

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**REKONSTRUKCE PROVOZNÍHO NABÍJENÍ AKUMULÁTORŮ LODÍ**

**DPMB a.s.**

Bc. Jan Stránský

Diplomová práce

2017

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Stránský**  
Osobní číslo: **I15190**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Název tématu: **Rekonstrukce provozního nabíjení akumulátorů lodí DPMB a.s.**  
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl: Vybavení každé lodi řídicí elektronikou pro sběr informací o nabíjení a stavu baterie lodi. Realizace řídicí elektroniky pro řízení nabíjení. Komunikace mezi lodí a nabíjecí stanicí, vizualizace nabíjení a datová akvizice naměřených dat o průběhu nabíjení.

V teoretické části práce budou popsány možnosti nabíjení baterií, programování PLC, vizualizace a bezdrátové komunikace.

V praktické části bude navržena řídicí elektronika pro sběr dat a informací o nabíjení a stavu baterie lodi, navržena a realizována řídicí elektronika pro řízení nabíjení, komunikace mezi lodí a nabíjecí stanicí a vizualizace nabíjení v dispečerském stanovišti.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

**VLK, František. Elektrická zařízení motorových vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-3718-9.**

**ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.**

**VLACH, Jaroslav. Řízení a vizualizace technologických procesů. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-66-X.**

**ZANDL, Patrick. Bezdrátové sítě WiFi: praktický průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-632-2.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**  
Katedra řízení procesů

Datum zadání diplomové práce: **26. října 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2017**



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Němec".

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
děkan

L.S.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Honc".

Ing. Daniel Honc, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. listopadu 2016

## **Prohlášení**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 17. 5. 2017

Jan Stránský

### **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat zaměstnancům firmy RegulTech servis s.r.o. a vedoucímu mé práce Ing. Danielu Honcovi, Ph.D. za cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mě podporovali při mém studiu na vysoké škole, zejména rodině a přítelkyni.

V Pardubicích dne 17. 5. 2017

Jan Stránský

## **ANOTACE**

*Práce se zabývá problematikou sběru a přenosu dat na lodích. Z lodí se data posílají pomocí bezdrátové komunikace do operátorského pracoviště v přístavu, kde se vyhodnocují. V operátorském pracovišti se dále řídí chod nabíjení jednotlivých lodí. Program pro řízení PLC je psán v prostředí TIA portál. Vizualizační aplikace je vytvořena ve vývojovém prostředí Reliance 4.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*PLC, SCADA, UDP, Bluetooth, Reliance 4, TIA portál*

## **TITLE**

*DPMB INC. BOAT BATTERY CHARGING RECONSTRUCTION*

## **ANNOTATION**

*The thesis deals with the issue of data collection and transmission on ships. From ships, data are transmitted via wireless communication to the operator's workplace in the port where they are evaluated. At the operating site, the charging of individual ships is controlled. The PLC control program is written in the TIA portal environment. The visual application is created in the Reliance 4 development environment.*

## **KEYWORDS**

*PLC, SCADA, UDP, Bluetooth, Reliance, TIA portal.*

## OBSAH

Seznam zkratk a značek .....	9
Seznam symbolů proměnných veličin a funkcí .....	10
Seznam ilustrací .....	11
Seznam tabulek .....	13
ÚVOD .....	14
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	15
1.1 Řídicí systémy .....	15
1.1.1 Centralizovaný systém .....	15
1.1.2 Distribuovaný systém .....	16
1.1.3 Počítačově řízená výroba (CIM) .....	16
1.2 PLC .....	17
1.2.1 Rozdělení PLC podle konstrukce .....	18
1.2.2 Vykonávání programu PLC .....	19
1.3 Programování PLC .....	19
1.3.1 Jazyk mnemokódů .....	20
1.3.2 Jazyk kontaktních schémat .....	20
1.3.3 Jazyk logických schémat .....	20
1.3.4 Jazyk strukturovaného textu .....	20
1.4 Vývojové prostředí TIA portál .....	21
1.5 Vizualizační software Reliance 4 .....	22
1.6 Komunikace .....	22
1.6.1 Referenční model ISO/OSI .....	23
1.6.2 Sběrnice Ethernet .....	24
1.6.3 Sběrnice ASI .....	25
1.6.4 TCP/IP .....	26
1.6.5 UDP .....	26
1.6.6 Bluetooth .....	27
1.7 Nabíjení a vybíjení akumulátoru .....	27
1.7.1 Charakteristika U .....	28
1.7.2 Charakteristika I .....	28
1.7.3 Charakteristika W .....	28
2 Řešení .....	29

