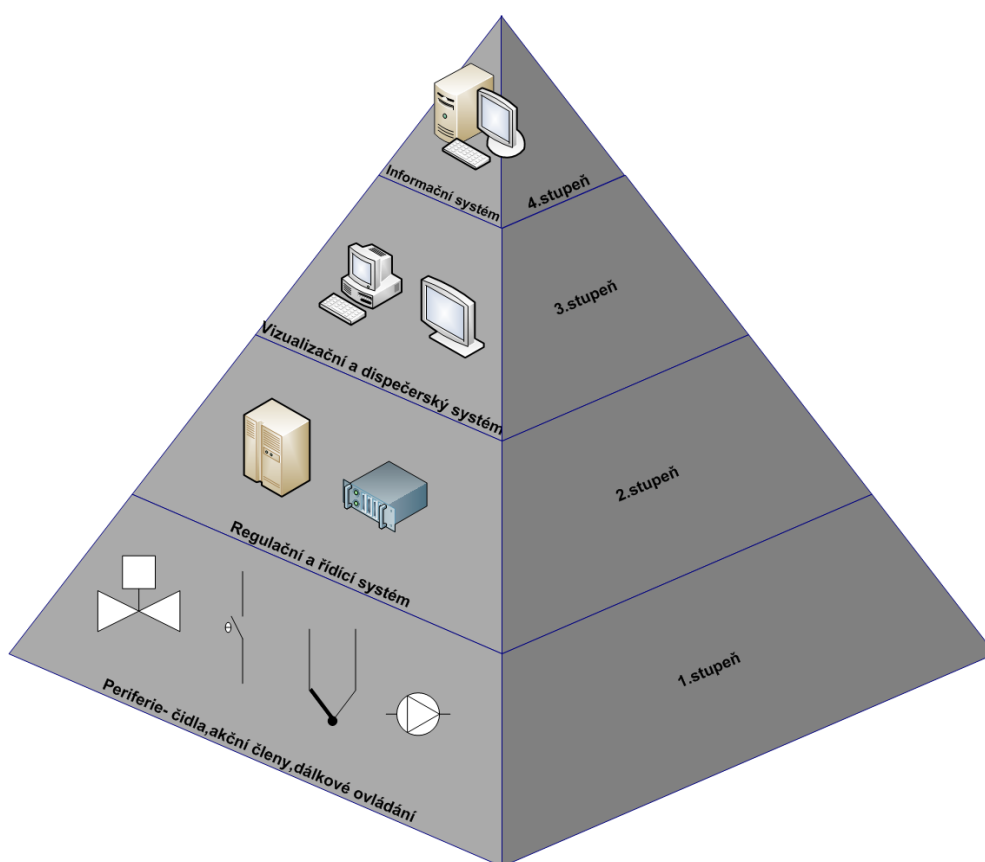
S ohledem na historii informatiky a automatizace lze odhadnout následující vývoj systémů integrované automatizace. Lze předpokládat hlavní vývoj v propojování a spojování automatizačních a informačních systémů [7].

3 INTEGRACE A DISTRIBUOVANOST

V průmyslových řídicích systémech, ale i jiných technických oblastech se lze dnes setkat se dvěma zdánlivě odlišnými přístupy. Je to integrace a distribuovanost.

3.1 Integrované systémy

Tyto systémy lze vytvářet sdružováním řídicích systémů, které doposud pracovaly samostatně. Na nejvyšším stupni vystupují informační systémy, do kterých bývají integrovány výkonnější počítače připojené do podnikového informačního systému. Na nižším stupni vystupují dispečerská pracoviště, velíny a různé vizualizační a monitorovací systémy, sloužící k dokumentování a ovládání procesů. Tyto dvě úrovně se společně sdružují do informačních a řídicích systémů. K těm jsou pomocí průmyslových sběrnic, zapojovány systémy nižší úrovně, které doposud pracovaly odděleně. Jsou to nejčastěji běžné řídicí systémy (PLC, regulátory či průmyslové počítače IPC). Na nejnižší úrovni vystupují inteligentní periferní přístroje, pohony, akční členy a senzory. Příklad víceúrovňového, hierarchického rozvrstvení pro podnikový systém je na obrázku 3-1.



Obrázek 3-1. Hierarchické uspořádání řídicích systémů a akčních členů

Rozlehlost integrovaných řídicích systému bývá mnohdy velká. Nezřídka sdružují různé druhy technologických procesů a využívají různé druhy a způsoby komunikace mezi jednotlivými prvky integrovaného systému.

3.2 Distribuované systémy

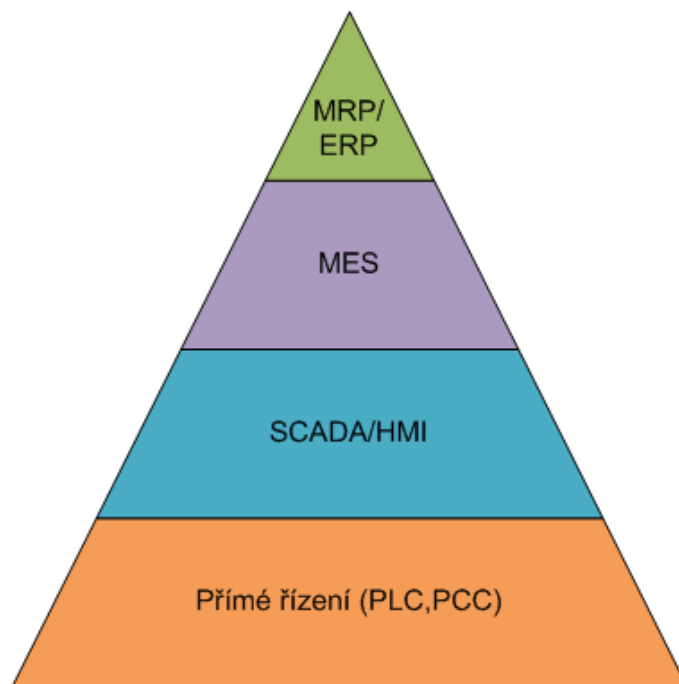
Distribuované systémy jsou založeny také na komunikaci. Skládají se z více autonomních uzlů (počítačů, řídicích systémů), které jsou vzájemně propojeny, komunikují spolu a jeví se z vnějšku jako jednotný integrovaný systém. Tohoto přístupu se v automatizaci začalo využívat a nasazovat při vzniku rychlých a spolehlivých komunikačních rozhraní. K dalšímu rozvoji došlo při snížení ceny zařízení s procesorem a smazal se tedy rozdíl mezi použitím jednoho výkonného prvku nebo více menších prvků. Spolehlivost a rychlost komunikace je základním předpokladem pro realizaci distribuovaných systémů.

Přínosem distribuovaného přístupu je umístění řídicích podsystémů k řízeným částem technologického procesu. Tímto se podstatně snižují náklady na kabeláž, ale i vznik rušivých vlivů působících na vedení v prostředí technologického procesu. V distribuovaných systémech klesají časové a finanční nároky na schematické dokumentování kabelových tras, vlastní montážní práce, ale i na servis a údržbu. Také v tomto případě platí, že náklady a náročnost prací strmě narůstá se složitostí systému. Při nezávislém fungování podsystémů se zvyšuje spolehlivost a snižují se ztráty při poruchách. Výpadek jednoho z podsystémů nebo porucha komunikace nezpůsobí celkové selhání systému, ale pouze lokální omezení funkčnosti. Pro zvýšení funkčnosti systému lze důležité funkce realizovat nadbytečně ve více podsystémech nebo použít částečné překrývání funkcí mezi podsystémy. Pro zvýšení odolnosti komunikace lze realizovat duplicitní spojení mezi podsystémy.

Mezi integrovaným a distribuovaným systémem není patrný výraznější rozdíl. Tyto přístupy se rozlišují především z hlediska metodiky. Distribuovaný systém je od samého počátku projektován pro využití směrem k menším podsystémům. Integrované systémy vznikají převážně sloučením a doplněním již fungujících systémů. U obou typů přístupů je důležité zvolit přizpůsobitelný systém s dobrými komunikačními možnostmi. Ty potom otvírají možnosti k připojení dalších rozšiřujících modulů nebo jiných periferních zařízení.

4 POČÍTAČOVĚ ŘÍZENÁ VÝROBA

V současnosti se v průmyslové automatizační technice nejvíce využívá řídicích systémů na bázi mikroprocesoru. Tyto systémy jsou široce využitelné k logickému řízení nebo komunikačním úlohám. Komunikační funkce hrají klíčovou roli při nasazení těchto zařízení v distribuovaných řídicích systémech, které jsou v současnosti často využívány. Komunikační systémy jsou důležité na všech úrovních počítačově řízené výroby, která se zobrazuje jako pyramida se čtyřmi vrstvami.



Obrázek 4-1. Struktura počítačově řízené výroby

Na nejnižší úrovni, nazvané přímé řízení, jsou používány řídicí systémy reálného času. Ty jsou v současnosti zastoupeny nejčastěji programovatelnými automaty. Hlavním úkolem této úrovně je přímé řízení technologického procesu. Řídicí prvek přímo ovlivňuje řízený systém pomocí technologických vstupních a výstupních dat. Další úrovní je SCADA/HMI (Supervisory Control and Data Acquisition/Human Machine Interface), která poskytuje přívětivější uživatelské rozhraní k řídicímu systému reálného času. Tato úroveň v sobě sdružuje celou řadu zařízení, pomocí kterých lze vytvořit uživatelské rozhraní. Jedná se zejména o operátorské panely a počítačová vizualizační pracoviště.[6]

Třetí úroveň je určena pro optimální průběh výroby. Úkolem této úrovně je zvyšování efektivity, optimalizace a plynulosti výroby. Na této úrovni se používají softwarové nástroje označované jako MES (Manufacturing Execution System), které umožňují

detailně sledovat celou výrobu. Cílem je zpřístupnit vedení podniku skutečné údaje o výrobě potřebné pro výrobní a řídicí účely. Čtvrtá a nejvyšší úroveň slouží pro plánování výrobních zdrojů. Systémy na této úrovni zajišťují součinnost jednotlivých výrobních celků a označují se jako MRP/ERP (Manufacturing/Enterprise Resource Planning).

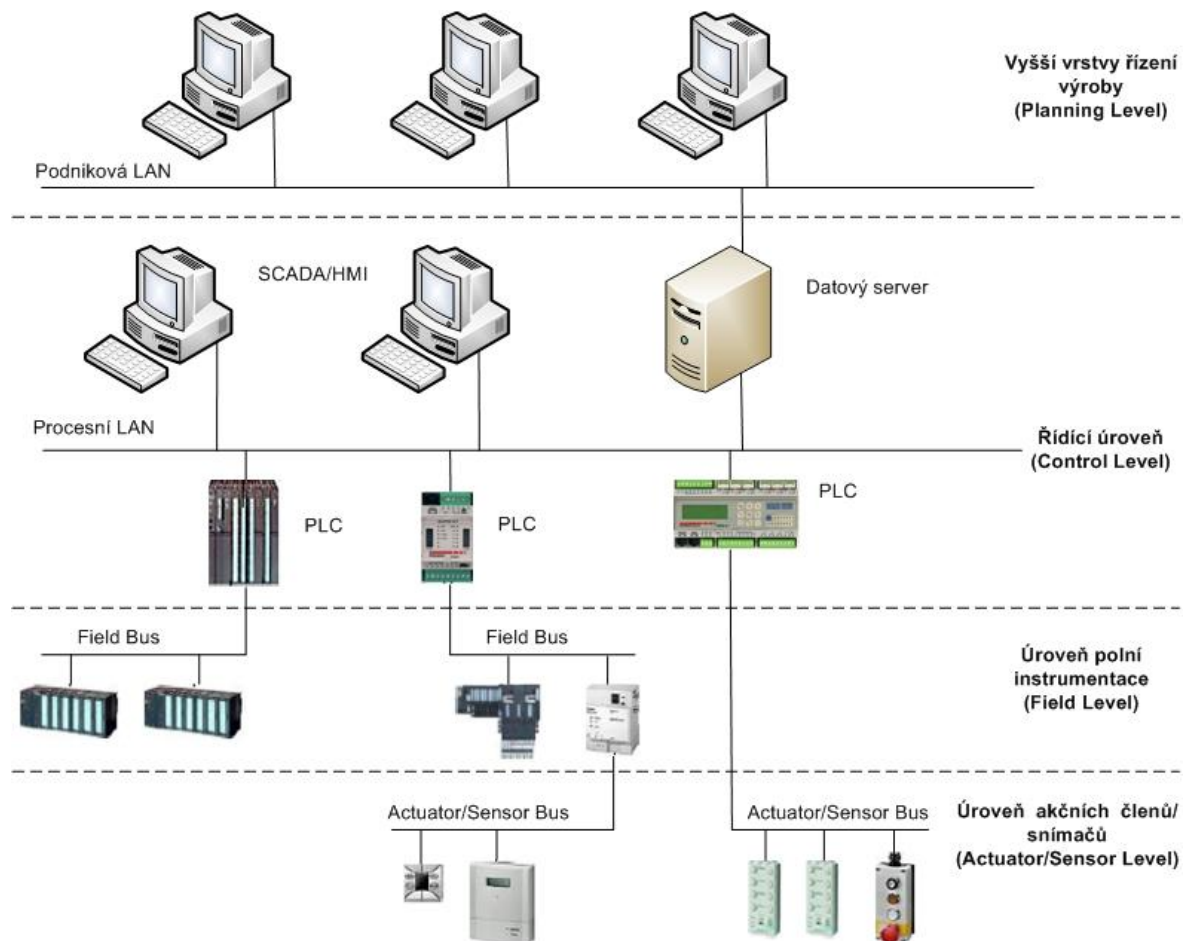
Nejnižší úrovně přímého řízení a SCADA/HMI zajišťují vlastní řízení technologického procesu nebo stroje. Používají k tomu různé komunikační systémy, které lze rozdělit do následujících úrovní.

Úroveň akčních členů a snímačů (Actuator-Sensor Level) je nejnižší komunikační vrstvou, na které komunikují mezi sebou programovatelný automat a akční členy nebo snímače. Na této vrstvě jsou přenášeny malé objemy dat s poměrně nízkou přenosovou rychlostí. Je však vyžadováno přísně časově deterministické chování. Představitelem této komunikace je například AS Interface, X2X Link a podobně.

Na úrovni polní instrumentace (Field Level) probíhá komunikace mezi programovatelným automatem a periferními jednotkami vstupů a výstupů. Komunikace mezi systémy na této úrovni musí být časově deterministická. Objemy dat na této úrovni bývají zpravidla vyšší a vyšší musí být tedy i komunikační rychlost. Nejpoužívanějšími komunikačními rozhraními na této úrovni jsou Profibus DP, CAN a v současné době stále více se uplatňující komunikační systémy na bázi Ethernetu jako Profinet nebo Ethernet Powerlink. U systémů fungujících na fyzické vrstvě Ethernet musí být řešen přístup ke komunikačnímu médium tak, aby bylo možné zaručit časově deterministické chování.

Na nejvyšším stupni této hierarchie stojí řídicí úroveň, kde dochází ke komunikaci mezi více programovatelnými automaty. Na této úrovni komunikují také programovatelné automaty s nadřazeným dispečerským systémem kategorie SCADA/HMI. Kvůli přenosu velkých objemů dat jsou na této pozici používány výkonnější komunikační systémy. Výhodou je, že není vyžadováno přísně časově deterministické chování. Proto na této úrovni je nejpoužívanějším Ethernet, případně vhodnější průmyslový Ethernet. Mezi vrstvami MES a MRP/ERP počítačově řízené výroby je komunikace obvykle realizována pomocí lokálních a podnikových sítí LAN, v současnosti se nejvíce využívá komunikace pomocí Ethernetu. Pro tyto vrstvy a pro komunikaci mezi nimi se v odborných publikacích používá označení plánovací úroveň (Planning Level). Komunikace na této úrovni nevyžaduje striktně časově deterministické chování, protože na této úrovni se jedná především o kancelářské aplikace. V současné době výrobci programovatelných automatů vybavují své výrobky kromě základních komunikačních rozhraní i dalšími, sofistikovanější

komunikační systémy, jako může být například komunikace přes emaily nebo přes protokoly FTP nebo HTTP.



Obrázek 4-2. Komunikační systémy v průmyslové automatizaci

5 PROCESNÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKA

Prostředky výpočetní techniky jsou neodmyslitelnou součástí SIA. Jsou využívány pro sběr a zpracování měřených dat, zobrazení zpracovaných dat, nebo jsou využitelné pro lokální nebo centrálního řízení. V této skupině jsou zastoupeny programovatelné automaty (Programmable Logic Controller), dále to mohou být programovatelné mikropočítače (Programmable Computing Controller), průmyslové personální počítače (Industrial Personal Computer) a nakonec kancelářské osobní počítače (Personal Computer).

5.1 Programovatelné automaty

Tyto zařízení jsou technickým pokračováním jednoúčelových reléových spínacích sítí a logických obvodů. Využívají mikroprocesory a jsou programovatelné. PLC se ve velké míře používají v systémech SIA. Jsou nasazovány v aplikacích pro řízení výrobních linek, řízení a regulace nespojitých procesů nebo mohou sledovat, kontrolovat a řídit široké spektrum operací v technologickém procesu. Jejich největší výhodou je nízká cena, spolehlivost, rychlost a velká variabilita. PLC je možné členit do těchto skupin [8]:

- Distribuované vstupně/výstupní jednotky
- Mikro PLC
- Kompaktní PLC
- Modulární PLC
- Pracovní stanice PLC

Z těchto skupin je nejčastější použití kompaktních a modulárních PLC. Kompaktní regulátory jsou navrhovány do systému s malým počtem vstupů a výstupů. Kompaktní PLC v sobě nejčastěji obsahuje blok CPU (procesor, hodiny RT, watchdog), blok paměti (interní ROM, uživatelská RAM, EEPROM, FLASH), blok vstupů a výstupů (analogové a digitální), blok komunikace (RS 232, RS 485, Ethernet) a blok napájení. Tyto PLC až na výjimky nedovolují další rozšiřování, například vstupů a výstupů. Zvláštním případem kompaktních PLC jsou mikro PLC. Jedná se o zařízení s minimálním počtem vstupů a výstupů, často jsou vybaveny malým integrovaným displejem a většinou mají pevné komunikační rozhraní. Ukázka kompaktního PLC Promos line 2 CCPU-21 je na následujícím obrázku 5-1.



Obrázek 5-1. Kompaktní PLC [13]

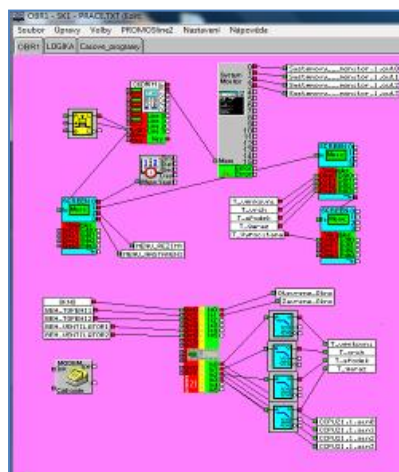
Modulární PLC je konstruováno pro uživatelské rozšiřování, kde na základovém rámu obsahuje nutné základní moduly (modul CPU, paměti, modul komunikace a napájení) a volné sběrnice pro připojení rozšiřujících modulů. Mohou to být například moduly analogových vstupů nebo výstupů, moduly digitálních vstupů nebo výstupů, zobrazovací jednotku, případně moduly rozšiřující komunikační možnosti PLC. Tyto zařízení jsou vyráběna i jako víceprocesorová a ke komunikaci využívají především sériovou komunikaci. Příklad modulárního PLC Tecomat TC 700 je na následujícím obrázku 5-2.



Obrázek 5-2. Modulární PLC [14]

Pracovní stanice PLC jsou převážně kompaktní PLC doplněné o LCD displej s dotykovými funkcemi nebo klávesnicí.

Ke každému typu PLC výrobce dodává vývojové prostředí pro vytvoření uživatelského programu. Toto uživatelské rozhraní se spouští na samostatném PC, po vytvoření požadovaného programu se může ověřit funkčnost v simulovaném provozu. Ověřený program se pomocí komunikačního rozhraní přenesení do paměti PLC. Obrázek 5-3 představuje vývojové prostředí Progwin pro programovatelné automaty firmy Elsaco Kolín Promos Line 2.

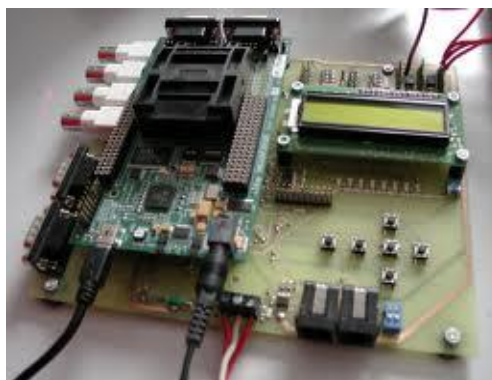


Obrázek 5-3. Vývojové prostředí Prowin

5.2 Procesní mikropočítače

Tyto zařízení mají svoji konstrukci založenou na monolitických počítačových prvcích. Zpravidla obsahují v jednom pouzdru všechny části funkčního počítače. Mezi tyto části patří CPU, uživatelské a operační paměti, pro analogové vstupy obvody multiplexů a A/D převodníků, obvody časovačů a čítačů, obvody pro sériové propojení, hodiny reálného času, watchdog nebo obvody napájení [8].

Vlastní procesní mikropočítač dále obsahuje obvody pro zesílení a oddělení vstupních a výstupních signálů. V neposlední řadě bývají vybaveny zobrazovacími displeji a jinými základními periferními jednotkami. Z pohledu struktury je lze rozdělit na jednoúčelové, které jsou přizpůsobené konkrétnímu procesu nebo na stavebnicové a univerzální, určené pro obecné uživatelské funkce. Ke každému procesnímu mikropočítači výrobce nabízí vývojové prostředí. Vytvořený program lze opět ověřit v simulovaném režimu a po ověření jej přenést přímo do mikropočítače. Ukázka mikropočítače je na obrázku číslo 5-4.



Obrázek 5-4. Ukázka mikropočítače

5.3 Průmyslové personální počítače

Průmyslové personální počítače (IPC) tvoří další skupinu průmyslové výpočetní techniky, která je odvozena od klasických kancelářských počítačů. Důvodem pro vytvoření IPC bylo zejména využití běžně používaných PC pro řešení úloh oblasti automatizace a oblasti průmyslového prostředí. Napomohly tomu také všeobecné znalosti o používání této techniky, znalosti o programování PC a řada programových prostředků v různých programovacích jazycích. Neustálý rozvoj klasických PC také zaručoval stálý rozvoj IPC v oblasti výkonu i komunikačního využití. Technika IPC dnes umožňuje realizovat velmi složitá řešení automatizace v podobě složitých a rozsáhlých matematických výpočtů, simulace a modelování v reálném čase, grafickou vizualizaci řízeného procesu, archivaci velkého objemu dat nebo zabezpečit různé formy komunikace. Pro zajištění bezpečnosti a spolehlivosti používá technika IPC některá speciální řešení. Velký důraz je kladen na napájecí obvody. Obvody chlazení musí zajistit kvalitní odvod tepla a filtraci vnějšího vzduchu od prachu a technologických nečistot. Z důvodu možných vibrací, rázů a vyšších teplot nejsou v IPC používány pružné nebo pevné disky, ale jsou nahrazeny moduly SSD-Solid State Disk, tj elektronickou polovodičovou pamětí SRAM, FLASH [8].

Pro spojení s technologií IPC používají moduly pro připojení unifikovaných analogových nebo digitálních proudových nebo napěťových signálů. Některé speciální moduly umožňují přímo připojovat: čtyřvodičově odporové snímače, nízké napětí od termočlánků, inkrementální rotační snímače polohy, tenzometry apod. na řízený zesilovač a následně na A/D převodník [8].

Dle konstrukce lze IPC rozdělit na typ pro zabudování do průmyslových zařízení (Embedded IPC) a na typ kompaktního IPC systému. Použití IPC je ovlivněno použitým programovým vybavením a to použitým operačním systémem a vývojovým prostředím pro tvorbu uživatelských aplikací. V operačním systému je možno využít grafických možností a všech ovladačů periferních zařízení. Na následujícím obrázku je možné řešení průmyslového počítače společnosti OMRON.



Obrázek 5-5. Zpracování IPC [19]

IPC jsou nasazovány do nejnižších průmyslových úrovní technologických procesů s napojením na sériovou linku nebo na průmyslovou LAN. Mohou být také nasazovány na úrovně procesního řízení ve formě pracovních stanic IPC a zodolněných PC.

5.4 Personální počítače

V systémech SIA se personální počítače uplatňují převážně v kancelářském prostředí pro sledování vzdálených výrobních i nevýrobních procesů, vyhodnocování dat a ekonomických výpočtů. Personální počítače také hrají významnou roli v decentralizovaných systémech při napojení na průmyslové počítačové sítě, při sběru a ukládání dat. Vývoj PC a jejich programových prostředků je trvale velmi rychlý. Aplikace PC a notebooků je možná nejen pro úlohy informatiky, ale lze ji využít i pro automatizaci.



Obrázek 5-6. Personální počítač [20]

6 OPERÁTORSKÁ ROZHRAŇÍ

Výsledky kontrolních procesů a vyhodnocování informací musí být předloženo obsluhujícímu personálu ve srozumitelné a přijatelné formě. Proto je velmi důležité operátorské rozhraní mezi člověkem a řídicím systémem (strojem). Název tohoto rozhraní vychází z anglického slovního spojení Human Machine Interface (HMI). V současnosti dominují v oblasti operátorských rozhraní dvě zařízení. Jedním z nich jsou počítačová ovládací pracoviště a druhým jsou operátorské panely. Operátorské panely jsou dnes osazovány zobrazovacími dotykovými nebo klasickými displeji v kombinaci s tradičními přepínači a tlačítky umístěnými na čelním panelu rozvaděče.



Obrázek 6-1. Ukázka čelního panelu rozvaděče

Počítačová ovládací pracoviště nabízejí mnohem větší komfort v podobě podrobné grafické vizualizace celého technologického procesu společně s možností nastavení žádaných parametrů. Rozhraní HMI se dnes velmi jednoduše kreslí a snadno se také definuje směrem k uživateli, kde jsou využívána všechna vhodná vizuální znázornění. Součástí HMI je v současnosti také často varianta s webovým prohlížečem. Základem počítačových ovládacích pracovišť jsou vizualizační aplikace typu SCADA. Tyto systémy supervizního řízení a sběru dat nemusejí být plnohodnotnými řídicími systémy. Převážně se zaměřují na úroveň dispečerského dohledu. Zpravidla tento software funguje nad skutečným řídicím systémem, který je nejčastěji instalován přímo v technologickém procesu například ve formě PLC automatu. Při vývoji SCADA systému

je v současnosti využíváno technologie COM/DCOM (Component Object Model/Distributed Component Object Model). Jedná se o přechod k objektovému programování. V posledních letech lze pozorovat rychlý rozvoj jednotlivých částí SCADA systémů. V oblasti databází jsou využívány interní databázové systémy nebo externí systémy ve formě konektorů k systémům SQL. Systémy SCADA typicky vyžadují velkou průchodnost a zpracování dat, což vyžaduje spolehlivost databázového systému. Databázové systémy využívané v dnešních SCADA systémech disponují dostatečným výkonem, ale i přesto připojení na externí databázové systémy zůstává výhodou. K dalšímu výraznému vývoji dochází v oblasti konektivity jednotlivých PLC a různých SCADA systémů.

Jedním z nejdůležitějších požadavků dnešní doby na všechny softwarové aplikace je zabezpečení. Výhody snadného použití SCADA systémů vycházejí z vývoje těchto aplikací. Ty byly navrhovány podle obecných postupů informačních systémů kancelářských aplikací. To sebou může přinášet zvýšenou zranitelnost. Snadné použití SCADA systémů je vystavuje rizikům v podobě narušení komunikace, cílené infiltrace apod. Cílenou infiltraci využil i první známý počítačový červ Stuxnet, který se soustředil na kontrolu průmyslových systémů. Byl vytvořen k útoku na SCADA systémy. Tento červ se zaměřoval na řídicí software Siemens [17].

Dnešní moderní systémy pro vizualizaci zajišťují následující základní funkce:

- Zabezpečují sběr údajů z technologických procesů a jejich matematické a statistické zpracování v reálném čase.
- Umožňují zobrazovat a ovládat technologický proces v grafickém prostředí.
- Poskytují informace v reálném čase více uživatelům v prostředí počítačové sítě.
- Zajišťují ukládání měřených a vypočtených dat z monitorovaných procesů do databáze a poskytují správu chybových hlášení a trendů.
- Tvorba výstupních sestav a export reportů do tabulkových procesorů.

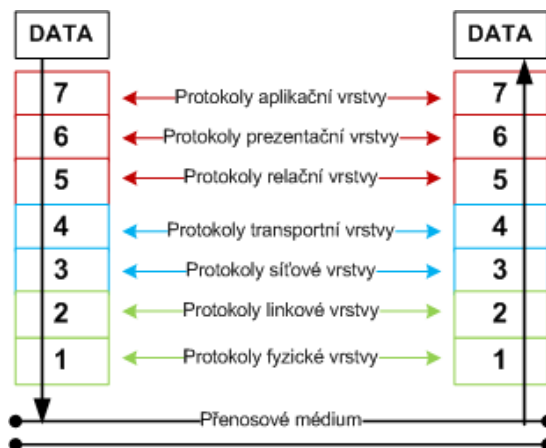
Jedním z předpokladů dalšího vývoje SCADA systémů je implementace prvků zajišťující snadnou instalaci u zákazníka, použití atraktivních grafických interpretací a jednodušší integraci dat do různých nastavbových aplikací a systémů. V oblasti síťových funkcí je jednoznačným trendem používání a vylepšování webových klientů.

7 PROPOJOVACÍ PROSTŘEDKY A PŘENOS INFORMACÍ

V systémech informatiky a automatizace jsou používány různé typy technických a programových prostředků. Ty využívají různé datové toky pro přenos informací. V současnosti vzrůstají nároky na přenos informací ze SIA do vnějšího prostředí a naopak. Pro zabezpečení kvalitní, spolehlivé a bezpečné funkce jednotlivých částí systému SIA musí být zabezpečeno logické a fyzické propojení všech úrovní s odpovídajícími parametry přenosu informací [8].

7.1 Model ISO-OSI

V současné době je v průmyslové komunikaci využíváno velké množství komunikačních sítí. Aby se předešlo problémům při používání velkého množství nekompatibilních standardů, mezinárodní organizace ISO (International Organization for Standardization) definovala model pro komunikaci mezi otevřenými systémy OSI (Open System Interconnection). OSI není komunikačním standardem, nespécifikuje konkrétní komunikační systém a parametry, ale popisuje způsob přenosu zpráv mezi komunikujícími stranami. V modelu OSI je definováno 7 funkčních vrstev, které zajišťují pouze přesně vymezené funkce. Každá vrstva komunikuje pouze se svými sousedními vrstvami. Svě nejbližší vyšší vrstvě poskytuje služby nebo žádá o službu svou nejbližší nižší vrstvou. Důležité v tomto přenosu je že, komunikující strany vytvářejí mezi sebou na každé vrstvě přenosu virtuální spoje. Zatímco fyzický přenos probíhá pouze na nejnižší, tedy fyzické vrstvě, která jediná propojuje fyzicky komunikující strany. Moduly umístěné ve stejné vrstvě, ale v jiném uzlu sítě, se označují jako rovnocenné a komunikují mezi sebou pomocí daného protokolu. Tento protokol definuje formáty zpráv a pravidla pro výměnu dat [6].