2.1	Popis nabíjecí stanice a přístaviště.....	29
2.2	Programování v TIA portál .....	31
2.3	Hardwarové sestavy .....	39
2.4	Tvorba Vizualizace .....	43
2.4.1	Úvodní obrazovka .....	49
2.4.2	Rozšiřující obrazovky .....	49
2.5	Komunikace .....	52
2.5.1	Komunikace s nabíječi .....	56
2.5.2	Popis komunikace bluetooth .....	57
2.5.3	Komunikace s DC/DC modulem .....	58
2.6	Programové vybavení přístaviště .....	60
2.7	Programové vybavení lodě.....	61
2.8	Algoritmus nabíjení.....	61
2.9	Algoritmus vybíjení .....	63
2.10	Možnosti nabíjení.....	63
	ZÁVĚR .....	64
	PŘÍLOHY .....	68



## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ASI	Actuator Sensor Interface
CPU	centrální procesorová jednotka
DPMP	Dopravní Podnik Města Brna
DB	datový blok
FB	funkční bloky
FBD	Function Block Diagram
FC	funkce
HMI	Human Machine Interface
IL	Instruction List
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
LAD	Ladder Diagram
OB	organizační bloky
OSI	Open Systems Interconnection
PA	programovatelný automat
PLC	programovatelný logický automat
RSN	řídící systém nabíjecí stanice
RTS	řídící systém přístaviště
SCL	jazyk strukturovaného textu
SP	Service Pack
TCP	Transmission Control Protocol
TIA	Totally Integrated Automation
UDP	User Datagram Protocol

## SEZNAM SYMBOLŮ PROMĚNNÝCH VELIČIN A FUNKCÍ

$I$  elektrický proud, A

$U$  elektrické napětí, V

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Centralizovaný systém.....	15
Obr. 1.2 – Distribuovaný systém .....	16
Obr. 1.3 – Počítačově řízená výroba.....	17
Obr. 1.4 – Blokové schéma vnitřní struktury PLC .....	17
Obr. 1.5 – Cyklus programu .....	19
Obr. 1.6 – Referenční model ISO/OSI.....	23
Obr. 1.7 – Hierarchie TCP/IP .....	26
Obr. 2.1 – Pohled na přístaviště.....	30
Obr. 2.2 – Operátorské stanoviště.....	30
Obr. 2.3 – Úvodní obrazovka TIA portálu.....	31
Obr. 2.4 – Obrazovka pro sestavení hardwarové sestavy .....	32
Obr. 2.5 – Záložka PLC programming .....	32
Obr. 2.6 – Výběrové okno programovacího jazyku.....	33
Obr. 2.7 – Tabulka tagů .....	34
Obr. 2.8 – Knihovna instrukcí .....	35
Obr. 2.9 – Editor pro tvorbu programu .....	36
Obr. 2.10 – Příklad datového bloku.....	36
Obr. 2.11 – Příklad funkčního bloku .....	37
Obr. 2.12 – Příklad funkce.....	37
Obr. 2.13 – Okno pro připojení k PLC .....	38
Obr. 2.14 – Online mód .....	38
Obr. 2.15 – Hardwarová sestava Nabíječky.....	39
Obr. 2.16 – Řídicí systém přístaviště.....	40
Obr. 2.17 – Hardwarová sestava řídicího systému lodi .....	41
Obr. 2.18 – Řídicí systém lodi .....	42
Obr. 2.19 – Úvodní obrazovka.....	43
Obr. 2.20 – Správce stanic .....	44
Obr. 2.21 – Meze .....	45
Obr. 2.22 – Správce obrázků .....	45
Obr. 2.23 – Správce skriptů .....	46
Obr. 2.24 – Kontrola skriptů.....	46
Obr. 2.25 – Správce uživatelů.....	47

Obr. 2.26 – Možnosti grafických a funkčních komponent .....	47
Obr. 2.27 – Správce oken.....	48
Obr. 2.28 – Vazba na proměnnou .....	48
Obr. 2.29 – Úvodní obrazovka.....	49
Obr. 2.30 – Rozšiřující obrazovka Mola.....	50
Obr. 2.31 – Rozšiřující obrazovka Tabulka .....	50
Obr. 2.32 – Okno s informacemi o lodi .....	51
Obr. 2.33 – Okno s informacemi o stání.....	51
Obr. 2.34 – Celkové schéma nabíjení .....	53
Obr. 2.35 – Umístění bezdrátového modulu na lodi.....	54
Obr. 2.36 – Umístění bezdrátového modulu na břehu .....	54
Obr. 2.37 – Připojovací skříň.....	62

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 – Datové typy.....	34
Tab. 2.2 – Specifikace CPU.....	40
Tab. 2.2 – Specifikace CPU - pokračování.....	41
Tab. 2.3 – Rozšiřující modul .....	41
Tab. 2.4 – Rozšiřující modul .....	42
Tab. 2.5 – Rozšiřující modul .....	43
Tab. 2.6 – Rozdělení IP adres .....	55
Tab. 2.7 – Rozvržení portů pro UDP .....	56
Tab. 2.8 – UDP paket.....	56
Tab. 2.9 – UDP paket RTS → RSN.....	57
Tab. 2.10 – UDP paket RSN → RTS.....	57
Tab. 2.11 – Bluetooth modulu .....	58
Tab. 2.12 – Data dotazu .....	58
Tab. 2.13 – Data odpovědi.....	58
Tab. 2.13 – Data odpovědi - pokračování.....	59
Tab. 2.14 – Maska aktuálních poruch.....	60

# ÚVOD

Zadání této práce bylo stanoveno firmou RegulTech servis s.r.o., která se podílela na rekonstrukci provozního nabíjení akumulátorů lodí Dopravního podniku města Brna. Její část bylo vytvoření programového vybavení pro řízení nabíjecí stanice a operátorského stanoviště.

Tato diplomová práce popisuje návrh a realizaci programu pro PLC a operátorské pracoviště. Za předpokladu funkčního řídicího systému lodi, jde o doplnění řídicím systémem pro sběr informací o nabíjení a stavu baterií. Každá loď bude vybavena řídicím systémem, který bude bezdrátově komunikovat s operátorským pracovištěm umístěným v přístavu. Na lodi bude docházet ke komunikaci s DC/DC měničem, který bude posílat informace o své činnosti. Operátorské stanoviště bude přijímat data z lodí, které budou jak v přístavu, tak v dosahu bezdrátové komunikace. Následně bude komunikovat s nabíječi, které budou zajišťovat nabíjení baterií.

Teoretická část obsahuje popis druhy řídicích systémů. Dále popisuje rozdělení PLC, programovací jazyky PLC, software TIA portál, vizualizační software Reliance 4, popis komunikace a popis nabíjecích charakteristik akumulátorů.

Praktická část se zabývá programování PLC, tvorbu vizualizační aplikace a komunikací. Programování PLC automatu bude v softwaru Simatic Step 7 V14 s rozšiřujícím balíčkem SP1. Tato část začíná vytvořením projektu a přidáním dané hardwarové sestavy. Dále popisuje programování PLC, spojení TIA portálu s PLC a nahrání softwaru do PLC. Pro operátorské stanoviště bude vytvořena aplikace ve vizualizačním softwaru Reliance 4. Tato aplikace bude vytvořena na základě potřeb pracovníků Dopravního podniku města Brna. Bude uvedena tvorba ve vizualizačním softwaru a následně uvedena vytvořená vizualizační aplikace. Poslední částí praktické části bude komunikace. Komunikace bude rozdělena do třech částí. První částí je komunikace mezi řídicím systémem přístaviště a nabíječi. V druhé části jde o komunikaci mezi řídicím systémem lodi a řídicím systémem přístaviště. Tato komunikace bude pomocí bluetooth modulů. V druhé části bude popsána komunikace DC/DC měniče a řídicího systému na lodi. Tato komunikace bude vytvořena pomocí linky RS485.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část obsahuje popis druhy řídicích systémů. Dále popisuje rozdělení PLC, programovací jazyky PLC, software TIA portál, vizualizační software Reliance 4, popis komunikace a popis nabíjecích charakteristik akumulátorů.

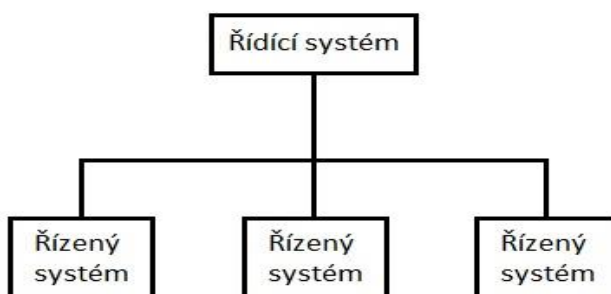
## 1.1 Řídicí systémy

V současné době existují dva základní typy sběrnice systémů, které se mohou zkombinovat. První je systém centralizovaný a druhý je systém distribuovaný (Koziorek, 2007).