Obrázek 7-1. Model OSI

7.1.1 Fyzická vrstva (physical layer)

Je to základní vrstva modelu, která zajišťuje fyzické spojení mezi komunikujícími stranami. Zajišťuje přenos jednotlivých bitů mezi komunikujícími stranami pomocí vytvořené přenosové cesty. Fyzická vrstva neinterpretuje přenášené bity. Přenosové cesty mohou být realizovány pomocí elektrických, optických, radiových, ultrazvukových nebo jiných rozhraní. Tato úroveň v sobě zahrnuje všechno, co se týká přenosového média, úrovně signálů, kabelů, konektorů a podobně. V rámci fyzické vrstvy se řeší elektrické, mechanické, funkční a procedurální vlastnosti rozhraní pro připojení různých prostředků pro přenos dat - např. elektrické vlastnosti přenášených signálů, význam, časový průběh, návaznosti signálů, zapojení konektorů apod. [6].

Každé přenosové médium lze charakterizovat podle jeho vlastností ovlivňující přenos signálu. Zejména se jedná o tyto vlastnosti:

- Přenosová rychlost.
- Útlum signálu.
- Odolnost proti rušení.
- Zkreslení signálu.
- Mechanické vlastnosti přenosového média.

Přenos dat ve fyzické vrstvě lze podle následujících kritérií rozdělit do těchto forem přenosů [6]:

Sériový přenos

- Bity jsou přenášeny postupně za sebou.
- Jednotlivé byty jsou tvořeny posloupností bitů.
- Využití v komunikačních sítích distribuovaných řídicích systémů.

Paralelní přenos

- Přenos celého byte nebo slova najednou, pro každý bit je nutný jeden vodič.
- Kratší přenosové vzdálenosti oproti sériovému přenosu.
- Využití převážně uvnitř zařízení (PC).
- Nevyužívá se u komunikačních sítích distribuovaných řídicích systémů.

Dalším dělení specifikuje přenos signálu z hlediska synchronizace s hodinovým signálem.

Asynchronní přenos

- Znaky jsou přenášeny s různě dlouhými časovými odstupy.
- Pro rozpoznání znaků jsou využity smluvené příznaky (start bit, stop bit).
- Po rozpoznání začátku příjemce identifikuje jednotlivé přenášené informační bity.

Synchronní přenos

- Založen na přenosu celých bloků dat.
- Bloky neobsahují smluvené příznaky ale synchronizační sekvence.
- Synchronizační signál sloučen společně s datovým.

Další dělení spočívá ve způsobu využití šířky pásma přenosového média

Přenos v základním pásmu (Baseband transmission)

- Bity jsou vysílány přímo na komunikační linku.
- Využívá se konkrétní kódování bitů (zejména do napětí nebo proudu).

Přenos v přeloženém pásmu (Broadband transmission)

- Spočívá ve využití modulace.
- Datový signál reprezentuje změna modulace nosného signálu.

Následující dělení spočívá v rozdělení kanálu mezi jednotlivé komunikující zařízení, tzv. multiplexování kanálu.

Časový multiplex TDM (Time Division Multiplexing)

- Kanál rozdělen na časové úseky.
- Každé zařízení vysílá v přidělených úsecích.
- Každé zařízení má k dispozici celou šířku přenosového pásma po omezenou dobu.
- Dosahováno lepší využití přenosového kanálu.

Frekvenční multiplex FDM (Frequency Division Multiplexing)

- Kanál rozdělen na frekvenční pásma.
- Každé zařízení má přiděleno určité frekvenční pásmo po celou dobu.

Poslední rozdělení přenosů dat je podle možnosti šíření signálu přenosovým kanálem:

- Simplexní přenos – přenos jedním směrem. Příjímač i vysílač komunikují stále stejným směrem.
- Poloviční duplex – v daném časovém okamžiku používá kanál jen příjímač nebo jen vysílač. Umožňuje obousměrný provoz, ne však současně.
- Plný duplex – obě zařízení (příjímač i vysílač) komunikují po celou dobu v obou směrech současně. Plný duplex lze realizovat pomocí frekvenčního multiplexu, kde každá ze stran má přidělen vlastní frekvenční kanál nebo komunikace probíhá pomocí vlastního fyzického komunikačního kanálu.

7.1.1.1 Kódování bitů

Při přenosu v základním pásmu je nutné zajistit kódování jednotlivých bitů do určených úrovní fyzikálních veličin. K těmto fyzikálním veličinám patří převážně napětí a proud. V současnosti existuje celá řada kódování, které se dají shrnout do dvou základních skupin. Jedná se o kódování [6]:

- NRZ (Non Return to Zero) – je založeno na konstantní úrovni signálu po celý bitový interval. Mezi toto kódování se řadí přímé, inverzní a polární kódování.
- RZ (Return to Zero) – kódování, při kterém se signál v rámci bitového intervalu vrací do své referenční úrovně. V podstatě jde o kombinaci datového a synchronizačního signálu. K tomuto druhu kódování patří kódování s označením Manchester nebo diferenciální Manchester.

K těmto dvěma základním skupinám existují i jejich modifikace s označením NRZI (Non Return to Zero Inversion) nebo AMI NRZI (Alternate Mark Inversion) a jiné.

7.1.2 Linková vrstva (data link layer)

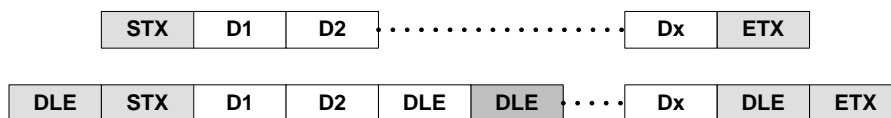
Tato vrstva zajišťuje přenos celých bloků dat, které se označují jako rámce (frames), mezi dvěma uzly. Mezi těmito uzly poskytuje vyšší vrstvě bezchybnou datovou linku. Linková vrstva zajišťuje řízení přístupu ke komunikačnímu médiu (Media Access Control), fyzickou adresaci, zabezpečuje řízení toku dat, zabezpečuje přenos proti chybám nebo provádí detekci či korekci chyb. Bez této vrstvy se žádný komunikační systém neobejde. Vyšší vrstvy modelu naopak v celé řadě komunikačních systémů využity nejsou. U řady, převážně průmyslových komunikačních systémů jsou definovány pouze nejnižší dvě

vrstvy modelu. Jedná se například o Profibus DP, CAN a jiné. Pro správné rozpoznání přijímaných dat musí přijímač detekovat jednotlivé vysílané bity ve správných okamžicích. To znamená, že musí být s vysílačem synchronizován [6].

7.1.2.1 *Asynchronní přenos*

Znaky jsou přenášeny s libovolnými časovými odstupy, ale je zde zaveden mechanismus pro rozpoznání začátku a konce znaku. Tento mechanismus je založen na vkládání příznaku na začátek a konec znaku. Tyto příznaky jsou označovány Startbit a Stopbit. Mezi těmito příznaky je přenášen vlastní znak zprávy, který je tvořen posloupností bitů. Od detekce Startbitu je očekáván příjem jednotlivých bitů s předem stanovenou přenosovou rychlostí.

Pokud se pomocí tohoto přenosu posílají celé bloky dat (rámce) tvořené posloupností znaků, je nutné rozpoznat začátek a konec těchto bloků, tj. zajistit synchronizaci na úrovni rámců. Zde mohou nastat dva případy. Prvním případem je, že přenášený blok dat obsahuje ASCII znaky. V tomto případě je začátek a konec bloku dat označen speciálními řídicími znaky, které tabulka ASCII neobsahuje. Jedná se o znaky STX (Start of Text) a ETX (End of Text). Ve druhém případě přenášený blok dat může obsahovat binární data. Potom je třeba zajistit transparentnost dat pomocí vkládání znaků DLE (Data Link Escape). Před každý řídicí znak je vložen DLE znak, který označuje, že se jedná o řídicí znak. Pokud se DLE znak vyskytuje i v přenášených datech, tak se jeho výskyt zdvojuje [6]. Vše je zobrazeno na obrázku 7-2.



Obrázek 7-2. Struktura znaku při asynchronním přenosu dat [6]

Vkládání řídicích znaků, startbitů a stopbitů se zvyšuje režie přenosu. To má dopad na reálnou přenosovou rychlost. Z tohoto pohledu je na tom lépe synchronní přenos dat.

7.1.2.2 *Synchronní přenos*

Tento typ přenosu nevyužívá vkládání startbitů a stopbitů k přenosu datového rámce. Zajištění správného rozpoznání jednotlivých bitů datového rámce je zajištěno pomocí synchronizačních znaků SYN na začátku rámce. Tyto znaky slouží přijímači k určení správné délky bitového intervalu následujícího bloku dat.

Synchronní datové přenosy lze rozdělit do následujících skupin [6]:

- Znakově orientované přenosy – synchronizace řešena pomocí vkládání řídicích znaků STX, ETX, DLE.
- Bitově orientované přenosy – rámec je uveden a ukončen skupinou bitů, nikoli znaků, které jsou označovány jako FLAG a nesmí se vyskytovat v přenášených datech.
- Blokově orientované přenosy – transparentnost zaručena pomocí vkládání informačního pole do rámce určující délku datového pole. Pro uvození rámce se u lokálních sítí využívá tzv. preambule (synchronizační pole), která obsahuje příznak začátku rámce, hlavičku a délku přenášených dat.

Následující obrázek 7-3 ukazuje rozdělení podle typu synchronního přenosu.



Obrázek 7-3. Typy synchronních přenosů [6]

7.1.2.3 Detekce a korekce chyb

Detekce nebo korekce chyb v linkové vrstvě probíhá pomocí přidání určité informace, na základě které přijímač zjistí přijetí správných či nesprávných dat, popřípadě je schopen opravit poškozenou zprávu.

Metody detekce jsou používány v systémech, kde je možné zajistit potvrzení přijetí správného či nesprávného rámce dat. To je možné u poloduplexních a plně duplexních přenosů. Mezi základní metody detekce chyb patří [6]:

- Parita je jednou z nejjednodušších metod detekce chyb. Přenášený znak nebo blok dat se doplní o paritní bit, který se nastaví tak, aby celkový počet bitů ve znaku byl sudý (even parity) nebo lichý (odd parity). Pokud počet jedniček neodpovídá zvolené paritě, jedná se o chybu.

- Kontrolní součet funguje na principu provádění kontrolního součtu vyslaných znaků vysílačem a připojení výsledku na konec vyslaného rámce. Příjímač provádí také kontrolní součet přijatých znaků a provádí porovnání obou kontrolních součtů. Pokud souhlasí, předpokládá, že data jsou přijata správně.
- CRC (Cyclic Redundancy Code) je v současné době nejvyužívanější metoda a vyznačuje se velkou účinností detekce chyb. Principiálně funguje jako kontrolní součet. Liší se však v mechanismu výpočtu přidané informace na konec rámce.

Kromě výše uvedených metod detekce chyb existují i jiné doplňkové metody založené například na kontrole formátu zprávy a podobně.

Metody korekce chyb se používají v případě, kdy nemůže přijímač potvrdit vysílači správné nebo chybné přijetí zprávy. To nastává převážně v případě simplexních přenosů. Korekce chyb funguje na principu přidání nadbytečné informace k přenášeným datům. Pomocí této nadbytečné informace lze potom rekonstruovat poškozenou zprávu. Tyto mechanismy se označují jako samoopravné kódy. Mezi ně patří například hojně využívané Hammingovy kódy [6].

S detekcí chyb souvisí potvrzování přijetí zprávy. Potvrzování, je informování vysílače o tom, že přijímač přijal zprávu v pořádku nebo s chybou. Potvrzování lze rozdělit [6]:

- Jednotlivé potvrzování - založeno na potvrzování po každém rámci, vysílač čeká na potvrzení protistrany
- Průběžné potvrzování – použití u delších dob přenosu, vysílač vysílá bez potvrzení a reaguje opožděně, až potvrzení skutečně přijde

Řízení toku dat zajišťuje, aby přijímač nebyl zahlcen daty od vysílače. Obvykle se pozastavuje vysílání nových dat, pokud přijímač není schopen přijímat data. U jednotlivého potvrzení se čeká na potvrzení přijetí dat od přijímače, u průběžného je povoleno vysílat jen určitý maximální počet rámců bez potvrzení.

7.1.2.4 Přístup ke komunikačnímu médiu

Při přístupu ke komunikačnímu médiu je nutné zajistit, aby se vysílací zařízení při vysílání dat navzájem neovlivňovala. Principiálně to lze řešit rozdělením přenosového kanálu pomocí časového nebo frekvenčního multiplexování. V průmyslových aplikacích je převážně využíváno časové multiplexování, kdy je každému zařízení přidělen vyhrazený

časový okamžik k přístupu ke komunikačnímu médiu. U vícebodových systémů jsou možné tyto režimy [6]:

- Unicast – jedno zařízení vysílá a jedno přijímá
- Broadcast – jedno zařízení vysílá a všechna ostatní přijímají
- Multicast – jedno zařízení vysílá a některá zařízení přijímají

Metody přístupu ke sdílenému přenosovému médiu lze rozdělit [6]:

- Deterministický přístup – centralizované nebo distribuované řízení
- Náhodný přístup

Při deterministickém přístupu ke sdílenému médiu existuje předem daný postup přidělení práva vysílat a lze určit, kdy dané zařízení bude mít možnost vysílat. Mezi nejznámější metody patří metoda centrálního arbitra a metoda výzvy. Metoda centrálního arbitra pracuje na principu zvolení jedné stanice centrálním arbitrem, který přiděluje právo ostatním stanicím vysílat. Metoda výzvy (poll) využívá principu výzvy hlavní stanice ostatním stanicím, aby vyslaly svá data. Tento způsob se využívá u celé řady průmyslových sběrnic. Příkladem deterministické metody přístupu ke komunikačnímu médiu s decentralizovaným způsobem řízení je například metoda logického kruhu (Token Passing) nebo také jako jedna z metod u sběrnice Profibus DP [6].

U metod s náhodným přístupem ke sdílenému médiu není určeno pořadí stanic, které budou vysílat. Všechny stanice jsou si rovnocenné. Mohou začít vysílat kdykoliv. Tohoto přístupu ke sdílenému komunikačnímu médiu se využívá v dnešních lokálních sítích. Mezi nejznámější metody náhodného přístupu v současné době patří metoda CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Společným prvkem těchto metod je odposlouchávání provozu na síti před vlastním vysláním dat. To brání vyslání dat v případě, že vysílá někdo jiný. Mezi nejznámější verze tohoto přístupu patří [6]:

- Čisté CSMA, naléhající CSMA, nenaléhající CSMA – tyto varianty brání kolizím pouze odposlechem nosné.
- CSMA/CD – jde zřejmě o nejznámější variantu, protože tohoto způsobu využívá dnes nejvyužívanější komunikační systém Ethernet. Tato metoda dokáže detekovat kolizi v průběhu vysílání (CD - Collision Detection) a dokáže vysílání přerušit. Pokud stanice vstoupila do kolize a tuto skutečnost rozpozná, přeruší vysílání

rámce. Před opuštěním média odešle kolizní posloupnost označovanou „jam“. Tuto posloupnost rozpoznají kolidující stanice. O nové odeslání dat se stanice pokusí po náhodně zvolené době. Tato náhodná doba je důležitá pro vyhnutí se periodickému opakování kolize, což by zamezilo komunikaci na síti [6].

- CSMA/CA – tato metoda dokáže minimalizovat vznik kolizí (Collision Avoidance). Základ tvoří čisté CSMA, které obsahuje mechanismus zabraňující vysílání v době, kdy je nepravděpodobnější vznik kolize. Tato metoda i přes svůj název nedokáže úplně zabránit kolizím.
- CSMA/CD w/AMP (with Arbitration on Message Priority) – tato metoda je založena na náhodném přístupu ke komunikačnímu médiu, kde může každé zařízení kdykoliv začít vysílat. Případným kolizím je zabráněno pomocí systému priority zpráv.

U všech komunikačních systémů mají zásadní význam výše popsaná fyzická a linková vrstva. Mnohdy jsou to jediné vrstvy, které jsou ke komunikaci využívány. Týká se to hlavně systémů, kde existuje přímé spojení mezi jednotlivými účastníky komunikace a kde jsou přenášena data s jednoduchou strukturou. Jedná se především o průmyslové komunikační systémy, které jsou používány na nejnižších úrovních pro řízení v reálném čase. Těmito úrovněmi jsou úroveň akčních členů / snímačů (Actuator / Sensor Level) nebo úroveň polní instrumentace (Field Level).

Systémy vyznačující se složitější topologií a účastníky, mezi kterými neexistuje přímé spojení, je nezbytné využití síťové vrstvy. Tato vrstva zná topologii sítě a dokáže doručit zprávu k cíli. V těchto případech nemá linková vrstva představu o konečném příjemci zprávy, stará se pouze o přenos zprávy do jiného uzlu sítě, se kterým má přímé spojení.

7.1.3 Síťová vrstva (network layer)

Tato vrstva zabezpečuje sestavení komunikační cesty v sítích, které se vyznačují komplexní topologií. Tyto cesty mohou být sestaveny z odlišných větví, které procházejí odlišnými uzly. Směruje pakety od zdroje k cíli a volí vhodnou trasu přenášovaných paketů od odesílatele k příjemci. Síťová vrstva tedy musí brát v úvahu konkrétní topologii sítě, tj. vzájemné propojení jednotlivých uzlů mezi sebou. Zařízení nacházející se na přenosové cestě nemusí být uzlem sítě, ale může to být zařízení, které propojuje síť a předává mezi nimi zprávy.

Hlavním úkolem síťové vrstvy je směrování (routing) bloku dat (packet) sítě od odesílatele k příjemci. Pokud se nachází odesílatel i příjemce v jedné síti (mají přímé spojení), jedná se o přímý přenos paketu. Směrování nastává v případě, že se odesílatel a příjemce nenachází ve stejné síti. Směrování se účastní směrovače (routery) a koncová (odesílající) zařízení. Odesílací zařízení musí rozhodnout, zda je koncový příjemce paketu v dané síti nebo zda zprávu odešle přes vhodný směrovač. Aby toto mohlo fungovat, mělo by každé koncové zařízení znát adresu výchozího směrovače (výchozí brány), kterou použije, pokud se příjemce nachází v jiné síti [6].

Informace potřebné ke směrování jsou ve směrovači uchovávány ve směrovacích tabulkách. Tyto tabulky obsahují informaci o vzdálenosti cílové sítě, případně kudy je paket třeba poslat k přiblížení se k cílové síti.

Tabulky pro směrovače se sestavují dvěma základními způsoby [6]:

- Pomocí neadaptivních algoritmů – obsah tabulky pevně dán a nepřizpůsobuje se provozu sítě, obsah může měnit pouze správce sítě
- Pomocí adaptivních algoritmů – obsah tabulky průběžně aktualizován dle aktuální topologie sítě

7.1.4 Transportní vrstva (transport layer)

Tato vrstva řeší koncové řízení komunikace mezi původním odesílatelem a konečným příjemcem. Tato vrstva slouží jako rozhraní mezi aplikačním softwarem a komunikační sítí. Rozděluje přenášená data do jednotlivých paketů a při příjmu je zase skládá do původního tvaru. Zajišťuje přenos libovolně dlouhých zpráv, s ohledem na jednotlivé pakety, které mají jen omezenou velikost. Transportní vrstva je přítomna pouze v koncových zařízeních [6].

Model OSI definuje nad transportní vrstvou ještě vrstvu relační, prezenční a aplikační. Tyto tři vrstvy v modelu TCP/IP jsou spojeny pouze do vrstvy aplikační.

7.1.5 Relační vrstva (session layer)

Úlohou této vrstvy je řídit a synchronizovat spojení mezi dvěma koncovými účastníky a organizovat výměnu dat mezi nimi. Relační vrstva navazuje, udržuje a končí relace. Při navazování relace si vyžádá od transportní vrstvy vytvoření spojení pro průběh komunikace mezi účastníky. Při ukončení relace zajišťuje ukončení spojení.

7.1.6 Prezenční vrstva (presentation layer)

Prezenční vrstva převádí data do formátu, ve kterém komunikují jednotlivé strany. Jedná se například o převody kódů, abeced, modifikace grafického uspořádání, komprese dat, šifrování a podobně. Tato vrstva se zabývá jenom strukturou dat nikoliv jejím významem [6]. To je úkolem aplikační vrstvy.

7.1.7 Aplikační vrstva (application layer)

Tato vrstva představuje rozhraní mezi koncovou aplikací a komunikačním kanálem. Koncové aplikace mohou být aplikace pro elektronickou poštu, přenos souborů, vzdálené připojování a podobně. Aplikační vrstva zajišťuje pouze všeobecně použitelné mechanismy [6].

7.2 Komunikační sběrnice a komunikační protokoly

Následující kapitoly budou zaměřeny na výběr často využívaných komunikačních sběrnic, protokolů a komunikačních standardů používaných v průmyslových prostředích a technologických procesech k přenosu dat.

7.2.1 RS 232

Jedním z nejpoužívanějších sériových rozhraní byl standard RS 232. Tento standard je převážně známý z počítačové techniky, kde byl dlouhou dobu používán jako základní sériové rozhraní pro připojení periférií. Dnes je toto rozhraní nahrazeno v počítačové technice rozhraním USB (Universal Serial Bus). V průmyslových aplikacích je však ještě poměrně hojně využíváno [6]. Mohou se pomocí tohoto rozhraní programovat regulátory motorů v průmyslových strojích, frekvenční měniče nebo v případě potřeby lze pomocí tohoto rozhraní konfigurovat některé aktivní síťové prvky Cisco [15].

Signály RS 232 jsou reprezentovány napěťovými úrovněmi vzhledem k zemi. To znamená pro každý signál jeden vodič a společný zemní vodič, vůči kterému jsou napěťové úrovně vztaženy. Tento způsob komunikace je vhodný pro point-to-point komunikaci při nízkých rychlostech. Společný zemní vodič limituje podstatným způsobem délku připojení.

Základní parametry této sběrnice jsou [6]:

- Úroveň napětí pro logickou 0 je 3V až 15V, pro logickou 1 je -3V až -15V
- Používá inverzní kódování

- Maximální přenosová rychlost je udávána 19200 Bd při vzdálenosti vedení do 15 metrů a 2400 Bd do vzdálenosti 900 metrů
- Použitý konektor je Canon25, Canon9 nebo RJ45

Mezi výhody tohoto rozhraní patří jednoduchost a rozšiřitelnost. Mezi nevýhody patří komunikace pouze dvou zařízení, nízké přenosové rychlosti a malé vzdálenosti.

Dalšími standardy, které řeší některé nevýhody RS 232 jsou standardy RS 422, RS 423 nebo RS 485.

7.2.2 RS 422

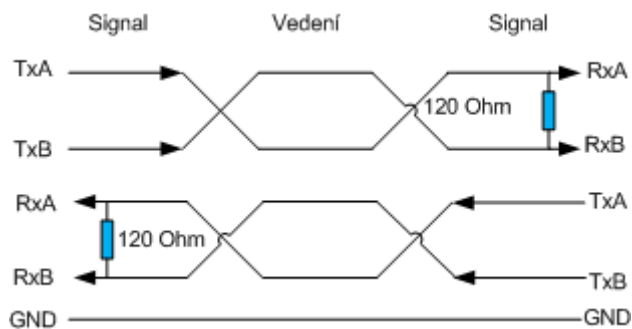
Princip práce této sběrnice je založena na přenosu dat pomocí dvou vodičů. Na přijímací straně je zjišťován rozdíl napěťových potenciálů, přesněji řečeno polarita mezi těmito dvěma vodiči.

Tento standard řeší neduhy sběrnice RS 232 zejména malou délku přenosového média a nízkou přenosovou rychlost. Propojení RS 422 je duplexní zapojení RS 485. Jedná se o zdvojené zapojení pro současný přenos dat v obou směrech.

Základní parametry RS 422 jsou [6]:

- Rozsahy signálů jsou 200mV až 6V pro logickou 1 a -200mV až -6V pro logickou 0
- Maximální přenosová rychlost je udávána 100 kbit/s na vzdálenost 1200 metrů nebo až 10 Mbit/s na vzdálenost 10 metrů

Při základním zapojení sběrnice s použitím dvojice vodičů, po nichž se vysílají data s diferenciálním kódováním, lze přenos provádět až na vzdálenost 1200 metrů. V případě, že komunikující zařízení jsou napájena z odlišných zdrojů, doporučuje se kromě propojení obou datových linek i propojení pomocí třetího vodiče pro vytvoření signálové nuly jako na následujícím obrázku 7-4.



Obrázek 7-4. Propojení zařízení sběrnici RS422 [15]

Topologie sběrnice RS 422 umožňuje propojení až 10 zařízení s ohledem na zatížení datové linky. Tato zařízení by měla být zapojena ve sběrnicové topologii. Jiné zapojení není doporučováno kvůli vícenásobným odrazům signálu od konce vedení. V případě, že je vyžadován souběžný přenos dat oběma směry, používá dva páry kroucené dvoulinky pro každý směr zvlášť. Takto však mohou komunikovat pouze dvě zařízení mezi sebou. Tento standard popisuje pouze požadavky na technické prostředky a elektrické zapojení, pro skutečný přenos dat je zapotřebí využít programové prostředky, které jsou označovány jako protokoly.

7.2.3 RS 423

Tato sběrnice se využívá méně často. Jediným podstatným rozdílem oproti sběrnici RS 422 je ve způsobu kódování signálu, které je stejné jako u sběrnice RS 232.

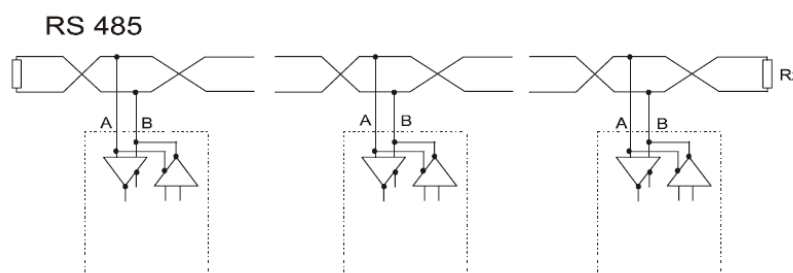
7.2.4 RS 485

Tento komunikační standard přináší další vylepšení oproti standardu RS 422 v podobě realizace vícebodového spojení, tzn. komunikace mezi několika zařízeními. Zachovává i vylepšení délky přenosového média a přenosové rychlosti podobně jako RS 422.

Mezi základní parametry sběrnice RS 485 patří [6]:

- Komunikační rychlost až 10 Mb/s při vzdálenosti do 15 metrů a 100 kb/s do vzdálenosti 1200 metrů
- Logická 1 je reprezentována rozdílovým napětím A-B < -300 mV, logická 0 je reprezentována rozdílem A-B > 300mV
- Na sběrnici může být až 32 zařízení
- Sběrnice musí být ukončena rezistory o hodnotě 100-120 Ohmů, zvanými terminátory

Pomocí této sběrnice může komunikovat maximálně 32 vysílačů a 32 přijímačů, což je výrazné vylepšení proti RS 422, kde mohl v danou chvíli existovat pouze jeden vysílač. Tento způsob komunikace se nazývá multidrop. Správná funkce sběrnice je zaručena díky tomu, že všechny neaktivní vysílače i přijímače se v klidu nacházejí ve stavu vysoké impedance. To znamená, že nijak neovlivňují komunikující zařízení. Veškeré řízení přenosu sběrnice je ponechána protokolu vyšší vrstvy. Tato sběrnice používá stejné kódování dat jako předchozí RS 422. Sériové propojení lze rozšířit o další segmenty díky opakovacím, kdy se vytváří další segment o délce až 1200 metrů.



Obrázek 7-5. Schéma propojení RS 485 [8]

Standard RS 485 byl později nahrazen novým standardem s označením EIA-485, kde jsou stanoveny pouze charakteristiky přijímače a vysílače. Datový protokol má na starosti vyšší vrstva modelu OSI.

7.2.5 USB

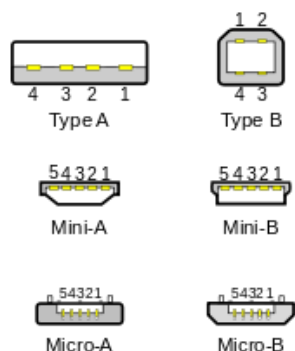
V současnosti se USB (Universal Serial Bus) stalo nejrozšířenějším sériovým rozhraním u počítačů typu PC, kde nahradilo rozhraní RS 232. Využití nachází především v připojení různých periférií k počítači.

Mezi základní vlastnosti tohoto rozhraní patří [6]:

- Přenosová rychlost USB 1.1 – až 12 Mbit/s, USB 2.0 – až 480 Mbit/s, USB 3.0 – až 3 Gbit/s.
- Maximální délka kabelu je 5 metrů.
- USB 1.1 a 2.0 obsahuje 2 datové a 2 napájecí vodiče.
- USB 3.0 obsahuje 4 datové vodiče pro vyšší rychlost, 2 datové vodiče z důvodu zpětné kompatibility s USB 2.0 a 2 napájecí vodiče.
- Rozhraní umožňuje používat rozbočovače (huby).

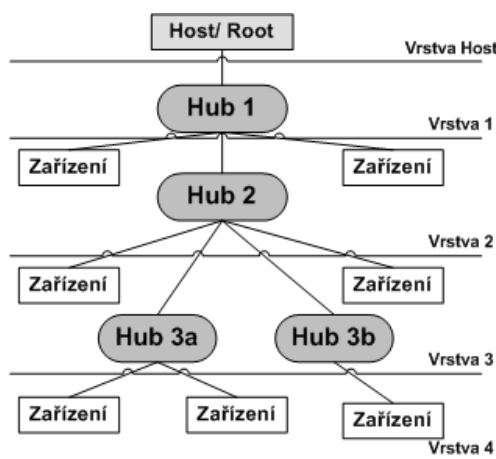
- Lze připojit až 127 zařízení pomocí jednoho konektoru.

USB rozhraní používá dva typy konektorů. Plochý konektor typu A, který se používá především v PC a konektor typu B, který je převážně určen pro periferní zařízení. Vedle těchto konektorů se používají ještě konektory s označením miniUSB a mikroUSB. Jednotlivé typy konektorů jsou na následujícím obrázku 7-6.



Obrázek 7-6. Typy konektorů USB [18]

Kabely mohou být použity stíněné nebo nestíněné. Stínění kabelu je připojeno pouze k pinu GND na straně hosta. Zařízení, které je vybaveno rozhraním USB může být buď rozdělovač (HUB) nebo periferní jednotka. HUB je označení pro centrální jednotku hvězdicové struktury. Každé USB zařízení má svoji adresu a podporuje jednu nebo několik koncových jednotek (end points/nodes), se kterými může počítač komunikovat. Příklad jednoduché struktury umožňující připojení periférií je na následujícím obrázku 7-7 [8].



Obrázek 7-7. Struktura USB [8]

Mezi speciální datové přenosy lze zařadit například bezdrátové propojení Bluetooth, IrDa, IEEE1394 nebo ZigBee. Tyto technologie však nejsou v průmyslových systémech často využívány. Uplatňují se zejména v multimediálních systémech. Do kategorie speciálních

datových přenosů spadá i technologie propojení LonWorks, která se ovšem uplatňuje ve velké míře v průmyslové automatizaci zejména pro sběr dat z měřičů tepla, pro řízení regulace nebo řízení spotřebičů v průmyslové automatizaci. U embedded systémů se prosazuje také propojení pomocí AS-i, I²C a SPD.