### 1.1.1 Centralizovaný systém

Centralizovaný systém jsou navrženy tak, že veškeré řízení a řídicí jednotky mají spojeny do jednoho centrálního místa. Často je tato centrální jednotka uložena na bezpečném místě, aby se minimalizovaly možnosti vzniku poruch. Centrální jednotka komunikuje s každým prvkem samostatně, jak je uvedeno na obr. 1.1. Při komunikaci vysílá a přijímá signály, které řídí jednotlivé jednotky. V tomto případě je potřeba rozvod kabelů po celém objektu. Tím se zvyšuje odolnost proti poruchám, ale zvyšují se náklady na pořízení (Koziorek, 2007).

Výhodou centralizovaného systému je účinnost, jednodušší údržba a jednodušší návrh aplikačních programů. Nevýhodou je omezená kapacita, při poruše dochází k celkové havárii a rozsáhlá kabeláž. Centralizované systémy jsou tedy nevhodné pro větší aplikace, kvůli závislosti na jedné řídicí jednotce, když přestane fungovat, přestane fungovat celý proces.

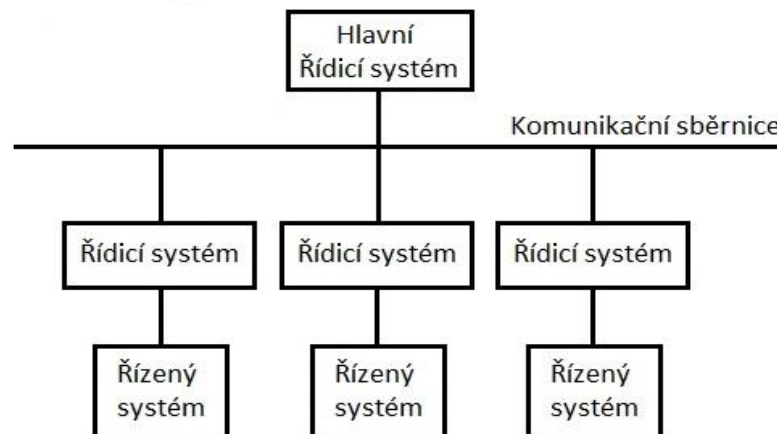


Obr. 1.1 – Centralizovaný systém

### 1.1.2 Distribuovaný systém

Distribuovaný řídicí systém se skládá z několika dílčích systémů. Tyto dílčí systémy jsou propojeny nejčastěji komunikační sběrnici a podílejí se na řízení, jak je uvedeno na obr. 1.2. Tento systém se začal v automatizaci velmi rychle používat, právě když vznikly výkonné a spolehlivé komunikační sběrnice a cena jednotlivých zařízení s procesorem klesla na takovou hodnotu, kdy nebyl tak výrazný rozdíl mezi použitím jednoho výkonného prvku nebo více menších prvků. Komunikace je základem pro použití distribuovaných řídicích systémů (Koziorek, 2007).

Výhodou distribuovaných systémů je vyšší výkonost a jednodušší možnost rozšíření systému. Další výhodou je výstavba složitějších systémů a úspora kabeláže, protože menší jednotky jsou v blízkosti řízeného procesu. Aplikace se lépe odlaďuje, protože je rozdělena mezi několik řídicích systémů, takže se může odlaďovat po částech. Nevýhoda distribuovaných systému je nepříznivý vliv prostředí, protože dílčí systémy jsou umístěny blízko řízenému procesu. Důležité je také zajistit vzájemnou součinnost a problém může nastat s komunikací mezi zařízeními od různých výrobců.



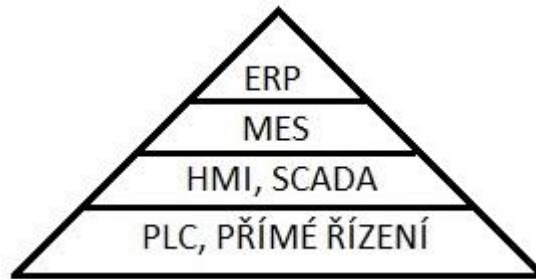
Obr. 1.2 – Distribuovaný systém

### 1.1.3 Počítačově řízená výroba (CIM)

Počítačově řízenou výrobu lze znázornit jako pyramidu rozdělenou do čtyř úrovní, jak je znázorněno na obr. 1.3. Na nejnižší úrovni je přímé řízení se systémem reálného času, především PLC (Programmable Logic Control). Druhá úroveň je SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tedy pracoviště s vizualizací, monitoringem, řízením a sběrem



dat. Třetí úroveň je MES (Manufacturing Execution System) tedy optimalizační úroveň. Ta slouží k optimalizaci systému a k zlepšení efektivity celého procesu. Čtvrtá úroveň je ERP (Enterprise Resource Planning) tedy plánování podnikový zdrojů. Často označována jako manažerská úroveň, která slouží k řízení výroby celého podniku. Používá plánování, marketing, vývoj, výzkum a práce s daty v databázích (Koziorek, 2007).

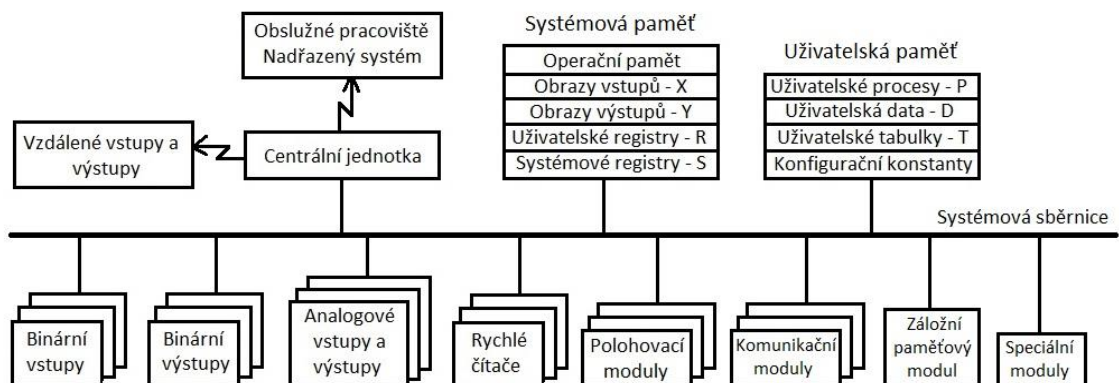


Obr. 1.3 – Počítačově řízená výroba

## 1.2 PLC

Programovatelný automat je uživatelsky programovatelný řídicí systém přizpůsobený pro řízení průmyslových a technologických procesů a strojů (Koziorek, 2007). Nejčastěji se označuje zkratkou PLC (Programmable Logic Controller), ale občas najdeme označení PC (Programmable Controller).

Původně byly PLC navrženy k řešení úloh logického řízení, často nahrazovaly pevné reléové logiky. V dnešních aplikacích PLC se využívá pro regulaci a monitorování řízeného procesu.



Obr. 1.4 – Blokové schéma vnitřní struktury PLC

Programovatelný automat se skládá z centrální procesorové jednotky, systémové paměti, uživatelské paměti, souboru vstupních a výstupních jednotek pro připojení řízeného systému a souboru komunikačních jednotek pro komunikaci se souřadnými, ale i nadřazenými řídicími systémy. Jednotky programovatelného automatu jsou navzájem propojeny systémovou sběrnici. Celková struktura PLC automatu je zobrazena na obr. 1.4.

Řídicí algoritmy jsou realizovány programem, který může být zapsán v různých programovacích jazycích. Program je pro přeložení uložen v uživatelské paměti programovatelného automatu. Program má určitou posloupnost instrukcí, kterou procesor vykonává cyklicky (Martinásková, 1998).

### **1.2.1 Rozdělení PLC podle konstrukce**

Programovatelné automaty lze dělit podle různých hledisek. Menší systémy bývají řešeny jako kompaktní, větší jako modulární. Princip činnosti kompaktních a modulárních programovatelných automatů a způsob jejich programování je stejný. Odlišné jsou však u konstrukčního pojetí (Koziolek, 2007).

Kompaktní programovatelné automaty mají pevně danou konfiguraci integrovaných modulů a jsou uzavřeny v jednom pouzdře. V poslední době je u kompaktních programovatelných automatů snaha o určitý stupeň modularity, takže lze u malých aplikací přizpůsobit sestavu programovatelného automatu dle potřeb konkrétní aplikace. Nejčastější použití kompaktních programovatelných automatů jsou např. řízení klimatizačního zařízení, řízení technického vybavení v budovách, ovládání garážových vrat, ovládání mycích linek a prodejní automaty. Kompaktní programovatelné automaty mohou sloužit jako komponenty v distribuovaných řídicích systémech.