7.2.6 LonWorks

Technologie tohoto propojení nabízí univerzální komunikaci po libovolném vedení včetně RS 485, síťového rozvodu nebo kabelové televize. Tato specifikace vychází z definice sítě zvané Local Operating Network (LON), tj. místní datová síť. Tato síť je tvořena z inteligentních zařízení a uzlů, které jsou propojeny jedním nebo více komunikačními médii a komunikují navzájem jedním komunikačním protokolem. Mezi hlavní komponenty této komunikační sítě patří [8]:

- LonTalk Protokol
- Neuron chipy
- LonWorks transceivery
- Network management a aplikační software

LonWorks využívá architektury peer-to-peer, tj. přímou komunikaci mezi uzly s prioritním zasíláním zpráv. Inteligentní uzel (node) tvoří základ sítě a je založen na speciálních mikrokontrolérech nazývaných Neuron chip, na kterých běží LonTalk protokol. Tento komunikační protokol je nezávislý na fyzickém přenosovém médiu a na topologii sítě [8].

7.2.7 AS-i

Standard AS-i (Actuator Sensor Interface) je sběrniceový systém, který vznikl na počátku devadesátých. Cílem tohoto standardu je připojení binárních akčních členů a senzorů. Jedná se o sběrnici s řízením typu master-slave. K důležitým vlastnostem tohoto standardu patří možnost napájení po sběrnici, která tak slouží pro napájení i přenos dat. Další výhodou je neexistence zakončovacích terminátorů na konci vedení a prakticky možnost zapojení do libovolné topologie. Délka vedení je omezena na 100 metrů, při použití maximálně dvou opakovačů lze dosáhnout délky až 300 metrů. Maximální počet připojitelných zařízení typu slave je 62. Řídící stanice cyklicky oslovuje účastnické (slave) stanice a jejich komunikace probíhá podle stejného telegramu pro každou účastnickou stanici [6].

AS-i používá kabel vlastní konstrukce. Jde o plochý kabel se dvěma vodiči, kde hnědý vodič má kladnou polaritu a modrý vodič zápornou polaritu. Příčný profil kabelu je následujícím obrázkem 7-8.



Obrázek 7-8. Profil kabelu pro AS-i [6]

Zabezpečení přenosu využívá toho, že struktura vysílaných telegramů obsahuje řadu pevně stanovených či pravidelně se opakujících prvků [6].

7.2.8 M-BUS

M-BUS (Meter-Bus) je průmyslová datová sběrnice určená zejména k přenosu dat a řízení v oblasti automatizace. Převážně se uplatňuje v systémech měření a regulace. Struktura tohoto komunikačního protokolu je založena na sériovém asynchronním přenosu po dvou vodičové sběrnici, s možností napájení účastnických stanic.

Struktura sítě je sběrnicevého typu, která vyhovuje průmyslovým aplikacím svou spolehlivostí i cenou. Při připojování nebo odpojování jednotlivých komponent na linku není ovlivňována komunikace ostatních účastnických zařízení na lince. Další výhodou je možnost vysílání dat více stanicím najednou. Naopak nevýhodou je možnost vysílání dat pouze jedné stanice v daném čase [16].

Charakteristické rysy sběrnice M-Bus jsou [16]:

- Galvanicky oddělené rozhraní
- Možnost napájení účastníků po sběrnici
- Dvoudrátové vedení s délkou až několik kilometrů
- Řízení komunikace na principu Master-Slave
- Přenosová rychlost 300 až 9600 Baudů
- Připojení až 250 účastníků (bez implementace síťové vrstvy)
- Asynchronní přenos znaků, 8 bitů dat, sudá parita
- Zabezpečení datového bloku pomocí kontrolního součtu

Model komunikace M-Bus sběrnice je založen na modelu OSI, ze kterého jsou využity jen některé níže popsané vrstvy.

7.2.8.1 Fyzická vrstva

Základní konfigurace sítě obsahuje jednu řídicí (Master) a až 250 účastnických (Slave) stanic. Struktura sítě je tvořena dvoudrátovou sběrnici. Využívá se poloduplexní přenos dat s řízením přístupu Master-Slave. K zajištění napájení účastnických stanic po stejném vedení, používá M-Bus sběrnice pro přenos od řídicí stanice (Master) k účastnickým stanicím (Slaves) změny napěťových úrovní, v opačném směru jsou to změny v odběru proudu.

Logické úrovně od řídicí stanice k účastnickým [16]:

Logická 1 = +36 V

Logická 0 = +24 V

$I_{\text{Bus}} = 1,5 \text{ mA}$

Logické úrovně od účastnické stanice k řídicí stanici [16]:

Logická 1 = 1,5 mA

Logická 0 = 12,5 mA až 20 mA

$V_{\text{Bus}} = +36\text{V}$

7.2.8.2 Linková vrstva

Protokol linkové vrstvy je založen na mezinárodním standardu IEC 870-5 [16]. Podle tohoto standardu M-Bus využívá určitý formát dat a specifikuje tři rozdílné typy telegramů lišící se startovacími znaky [16]:

- Jednotlivý znak
- Krátký rámeček
- Řídicí rámeček
- Dlouhý rámeček

Linková vrstva využívá dvě základní procedury [16]:

- Vysílání/Potvrzení (Send/Confirm)

- Žádost/Odezva (Request/Respond)

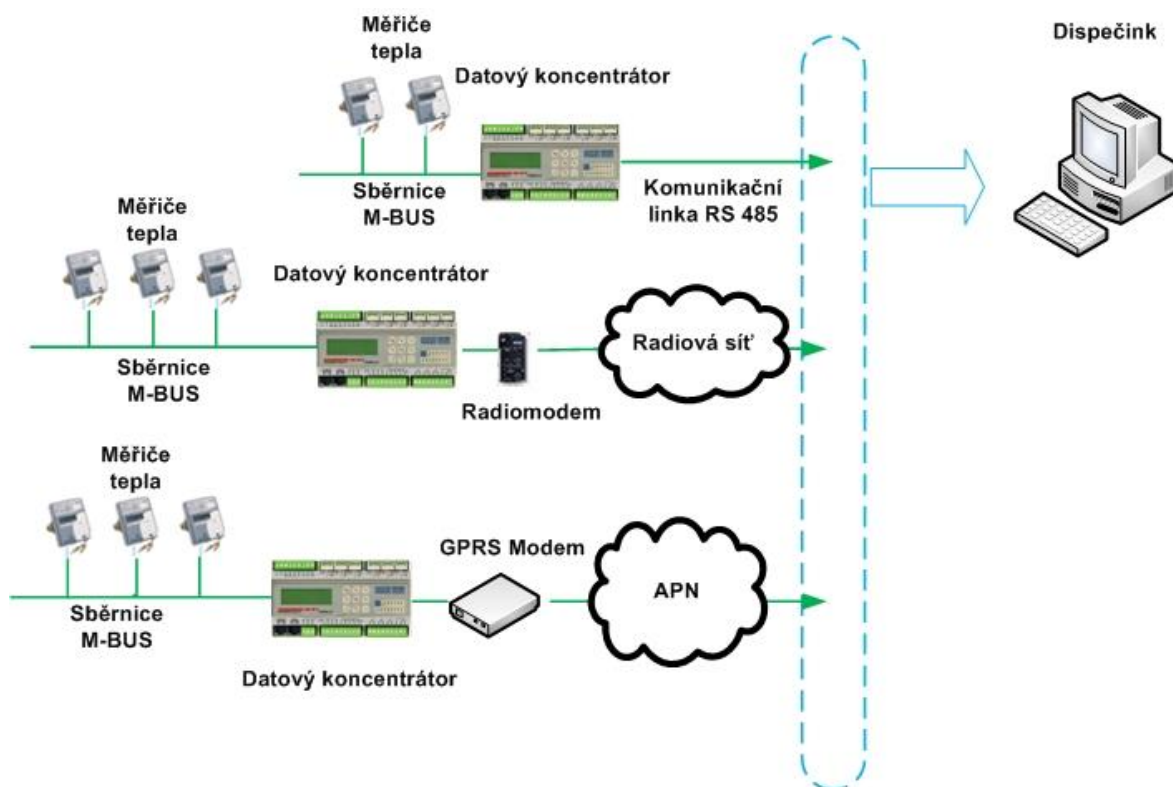
7.2.8.3 Sít'ová vrstva

Zajišťuje rozšíření adresování v případě, že nestačí 250 účastnických stanic volených v linkové vrstvě.

7.2.8.4 Aplikační vrstva

Protokoly této vrstvy definují typ a sekvenci aplikačních dat v rámci a také definují uživatelská data rámce.

Obecný příklad použití sběrnice M-Bus v praxi je na obrázku 7-9.



Obrázek 7-9. Příklad použití sběrnice M-Bus

7.2.9 Profibus

Jedná se o komunikační síť převážně používanou v průmyslové automatizaci. Vychází z otevřeného komunikačního modelu OSI a vytváří architekturu, která respektuje potřebu připojení malých zařízení a současně vytváří otevřené rozhraní pro komunikaci různých automatizačních zařízení, jako jsou programovatelné automaty, operátorské panely, snímače nebo akční členy. Norma definuje Profibus pouze pro fyzickou, linkovou a aplikační vrstvu [6].

7.2.9.1 Fyzická vrstva

Fyzická vrstva definuje spojení mezi zařízeními včetně mechanických a elektrických vlastností včetně topologie sítě. Profibus podporuje přenos po RS 485, optickém vláknu nebo proudové smyčce. Nejčastější variantou je použití sběrnice RS 485, která používá stíněný nebo nestíněný kabel s krouceným párem. Topologie této sítě je sběrnice. Na jeden segment sběrnice je možné připojit 32 účastníků sítě Profibus. Segment sběrnice musí být na obou koncích vedení ukončen terminátorem. Maximální délka segmentu sítě závisí na použité přenosové rychlosti. Pokud je potřeba připojit větší počet účastníků při zachování přenosové rychlosti, je třeba síť rozšířit o další segment. K propojování segmentů je určen opakovací (repeater). Opakovací galvanicky odděluje jednotlivé segmenty a regeneruje (rekonstruuje) procházející signál. V praxi se sériově řadí maximálně 10 segmentů. Celkově však nesmí být překročen maximální počet účastníků připojených k jedné síti daný adresovacími možnostmi standardu Profibus, tj. 127 účastníků (aktivních nebo pasivních) [6].

Tabulka 7-1. Závislost komunikační rychlosti na délce vedení [6]

Přenosová rychlost v [kb/s]	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	12000
Délka v [m]	1200	1200	1200	1000	400	200	100

7.2.9.2 Linková vrstva

Linková vrstva definuje mechanismus přístupu zařízení na přenosové médium. Zabezpečuje také vytvoření zprávy na úrovni bitového řetězce včetně kontrolní části. Metoda řízení přístupu na sběrnici definuje, kdy má zařízení oprávnění vysílat. Musí být zajištěno, že v danou chvíli má právo vysílat pouze jedno zařízení. Profibus v sobě definuje dvě metody přístupu na sběrnici:

- Metoda token passing (předávání pověření v logickém kruhu) slouží pro komunikaci mezi aktivními zařízeními.
- Metoda Master-Slave (centrálně řízené dotazování) slouží pro komunikaci mezi aktivním a jemu přidělenými pasivními zařízeními.

Jedním ze základních požadavků kladených na průmyslové komunikační sběrnice je schopnost připojovat a odpojovat jednotlivé účastníky ke sběrnici, aniž by byla ovlivněna ostatní zařízení. Logický kruh, ve kterém dochází k předávání pověření, je utvořen

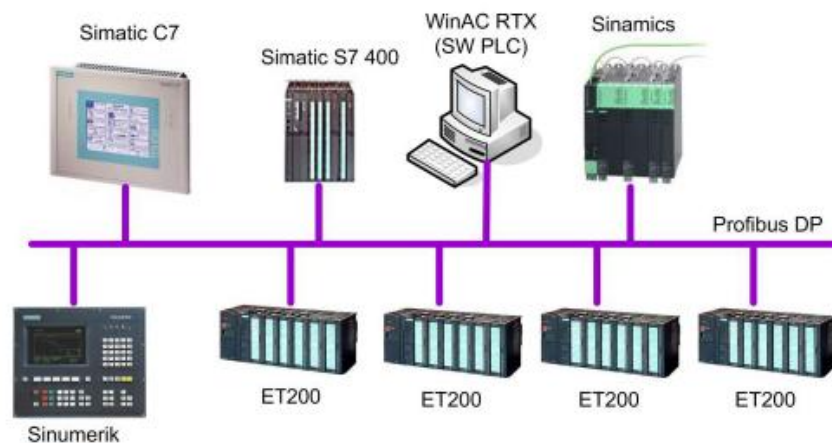
z aktivních stanic, které jsou uspořádány vzestupně podle jejich adres. V ustáleném stavu zná každá stanice v logickém kruhu svého předchůdce a svého následníka.

7.2.9.3 Aplikační vrstva

Aplikační vrstva poskytuje služby nezbytné pro komunikaci z hlediska uživatele.

Každá oblast automatizace má určité specifické požadavky na vlastnosti komunikační sítě. Tyto požadavky jsou shrnuty v tzv. profilech zařízení definovaných nad aplikační vrstvou pro každý typ protokolu. V současné době existují tři varianty komunikačního standardu Profibus [6]:

- Profibus-DP
- Profibus-FMS
- Profibus-PA



Obrázek 7-10. Typická architektura řídicího systému se sběrnici Profibus DP [6]

7.2.10 Ethernet

Historie Ethernetu sahá až do počátku sedmdesátých let a vycházel ze systému Aloha, kde byl poprvé využit náhodný přístup ke komunikačnímu médiu. Později byl tento mechanismus přístupu ke komunikačnímu médiu vylepšen na přístupovou metodu CSMA/CD, která byla popsána výše. Protokol Ethernet byl standardizován institutem IEEE jako norma IEEE 802.3 [5].

7.2.10.1 Fyzická vrstva

Fyzická vrstva Ethernetu obsahuje několik skupin, které se dají rozdělit podle přenosové kapacity a použitého propojovacího média. Vzhledem k zadání a rozsahu práce zde budou pouze vyjmenovány jednotlivé skupiny používaných kategorií propojovacích médií ve fyzické vrstvě Ethernetu bez bližšího popisu [6]:

- Ethernet s přenosovou rychlostí 10 Mbit/s: 10Base-5, 10Base-2, 10Base-T, 10Base-FL
- FastEthernet s přenosovou rychlostí 100 Mbit/s: 100Base-TX, 100Base-T4, 100Base-FX
- Gigabit Ethernet s přenosovou rychlostí 1000 Mbit/s: 1000Base-SX, 1000Base-LX, 1000Base-T
- 10 Gigabit Ethernet s přenosovou rychlostí 10 Gbit/s: 10GBase-SR, 10GBase-LR, 10GBase-T

Původně Ethernet využíval jako přenosové médium koaxiální kabel. Na počátku devadesátých let byl zaveden standard, využívající krouceného páru. Postupně byly přijímány inovované standardy přinášející vyšší rychlosti až 1 Gb/s a využívající krouceného páru nebo optických kabelů jako přenosové médium. V roce 2002 byl publikován standard 10G Ethernetu, který pracuje výhradně v plně duplexním režimu a nevyužívá již metodu CSMA/CD.

7.2.10.2 Linková vrstva

Dle IEEE 802.3 používá Ethernet přístupovou metodu CSMA/CD. Přístup ke komunikačnímu médiu se používá v režimu polovičního duplexu, kdy je k přenosovému médiu připojeno více zařízení. Po zavedení prepínačů (switchů) již nemusí prvky sdílet společný kanál. Pokud jsou počítače k prepínačům připojeny pomocí plného duplexu, tak je metoda CSMA/CD úplně deaktivována a takto propojená zařízení mohou začít data vysílat kdykoliv. Rámec protokolu IEEE 802.3 je v následující tabulce 7-2 [6]:

Tabulka 7-2. Rámec protokolu IEEE 802.3 [5]

Počet bytů	8B	6B	6B	2B	46B – 1500B	4B
Význam	Preamble (Synchronizace)	Cílová adresa	Zdrojová adresa	Délka datového pole	Datové pole	Kontrolní součet

- Preamble slouží k synchronizaci všech stanic při přijímání rámce.
- Cílová a zdrojová adresa jsou linkové adresy příjemce a odesílatele.
- Délka datového pole určuje velikost datového pole.
- Datové pole obsahuje vlastní data. Tyto data musí mít velikost minimálně 46 bytů, v případě, že je potřeba přenášet méně dat, tak se datové pole doplní bezvýznamnou výplní.
- Kontrolní součet zajišťuje integritu rámce.

7.2.10.3 Popis sítě

V současnosti je Ethernet rozšířen do velkého množství aplikací s použitím široké škály přenosových protokolů. Rozšiřování této technologie do řídicích systémů má především hlavní příčinu v rozvoji Internetu. Tím výrazně narostl počet ethernetových rozhraní a následně poklesla jejich cena. Ethernet lze rozdělit na komerční a průmyslový. Zatímco komerční ethernet používá stochastické metody přístupu k přenosovému médium, vznikly modifikované protokoly a opatření vedoucí ke zvýšení determinističnosti této sítě a zlepšení jejího využití v distribuovaných systémech. Tato modifikovaná síť se nazývá průmyslový (Industrial) Ethernet [6].

7.2.11 Průmyslový Ethernet

Pro průmyslový Ethernet je komunikace v reálném čase (RT) základním požadavkem. To znamená provést požadavky aplikace vždy, včas a za všech provozních podmínek. Problém vytváří přenosová rychlost a kompatibilita komerčního a průmyslového Ethernetu. Největší problém je v tzv. TCP/IP stacku, který vytváří největší zpoždění. Případným obejitím tohoto TCP/IP stacku by se ovšem ztratila kompatibilita.

Řešením je proto:

- Použití tzv. „master clock“ k synchronizaci hodin sítě (je použit v IEEE 1588, kde je specifikovaná přesná synchronizace sítí; pro Ethernet TCP/IP je částečně vhodný) [8].
- cyklická komunikace pro obejití TCP/IP stacku; pro RT komunikace je kompletně nahrazen separátním stackem pro cyklické procesy; časová mezera je obsažena v každém cyklu TCP/IP nebo UDP/IP přenosu, který je dán poslechem telegramu všemi stanicemi na síti; nemají to ale Ethernet switche, které mají vlastní přenosový čas; huby to mají předepsané [8].
- jiné metody na úrovni MAC adres nebo jako u Profinet [8].

Standard IEEE 1588 specifikuje tzv. Precision Time Protocol (PTP). Tento protokol je zatím nejúčinnější a levný mechanismus pro zaručení synchronismu zpráv v komunikaci Ethernet. Je založen na distribuovaných hodinách reálného času v každém komunikujícím zařízení. Tím se dosahuje vyššího stupně synchronizace zpráv než u stávajících průmyslových sběrnic.

V současné době roste poptávka ze strany zákazníků na plně integrovanou automatizaci s využitím stávajících komunikačních sběrnic nebo jejich doplnění a rozšíření o nové komunikační sběrnice s větší flexibilitou. Častým požadavkem také je vzdálená diagnostika modulů připojených na daný typ sběrnice, sběr naměřených dat z jednotlivých částí výroby nebo jejich archivace na všech úrovních výroby. Za tímto účelem jsou vyvíjeny sběrnice typu non-real time (NRT) a real time (RT) sběrnice [6].

Mezi tyto průmyslové sběrnice patří například Ethernet Powerlink, Profinet nebo EtherCat, jejichž popis je však nad rámec této práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 VÝZNAM AKUMULACE TEPLA A POPIS KOMPONENTŮ

Cílem této práce je návrh aplikačního modulu v dispečerském systému reálného času D2000 Actis, který bude efektivně řídit akumulaci tepla v části horkovodní soustavy města Olomouce. Akumulaci tepla je možné provádět obecně plánovaným zvýšením teploty vody ve vratném potrubí horkovodní sítě. Tepelná energie se dostává do vratné větve horkovodní sítě v době mimo výkonovou špičku potřeby tepla. Naakumulované teplo v horkovodní síti potom umožní částečné pokrytí ranní výkonové špičky v odběru tepelné energie, čímž dojde k výkonovému omezení záložního zdroje, který je využíván pro pokrytí těchto výkonových špiček. Vlivem akumulace tepla dojde k částečnému přerozdělení dodávek tepla z ranní výkonové špičky do období nočního útlumu, což se projeví nižší dodávkou tepla ze špičkové výtopny Olomouc (ŠVOL). Dále dojde v nočním období ke zvýšení potřeby tepla, která povede ke zvýšení výroby elektrické energie. V případě efektivního řízení akumulace tepla jsou tedy předpokládány tyto přínosy:

- Snížení odběrových ranních špiček v horkovodní stanici teplárny Olomouc.
- Snížení dodávek tepla ze špičkové výtopny Olomouc (ŠVOL) v době ranní výkonové špičky.
- Zvýšení výroby elektrické energie.

Existují ovšem omezující podmínky, které ztěžují využití tohoto způsobu akumulace tepla.

- Maximální teplota v přívodním/vratném potrubí je dána návrhem kompenzačních prvků a dilatačního polštářování a je projektově stanovena na 125/65 °C.
- Rychlost změny teploty vody v přívodním a vratném potrubí stanovena na 1°C za minutu.
- Množství a teplota vratné vody v místě akumulace omezuje rychlost akumulace a množství akumulované energie.

V této práci je využito stávajícího dispečerského systému, komponentů měření a akčních členů k efektivnímu řízení systému akumulace tepla.

8.1 Komponenty řízení, měření a akční členy

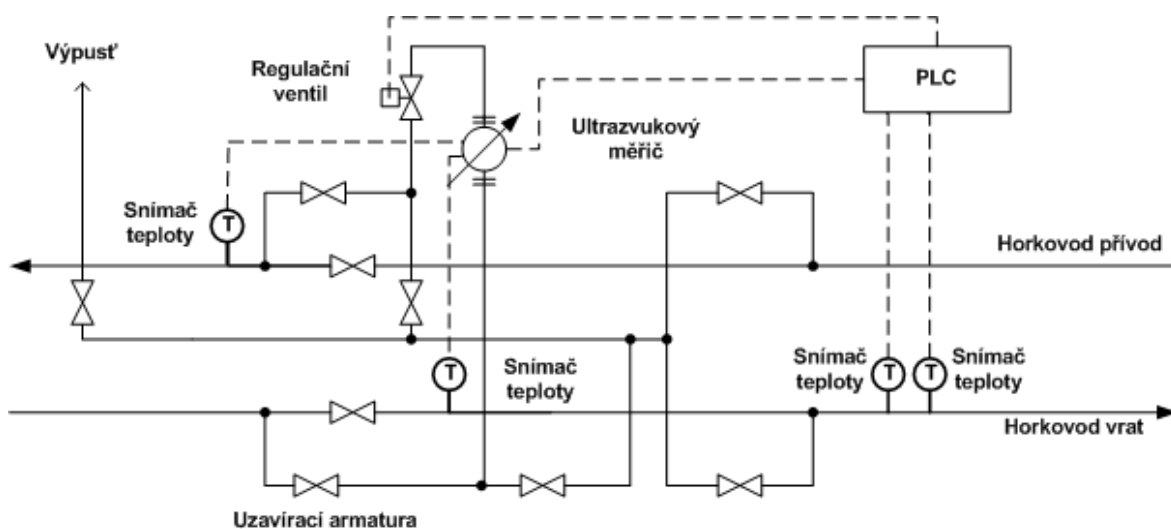
Ke splnění zadaných úkolů je nutné využití nejenom programových prostředků v podobě dispečerské aplikace, ale je nutné použít instalované komponenty, které budou sloužit

dispečerské aplikaci k vykonávání akčních zásahů, měření a ovládání systému akumulace tepla.

System pro přepouštění primární horké vody do vratné větve potrubí, kde se tato voda smísí s ochlazenou vodou z předávacích stanic, se nazývá akumuláční zkrat a je umístěn v jedné z jímek horkovodní soustavy města. Umístění zkratu v horkovodním systému je označeno na obrázku v příloze P II.

V tomto místě je instalován regulační ventil firmy LDM, HU 223 s maximálním průtokem 63 m³/h. Tento ventil je ovládán elektrohydraulickým pohonem firmy Landis&Staefa, typ SKC 32.61. Pro měření teploty vratné větve horkovodu jsou použity snímače teploty firmy Sensit NS 530. Pro měření celkového množství tepla a průtoku regulovaným zkratem je instalován ultrazvukový průtokoměr Sonoflo Flowmeter, typ SONO 3000CT s měřičem tepelné energie Infocal včetně teploměru PT 500.

Schematické umístění jednotlivých komponent je na následujícím obrázku 8-1.

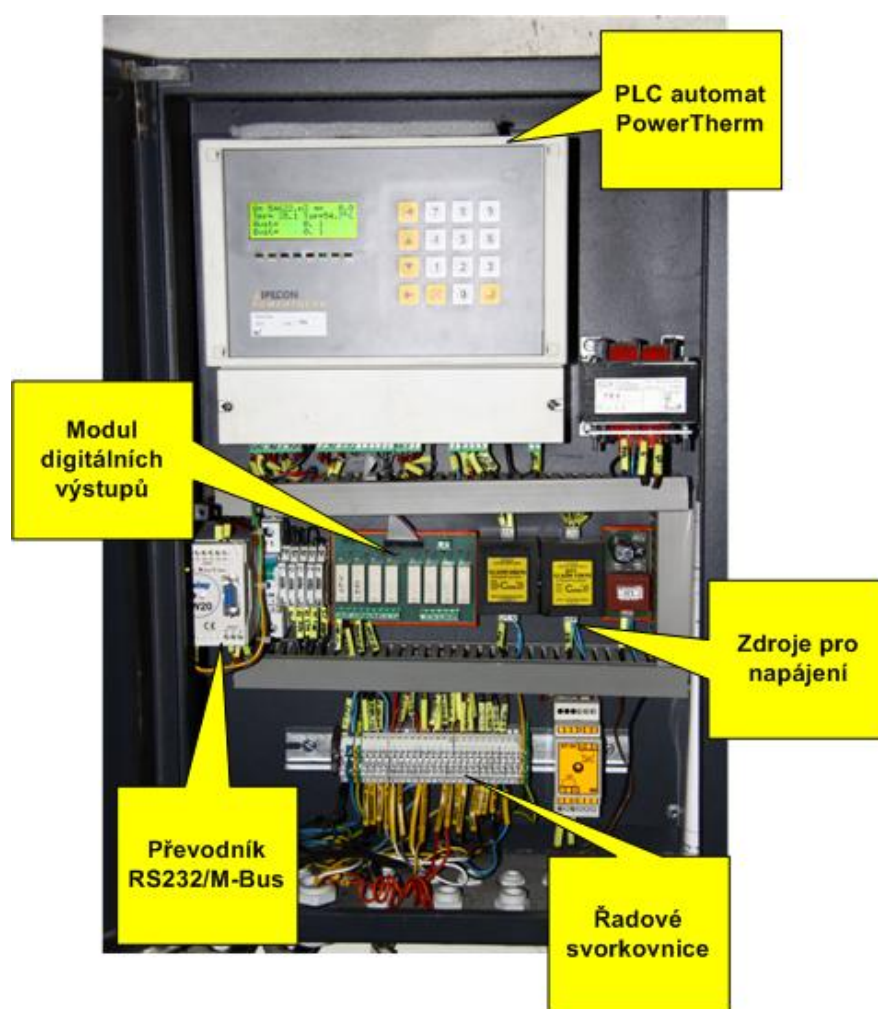


Obrázek 8-1. Schéma akumuláčního zkratu

K řízení systému akumulace je použit PLC automat KPX PowerTHERM včetně I/O modulu digitálních výstupů, které zajišťují lokální řízení systému akumulace tepla přes čelní panel. PLC obsahuje příslušná rozhraní pro snímání teplot, ovládání regulačních prvků, komunikaci s měřičem tepla a umožňuje přenos měřených údajů do nadřazeného dispečerského systému pomocí sběrnice RS 485. Při případném výpadku komunikace s dispečerským systémem bude řídicí systém dodržovat technologické omezení systému v podobě maximální nastavené teploty vratné média a maximální rychlosti nárůstu teploty

vratného média o 1°C za minut. Při výpadku komunikace s dispečerským systémem delším jak 15 minut, bude uzavřen regulační ventil akumulace tepla.

Řídicí systém je instalován v rozvaděči společně s ostatními komponenty pro napájení a přenos dat. V rozvaděči je osazen zdroj pro napájení PLC automatu, dále zdroj pro napájení analogových vstupů snímačů teploty 4-20 mA a zdroj pro napájení komunikačního převodníku RS232/M-Bus. Rozvaděč dále obsahuje prvky pro jištění osazených elektrických zařízení a řadové svorky pro připojení zařízení instalovaných vně rozvaděče. PLC automat je přímo napojen na distribuovaný systém sběru dat pomocí rozhraní RS 485.

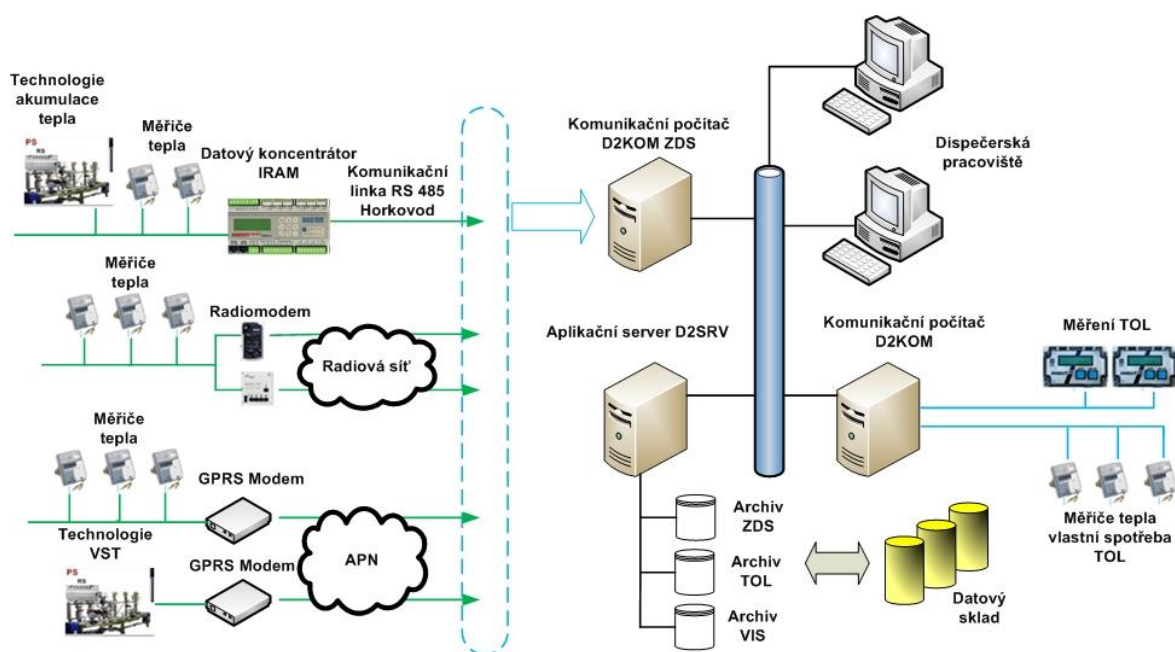


Obrázek 8-2. Skříň rozvaděče

8.2 Přenos dat a komunikační server

Mezi řídicím systémem akumulace tepla a komunikačním serverem je přenos dat řešen pomocí distribuovaného systému sběru dat využívající komunikačního rozhraní RS 485.