Modulární programovatelné automaty jsou svou vhodností pro řízení střední a větší automatizační úlohy. Především kvůli jejich funkčním schopnostem a bohatým vybavením. Modulární programovatelný automat je tvořen pevným procesorovým jádrem a napájecím zdrojem. Periferie jsou připojeny pomocí sběrnic. Oproti kompaktním automatům mají modulární automaty možnost přidání dalších jednotek například pro rychlé čítání, pro polohování, pro nejrůznější typy komunikace, pro regulaci, i pro speciální funkce.

## 1.2.2 Vykonávání programu PLC

Řídicí algoritmus programovatelného automatu je uložen v paměti uživatelského programu a je zapsán jako posloupnost instrukcí (Kovář). Procesor postupně čte z uživatelské paměti jednotlivé instrukce. Provádí operace s daty v paměti a zásobníku. Pokud jsou provedeny všechny instrukce z algoritmu, provádí procesor aktualizaci výstupních proměnných do výstupních modulů a aktualizuje stavy ze vstupních modulů do zápisníkové paměti. Tento děj se neustále opakuje a nazýváme ho cyklem programu, který je znázorněn na obr. 1.5.



Obr. 1.5 – Cyklus programu

Čtení X – přepis hodnot ze vstupů PLC do zápisníkové paměti

Zápis Y – přepis hodnot z programu do výstupních modulů PLC

Režie – příprava centrální jednotky (procesory) PLC k řešení dalšího cyklu programu

## 1.3 Programování PLC

Programování PLC se používají specializované jazyky, původně navržené pro snadnou, názornou a účinnou realizaci logických funkcí. Jazyky řídicích systémů jsou podobné, ale nejsou stejné. Použití programů na řídicí systémy od různých výrobců není možné. Existuje norma IEC 1131-3, která sjednocuje programovací jazyky pro PLC. Norma obsahuje čtyři typy jazyků (Kovář).

### **1.3.1 Jazyk mnemokódů**

Jazyk mnemokódů IL (Instruction List) je obdobou assembleru u počítačů a je strojově orientován. To znamená, že instrukce PLC systému odpovídá stejně pojmenovaný příkaz jazyka. Jazyky mnemokódů poskytují aparát symbolického označení návěští pro cíl skoků a volání, pro pojmenování vstupních, výstupních a vnitřních proměnných, pro symbolická jména pro číselné hodnoty, pro automatické přidělování paměti pro uživatelské registry a pro jiné datové objekty, pro jejich inicializaci a pro zadávání hodnot v různých číselných hodnotách.

### **1.3.2 Jazyk kontaktních schémat**

Jazyk kontaktních schémat LAD (Ladder diagram) je grafický jazyk, který základními logickými operacemi zobrazuje schéma s reléovými a kontaktními prvky. Symboly pro kontakty a cívky jsou zjednodušeny, aby mohly být vytvářeny semigraficky. Spínací kontakty jsou označovány jako dvojice svislých čárek, rozpínací kontakty jsou navíc přetrženy lomítkem, cívky jsou označovány dvojicí závorek. Funkční bloky jsou označovány jako obdélníkové značky. Jazyk kontaktních schémat je výhodný při programování nejjednodušších logických operacích, kvůli jednoduchosti porozumění pro personál. Je výhodný při rychlém servisu zvláště, když ladící prostředky dovolují zvýraznění „vodící cesty“. To velmi zjednodušuje hledání problému. Pokud jde o složitější aplikaci je jazyk kontaktních schémat nepřehledný a postrádá svou názornost.

### **1.3.3 Jazyk logických schémat**

Jazyk logických schémat FBD (Function Block Diagram) je grafický jazyk, který základní logické operace popisuje obdélníkovými značkami. Velikost obdélníku je dána podle počtu vstupů. Své vlastní značky mají i například čítače, časovače, posuvné registry, paměťové členy, ale i aritmetické a paralelní logické instrukce. Tento jazyk je vhodný pro uživatele zvyklé na kreslení logických schémat.

### **1.3.4 Jazyk strukturovaného textu**

Jazyk strukturovaného textu ST (Structured Text) je vyšší programovací jazyk se syntaxí podobnou Pascalu. I přes podobnost s Pascallem je jazyk strukturovaného textu samostatný programovací jazyk vyvinutý pro průmyslové řídicí aplikace. Jazyk

strukturovaného textu se používá pro vyjádření chování funkcí, funkčních bloků a programů. Jednotlivé řádky programu jsou psány v libovolném stylu. Mezi klíčová slova identifikátory mohou být vkládány tabelátory, znaky konce řádků a komentáře. Jazyk je čitelný, přehledný a poskytuje celý rozsah konstrukcí pro přiřazování hodnot proměnným, voláním funkcí a funkčních bloků, pro vytváření matematických výrazů, pro podmíněné provádění vybraných řádků a pro cykly.

## **1.4 Vývojové prostředí TIA portál**

Základní myšlenka pro vytvoření TIA portálu bylo zkrácení doby od myšlenky k hotovému produktu při zachování maximální flexibility. Před nástupem tohoto vývojového prostředí bylo nutné programovat zvláště většinu PLC a HMI uživatelských panelů. TIA portál představuje společné vývojové prostředí z jedné plochy. Obsahuje nástroje potřebné k projektování a konfiguraci PLC systémů, uživatelský panel pro rozvržení komunikace celých distribuovaných sítí, nástroje pro programování a vývoj PLC systému, nástroje diagnostiky, atd. Toto nové vývojové prostředí je historickým milníkem pro společnost Siemens, s ohledem na obecnou použitelnost, přehlednost a optimálnost pro uživatele, jak je uvedeno v (Totally Integrated Automation Portal).

Pro přechod projektů z dosavadních verzí vývojových prostředí je zde nástroj migrace, který přepisuje stávající hardwarové projekty a programové kódy do nového prostředí. To je výhodné pro inovaci stávajících řídicích systémů. Tato migrace probíhá nahrazením novou generací produktů, protože TIA portál neumožňuje programovat starší verze PLC, jako je např. Simatic S7-200.

TIA portál se prodává ve dvou verzích: Simatic Step 7 Basic a Simatic Step 7 Professional. Verze Simatic Step 7 Basic umožňuje navrhovat a programovat řídicí systémy řady Simatic S7-1200. Pro jednoduchou vizualizaci s využitím Simatic Basic Panels je určen Simatic WinCC Basic, obsažený v této verzi. Verze Simatic Step 7 Professional umožňuje navrhovat a programovat řídicí systémy řady Simatic S7-300, S7-400, S7-1200 a pro systémy na bázi PC se softwarem WinAC. Pro vizualizaci společně se Simatic Basic Panels je i zde určen Simatic WinCC Basic. Tato verze má doplňující balíčky: Step 7 Safety, PID Professional pro projektování regulátorů a Easy Motion Control.

## **1.5 Vizualizační software Reliance 4**

Vizualizační software Reliance je SCADA/HMI systém určený pro monitorování a řízení průmyslových procesů. Data se získávají on-line přímo z řídicího systému, archivována do databází a prezentována ve formě vizualizačních oken, tabulek a grafů koncovým uživatelům. Systém Reliance může být propojen s podnikovými informačními systémy typu MES, ERP a další. K vizualizaci lze přistupovat jak z vnitřní podnikové sítě, tak z Internetu nebo mobilního zařízení. Vše je možné zabezpečit pomocí přístupových práv, která přidělují oprávnění vytvořeným uživatelům, jak je uvedeno v (Reliance 4).

Reliance se skládá z modulů Reliance Design, Reliance View, Reliance Control, Reliance Server, Reliance Control Server, Reliance Web Client, Reliance Mobile Client, Reliance Remote Administrator a komunikační drivery Reliance.

Runtime modul je software zajišťující běh vizualizační aplikace na zařízení koncového uživatele. Umožňuje získávání dat z komunikačních driverů, získávání dat a alarmů z jiných runtime modulů, generovat a zpracovávat alarmy, archivovat data a alarmy, vykonávat skripty, odesílat e-mailové a SMS zprávy a ukládat záznamy.

Reliance Design je vývojové prostředí pro tvorbu a úpravu vizualizační aplikace. Rozděluje se na verze Desktop a Enterprise. Verze Desktop je určena pro vývoj vizualizační aplikace pro jeden počítač. Verze Enterprise je určena pro vývoj síťové aplikace s možností vizualizace pro webové uživatele a uživatele mobilního zařízení. Tato verze tedy umožňuje komunikaci libovolného počtu počítačů.

Reliance View je část programu, který umožňuje zobrazení vizualizačních obrazovek s aktuálními daty, zobrazení a kvitance aktuálních alarmů, zobrazení a tisk historických alarmů, zobrazení a tisk historických dat ve formě grafů a diagnostiku běžící aplikace, která umožňuje detekci příčiny poruch. Reliance View neumožňuje ovládání procesu, ale je určena pouze pro monitorování procesu.