Na této komunikační lince jsou rozmístěna různá zařízení pro distribuovaný systém sběru dat z měřičů tepla v horkovodní soustavě města. Samotný dispečerský systém je umístěný v prostorách dispečinku teplárny (zdroje) Olomouc, kde je umístěn i aplikační server D2SRV HP Proliant DL360G6 s operačním systémem MS Windows 2008 Server, na kterém je nainstalován dispečerský systém D2000 Actis. K tomuto hlavnímu aplikačnímu serveru D2SRV jsou připojeny komunikační servery, které zajišťují dílčí sběr dat z různých komunikačních linek. Dále jsou k aplikačnímu serveru připojena pomocí síťového připojení jednotlivá operátorská pracoviště, sloužící k vizualizaci jednotlivých technologií. Aplikační server D2SRV zajišťuje také ukládání dat do archivní databáze a do datového skladu (trezoru). Pro sběr dat z horkovodní sítě je používán komunikační server s označením D2KOM ZDS, který zajišťuje komunikaci a sběr dat i z jiných komunikačních linek. Schematické znázornění části distribuovaného systému sběru dat v systému CZT Olomouc je na obrázku 8-3.



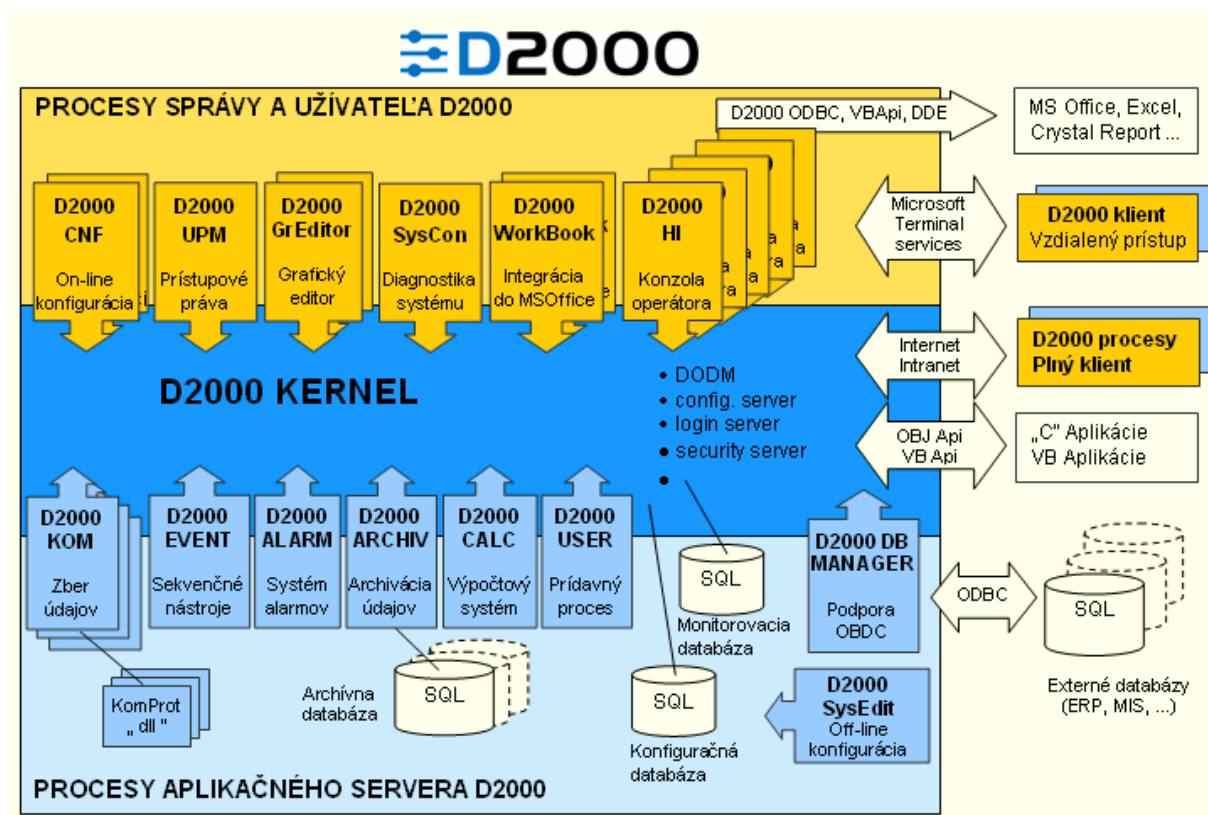
Obrázek 8-3. Sběr dat

8.3 D2000 ACTIS

Tento systém je moderní 32-bitový softwarový produkt kategorie SCADA/HMI, který podporuje moderní informační technologie umožňující sběr údajů z technologických procesů a jejich matematické a statistické zpracování v reálném čase. Dále umožňuje zobrazení a ovládání technologického procesu pomocí vlastního vytvořeného příjemného grafického prostředí. Systém poskytuje informace v reálném čase uživatelům

v prostředí počítačové sítě a obsahuje integrovaný, událostmi řízený skriptovací jazyk D2000 ESL, který je velmi výkonným nástrojem pro sekvenční a algoritmické řízení. Dále využívá výkonný systém archivace dat D2000 Industrial SQL Archiv, který pracuje se třemi úrovněmi archivace. V neposlední řadě umožňuje tvorbu výstupních sestav s exportem údajů do prostředí aplikací Microsoft Excel a Crystal Reports a poskytuje také nadstandardní řešení přístupových práv jednotlivých uživatelů.

Aplikace D2000 obsahuje řadu procesů, které zajišťují jednotlivé funkcionality systému. Graficky je struktura dispečerského systému D2000 znázorněna na obrázku 8-4.



Obrázek 8-4. Procesy systému D2000 [3]

Vzhledem k množství procesů v systému D2000 budou stručně popsány pouze procesy, které jsou významným způsobem využity v této práci.

D2000 Server (Kernel) je základním procesem, který tvoří jádro systému D2000. Všechny aktivity v systému jsou synchronizované s funkcemi jádra. Po startu systému proces D2000 Server vytvoří hierarchii statických objektů a zavede do paměti základní objekty, které zabezpečují jednotlivé aktivity – procesy [3].

D2000 CNF je dalším důležitým procesem, který slouží pro konfiguraci objektů systémů D2000. Pomocí tohoto procesu je možné vytvářet nové objekty, editovat nebo rušit stávající objekty [3].

Proces D2000 HI zabezpečuje komunikaci dispečerského a monitorovacího systému s uživatelem. Vytváří jakési uživatelské rozhraní (HI-Human Interface) [3].

Proces D2000 GrEditor je grafický editor, pomocí kterého lze vytvářet grafická schémata, která zobrazují monitorovaný technologický proces [3].

D2000 Kom je proces zajišťující komunikaci a zpracování naměřených dat. Tento proces umožňuje komunikaci pomocí různých komunikačních rozhraní. Tento proces nemá pracovní plochu pro komunikaci s uživatelem [3].

D2000 Calc je proces výpočtů, který vykonává aritmetické a logické operace nad daty v reálném čase. Tento proces také nemá pracovní plochu pro komunikaci s uživatelem [3].

D2000 Archiv je proces zabezpečující sběr, zpracování a distribuci historických hodnot. Slouží k archivaci všech objektů v D2000, které mají hodnotu. Jako databázový prostředek pro udržování archivů je použitý Sybase SQL Anywhere [3].

Proces D2000 Alarm vyhodnocuje podmínky vzniku a zániku alarmů. Vznik alarmu je výrazným způsobem zobrazen na pracovní ploše v procesu D2000 HI [3].

D2000 Event Handler je správcem objektů typu Event, které poskytují prostředky pro obsluhu událostí v systému. Proces Event Handler nemá pracovní plochu pro komunikaci s uživatelem [3].

8.3.1 Licencování produktu D2000

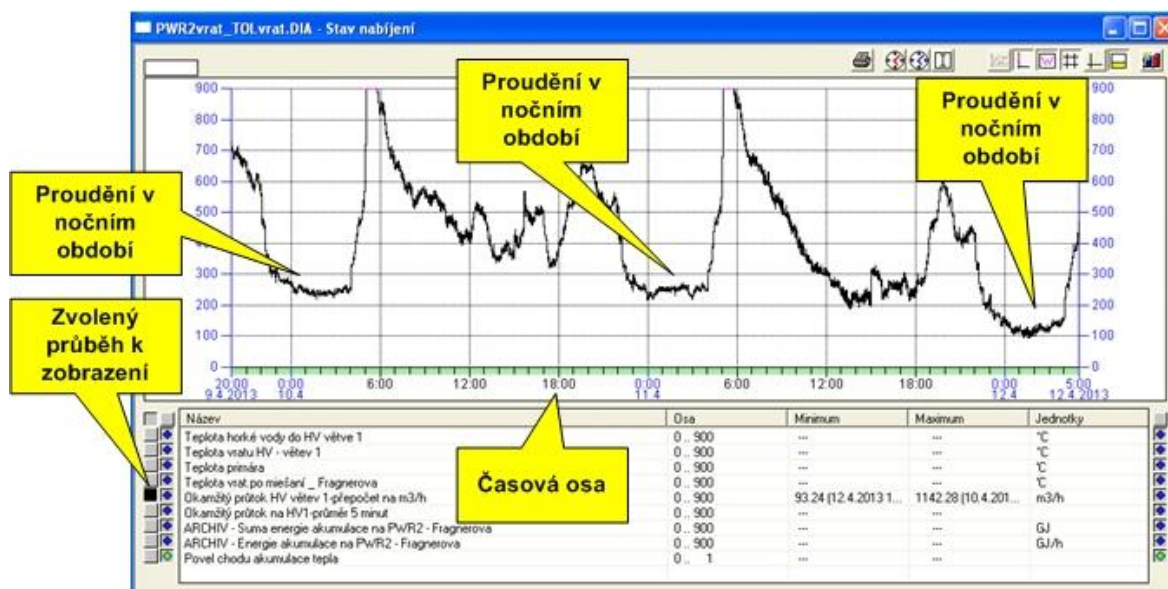
Tento softwarový produkt je chráněný a jeho funkčnost je podmíněná přítomností hardwarového (HW) klíče s platnou licencí. Tento HW klíč musí být trvale připojen k serveru, kde je spuštěn D2000 Server. Pro konfiguraci systému D2000 v procesu CNF je použit HW klíč s označením CNF klíč, který byl využit ke konfiguraci systému pro účely vytvoření této práce.

9 FILOZOFIE VÝPOČTŮ

Cílem této práce je za pomoci dostupných a již instalovaných zařízení efektivně řídit systém akumulace tepla na části horkovodní sítě města. Ke splnění tohoto úkolu je využit dispečerský systém D2000 instalovaný na dispečinku teplárny. Dispečerský systém zabezpečuje sběr dat z měřičů tepla instalovaných v systému centralizovaného zásobování teplem (CZT) města, ale také sběr a vyhodnocování dat z výroby teplárny. Dále slouží ke sběru a dálkovému řízení technologií instalovaných uvnitř i vně teplárny. Tyto připojené technologie jsou například výměňkové stanice, špičková výtopna, sběr dat z tepelného hospodářství Fakultní nemocnice Olomouc nebo sběr dat a údajů z tepelného hospodářství nemocnice Šternberk. Při výpočtech byla použita měřená data z měřiče tepla a zařízení instalovaných v místě akumulčního zkratu, dále byla použita měřená data ze sestavy horkovodního měření umístěné na výstupu z teplárny do příslušné horkovodní větve (HV), na které je umístěna technologie akumulace tepla. Nakonec byla pro výpočet využita data z části měřičů tepla, instalovaných na příslušné horkovodní větvi (větev 1), za místem umístění akumulčního zkratu. Data z těchto měřičů slouží ke zjištění aktuálního průtoku v místě akumulčního zkratu. Oblast s vybranými měřiči tepla je na obrázku v příloze P I.

Princip návrhu efektivního řízení akumulčního zkratu spočívá v určení vhodného začátku nabíjení do vratné větve vzhledem k aktuálnímu proudění v dané horkovodní větvi. Toto načasování je důležité proto, aby začátek naakumulované energie v podobě zvýšené teploty vratného média, proudící potrubím zpět do zdroje (teplárny), byl co nejpřesněji načasován na příchod v době ranní výkonové špičky. Při dřívějším příchodu by tento systém akumulace tepla mohl mít i negativní účinky na chod zdroje. Výpočet doby začátku nabíjení je velmi obtížné stanovit a je pouze přibližný vzhledem k dynamickým změnám rychlosti proudění v jednotlivých úsecích potrubí horkovodní sítě.

Předpokladem tohoto výpočtu je alespoň minimální stabilita proudění v nočních hodinách, která byla až na malé výjimky, potvrzena pozorováním měřených dat průtoku z grafu na obrázku 9-1. Pro vyhlazení měřeného průběhu průtoku, je pomocí statistického archivu prováděno průměrování této hodnoty s periodou 5 minut.



Obrázek 9-1. Stabilita proudění v nočních hodinách

V prvním kroku je nejprve přistoupeno k rozdělení celkové vzdálenosti HV potrubí od zdroje (teplárny) k místu akumulačního zkratu na 2 úseky. První úsek je potrubí o dimenzi DN600 a jeho celková délka je přibližně 1791 metrů. Druhý úsek je potrubí dimenze DN500 a délce přibližně 2696 metrů. Údaje o délce a dimenzi potrubí byly zjištěny z geografického informačního systému používaného pracovníky provozovatele horkovodní sítě města Olomouce. Tyto úseky jsou graficky zobrazeny na obrázku v příloze P II. Na základě těchto údajů je proveden výpočet celkového objemu vody v jednotlivých úsecích potrubí. V prvním úseku o dimenzi DN600 je přibližně 506,43 m³ vody a v druhém úseku o dimenzi DN500 je přibližně 529,35 m³ vody.

Výpočet efektivního řízení se dále opírá o zjištění aktuálního proudění v místě umístění akumulačního zkratu a aktuální rychlosti proudění v celé této horkovodní větvi, která je zjišťována z měření umístěného na této HV větvi na teplárně. Současně je využito faktu, že v celém prvním úseku o dimenzi DN600 není žádná odbočka z hlavní trasy. V tom případě je rychlost proudění zjištěná z měření na teplárně shodná s prouděním v celém prvním úseku o dimenzi DN600. Následně je celkový objem potrubí v prvním úseku o dimenzi DN600 dělen aktuálně zjištěným průtokem v prvním úseku. Výsledný čas představuje dobu proudění přes celý první úsek potrubí.

Výpočet rychlosti proudění v druhém úseku horkovodní větve je vypočítáván za pomoci analogie vzorce rovnoměrně zrychleného pohybu. V tomto úseku dochází ke zrychlení proudění, z důvodu postupného napojování jednotlivých odbočných větví, proto je ve

výpočtu vycházeno z rychlosti proudění v místě akumulčního zkratu a rychlosti proudění v prvním úseku potrubí o dimenzi DN600. Pomocí úpravy dvou základních vzorců (1), (2) a vzájemným dosazením je získán vzorec pro výpočet doby proudění (4) přes druhý úsek o dimenzi DN500. Význam jednotlivých veličin je následující:

v ... rychlost proudění v úseku 1.

v_0 ... rychlost proudění v místě akumulčního zkratu.

a ... zrychlení proudění v úseku 2.

t ... doba proudění přes úsek 2.

s ... celkový objem potrubí v úseku 2 (DN500).

$$v = v_0 + at \Rightarrow v - v_0 = at \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a} \quad (1)$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (2)$$

Dosazením vzorce (1) do vzorce (2) je získán vzorec (3) pro výpočet zrychlení proudění ve druhém úseku potrubí:

$$s = v_0 \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2 = \frac{v v_0 - v_0^2}{a} + \frac{1}{2} a \frac{v^2 - 2v v_0 + v_0^2}{a^2}$$

$$s = \frac{v v_0 - v_0^2}{a} + \frac{v^2 - 2v v_0 + v_0^2}{2a}$$

$$2as = 2v v_0 - 2v_0^2 + v^2 - 2v v_0 + v_0^2$$

$$2as = v^2 - v_0^2$$

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} \quad (3)$$

Čas t , který značí dobu proudění přes druhý úsek, vypočítáme dosazením vzorce (3) do vzorce (1).

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

$$t = \frac{v - v_0}{\frac{v^2 - v_0^2}{2s}} = \frac{2s}{v + v_0}$$

$$t = \frac{2s}{v + v_0} \quad (4)$$

Výsledný vzorec (4) byl aplikován do počítaného bodu (viz vysvětlení dále), který s periodou 5 minut vypočítává aktuální dobu proudění přes druhý úsek potrubí o dimenzi DN500.

Oba vypočtené časy proudění přes jednotlivé úseky jsou následně odečítány ze zadaného času začátku výkonové špičky. Výsledný čas je považován za čas vhodný pro začátek nabíjení. Začátek výkonové špičky je časově velmi stabilní a odráží začátek náběhu jednotlivých předávacích stanic, dle svých časových programů na dané horkovodní větvi. Čas začátku výkonové špičky je možné měnit v případě zjištění určitého posunu. Následně je porovnáván aktuální systémový čas s výsledným vypočteným časem začátku nabíjení a v případě naplnění tohoto času, je automaticky spuštěn systém akumulace tepla do vratné větve horkovodního potrubí. Tato akumulace trvá do doby začátku zadané výkonové špičky. Následně je akumulace tepla zastavena. Celý cyklus se bude opakovat opět dle začátku zadané výkonové špičky. Výpočty probíhají neustále s danou periodou a jsou ukládány do archivní databáze a také zobrazovány na vytvořeném vizualizačním schématu.

Součástí výpočtů je i zjištění aktuální akumulární schopnosti vratné větve horkovodu vypočítávané periodicky každých 15 minut s ohledem na zvolenou žádanou teplotu vratného média při nabíjení. Tato hodnota je však pouze informativní vzhledem k dynamicky se měnícím podmínkám teploty a průtoku vratného média. Dále jsou za pomoci implementovaných funkcí v systému D2000 vypočítávány aktuální množství energie nabíjené do vratné větve horkovodu a pomocí skriptu je vypočítávána suma celkového množství energie vložené do systému akumulace tepla. Všechny tyto hodnoty jsou ukládány do archivní databáze a zobrazeny na vytvořeném vizualizačním schématu.

Při otevření akumulčního zkratu dochází v místě začátku akumulace tepla ke zvýšení teploty média ve vratném potrubí na žádanou teplotu. Tato teplota však neustále klesá s přibývajícím vzdáleností od zkratu, směrem ke zdroji. Je to způsobeno přimícháváním dalších vratných (převážně chladnějších) větví, které se napojují postupně směrem zpět ke zdroji.

Další výklad bude podle zadaných úkolů práce zaměřen na popis postupu vytvoření aplikačního schématu, který bude graficky zobrazovat a automaticky řídit systém akumulace tepla podle výše popsaných výpočtů.

10 VYTVOŘENÍ APLIKACE

Aplikační modul je množina vhodně vytvořených a nakonfigurovaných objektů D2000, které jako celek plní určitou funkci. Editace a konfigurace všech objektů probíhá v procesu D2000 CNF v konfiguračním okně, ve kterém jeho určitá část obsahu je společná pro všechny editovatelné objekty a část je závislá na typu editovaného objektu.

10.1 CNF

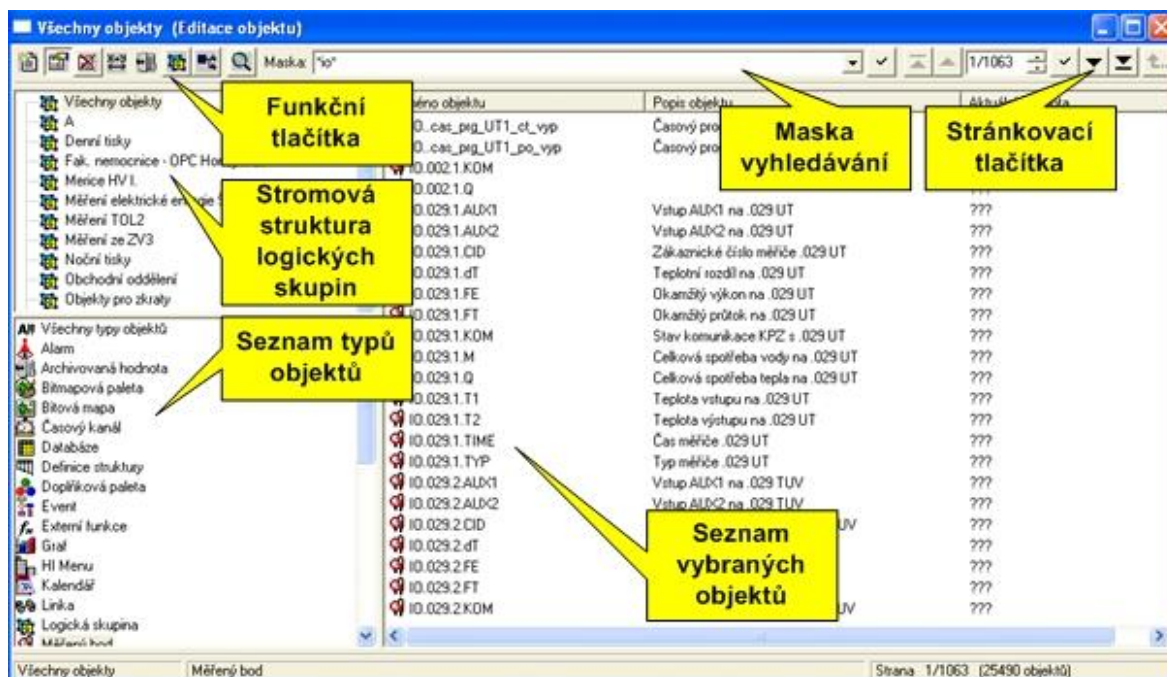
Nástroj D2000 CNF slouží k vytváření a konfiguraci objektů. Uživatel systému může pomocí tohoto procesu vytvářet nové objekty, editovat a rušit existující. Následující popis bude obsahovat pouze nutná nastavení a popisy vzhledem k množství volitelných položek a možností systému.

Po spuštění tohoto procesu byla zvolena v záložce *Objekty* položka *Všechny objekty*.



Obrázek 10-1. Základní okno procesu CNF

Po této volbě se zobrazí standardní výběrové okno, které obsahuje seznam objektů D2000, který může být kategorizován podle typu objektu, podle příslušnosti k logické skupině nebo filtrovaný pomocí masky nebo CNF filtru. Výběrové okno je rozděleno do logických částí. Ukázka výběrového okna procesu CNF je na obrázku 10-2.

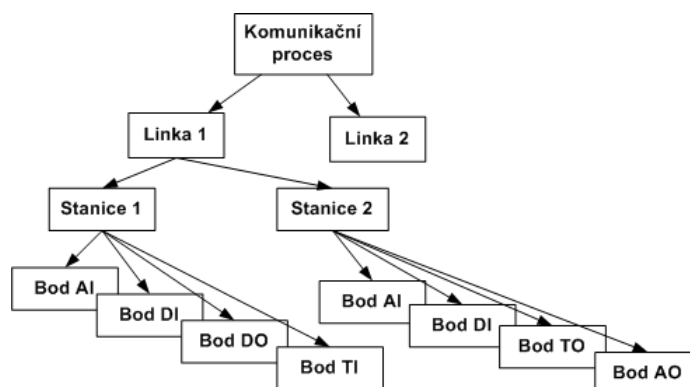


Obrázek 10-2. Výběrové okno procesu CNF

10.1.1 Komunikace s I/O zařízeními

Vzhledem k zadání práce je popis sběru dat pouze informativní a v práci jsou využity stávající vytvořené komunikační trasy a část měřených bodů z horkovodní sítě, které jsou nutné ke splnění zadaných úkolů.

Spolehlivost a kvalita přenosu dat do dispečerského systému je jednou z nejdůležitějších funkčních vlastností systému zvláště v podmínkách průmyslových aplikací. Sběr dat z řídicích a komunikačních zařízení, které jsou rozmístěny po komunikační lince, zabezpečuje komunikační proces D2000 KOM. Tento proces podporuje různé standardy a protokoly. Hierarchie objektů v D2000 lze popsat schématem na obrázku 10-3.



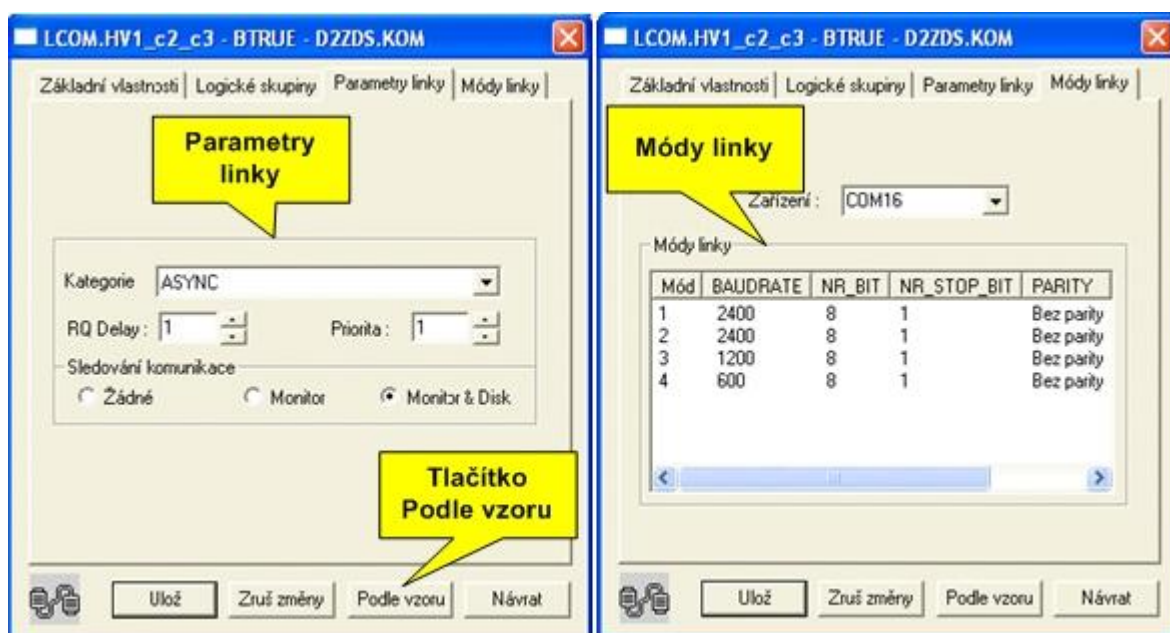
Obrázek 10-3. Hierarchie komunikace

10.1.1.1 Komunikační proces

Základem přenosu dat je komunikační proces. D2000 KOM je proces, který zabezpečuje komunikaci a zpracování naměřených hodnot. V tomto případě se jedná o proces *D2ZDS.KOM*. Tento proces nemá pracovní plochu pro komunikaci s uživatelem.

10.1.1.2 Linka

Dalším stupněm je linka. Linka je objekt systému D2000, který definuje parametry přenosu po fyzickém přenosovém médiu. V tomto případě se jedná o linku s názvem *LCOM.HV1_c2_c3* s parametry a módy linky uvedenými na následujícím obrázku 10-4.



Obrázek 10-4. Konfigurační okna linky

Kategorie linky určuje typ hardwarového rozhraní k zařízení. Podle této kategorie je nastavena nabídka nabízených protokolů v konfiguraci stanic, které jsou potomky linky. Zde použita asynchronní sériová linka.

RQ Delay označuje čas [ms] zpoždění mezi příchodem požadavku na komunikaci a jejím zpracováním obsluhovaným threadem komunikační linky.

Priorita uvádí prioritu komunikačního threadu. Vyšší hodnota se rovná vyšší prioritě.

Módy linky se v konfiguraci objeví pouze po zvolení kategorie linky *ASYNC*, jako v tomto případě.

Zařízení určuje výběr komunikačního zařízení linky. Pro asynchronní linky se používají zařízení COM, v tomto případě *COM16*.

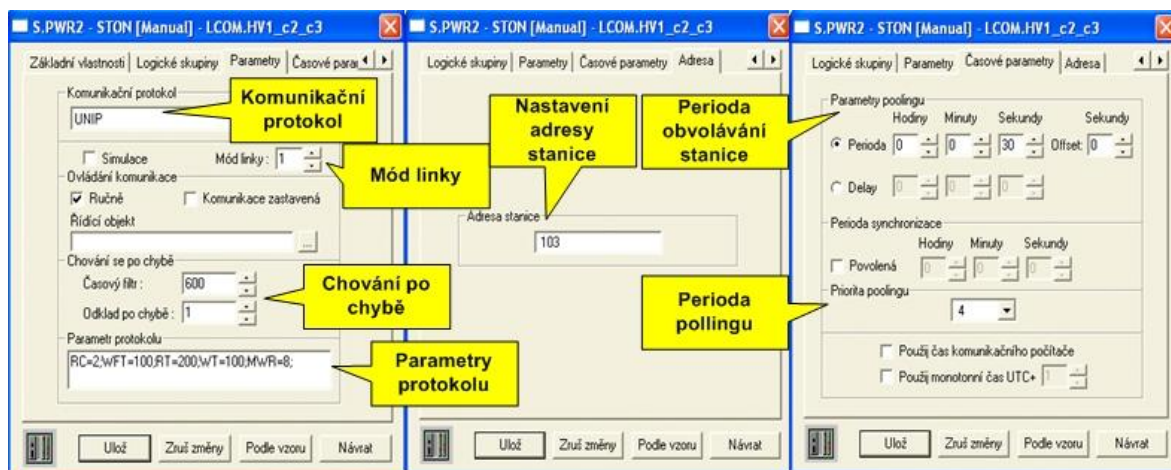
Módy linky slouží k nastavení parametrů chování komunikační linky. Linka v závislosti na této kategorii, do které patří, umožňuje definovat maximálně 4 různé sady parametrů komunikace. Která z přednastavených sad parametrů se použije na komunikaci, závisí na nastavení hodnoty položky *Mód linky* v konfiguračním okně objektu *Stanice*, které komunikační linku využívá. Tento postup je potom využitelný pro různé typy stanic, které mohou komunikovat s různými parametry komunikační linky na jedné fyzické lince. V tomto případě jsou nastaveny 4 sady parametrů, z nichž pro komunikaci se řídicím systémem PLC, použitým v tomto projektu, je zvolena 1 sada komunikačních parametrů s parametry uvedenými na předchozím obrázku 10-4.

Konfigurační okno obsahuje tlačítko *Podle vzoru*, které nastaví konfiguraci objektu podle zvoleného objektu stejného typu. Tato možnost je dobře využitelná při konfiguraci více objektů stejného typu.

10.1.1.3 Stanice

Dalším stupněm v hierarchii objektů je stanice. Stanice je logická nebo fyzická skupina bodů (objektů typu měřený bod), pro které proces komunikace s prostředím získává aktuální hodnoty stejným způsobem. Objekt typu stanice se připojuje ke komunikační lince, prostřednictvím které se fyzicky komunikuje se zařízením, reprezentujícím stanicí. Definice stanice obsahuje parametry a nastavení, které jsou nutné ke komunikaci se stanicí na dané komunikační lince.

V tomto případě se jedná o stanicí s názvem *S.PWR2* s parametry a adresou stanice uvedenými na obrázku 10-5.



Obrázek 10-5. Konfigurační okna stanice

Komunikační protokol specifikuje typ komunikačního protokolu stanice. Seznam možných protokolů je závislý na nastavení kategorie linky (viz předchozí nastavení *ASYNC*), která je rodičem stanice. Zde je použito komunikačního protokolu *UNIP*. Protokol *UNIP* používá pro adresaci stanic dekadické číslo v rozsahu 1 až 230. Řetězec s parametry protokolu je zobrazen na obrázku 10-5 a tyto parametry jsou zapisovány podle pravidel [3]:

Klíčové_slovo=hodnota;Klíčové_slovo=hodnota;....

Mód linky určuje výběr komunikačních parametrů, které jsou definovány v módu komunikační linky. Zde zvolen mód *1*.

Chování po chybě je definováno položkami *Časový filtr* a *Odklad pochybě*. Tyto údaje se zadávají v sekundách. Když stanice přestane komunikovat, dostane se do stavu *COMM_ERR*, označovaná jako měkká chyba.

Časový filtr je zadaná doba, za kterou se stanice dostane ze stavu *COMM_ERR* do stavu *HARD_ERR* (tvrdá chyba-je vyhlášena porucha).

Odklad po chybě je časový interval, určující dobu nečinnosti komunikace se stanicí, která je ve stavu *HARD_ERR*.

Parametr protokolu jsou protokolově závislé parametry, které určují chování komunikačního protokolu s touto stanicí.

Adresa slouží k nastavení adresy zařízení na dané komunikační lince. Forma zadání je také závislá na protokolu. Zde použita adresa stanice (zařízení) *103*.

Parametry pollingu jsou parametry periodického obvolávání (polling) stanic, kdy komunikační proces získává nové hodnoty. Perioda [Hod:Min:Sek] určuje, kdy budou získávány nové hodnoty měřených parametrů. Zde nastaveno na interval každých 30 sekund.

Priorita pollingu řeší případné konflikty mezi stanicemi při přístupu ke komunikační lince. Pro stanici je možné definovat jednu z pěti úrovní, kde 0 je nejnižší a 5 nejvyšší priorita. V tomto případě zvolena vysoká hodnota 4, kvůli zabezpečení kvalitního a spolehlivého vyčítání hodnot.

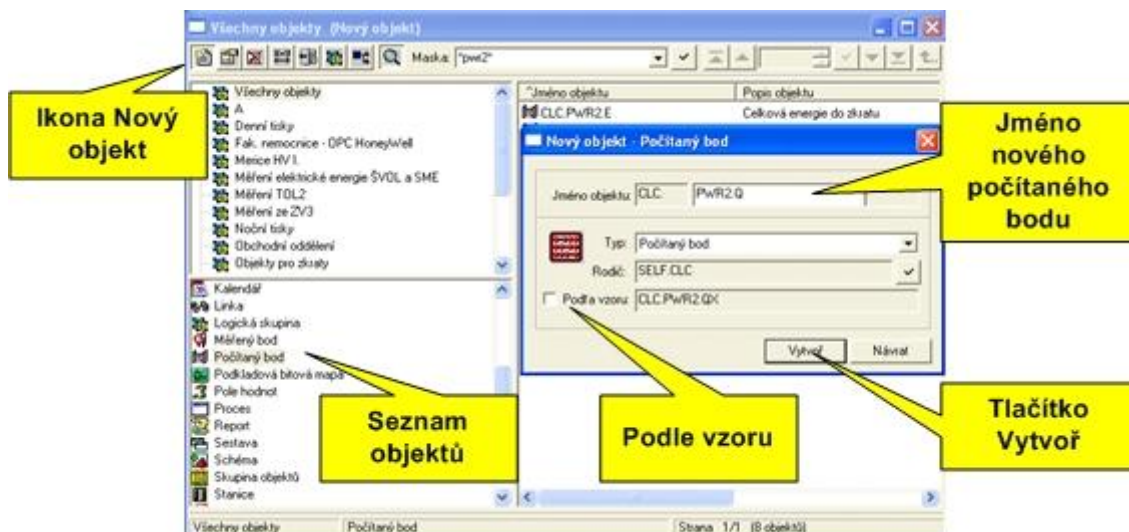
10.1.1.4 Měřený bod

Posledním stupněm v hierarchii objektů je měřený bod. Měřený bod je objekt systému, který přímo vyjadřuje hodnotu příslušného měřeného nebo monitorovaného bodu z reálného technologického procesu. Podle vztahu k prostředí je lze rozdělit na vstupní nebo výstupní. Podle charakteru veličiny, kterou zobrazují je lze rozdělit na analogové, digitální, celočíselné, čtyřstavové nebo časové. Protože pro účely práce byly využity měřené body již zavedené do dispečerského systému D2000, bude tato část záměrně vynechána.

10.1.2 Vytvoření počítaného bodu

Počítané body jsou objekty, které v systému D2000 získávají hodnotu na základě definovaného výpočtu nebo rovnice. Správcem počítaných bodů je proces výpočtů *SELF.CLC*. Hodnoty počítaných bodů mohou být vypočítávány periodicky, při změně nebo na základě podmínky.

Vytvoření objektu počítaný bod se provádí přes výběrové okno procesu CNF. V seznamu objektů vybereme objekt *Počítaný bod* a klikneme na položku *Nový objekt*. V následně otevřeném okně je třeba zadat jméno objektu, rodiče není potřeba vyplňovat, vyplní se automaticky. Dále může být nový vytvořený bod nakonfigurován podle jiného objektu stejného typu. Tato volba se provede zatržením políčka (checkboxu) *Podle vzoru* a výběru objektu jako vzoru (viz obrázek 10-6). Po stisku tlačítka *Vytvoř*, je následně otevřeno konfigurační okno počítaného bodu.



Obrázek 10-6. Vytvoření objektu Počítaný bod

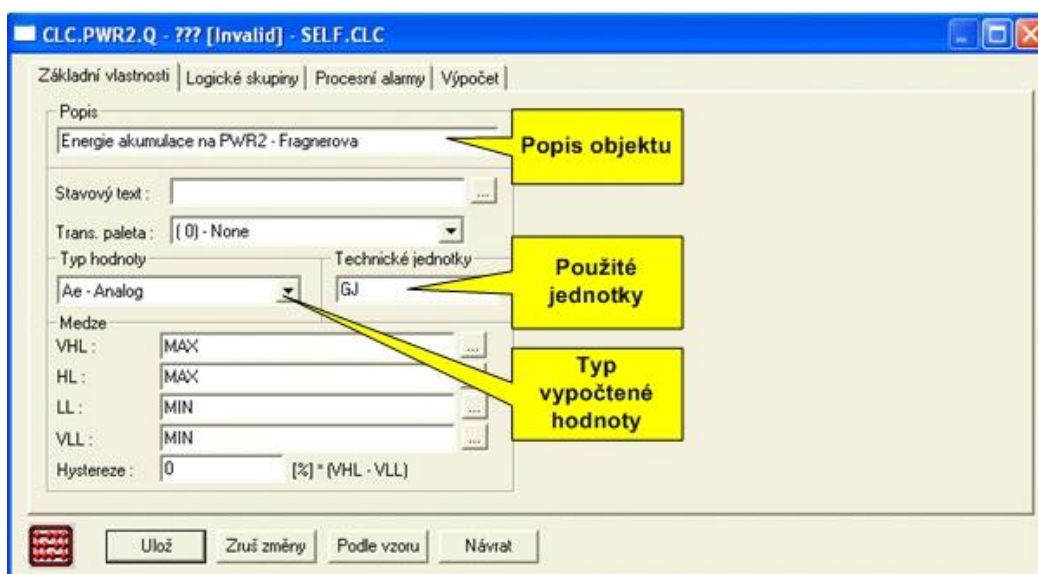
V konfiguračním okně, v záložce *Základní vlastnosti* jsou vyplněny následující popsané položky.

Popis měřeného bodu je textový řetězec popisující danou počítanou hodnotu. Zde vložen popis *Energie akumulace na PWR2 – Frágnerova*.

Technické jednotky uvádějí, v jakém rozměru jsou vypočtená data reprezentována. Zde se jedná o energii v *GJ*.

Jako **Typ hodnoty** je zvolena *Analogová hodnota*.

Nastavení záložky *Základní vlastnosti* je uvedeno na obrázku 10-7.



Obrázek 10-7. Konfigurační okno počítaného bodu

Další důležitou záložkou v konfiguračním okně počítaného bodu je záložka *Výpočet*. Tato záložka obsahuje následující pole.

Výraz určuje hodnotu počítaného bodu. Zápis výrazu může být i víceřádkový.

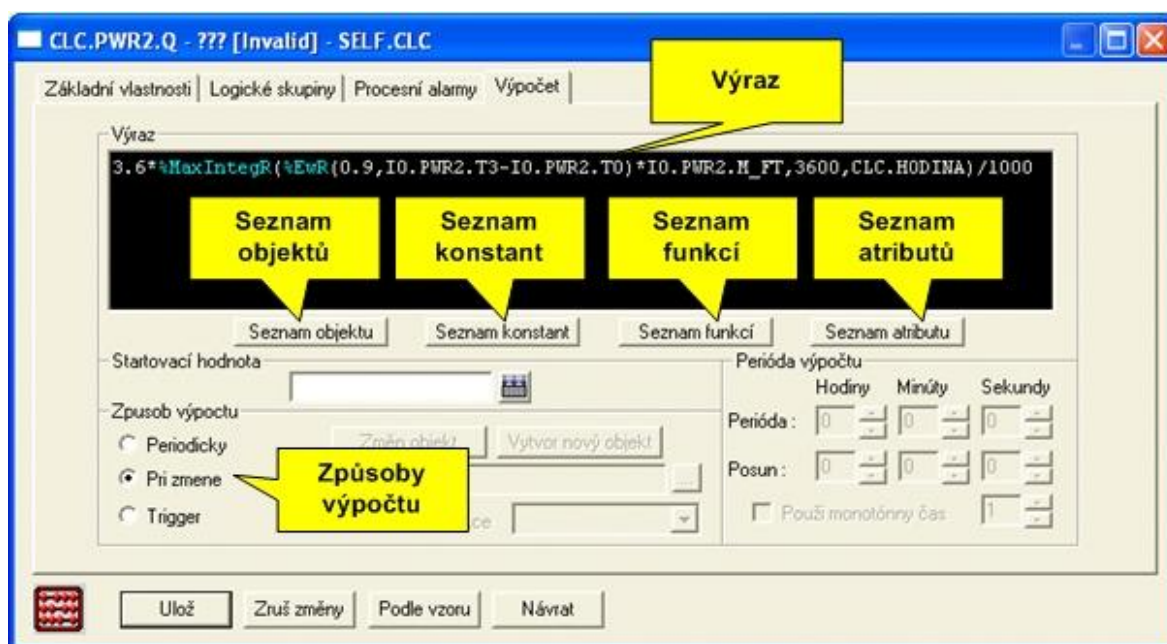
Seznam objektů slouží pro výběr objektů systému D2000 pro výpočet.

Seznam konstant slouží pro výběr konstant.

Seznam funkcí slouží pro výběr funkcí definovaných v systému D2000.

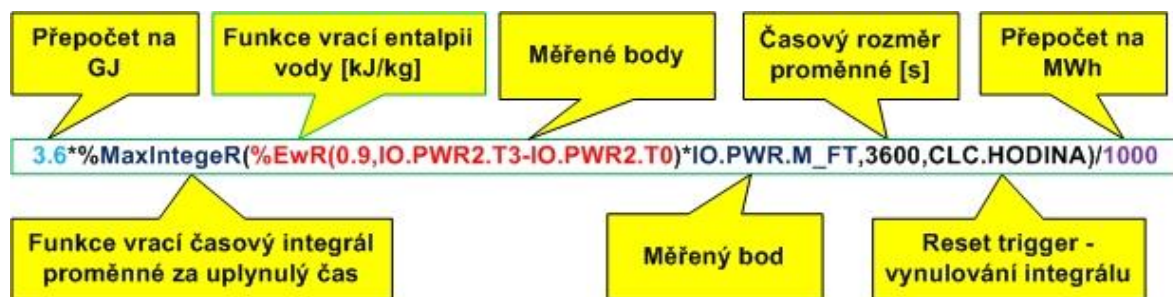
Seznam atributů slouží pro výběr atributů.

Způsob výpočtu je možné volit *Periodicky* dle zvolené periody, při změně nebo za určité podmínky. Jelikož se v tomto případě jedná o výpočet naakumulované energie do zkratu, byl zvolen způsob výpočtu *Při změně*. Při tomto způsobu výpočtu se výraz přepočítává pokaždé, dojde-li ke změně hodnoty alespoň jednoho objektu definovaného ve výpočtu. Ukázka vyplněné záložky *Výpočet* je na obrázku 10-8.



Obrázek 10-8. Konfigurační okno Výpočet

Protože objekty typu počítané body tvoří část této práce, bude následně popsána syntaxe jednoho výrazu z počítaného bodu (viz obrázek 10-9). Měřené body k výpočtu byly vybrány za pomoci tlačítka *Seznam objektů*, analogicky byly vybrány i použité funkce. Syntaxe zápisu jednotlivých použitých funkcí je uvedena v dokumentaci dispečerské aplikace.



Obrázek 10-9. Příklad syntaxe zápisu výrazu

Výsledná hodnota výrazu vyjadřuje okamžitou hodnotu energie nabíjenou zkratem do vratné větve horkovodu a je v *GJ*. Analogicky podle stejného postupu bylo provedeno vytvoření a konfigurace dalších počítaných bodů, které byly nutné ke splnění zadaných úkolů této práce.

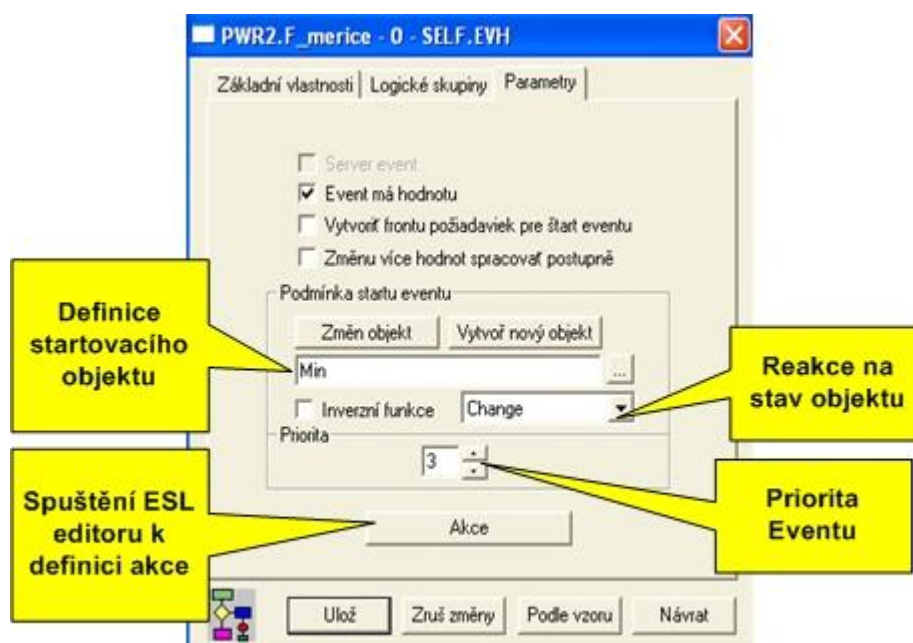
10.1.3 Event

Tento objekt systému slouží jako nástroj pro zpracování událostí nebo umožňuje implementaci různých výpočetních a procesních algoritmů. Správcem všech eventů je *Event Handler* (klient proces systému D2000), který zabezpečuje startování a vykonávání jednotlivých eventů. Event se může nacházet ve stavu běžící nebo neběžící. Algoritmus Eventu je popsán pomocí jazyka ESL (Event Script Language). Jedná se o posloupnost akcí k vykonání. Ukončení eventu nastane při ukončení skriptu nebo z důvodu výskytu chyby. Při splnění startovacích podmínek je algoritmus eventu aktivován příslušným procesem Event Handler (rodičovský proces) a začne se vykonávat algoritmus definovaný v jazyce ESL. Start eventu může být vyvolán několika způsoby. V níže popsaném postupu vytvoření eventu byla startovací podmínkou událost. Event Handler generuje požadavek na start instance eventu při změně hodnoty sledovaného objektu. Základem bylo definování objektu (triggeru), kterého změnu hodnoty sledujeme.

Vytvoření objektu Event se provádí, stejně jako v předchozím případě *Počítaný bod*, přes výběrové okno procesu CNF. V seznamu objektů byl vybrán objekt *Event* a poté *Nový objekt*. V následně otevřeném okně je třeba zadat *Jméno objektu*, rodiče není potřeba vyplňovat, vyplní se automaticky. Jméno objektu event bylo zvoleno *PWR2.F_merice*. Dále může být nově vytvořený objekt nakonfigurován podle jiného objektu stejného typu. Tato volba se provede zatržením políčka (checkboxu) *Podle vzoru* a výběru objektu jako vzoru. Této volby v tomto případě použito nebylo. Po stisku tlačítka *Vytvoř* je následně otevřeno konfigurační okno Eventu.

První záložka obsahuje klasické *Základní vlastnosti* objektu, mezi které patří *Popis* nebo *Typ hodnoty*. Tyto pole byly popisovány výše. Další záložka s názvem *Parametry*, obsahuje zatrhávací pole, s názvem *Event má hodnotu*. Zatržení této volby způsobí, že číselná hodnota tohoto objektu je shodná s počtem běžících instancí daného eventu. Seskupení polí s názvem *Podmínka spuštění objektu* slouží k definování startovacího objektu. Tento objekt je možné zapsat do vstupního políčka, vybrat ze seznamu objektů nebo vytvořit nový objekt pomocí tlačítka *Vytvoř nový objekt*. Zde byl vybrán systémový objekt *Min*, který obsahuje hodnotu aktuální minuty v systému (Systémová proměnná). Dále je nutné určit pro jaký stav objektu, nastává platnost podmínky. Pod polem s vybraným názvem objektu se nachází seznam možných stavů objektu. Tento seznam je pro jednotlivé typy objektů různý. V tomto případě zvolen stav *Change*, který zajistí spuštění skriptu vždy při změně definovaného objektu, tj. každou minutu. Pomocí pole *Priorita* je možné definování priority eventu od nejnižší 1, po nejvyšší 5. Priorita tohoto eventu byla zvolena 3.

Tlačítko *Akce* slouží k definování akce eventu pomocí jazyka ESL. Zápis skriptu akce probíhá v integrovaném ESL editoru. Konfigurační okno objektu Event je na obrázku 10-10.

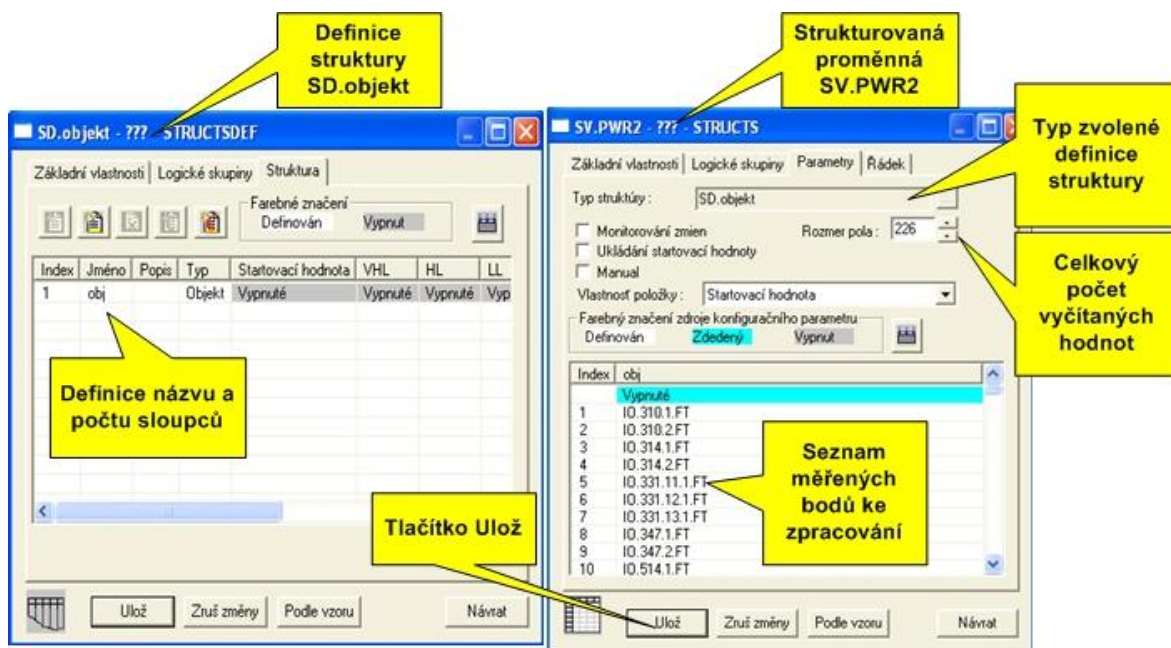


Obrázek 10-10. Konfigurační okno Eventu

10.1.3.1 ESL Editor

Tento editor slouží k vytváření, ladění a editování ESL skriptů. Umožňuje také syntaktickou a sémantickou kontrolu kódu. V tomto editoru byl vytvořen skript pro vyčítání hodnot aktuálního průtoku z měřičů tepla, které jsou svou polohou (vzhledem k proudění média) umístěné za místem navrhovaného řízení systému akumulace tepla na ulici Frágnerova. Tento aktuální průtok slouží dalším objektům systému D2000 při provádění výpočtů, které byly nutné k efektivnějšímu řízení akumulace tepla do vratné větve horkovodu.

Tento skript využívá objekt systému s názvem *Strukturovaná proměnná*. Tento objekt má charakter pole řádků. Struktura řádků je dána připojeným objektem typu *Definice struktury*. *Definice struktury* definuje určitý nenulový počet sloupců. Každý sloupec je nositelem určitých konfiguračních parametrů. V této práci byla vytvořena definice struktury s názvem *SD.objekt*. V této definici byl vytvořen pouze jeden sloupec s názvem *obj*. Tento sloupec je následně využit ve vytvořeném objektu typu *Strukturovaná proměnná* s názvem *SV.PWR2* a slouží k definování názvů všech potřebných měřených bodů (aktuálního průtoku) z požadovaných měřičů tepla. Tento seznam obsahoval celkem 226 měřičů tepla. Konfigurační okno *Definice struktury* a *Strukturované proměnné* je na obrázku 10-11.



Obrázek 10-11. Definice struktury a Strukturovaná proměnná

Bližší popis konfigurace těchto objektů je vzhledem k zadání nad rámec této práce a jejich popis byl pouze informativní a sloužil k doplnění celistvosti této práce.

Editor skriptů obsahuje panel s nabídkami, z nichž byly využity jen některé, ostatní nebudou předmětem popisu.

Nabídka **Event** umožňuje kontrolovat syntaxi skriptu (syntaktická kontrola), existenci objektů (sémantická kontrola) nebo umožňuje přechod na daný řádek ve zdrojovém kódu. Dále potom obsahuje položku pro uložení skriptu.

Nabídka **Objekty** umožňuje vkládání odkazů na objekty systému D2000. Tyto odkazy se vkládají na aktuální pozici kurzoru.

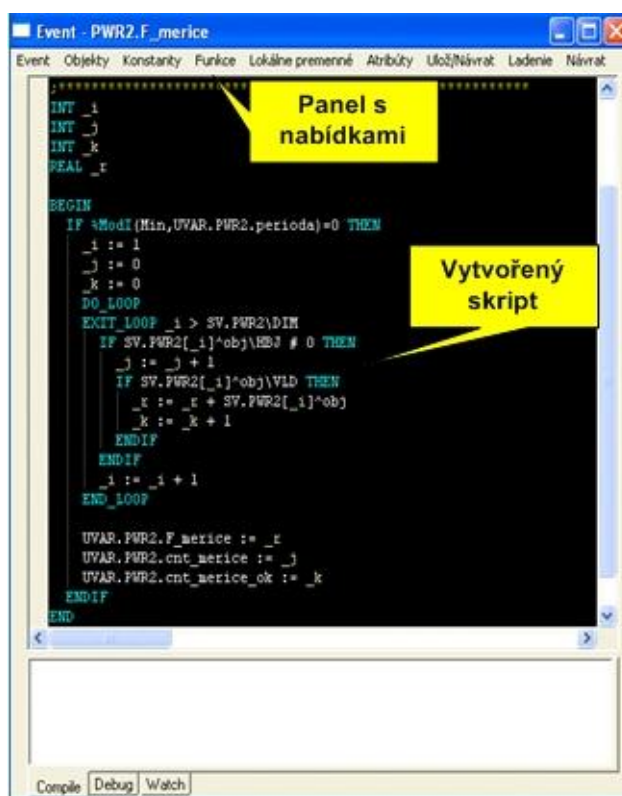
Nabídky **Konstanty**, **Funkce**, **Lokální proměnné** a **Atributy** slouží k výběru a vkládání daných objektů.

Položka **Ulož/Návrat** způsobí kontrolu skriptu a jeho uložení.

Nabídka **Ladění** umožňuje sledovat jednotlivé akce skriptu

Položka **Návrat** ukončí editaci skriptu.

Náhled editoru skriptů i s vytvořeným skriptem je na následujícím obrázku 10-12.



Obrázek 10-12. Editor skriptů

Vytvořený skript využívá nadefinovaný objekt typu *Uživatelská proměnná* s názvem *UVAR.PWR2_perioda*, kde je uložena číselná hodnota 5. Za pomoci funkce *%ModI* (modulo) je spouštěn skript každou 5 minutu. Skript prochází objekt typu strukturovaná proměnná *SV.PWR2*, kde je definován seznam měřených objektů (měřených bodů) a sčítá jejich jednotlivé aktuální hodnoty (aktuální průtoky). Při tom se porovnává, zda je hodnota platná nebo neplatná (porucha komunikace měřiče). Pokud platná je, hodnota se připočte a čítač (counter) platných hodnot (komunikujících měřičů) se zvýší o 1. Takto je pomocí smyčky procházeno celé pole hodnot strukturované proměnné s vloženými měřeními body. Výsledný součet aktuálních průtoků definovaných měřených bodů je každou počítanou periodu předán vytvořené uživatelské proměnné *UVAR.PWR2.F_merice*. Pro zajištění informace o počtu komunikujících měřičů byla vytvořena další uživatelská proměnná s názvem *UVAR.PWR2.cnt_merice_ok*, které skript předává informaci o počtu platných sčítaných hodnot z celého sčítaného pole. Ukázka a popis vytvořeného skriptu je následujícím obrázkem 10-13.

```

*****
;deklarace proměnných
INT _i
INT _j
INT _k
REAL _r

BEGIN
;skript je spuštěn v případě platnosti Modulo=0,
;nastane při celočíselného dělení objektů v závorce,definován na 5 min
IF %ModI(Min,UVAR.PWR2.perioda)=0 THEN
;inicializace proměnných
_i := 1
_j := 0
_k := 0
;prochází pole objektů (DIM-dimenze pole) definovaných v SV.PWR2
DO_LOOP
EXIT_LOOP _i > SV.PWR2\DIM
;celkový počet sečtených hodnot
IF SV.PWR2[_i]^obj\HBJ # 0 THEN
_j := _j + 1
;kontrola platnosti hodnoty, přičtení platné hodnoty
IF SV.PWR2[_i]^obj\VLD THEN
_r := _r + SV.PWR2[_i]^obj
;zvýšení čítače platných hodnot
_k := _k + 1
ENDIF
ENDIF
_i := _i + 1
END_LOOP
;předání hodnot uživatelským proměnným k zobrazení
UVAR.PWR2.F_merice := _r
UVAR.PWR2.cnt_merice := _j
UVAR.PWR2.cnt_merice_ok := _k
ENDIF
END

```

Obrázek 10-13. Vytvořený skript

10.1.4 Archivace objektů

Součástí systému D2000 je systém archivace, který zabezpečuje 3 úrovně archivace. Jedná se o primární, statistický a dlouhodobý archiv označovaný jako trezor. Primární archiv podporuje periodickou archivaci, archivaci na změnu, na filtr nebo na podmínky. Statistický archiv umožňuje periodickou aplikaci statistických a bilančních funkcí nad daty v primárním archivu. Dlouhodobý archiv (trezor) zabezpečuje neomezenou archivaci v SQL databázích. Archivace údajů se definuje konfigurací objektu *Archivovaná hodnota* v procesu CNF. Tento objekt popisuje zdroj archivovaných údajů a způsob archivace.

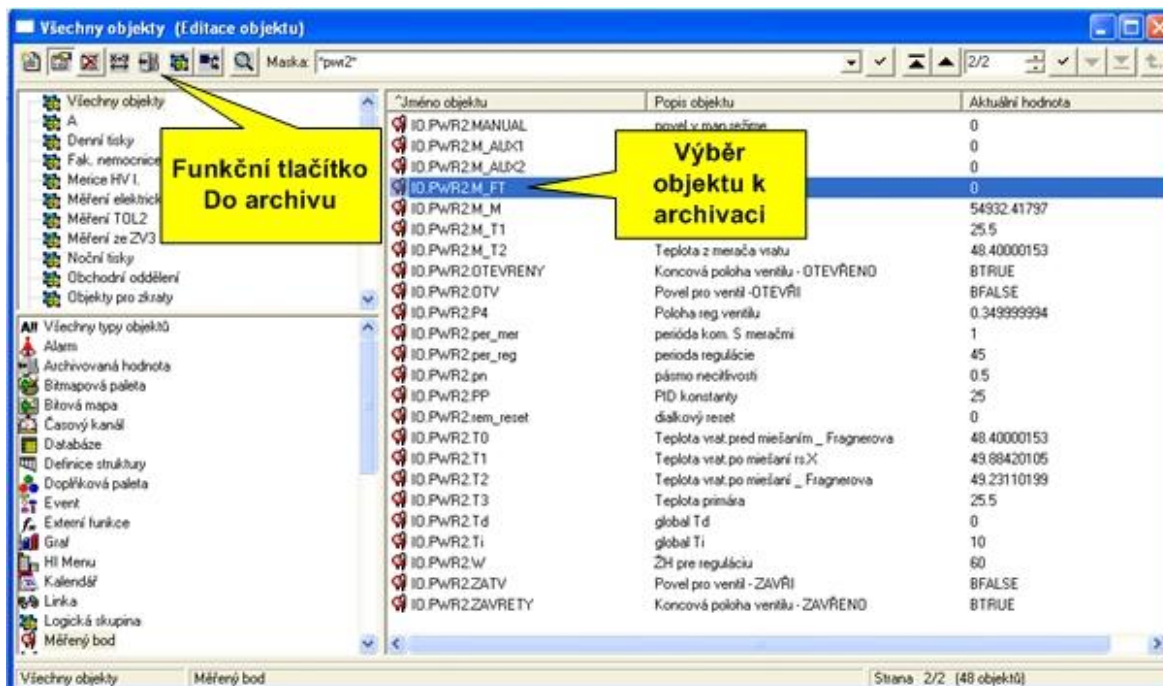
Po vytvoření všech potřebných objektů je nutné zajistit archivaci jednotlivých vybraných bodů, které budou sloužit pro následnou grafickou prezentaci ve formě grafů a tabulek.

Archivace se provádí v hlavním okně procesu CNF, kde v nabídce *Systém* byla zvolena záložka *Nastavení*. Po kliknutí se objeví okno, kde je třeba zvolit proces (rodiče), který bude provádět archivaci objektů. Z rozbalovacího menu byl zvolen *SELF.ARC*.



Obrázek 10-14. Volba procesu archivace

Další postup směřuje přes výběrové okno procesu CNF (viz obrázek 10-15), kde za pomoci seznamu objektů je vybrán objekt k archivaci. V tomto případě byl zvolen měřený bod s názvem *IO.PWR2.M_FT* (názvy všech bodů v systému D2000 vychází z dohodnuté konvence k zabezpečení přehlednosti a minima duplicit v systému). Následně po stisku funkčního tlačítka s názvem *Do archivu* je otevřeno konfigurační okno archivované hodnoty.



Obrázek 10-15. Výběrové okno procesu CNF

Konfigurační okno se skládá z více částí (záložek), které obsahují příbuzné parametry.

Popis archivovaného bodu je textový řetězec popisující danou archivovanou hodnotu.

Technické jednotky uvádějí, v jakém rozměru jsou data reprezentována. Zde se jedná o průtok v m^3/h .

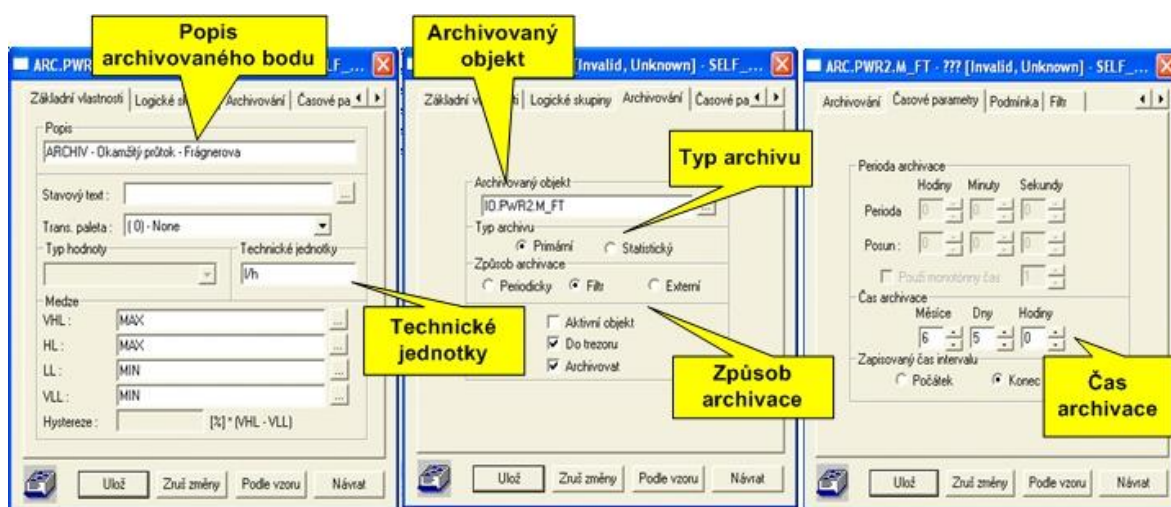
Archivovaný objekt definuje objekt systému, který se bude archivovat. Zvolen objekt *IO.PWR2.M_FT*.

Typ archivu definuje jeden ze dvou typů. *Primární archiv* obsahuje hodnoty objektů za definované časové období. Ukládání údajů může být periodicky, po definované změně (filtru) hodnoty nebo na základě externí podmínky. *Statistický archiv* obsahuje zpracované data z primárního archivu. Údaje z tohoto archivu se zpracovávají periodicky a jsou uchovány také v archivních databázích. Zde zvolen typ archivu *Primární*, jelikož se jedná o měřený bod.

Způsob archivace se volí pouze pro primární typ archivace. Volba *Periodicky* zabezpečuje zápis hodnot do archivu dle zvolené periody. Volba *Filtr* zabezpečuje zápis hodnoty, na základě změny hodnoty archivovaného objektu. Velikost této změny se volí dále v záložce *Filtr*, kde se nastavuje velikost této změny. V této práci zvolena hodnota 0, to znamená, že se budou zaznamenávat všechny změny hodnoty.

Zatržení políčka (checkboxu) *Do trezoru* bude povolen zápis hodnoty do trezorové databáze. Zatržení políčka *Archivovat* znamená volbu archivace zvoleného archivovaného objektu. V opačném případě se archivace nebude provádět.

Čas archivace [Měsíce:Dny: hodiny] určuje minimální časovou hloubku, po kterou budou data uchovávána v on-line archivu. Starší data budou z archivu vymazána. Po ukončení všech nutných nastavení bylo vše potvrzeno a uloženo pomocí tlačítka *Ulož*. Nastavení jednotlivých záložek a položek archivovaného objektu je uvedeno na obrázku 10-16.



Obrázek 10-16. Konfigurační okna archivovaného objektu

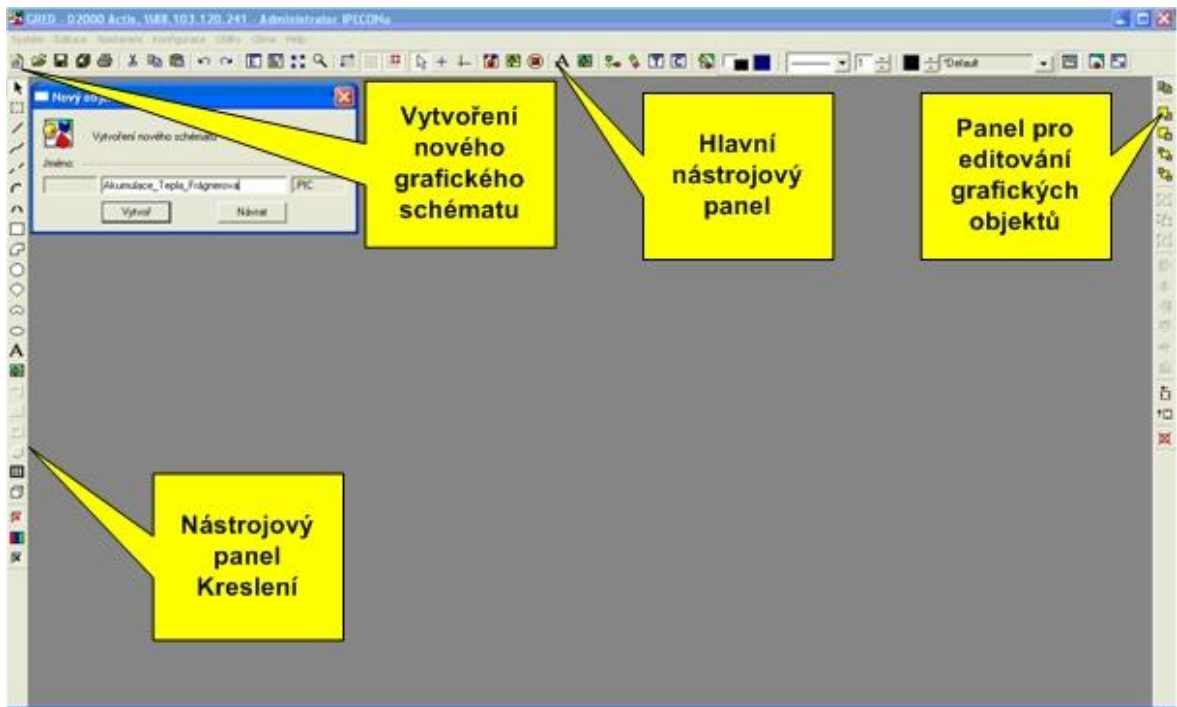
Podle stejného postupu byla provedena konfigurace dalších archivovaných objektů, které byly nutné ke splnění zadaných úkolů této práce. Výrazným usnadněním bylo použití tlačítka *Podle vzoru*, které bylo využíváno pro konfiguraci podobných archivovaných objektů.

10.2 Vytvoření grafického okna

Grafické prezentační okna jsou objekty systému D2000, které slouží k zobrazování aktuálního a historického stavu řízeného technologického procesu. Mezi tyto objekty patří schémata, grafy, reporty a celé sestavy složené z těchto objektů. Tyto objekty jsou vytvářeny pomocí aplikace s názvem GrEditor.

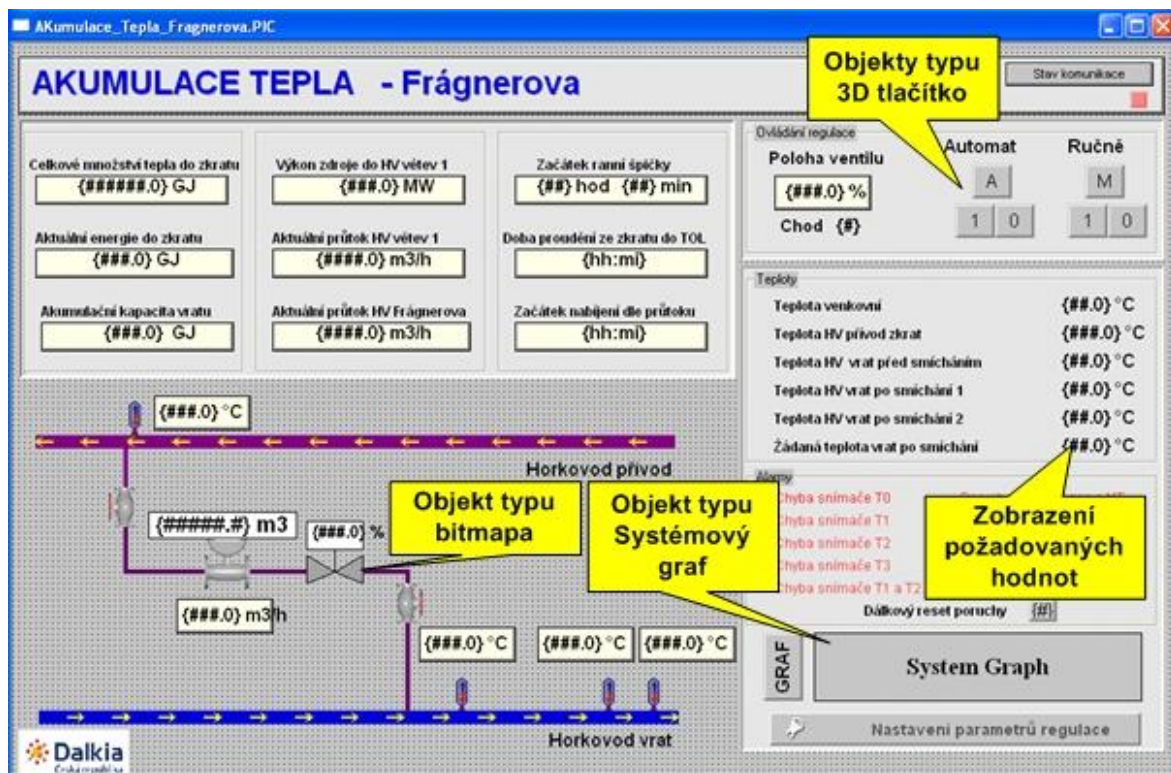
Po spuštění aplikace s názvem GrEditor bylo vytvořeno nové grafické schéma s názvem *Akumulace_Tepla_Fragnerova*. Ikona pro vytvoření tohoto schématu se nachází v hlavní nástrojové liště. Tato lišta obsahuje prvky pro veškerou editaci grafických schémat, ovládání rastrové mřížky nebo konfiguraci parametrů grafického editoru. Nástrojový panel kreslení umožňuje vytvářet objekty, mezi které patří základní grafické objekty,

zobrazovače, Windows prvky, objekty JVM nebo ActivX objekty. Panel pro editování grafických objektů slouží k editaci grafických objektů, mezi které například patří posuv, kopírování, rolování nebo změna barvy grafických objektů. Popis okna grafického editoru je na obrázku 10-17.



Obrázek 10-17. Okno grafického editoru

Po vytvoření byly na plochu tohoto schématu vloženy grafické prvky z nástrojového panelu *Kreslení*, které budou zobrazovat a ovládat zařízení připojené technologie, v tomto případě prvky systému akumulace tepla. Prvky byly rozmístěny a seskupeny tak, aby zachovaly funkční rozdělení a přehlednost. Vytvořené grafické schéma je na následujícím obrázku 10-18.



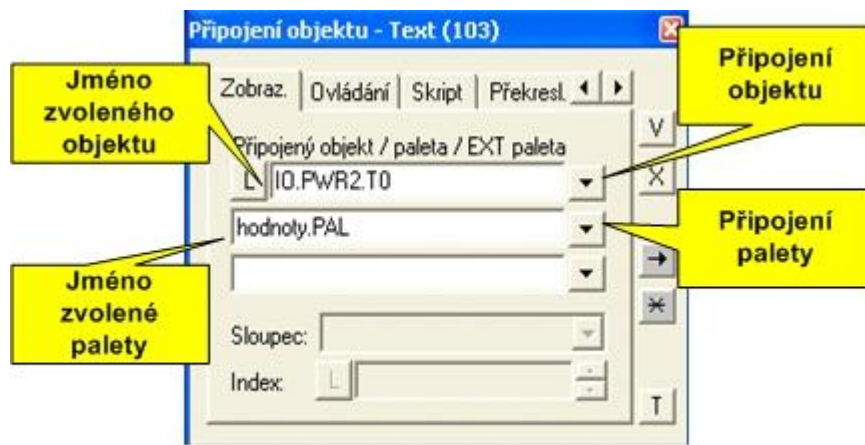
Obrázek 10-18. Vytvořené grafické schéma s objekty

Po vložení všech grafických objektů na plochu vytvořeného schématu bylo nutné grafické objekty připojit na zobrazování, případně na ovládání jiných objektů.

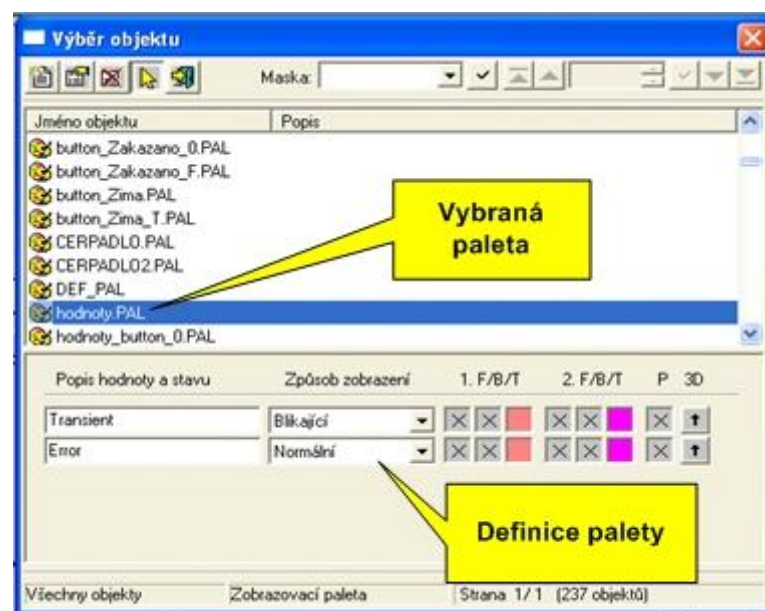
Připojování zobrazení umožňuje vytvořit vazbu grafického objektu na objekt systému D2000, tak aby zobrazoval jeho stav. Grafický objekt nemusí zobrazovat jenom hodnotu jiného objektu, ale může v závislosti na stavu objektu měnit svůj tvar nebo barvu. Tohoto způsobu zobrazení bylo využito i v této práci.

Připojování grafického objektu na zobrazení se provádí přes okno *Připojení objektu*. Toto okno je možné otevřít pomocí ikony, která se nachází v hlavním nástrojovém panelu nebo poklepnutím pravým tlačítkem myši na vybraný grafický objekt. Zde zvolen objekt k zobrazení teploty. Volbou *Připojení*, se zobrazí konfigurační okno *Připojení objektu*. V tomto okně v záložce *Zobraz*, bylo třeba zvolit *Připojený objekt*. Po klepnutí na rozbalovací šipku systém zobrazil standardní okno s výběrem objektů pro zobrazení. V tomto případě byl vybrán objekt *IO.PWR2.T0*. U tohoto objektu byla použita i zobrazovací paleta, která se používá ke změně barvy objektu v závislosti na hodnotě objektu. Po klepnutí na příslušnou rozbalovací šipku bylo zobrazeno okno s přednastavenými paletami, ze kterých byla vybrána vhodná paleta s názvem

hodnoty.PAL. Náhled popsaného konfiguračního okna a okna zobrazovací palety je na následujících obrázcích 10-19 a 10-20.



Obrázek 10-19. Připojení objektu a palety



Obrázek 10-20. Výběr zobrazovací palety

Výše popsaný objekt neobsahoval ovládání jiného objektu systému D2000. Nastavení řízení jiného objektu je zahrnuto ve stejném konfiguračním okně *Připojení objektu* v záložce *Ovládání*. Toto nastavení slouží pro výběr objektu k ovládání, ale i k nastavení chování ovládacího grafického prvku v procesu HI.

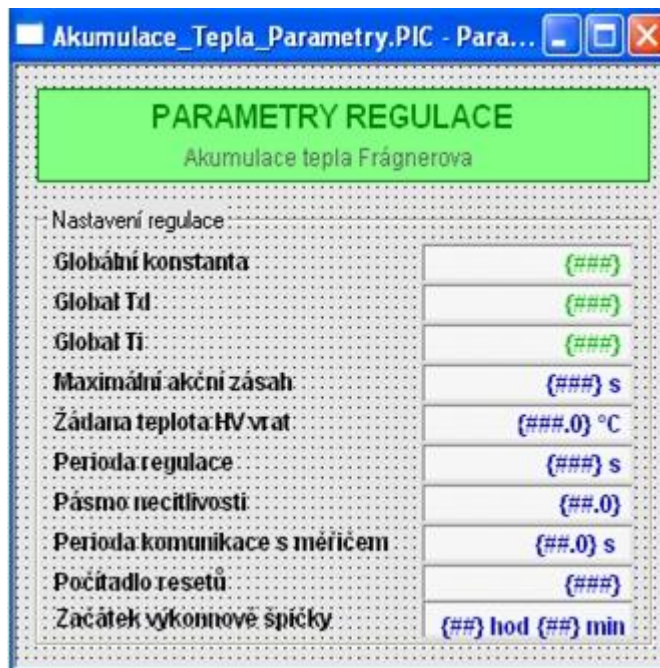
Pro ovládání regulačního ventilu bylo na plochu schématu vloženo *3D tlačítko*, které bylo nejprve podle výše uvedeného postupu připojeno na objekt *IO.PWR2.AUTO*, který bude zobrazovat. Následně byla zvolena zobrazovací paleta s názvem *ovladani_tlacitko.PAL* (viz obrázek 10-21).

Dále bylo nutné zvolit v záložce *Ovládání* přes rozbalovací šipku objekt k ovládání. V tomto případě zvolen stejný objekt *IO.PWR2.AUTO*, který slouží k přepínání automatického a ručního ovládání regulačního ventilu systému akumulace tepla. Následně byl nastaven způsob chování grafického prvku v procesu HI. Způsob ovládání byl zvolen zatržením políčka *Nastav hodnotu* a vyplněna hodnota *0*. Jako typ reakce bylo zvoleno *Stisknutí*, to znamená, že při stisku tlačítka v tomto grafickém schématu v procesu HI, dojde k nastavení tohoto bodu (objektu) na hodnotu *0*, která bude přenesena do řídicího systému ovládající daný regulační ventil v místě akumulace tepla. Stejným postupem byly nakonfigurovány i ostatní objekty ovládající zařízení v připojené technologii. Nastavení připojení a ovládání grafického objektu je patrné z obrázku 10-21.



Obrázek 10-21. Připojení a ovládání grafického objektu

Podobným postupem bylo vytvořeno další grafické schéma s názvem *Akumulace_Tepla_Parametry*, které slouží pro zobrazení a nastavování některých parametrů regulace. V tomto grafickém schématu je možné nastavovat žádanou teplotu vratného média horkovodu v místě akumulace tepla, délku akčního zásahu nebo prodlevu mezi jednotlivými akčními zásahy. Otevření tohoto schématu je připojeno na tlačítko s názvem *Nastavení parametrů regulace*, které je vloženo do základního (předchozího) grafického schématu. Po stisku tohoto tlačítka v procesu HI je otevřeno připojené grafické schéma *Akumulace_Tepla_Parametry* na ploše procesu HI. Náhled grafického schématu je na obrázku 10-22.



Obrázek 10-22. Grafické schéma Parametry regulace

10.3 Proces HI (Human Interface)

Proces HI zabezpečuje komunikaci dispečerského a monitorovacího systému D2000 s operátorem. Tento proces umožňuje zobrazování údajů v systému pomocí vytvořených grafických schémat, sestav a grafů.

K práci s procesem HI je nejprve nutné přihlášení, podle kterého lze upravovat úroveň přístupu a množinu povolených činností k jednotlivým objektům systému D2000.

Po přihlášení a startu procesu HI se objeví základní okno procesu HI. Prostředí procesu HI je tvořeno těmito základními částmi:

Záhlaví okna (title bar) obsahuje informaci o přihlášeném uživateli.

Panel s nabídkami (menu bar) obsahuje další položky, které závisí na právech přihlášeného uživatele. Nabídka *Systém* umožňuje přihlášení a odhlášení uživatele, změnu hesla apod. Nabídka *Otevři*, slouží k otevírání grafických informačních oken, prohlížení alarmů, archivu případně monitorovací databáze. *Uživatelské nabídky* nabízejí konfiguraci vlastních objektů typu HI menu, pomocí kterých je možné otevírat vybranou množinu schémat, grafů nebo reportů. Nabídka *Konfigurace* slouží ke konfiguraci grafických informačních oken, mezi které patří sestavy, grafy, reporty, uživatelská makra nebo externí

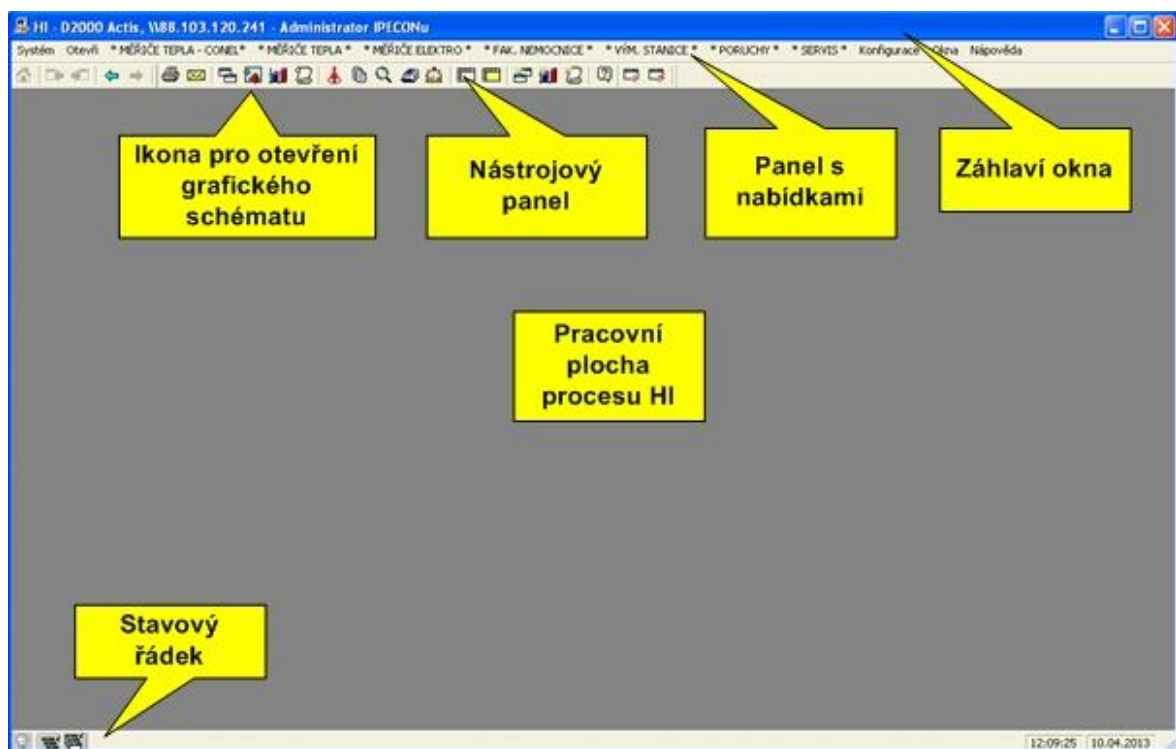
nástroje. Nabídka *Okna* obsahuje volby pro rozmístění otevřených oken na ploše procesu HI. Nabídka *Pomoc* obsahuje on-line pomocníka procesu HI.

Nástrojové panely umožňují rychlý a jednoduchý přístup k často využívaným příkazům. V procesu HI jsou používány hlavní, navigační a uživatelský nástrojový panel.

Pracovní plocha slouží k otevírání a umístování grafických informačních oken a ostatních dialogových oken.

Stavový řádek obsahuje informaci o aktuálním datu, času a informaci o vzniku alarmové situace pomocí blikání žárovky umístěné v levém dolním rohu.

Ukázka základního okna procesu HI je na obrázku 10-23.



Obrázek 10-23. Základní okno procesu HI

Konfigurace parametrů procesu HI se nastavuje v dialogovém okně *Parametry HI*, které se nachází v nabídce *Systém*. Pro účely této práce byly ponechány standardní přednastavené hodnoty.

Po kliknutí na ikonu *Schémat* v nástrojovém panelu se zobrazilo standardní okno pro výběr *Schémat*. Pomocí masky **Akumulace_Tepla_Fragnerova** byl vyfiltrován název vytvořeného schématu a poklepnutím na tento název bylo schéma otevřeno na ploše procesu HI. Po otevření grafického schématu byly vyzkoušeny všechny ovládací a

zobrazovací prvky a ověřena jejich správná funkce a zobrazovaná hodnota. Dále byla vyzkoušena správnost a funkčnost všech alarmových hlášení a tlačítka pro *Dálkový reset* poruchových stavů.

V dispečerském systému se nachází více vytvořených grafických schémat, které slouží pro monitorování různých technologických provozů teplárny Olomouc. Každý uživatel (dispečer) má možnost nadefinovat si pomocí *Sestavy* nejčastěji používaná grafická schémata a poskládat si je podle svého zaměření, uvážení a důležitosti. Sestava je skupina grafických informačních oken v podobě schémat nebo grafů, které je možné rozmístit na pracovní ploše procesu HI. Hlavní funkcí vytvořené sestavy je ulehčit práci s často se opakujícím otevíráním a rozmisťováním jednotlivých oken. Vytvoření nebo změnu sestavy je možno provést pomocí nabídky *Konfigurace*, podobně jako u níže popsané konfigurace grafu.

Bližší popis jednotlivých funkcí a možností procesu HI je vzhledem k rozsahu a zadání nad rámec této práce.

10.3.1 Konfigurace grafu

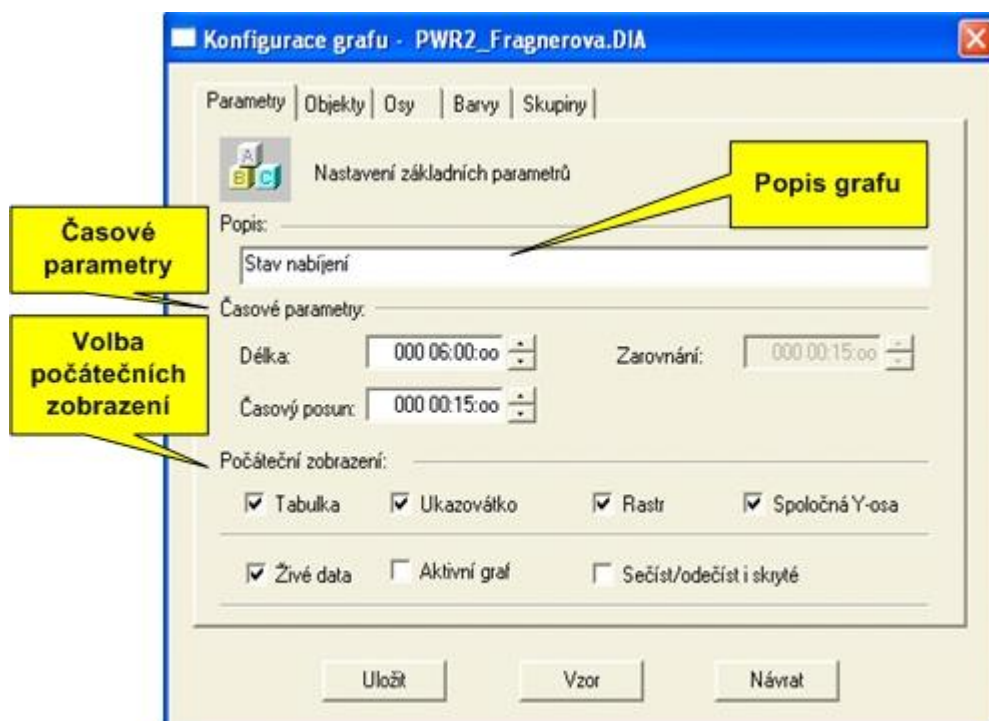
Grafy jsou objekty, které umožňují graficky zobrazovat časový průběh hodnot monitorovaných veličin. V jednom okně grafu může být současně zobrazeno až 20 grafických průběhů. Hodnoty, které jsou zakreslovány do grafu, jsou vybírány z archivu historických hodnot nebo jsou zakreslovány průběžně, podle toho jak je systém získává od ostatních procesů. Pracovní plocha procesu HI umožňuje současné otevření více oken toho stejného grafu. Tato vlastnost systému umožňuje vzájemné porovnávání hodnot zobrazovaných veličin v různých časových úsecích.

Protože v grafickém editoru byl do vytvořeného schématu vložen objekt Graf k zobrazení měřených a počítaných bodů, musel být tento graf nakonfigurován. Tato konfigurace se provádí v procesu HI. Pomocí nabídky *Konfigurace* (nachází se v panelu s nabídkami) byla zvolena položka *Grafy* a *Nový*. Následně bylo doplněno v otevřeném okně jméno grafu *PWR2_FRAGNEROVA*, jak je patrné z následujícího obrázku 10-24.



Obrázek 10-24. Vytvoření grafu

Po stisku *Vytvoř*, bylo automaticky otevřeno konfigurační okno grafu.



Obrázek 10-25. Konfigurace grafu

Okno konfigurace grafu obsahuje několik záložek k nastavení parametrů grafu.

Záložka **Parametry** obsahuje nastavení základních parametrů. Pole *Popis* obsahuje stručný popis grafu. Položka *Délka* v časových parametrech určuje rozsah vodorovné časové osy (osa x). Zde zvolen čas 6:00. *Časový posun* udává posun časové osy v okamžiku, kdy data doběhnou k pravému okraji grafu. Tento parametr je aktivní jen při volbě *Živé data*. Volba *Počáteční zobrazení* určuje atributy, co bude v grafu spuštěno nebo povoleno po jeho otevření. V konfiguraci grafu byly zvoleny tyto atributy:

Tabulka zobrazuje data ve formě tabulky.

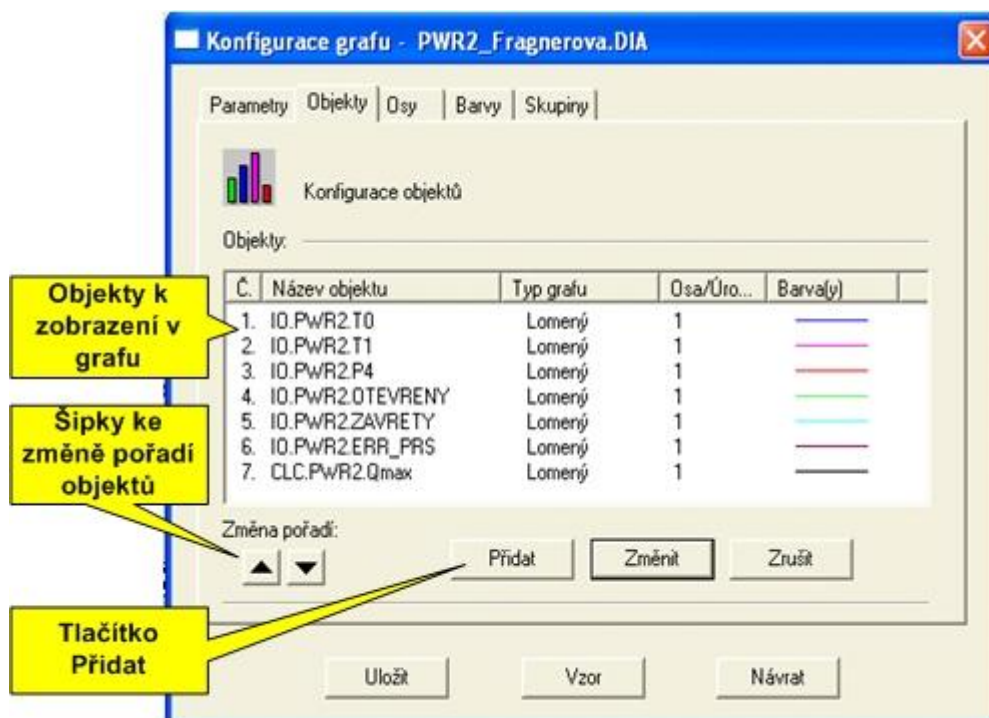
Ukazovátka slouží ke zjištění aktuálních hodnot v aktuální pozici ukazovátka.

Rastr zapíná mřížku v grafu.

Společná Y osa zajistí společnou Y osu pro všechny zobrazované průběhy.

Živé data umožňují automatické překreslování průběhů objektů (hodnot) měnících se v čase.

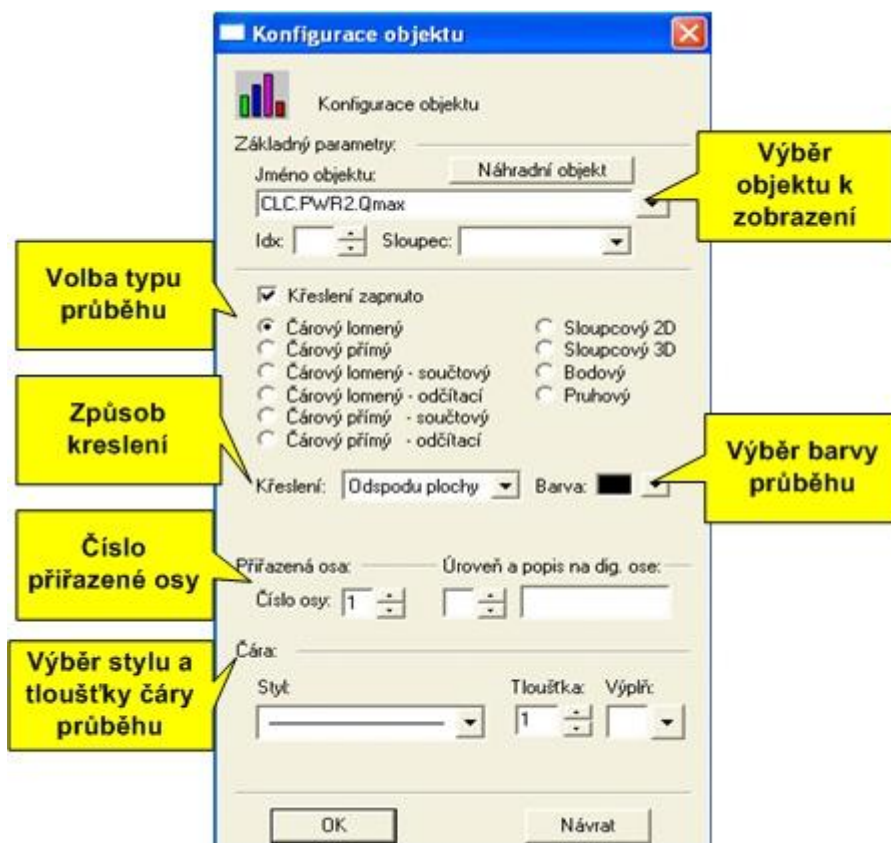
Záložka **Objekty** slouží k výběru a konfiguraci jednotlivých objektů zobrazených v grafu. Po stisku tlačítka *Přidat* bylo otevřeno okno Konfigurace grafu, kde byly postupně zvoleny požadované objekty k zobrazení v grafu. Šipky slouží ke změně pořadí jednotlivých zvolených objektů. Pořadí uvedených objektů má potom vliv na seřazení objektů v tabulce pod grafem. Ukázka záložky *Objekty* je na obrázku 10-26.



Obrázek 10-26. Objekty grafu

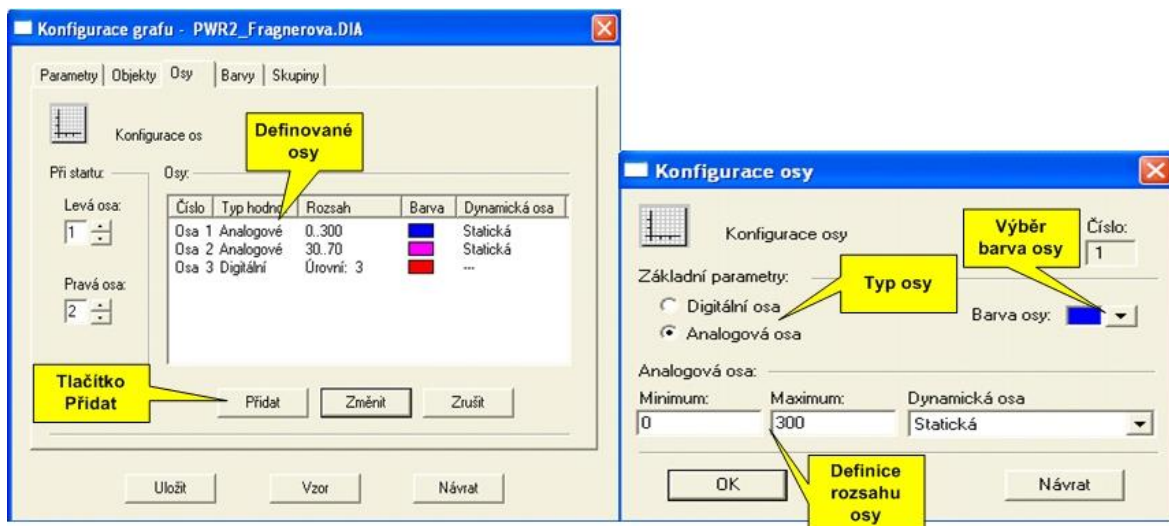
Konfigurace jednotlivých objektů obsahuje pole pro výběr nebo zadání *Jména objektu* k zobrazení v grafu. Dále je možné zvolit typ grafického průběhu. V této práci byl výhradně používán typ grafického průběhu *Čárový lomený*, který se ukázal jako nejvhodnější pro zobrazovaný typ dat. Položka *Kreslení* určuje způsob kreslení vzhledem k nulové hodnotě osy Y. V této práci zvolen způsob *Odspodu plochy*, to znamená, že kreslení začíná od X-ové osy. Položka *Barvy* slouží k barevnému rozlišení jednotlivých průběhů. Položka *Přiřazená osa* slouží k přiřazení průběhu konkrétní definované ose (viz

dále záložka *Osy*). Položka *Styl* slouží k definování stylu vykreslování čáry průběhu. *Tloušťka* čáry umožňuje definovat různé tloušťky jednotlivých grafických průběhů. Ukázka konfigurace objektu k zobrazení je na obrázku 10-27.



Obrázek 10-27. Konfigurace objektu

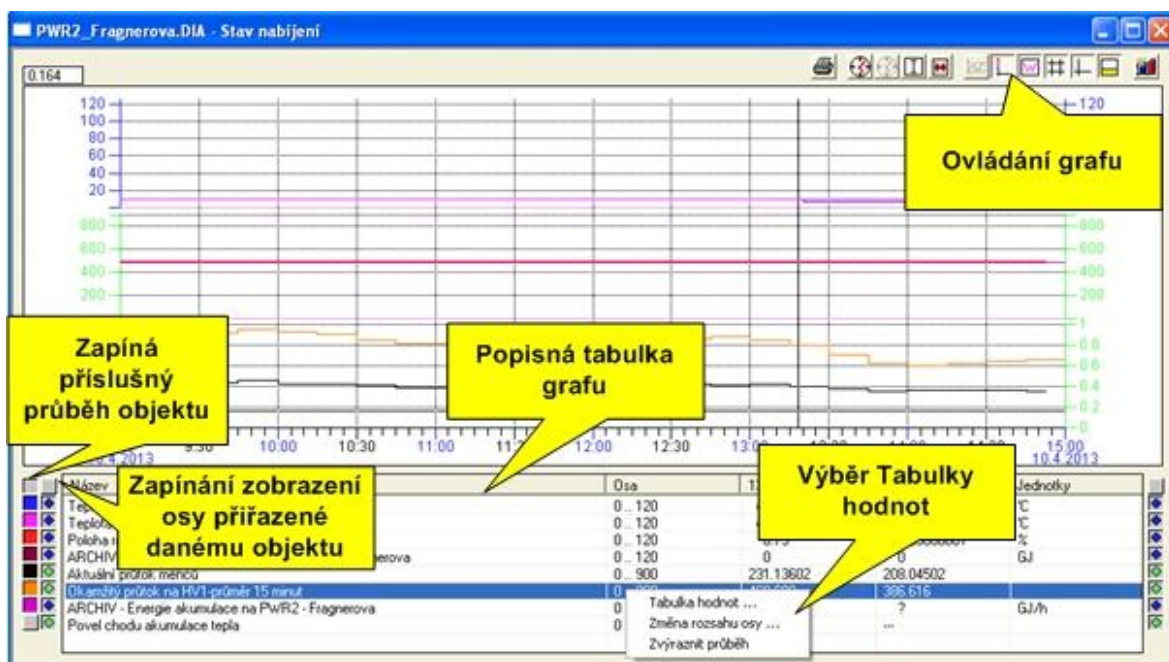
Záložka **Osy** slouží k definování různých, až 20 svislých os. V otevřeném okně grafu je potom možné jednotlivé osy dle potřeby vypínat. V tomto projektu byly zvoleny 3 osy. Definování nové osy se provádí tlačítkem *Přidat*. V následně otevřeném okně konfigurace osy je možné zvolit typ osy *Analogová* nebo *Digitální*. V tomto projektu zvoleny dvě analogové osy s různým rozsahem a 1 digitální osa se třemi úrovněmi. Dalším parametrem v tomto výběru je *Barva osy*. Konfigurace jednotlivých os je patrná z obrázku 10-28.



Obrázek 10-28. Konfigurace osy

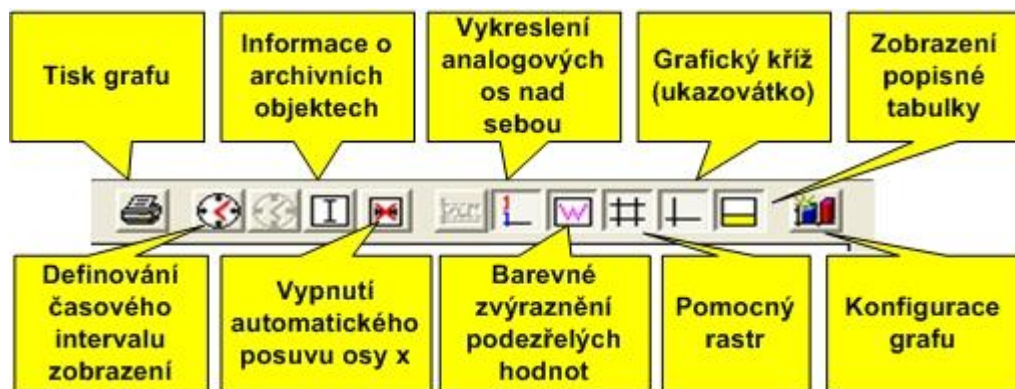
Záložka **Barvy** slouží ke konfiguraci barevného vzhledu grafu. Tato záložka byla ponechána v defaultním nastavení. Po nastavení všech potřebných parametrů bylo vše potvrzeno a uloženo tlačítkem *Ulož*.

Výsledný vytvořený graf je následujícím obrázkem 10-29.



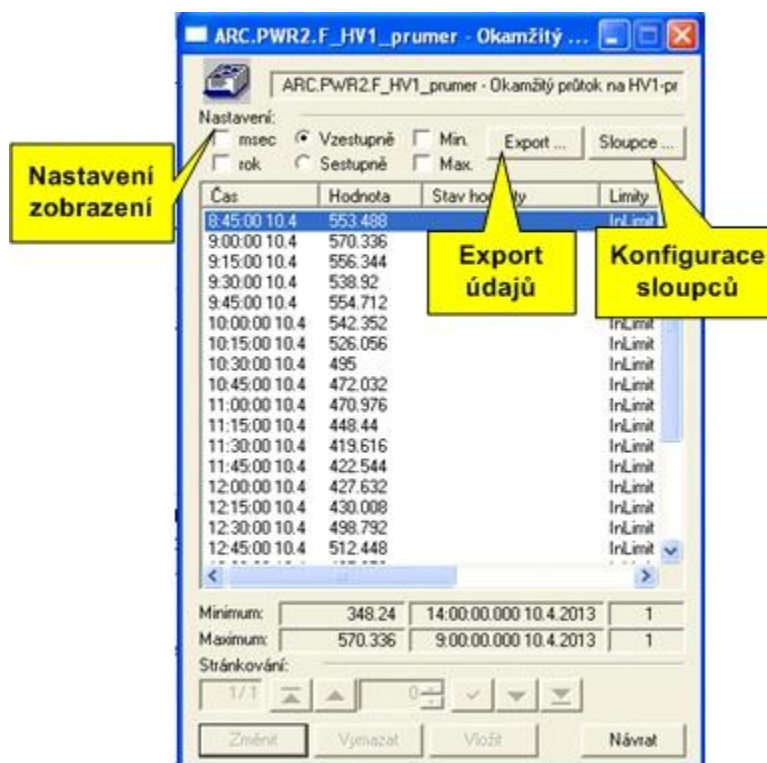
Obrázek 10-29. Vytvořený graf

V pravém horním grafu se nachází ovládací tlačítka. Popis funkce jednotlivých tlačítek je na obrázku 10-30.



Obrázek 10-30. Ovládací tlačítka grafu

Z okna grafu je možné otevřít tabulku daného archivního objektu. To se provede stiskem pravého tlačítka myši nad vybraným objektem z popisné tabulky grafu a výběrem položky *Tabulka hodnot*. Následně je otevřeno okno zobrazené na následujícím obrázku 10-31. Stejně je možné provést výběr *Zvýraznit průběh* nebo *Změna rozsahu osy*.



Obrázek 10-31. Tabulka hodnot

Tlačítko *Export* umožňuje uložení zobrazovaných hodnot do textového nebo CSV souboru, případně pouze do schránky (clipboardu). Dále je možné vybrat jen některé řádky k exportu. Tlačítkem *Sloupce* je možné vybrat sloupce zobrazované v tabulce. Skupina *Nastavení* slouží k nastavení zobrazovaných hodnot. Nakonfigurovaný graf byl následně využit k ověření výsledků automatického řízení systému akumulace tepla.

11 OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ

Pro ověření navržených a implementovaných výpočtů v dispečerském systému D2000 bylo pomocí vytvořeného grafického schématu spuštěno řízení systému akumulace tepla do automatického režimu. Při automatickém povelu pro otevření akumulčního zkratu dle výpočtů, dochází v místě začátku akumulace tepla ke zvýšení teploty média ve vratném potrubí na žádanou hodnotu. Tato teplota (růžový průběh) je velmi dobře čitelná z grafu v příloze P III. Teplota vody ve vratné větvi však neustále klesá s přibývajícím vzdáleností od zkratu, směrem ke zdroji. Je to způsobeno přimícháváním dalších vratných větví, které se napojují postupně směrem zpět ke zdroji (teplárně). To ztěžovalo přesné rozpoznání času příchodu vody navýšené na žádanou teplotu z místa akumulace tepla do zdroje. Dalším místem měření teploty média ve vratném potrubí je v areálu teplárny v místě vstupu potrubí do primární horkovodní předávací stanice. Pomocí této teploty (modrý průběh) byl ve vytvořeném grafu sledován aktuální čas, při kterém bude docházet k navyšování teploty média ve vratném potrubí. Tento čas by určil aktuální příchod navýšené teploty média proudící vratným potrubím zpět do zdroje.

V grafu v příloze P III byly porovnávány období, kdy byl automaticky spouštěn systém akumulace tepla dle výpočtů a období, kdy byl systém akumulace tepla záměrně vypnut. Povel systému pro automatický chod akumulace tepla je v grafu znázorněn červenou barvou. Toto ověření bylo prováděno v přechodném období topné sezóny, které se vyznačuje zvýšenou teplotou média ve vratné větvi horkovodní sítě. Také z tohoto důvodu nebyl v grafu čitelný úplně přesný začátek příchodu zvýšené teploty. To se dalo předpokládat i s ohledem na postupné promíchání média proudícího vratným potrubím zpět do zdroje. Naproti tomu je z grafu v příloze P III patrné, že při automatickém spuštění systému akumulace tepla je možné vysledovat zjevné zvýšení teploty vratného média ve zdroji jako odezvu na spuštěný systém akumulace tepla. Toto zvýšení teploty je patrné i z grafu v příloze P IV. Zvýšení nastává v době probíhající ranní výkonové špičky a je sledovatelné ve všech testovaných dnech. Toto zvýšení teploty vratného média ve zdroji, ale není patrné v předchozím období, kdy byl systém akumulace tepla záměrně odstaven. Tuto skutečnost potvrzuje i graf v příloze P V.

To, že příchod navýšené teploty vratného média je načasován správně na ranní výkonovou špičku potvrzuje správnost prováděných výpočtů. Grafický průběh výkonové špičky v dané horkovodní větvi (větev 1) a aktuální průtok je patrný z grafu v příloze P VI. Pro

kvalitnější znázornění výkonové špičky bylo záměrně vybráno období s nižší venkovní teplotou.

Z grafického průběhu vloženého do přílohy P IV, lze vyčíst v jednom případě určité zpoždění příchodu vratného média s navýšenou teplotou oproti zadanému začátku výkonové špičky. Začátek výkonové špičky byl po pozorování průběhu ranní výkonové špičky ve všech případech nastaven na 4 hodiny ráno. Pozorované zpoždění příchodu vratného média s navýšenou teplotou je způsobeno nízkou rychlostí proudění média v potrubí z důvodu teplého přechodného období. Z tohoto důvodu navýšená teplá voda z akumulárního zkratu nestačí doproudit do zdroje dle zadaného začátku ranní špičky. Velký vliv na to má i skutečnost, že ve výpočtu optimální doby začátku nabíjení je aplikován mechanismus, zabraňující dřívějšímu spuštění nabíjení, než je aktuální den (zadané ranní výkonové špičky) po půlnoci. Je to z důvodu „ochrany“ výpočtu, který by při velmi nízké rychlosti proudění média měl tendenci automaticky zapínat systém akumulace tepla se značným předstihem, například už v průběhu předchozí večerní výkonové špičky. To je ovšem nežádoucí i s ohledem na neustálenou rychlost proudění při večerní špičce. Předpokladem aplikace tohoto mechanismu výpočtu je, že při velmi nízké rychlosti proudění média, kdy by se doba nabíjení pohybovala nad časem větším, než je čas mezi půlnocí a zadaným začátkem ranní výkonové špičky (v tomto případě 4 hodiny), je již velmi teplé počasí a systém akumulace tepla není potřeba využívat. Zpoždění, které navýšené teplé médium z akumulárního zkratu díky tomuto „ochrannému“ mechanismu získá, je ale rychle eliminováno v průběhu začátku ranní výkonové špičky, kdy velmi rychle vzrůstá rychlost proudění média v potrubí. Úměrně bude tedy klesat doba doběhu navýšeného teplého média ve vratném potrubí do zdroje. Tento doběh bude tedy ještě v době ranní výkonové špičky, jejíž obecný průběh je patrný z grafu v příloze VI.

Lze předpokládat, že v chladnějším (zimním) období, kdy má systém akumulace tepla největší význam, bude rychlost proudění vyšší. Doba nabíjení, která je závislá na rychlosti proudění média, proto nebude příliš dlouhá. Dále lze předpokládat, že v zimním období, kdy je teplota média ve vratném potrubí nižší, bude v ní možné akumulovat více energie.

Na základě pozorování jednotlivých průběhů v přiložených grafech lze konstatovat, že realizovaný automatický provoz systému akumulace na základě navržených a implementovaných výpočtů funguje a je využitelný pro praktické použití. Je ovšem nutné zdůraznit, že ověření výsledků probíhalo v přechodném období topné sezóny a proto bude nutné ověřit fungování systému řízení akumulace tepla v zimním období topné sezóny.

12 MANUÁL PRO UŽIVATELE VIZUALIZAČNÍHO SCHÉMATU

V dispečerském systému D2000 bylo vytvořeno schéma s názvem **Akumulace_Tepla_Fragnerova**, které slouží pro monitorování a řízení technologie akumulace tepla do vratné větve části horkovodního systému města Olomouce umístěné na ulici Frágnerova.

Na vytvořeném schématu se nachází pole pro zobrazení hodnot, pole pro nastavování požadovaných parametrů, tlačítka pro zapínání a vypínání regulace akumulace tepla a tlačítka pro spouštění dalšího vytvořeného vizualizačního schématu a nakonfigurovaného grafu.

Jednotlivé objekty náležející svou povahou k sobě jsou sdruženy do pojmenovaných skupin nebo jsou společně orámovány.

V horní části vytvořeného schématu se nachází pole obsahující název připojené technologie a v pravé části je ikona zobrazující stav komunikace s řídicím systémem této technologie. Pokud je komunikace v pořádku, ikona je zelená, v opačném případě zčervená a bliká.

Pod ikonou zobrazující stav komunikace se nachází skupina s názvem **Ovládání regulace** s tlačítky pro ovládání regulačního ventilu připojené technologie.

Tlačítko A – slouží pro automatický chod akumulace tepla podle výpočtů prováděných v D2000. Pod tímto tlačítkem se nacházejí související tlačítka 0 a 1.

Tlačítko 0 – slouží pro blokaci řízení v automatickém provozu. Technologie akumulace tepla nebude spouštěna dle probíhajících výpočtů.

Tlačítko 1 – slouží pro automatický provoz technologie akumulace tepla na základě probíhajících výpočtů v systému D2000.

Tlačítko M – slouží pro ovládání regulačního ventilu v ručním režimu. Pod tímto tlačítkem se nacházejí související tlačítka 0 a 1.

Tlačítko 0 - slouží pro manuální vypnutí regulace, regulace na žádanou teplotu nebude prováděna. Výpočet optimálních parametrů probíhá stále.

Tlačítko 1 - slouží pro manuální zapnutí regulace, regulace na žádanou teplotu je prováděna nezávisle na výpočtu optimálních parametrů. Výpočet optimálních parametrů probíhá stále.

Pole **Poloha ventilu** – zobrazuje aktuální polohu regulačního ventilu.

Popis **Chod** – zobrazuje aktuální stav povelu pro regulaci, 0 značí, že není povel pro chod akumulace tepla, 1 znamená, že je povel pro chod akumulace tepla.

Skupina Teploty – obsahuje měřené teploty z připojené technologie akumulace tepla. Tato skupina zobrazuje také žádanou teplotu vratného média v horkovodu, kterou je možné s ohledem na maximální možnou teplotu vratné média měnit.

Skupina Alarmy – v této skupině jsou zobrazovány vzniklé alarmy. Pokud je alarm aktivní, zčervená příslušný název vzniklého alarmu. Tato skupina obsahuje tlačítko pro kvitování vzniklých poruch s názvem **Dálkový reset**.

Tlačítko Dálkový reset - slouží k provedení resetu regulátoru v případě vzniklé poruchy. V případě trvalé poruchy bude tato porucha znovu signalizována.

Pod touto skupinou se nachází pole s grafem, kde je v minimalizované podobě zobrazen graf měřených a počítaných objektů.

Tlačítko Graf – po stisknutí jsou uživateli zpřístupněny hodnoty z připojené technologie akumulace tepla v klasické grafické podobě s možností exportu dat. V případě potřeby je možné konfiguraci grafu měnit z prostředí spuštěného grafu.

Tlačítko Nastavení parametrů regulace – po stisku tohoto tlačítka je otevřeno nové grafické schéma s názvem **Akumulace_Tepla_Parametry**, kde jsou uživateli zpřístupněny informace o nastavení parametrů regulace a periody komunikace. Hodnoty zobrazené modrou barvou je po kliknutí možno nastavovat v následně otevřeném okně. Náhled grafického schématu pro nastavení parametrů regulace je na obrázku 12-2.

Horní část vytvořeného grafického schématu obsahuje 3 sloupce hodnot seřazených do skupin. Každé zobrazované pole obsahuje svůj popis.

První skupina obsahuje výpočty vztahující se ke spotřebě energie připojené technologie akumulace tepla. Tato skupina také obsahuje pole s aktuální akumulační schopností vratného média horkovodu vypočítávané s ohledem na maximálně možnou teplotu vratného média.

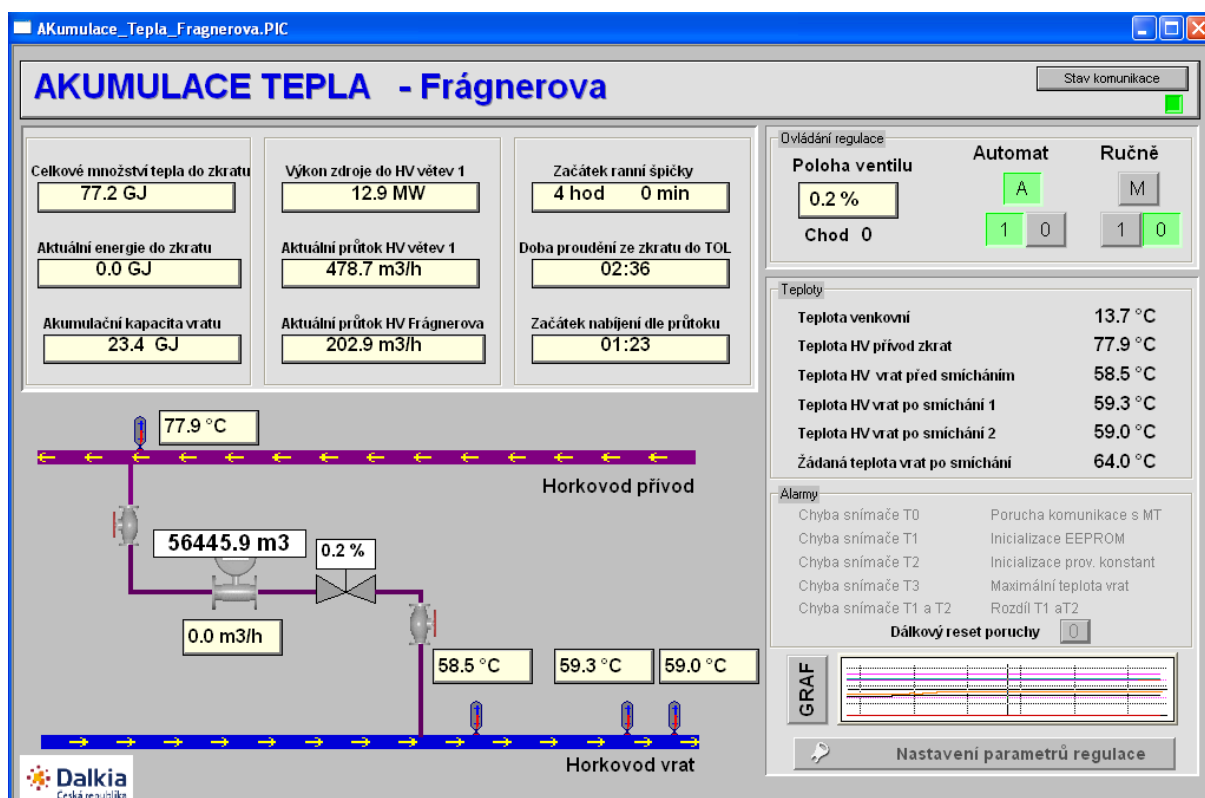
Druhá skupina obsahuje měřené hodnoty vztahující se k aktuálnímu průtoku ve zdroji (teplárna Olomouc) a v místě akumulace tepla (Frágnerova). Tyto hodnoty jsou aktualizovány s periodou 5 minut. Tato skupina také obsahuje pole s aktuálním výkonem zdroje do horkovodní větve, na které je umístěna technologie akumulace tepla.

Třetí skupina obsahuje časové parametry. Pole s názvem **Začátek ranní špičky** slouží k nastavení předpokládané ranní špičky. Tato hodnota určuje, kdy má být akumulované teplo připraveno na teplárně k částečnému pokrytí ranní výkonové špičky. Další dvě pole zobrazují vypočtené časové hodnoty. Jedno pole zobrazuje předpokládanou dobu proudění navýšené teploty (akumulované energie) ze zkratu do zdroje. Druhé pole zobrazuje vypočtený začátek nabíjení z aktuálního průtoku. V případě naplnění tohoto času je automaticky spuštěno akumulování tepla do vratné větve horkovodu.

Pod těmito skupinami je schematické zobrazení připojené technologie akumulace tepla s aktuálními měřenými hodnotami, které slouží pro rychlou orientaci.

Při najetí kurzorovou šipkou na kterýkoliv objekt grafického schématu je v zářetí zobrazen krátký popis tohoto objektu.

Celkový náhled na okno vytvořeného schématu je na následujícím obrázku 12-1.



Obrázek 12-1. Vytvořené grafické schéma

Akumulace_Tepla_Parametry.PIC - Parametry ...

PARAMETRY REGULACE

Akumulace tepla Frágnerova

Nastavení regulace

Globální konstanta	1
Global Td	0
Global Ti	10
Maximální akční zásah	1 s
Žádána teplota HV vrat	63.0 °C
Perioda regulace	45 s
Pásmo necitlivosti	0.5
Perioda komunikace s měřičem	1.0 s
Počítadlo resetů	4
Začátek výkonové špičky	4 hod 0 min

Obrázek 12-2. Schéma Parametry regulace

ZÁVĚR

Předmětem této práce byl návrh a popis vytvoření modulu v dispečerském systému D2000 pro efektivní řízení systému akumulace tepla v části horkovodní soustavy města Olomouce.

Práce se zaměřuje na podrobný popis postupu vytvoření vizualizačního schématu se všemi potřebnými částmi pro grafickou prezentaci a řízení připojené technologie akumulace tepla na základě výpočtů popsanych v práci. Tyto výpočty využívají vytvořené objekty a matematické funkce dispečerského systému D2000. Pro zobrazení dat v grafické nebo tabulkové podobě je zajištěno jejich ukládání do archivní i trezorové databáze. Po vytvoření všech zadaných částí v dispečerské aplikaci je v práci přistoupeno k ověření správnosti výpočtů v reálném provozu. Ověření výsledků probíhalo za pomoci vytvořeného grafického zobrazení, kde byl sledován průběh teploty média ve vratném potrubí v období automatického chodu systému akumulace tepla podle výpočtů a v období, kdy byl systém akumulace tepla záměrně vypnut. Následně byly tyto průběhy v práci porovnány.

Získané výsledky ověřily funkčnost navrženého a realizovaného automatického řízení systému akumulace tepla do vratné větve horkovodu. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že navržený a realizovaný modul pro efektivní řízení systému akumulace tepla je prakticky využitelný a lze ho doporučit provozovateli horkovodní sítě města Olomouce ke zvýšení efektivity řízení.

Z tohoto důvodu byl pro uživatele aplikačního schématu akumulace tepla vytvořen manuál s vysvětlením funkce jednotlivých prvků vytvořeného schématu.

CONCLUSION

The subject of this work was a proposal and description of the creation of the module in the dispatcher system D2000 for an effective control of the heat accumulation system in the part of a hot-water systém of the city of Olomouc.

The work focuses on a detailed description of the procedure of creating a visualization scheme with all necessary parts for a graphic presentation and control of the connected heat accumulation technology based on the calculations described in this work. These calculations use the created objects and mathematical functions of the dispatcher system D2000. The saving of data in archive and depository database is ensured by imaging the data in a graphic or chart form. After creating all entered parts in the dispatcher application, the work proceeds to the verification of correctness of calculations during a real operation. The verification of results took place with the help of created graphic imaging where there was observed the course of media temperature in a return pipe in the period of automatic operation of the heat accumulation system on the base of the calculations, and in the period when the heat accumulation system was intentionally switched off. Subsequently these two courses were compared in this work.

The obtained results verified the functionality of the propped and realized automatic control of the system of the heat accumulation into the return pipe of the hot-water network. On the base of these results it is possible to state that the proposed and realized module for the effective control of hot accumulation system is practically usable and it can be recommended to the operator of the hot-water network of the city of Olomouc to increase the effectivity of the control. For this reason there was created a manual with the explanation of the function of particular elements of the created scheme for the user of the application scheme of heat accumulation.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. *PLC a automatizace: 1.díl - Základní pojmy, úvod do programování*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009. ISBN 978-80-86056-58-9.
- [2] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. *Řízení programovatelnými automaty III : softwarové vybavení*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02804-6.
- [3] IPESOFT SPOL. S.R.O. D2000 Online referenční příručka: Konfigurácia systému D2000 V8.0.
- [4] BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické řízení*. 2. aktualizované vydání. [s.l.] : BEN, 2004. 664 s. ISBN 978-80-7300-148-3.
- [5] DOSTÁLEK, Libor a Alena KABELOVÁ. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 1.dotisk 5.aktualizovaného vydání. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-2236-5.
- [6] KOZIOREK, Jiří, Jiří KOCIÁN, Libor CHROMČÁK a Tomáš LÁRYŠ. *Distribované systémy řízení*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2599-1. Dostupné z: www.person.vsb.cz/archivcd/FEI/DSR/Distribovane%20systemy.pdf. Učební text. VŠB-TU Ostrava.
- [7] HRUŠKA, František. *Projektování řídicích a informačních systémů* [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010 [cit. 2013-02-02]. ISBN 978-80-7318-979-2. Dostupné z: https://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/18584/Skripta_PRIS.pdf?sequence=1
- [8] HRUŠKA, František. *Technické prostředky informatiky a automatizace: (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace)*. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.
- [9] *Centrální systémy přípravy a dodávky teplé vody*. *Panelovedomy.ekowatt.cz* [online]. [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/teplavoda/41-centralni-systemy-pripravy-a-dodavky-teple-vody>
- [10] KYSELA, Ladislav, Jiří MÍKA a Sylva KYSELOVÁ. *Teplárenství* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/teplarenstvi_a_rozvody/Teplarenstvi-skripta.pdf. Učební text. VŠB - Technická univerzita Ostrava.

- [11] HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.
- [12] Automa :: Projektování distribuovaných řídicích systémů podle časové odezvy. *Http://www.odbornecasopisy.cz* [online]. 2003 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28775
- [13] sdružení Elsaco. Elsaco : Technický manuál [online]. 7.5.2010 [cit. 2011-01-31]. Centrální jednotky a komunikační procesory. Dostupné z WWW: <<http://www.elsaco.cz/download/pdf/mcentral.pdf>>.
- [14] Co je Tecomat TC700? - TC700 - Popis - PLC Tecomat TC700 - Produkty. *Tecomat, PLC for machine, process, technology, transport and building automation* [online]. 2009 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com/index.php?ID=857>
- [15] Sběrnice RS-422, RS-423 a RS-485 - Root.cz. *Root.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/sbernice-rs-422-rs-423-a-rs-485/>
- [16] M-BUS (Meter-Bus): základní popis komunikačního protokolu. *Automatizace.HW.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/mbus-meterbus-zakladni-popis-komunikacniho-modelu>
- [17] Stuxnet. In: *Wikipedie* [online]. 2010 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Stuxnet>
- [18] USB Cable Configuration. *Accusoft Imaging SDKs & Document Viewers* [online]. 2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.accusoft.com/usbscannercables.htm>
- [19] HMI: Industrial PC IPC. *Industrial Automation* [online]. 2013 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: http://industrial.omron.eu/en/products/catalogue/automation_systems/hmi/pc_based_hmi/dyalox_box_ipc/default.html
- [20] The Industry of Tomorrow: Personal Computers. *Theorysmith Technology* [online]. 2012 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://technology.theorysmith.com/personal-computers/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PLC	Programmable Logic Controller.
IPC	Industrial Personal Computer.
PCC	Programmable Computing Controller
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
HMI	Human Machine Interface
MES	Manufacturing Execution System
ERP	Enterprise Resource Planing
MRP	Manufacturing Resource Planning
USB	Universal Serial Bus
SQL	Structured Query Language
LON	Local Operating Network
M-Bus	Meter Bus
SIA	System Integrované Automatizace
CAN	Controller Area Network
LAN	Local Area Network
FTP	File Transfer Protocol
HTTP	HyperText Transfer Protocol
CPU	Central Procesing Unit
RT	Real Time
NRT	Non Real Time
ROM	Read Only Memory
RAM	Random Access Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
A/D	Analog/Digital
SRAM	Static Random Access Memory

SSD	Solid State Disc
COM/DCOM	Component Object Model/Distributed Component Object Model
ISO	International Organisation for Standardization
OSI	Open System Interconnection
TDM	Time Division Multiplex
FDM	Frequency Division Multiplex
NRZ	Non Return to Zero
NRZI/AMI	Non Return to Zero Inverted/Alternate Mark Inversion
MAC	Media Access Control
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
CSMA/CD w/AMP	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection with Arbitration on Message Priority
PTP	Precision Time Protocol
AS-i	Actuator Sensor Interface
SCZT	System Centralizovaného Zásobování Teplem
ESL	Event Script Language
CRC	Cyclic Redundancy Code
GJ	GigaJoule
MW	MegaWatt
HI	Human Interface
JVM	Java Virtual Machine
CSV	Comma Separand Values
TCP/IP	Transmission Transfer Protocol/Internet Protocol
UDP/IP	User Datagram Protocol/Internet Protocol
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1. Grafický přehled vývoje informatiky a automatizace [7].....	16
Obrázek 3-1. Hierarchické uspořádání řídicích systémů a akčních členů	17
Obrázek 4-1. Struktura počítačově řízené výroby.....	19
Obrázek 4-2. Komunikační systémy v průmyslové automatizaci.....	21
Obrázek 5-1. Kompaktní PLC [13].....	23
Obrázek 5-2. Modulární PLC [14].....	23
Obrázek 5-3. Vývojové prostředí Progwin.....	24
Obrázek 5-4. Ukázka mikropočítače	24
Obrázek 5-5. Zpracování IPC [19].....	26
Obrázek 5-6. Personální počítač [20].....	26
Obrázek 6-1. Ukázka čelního panelu rozvaděče	27
Obrázek 7-1. Model OSI	29
Obrázek 7-2. Struktura znaku při asynchronním přenosu dat [6].....	33
Obrázek 7-3. Typy synchronních přenosů [6]	34
Obrázek 7-4. Propojení zařízení sběrnicí RS422 [15].....	41
Obrázek 7-5. Schéma propojení RS 485 [8].....	42
Obrázek 7-6. Typy konektorů USB [18]	43
Obrázek 7-7. Struktura USB [8]	43
Obrázek 7-8. Profil kabelu pro AS-i [6]	45
Obrázek 7-9. Příklad použití sběrnice M-Bus	47
Obrázek 7-10. Typická architektura řídicího systému se sběrnicí Profibus DP [6].....	49
Obrázek 8-1. Schéma akumulčního zkratu	55
Obrázek 8-2. Skříň rozvaděče	56
Obrázek 8-3. Sběr dat.....	57
Obrázek 8-4. Procesy systému D2000 [3].....	58
Obrázek 9-1. Stabilita proudění v nočních hodinách	61
Obrázek 10-1. Základní okno procesu CNF	65
Obrázek 10-2. Výběrové okno procesu CNF.....	66
Obrázek 10-3. Hierarchie komunikace.....	66
Obrázek 10-4. Konfigurační okna linky	67
Obrázek 10-5. Konfigurační okna stanice	69
Obrázek 10-6. Vytvoření objektu Počítaný bod	71

Obrázek 10-7. Konfigurační okno počítaného bodu	71
Obrázek 10-8. Konfigurační okno Výpočet.....	72
Obrázek 10-9. Příklad syntaxe zápisu výrazu.....	73
Obrázek 10-10. Konfigurační okno Eventu.....	74
Obrázek 10-11. Definice struktury a Strukturovaná proměnná	75
Obrázek 10-12. Editor skriptů.....	76
Obrázek 10-13. Vytvořený skript.....	77
Obrázek 10-14. Volba procesu archivace.....	78
Obrázek 10-15. Výběrové okno procesu CNF.....	79
Obrázek 10-16. Konfigurační okna archivovaného objektu.....	80
Obrázek 10-17. Okno grafického editoru.....	81
Obrázek 10-18. Vytvořené grafické schéma s objekty.....	82
Obrázek 10-19. Připojení objektu a palety	83
Obrázek 10-20. Výběr zobrazovací palety	83
Obrázek 10-21. Připojení a ovládání grafického objektu	84
Obrázek 10-22. Grafické schéma Parametry regulace	85
Obrázek 10-23. Základní okno procesu HI.....	86
Obrázek 10-24. Vytvoření grafu	88
Obrázek 10-25. Konfigurace grafu.....	88
Obrázek 10-26. Objekty grafu	89
Obrázek 10-27. Konfigurace objektu	90
Obrázek 10-28. Konfigurace osy	91
Obrázek 10-29. Vytvořený graf	91
Obrázek 10-30. Ovládací tlačítka grafu.....	92
Obrázek 10-31. Tabulka hodnot.....	92
Obrázek 12-1. Vytvořené grafické schéma	97
Obrázek 12-2. Schéma Parametry regulace	98

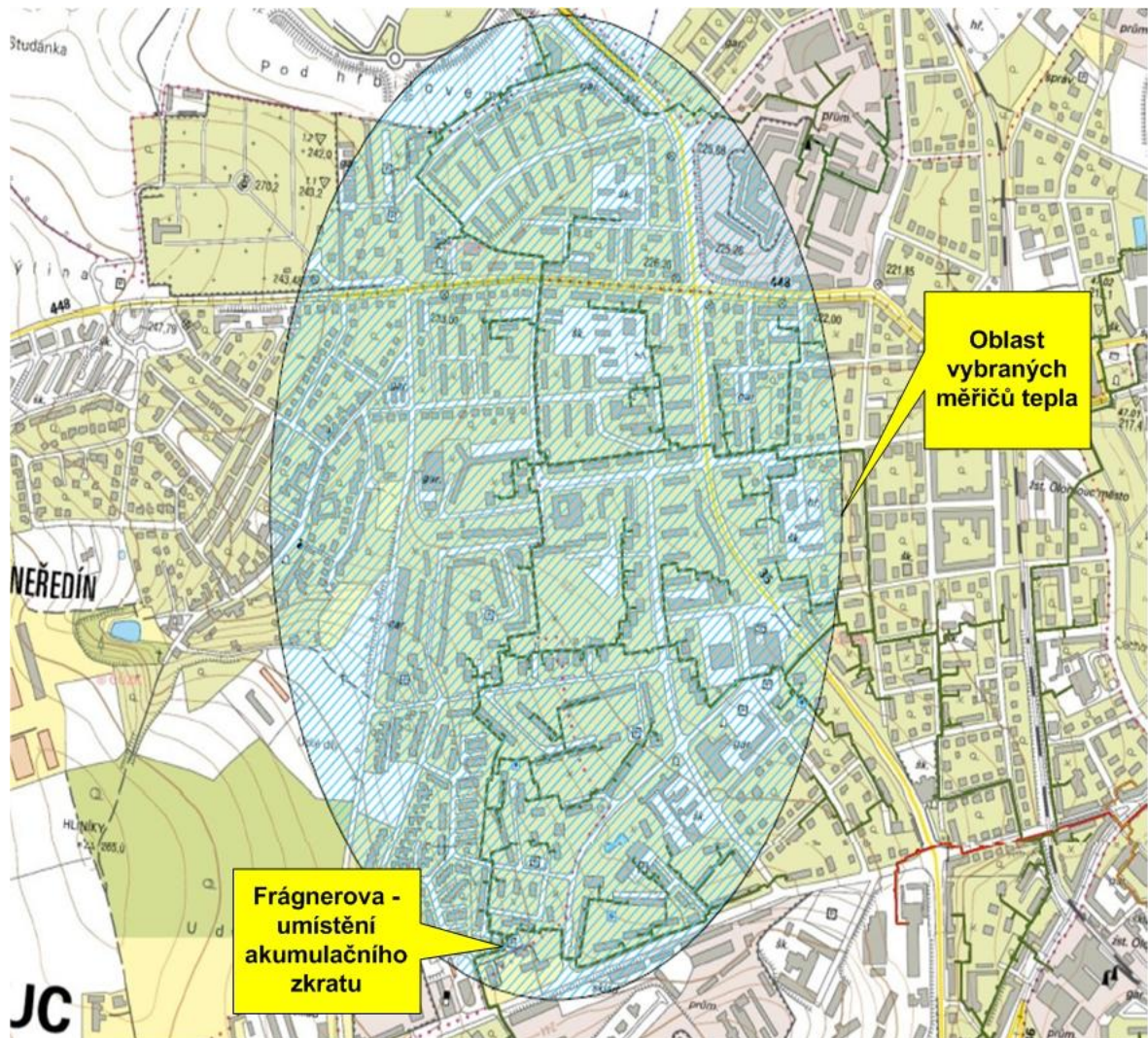
SEZNAM TABULEK

Tabulka 7-1. Závislost komunikační rychlosti na délce vedení [6]	48
Tabulka 7-2. Rámec protokolu IEEE 802.3 [5]	51

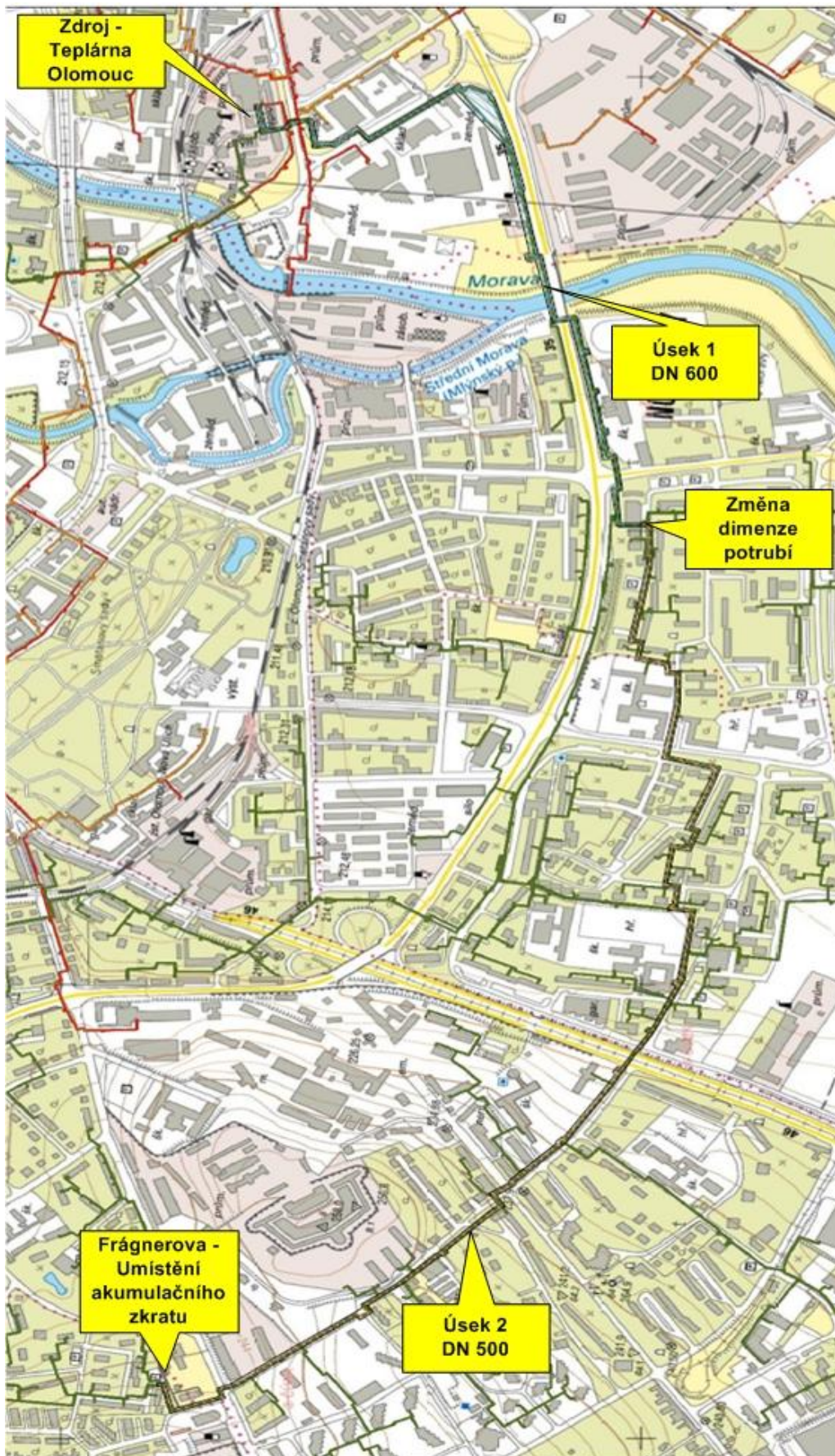
SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: OBLAST S VYBRANÝMI MĚŘIČI TEPLA	109
PŘÍLOHA P II: ROZDĚLENÍ POTRUBÍ NA ÚSEKY	110
PŘÍLOHA P III: PRŮBĚHY TEPLoty VRATNÉHO MÉDIA	111
PŘÍLOHA P IV: OBDOBÍ AUTOMATICKÉHO CHODU SYSTÉMU AKUMULACE TEPLA	112
PŘÍLOHA P V: OBDOBÍ S OdstAVENÝM SYSTÉMEM AKUMULACE TEPLA	113
PŘÍLOHA P VI: PRŮBĚH RANNÍ ŠPIČKY A RYCHLOST PROUDĚNÍ	114

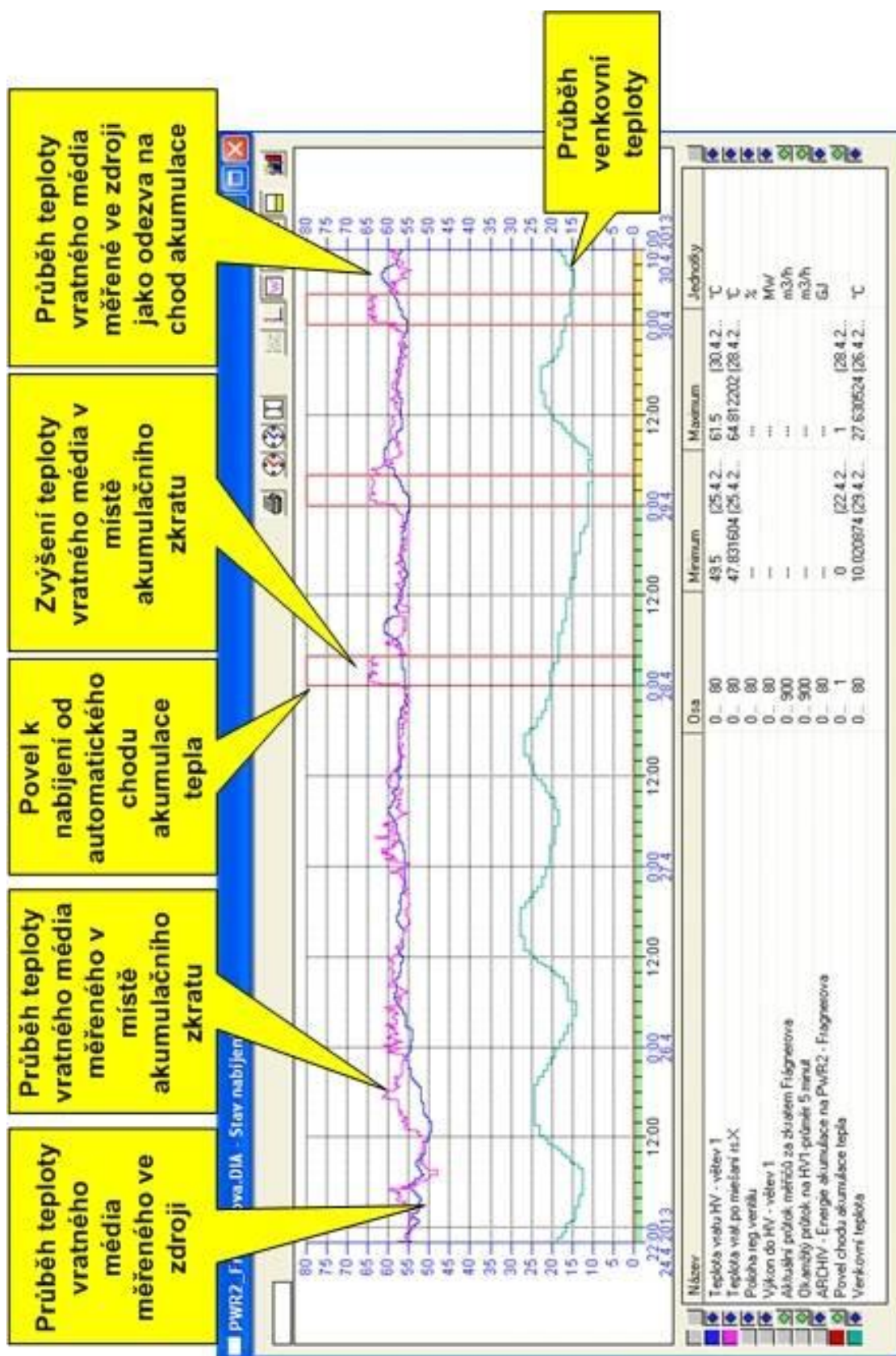
PŘÍLOHA P I: OBLAST S VYBRANÝMI MĚŘIČI TEPLA



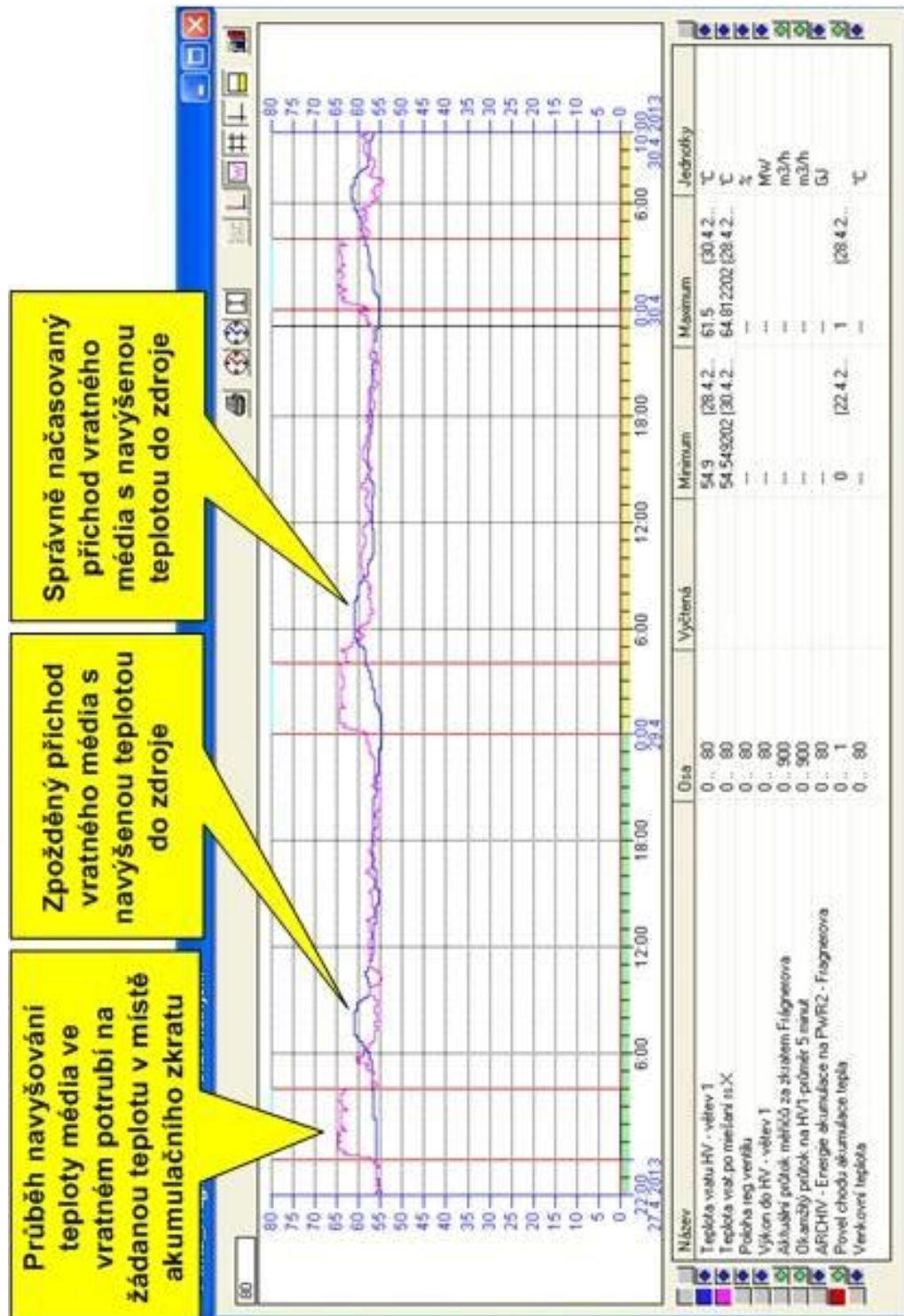
PŘÍLOHA P II: ROZDĚLENÍ POTRUBÍ NA ÚSEKY



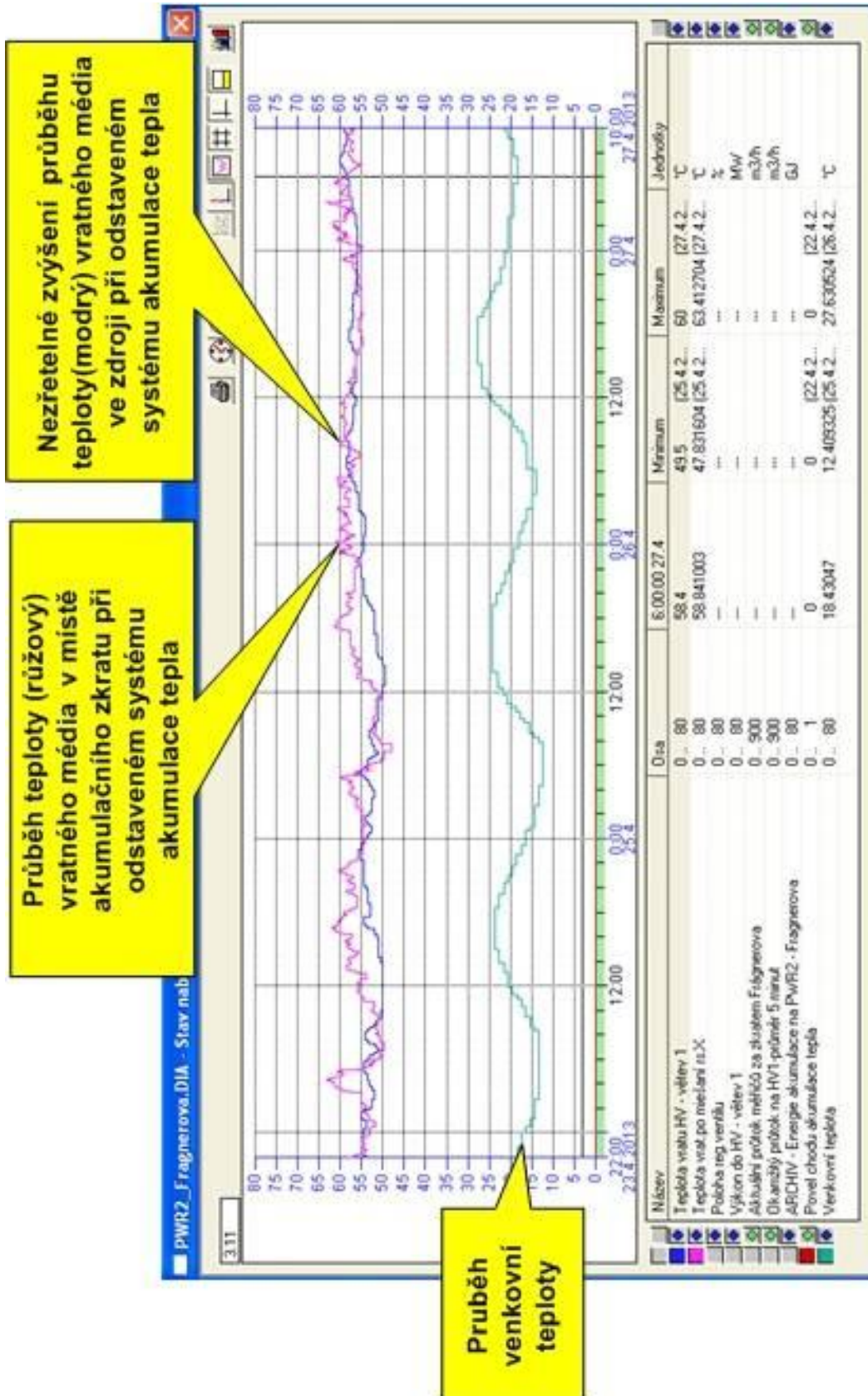
PŘÍLOHA P III: PRŮBĚHY TEPLoty VRATNÉHO MÉDIA



PŘÍLOHA P IV: OBDOBÍ AUTOMATICKÉHO CHODU SYSTÉMU AKUMULACE TEPLA



PŘÍLOHA P V: OBDOBÍ S ODSTAVENÝM SYSTÉMEM AKUMULACE TEPLA



PŘÍLOHA P VI: PRŮBĚH RANNÍ ŠPIČKY A RYCHLOST PROUDĚNÍ