Reliance Control umožňuje zobrazení a ovládání procesu. Používá se pro ovládání procesu a řídicího centra. Ovládání se omezuje přístupovými právy každému uživateli.

## **1.6 Komunikace**

Komunikace je u programovatelných automatů jednou ze základních funkcí (Koziorek, 2007). Je to dáno potřebou přenášet informace mezi zařízeními v rámci řídicího systému i mimo něj. Programovatelné automaty nabízejí například komunikace se senzory a akčními členy, komunikace se vzdálenými jednotkami vstupů a výstupů, komunikace se

systemem HMI (Human Machine Interface – operátorský panel nebo vizualizační počítače), vzájemná komunikace mezi programovatelnými automaty, komunikace s Intranetem nebo Internetem.



Obr. 1.6 – Referenční model ISO/OSI.

### 1.6.1 Referenční model ISO/OSI

Referenční model ISO/OSI je model, který popisuje systém, a je rozdělen do sedmi vrstev, jak je uvedeno v (Koziorek, 2007). Každá vrstva komunikuje přímo se sousední vrstvou, která leží pod ní nebo nad ní. Služby jsou požadovány od nejbližší nižší vrstvy nebo je poskytuje nejbližší vyšší vrstvě. Volání služeb spočívá v tom, že žádající vrstva posílá údaje a parametry do nejbližší vrstvy a očekává odpověď a neřeší, jak se požadavek vyřizuje. Model OSI, který je znázorněn na obr. 1.6, definuje v každé vrstvě služby, které daná vrstva musí mít připravené pro vyšší vrstvu.

**Fyzická vrstva** se stará o přenos jednotlivých bitů mezi příjemcem a odesílatelem pomocí fyzické přenosovou cestu, tedy elektrické, mechanické nebo optické rozhraní. Na této vrstvě se realizují všechny detaily přenosového média, úrovní signálů, frekvencí, kabelů, konektorů apod. Fyzická vrstva je pouze reálným spojením mezi dvěma komunikujícími místy.

**Linková vrstva** se označuje jako spojová vrstva. Tato vrstva zajišťuje přenos celých bloků dat, označované jako rámce, jen mezi dvěma uzly. Linková vrstva musí správně rozpoznat začátek a konec rámce a jeho jednotlivé části. Tyto části se nazývají pakety. Paket je část přenášených dat, které lze poslat najednou. Linková vrstva zajišťuje verifikaci správnosti přenosu posloupnosti bitů. Pokud vznikne chyba přenosu, například v důsledku

šumu, může tato vrstva požádat o opakované zaslání sekvenci bitů. Linková vrstva poskytuje bezchybnou datovou linku mezi dvěma uzly.

**Síťová vrstva** zajišťuje kompletní cestu a stará se o to, aby cestou od zdroje k cíli prošly všechny zprávy i v případě, že je tato cesta sestavena z odlišných větví procházející několika uzly. Tato vrstva musí zajistit potřebné směřování přenášených rámců. Také zajišťuje postupné odevzdávání jednotlivých paketů po této trase od zdroje k cíli.

**Transportní vrstva** zajišťuje koncové řízení komunikace a funguje jako rozhraní mezi aplikačním softwarem, který potřebuje komunikaci, a externí sítí. Tato vrstva má vytvořenou iluzi, že každý uzel sítě má přímé spojení s jakýmkoli uzlem sítě. Jsou zde zahrnuty protokoly TCP a UDP. Při odesílání dat se zajišťuje sestavování jednotlivých paketů, do kterých se rozděluje přenášená informace. Při přijímání dat se zase z paketů odebírá a skládá do původního tvaru. Transportní vrstva kontroluje správné vyslání a přijetí dat.

**Relační vrstva** zajišťuje navazování, udržování a rušení relace mezi koncovými účastníky. Pokud je tuto komunikaci mezi účastníky nějak řídit, zajišťuje to tato vrstva. Zajišťuje také všechno, co je třeba k ukončení relace a zrušení existujícího spojení. Vylepšuje tedy transportní vrstvu pomocí dodatečných služeb, které podporují úplnou relaci mezi odlišnými zařízeními. Příkladem takového spojení se vzdáleným počítačem přes síť.

**Prezentační vrstva** dovoluje používání navzájem odlišnou vnitřní reprezentaci dat mezi jednotlivými počítači. Tato vrstva tedy transformuje přijatá data do tvaru, který je vhodný pro zpracování nebo transformovat odesílaná data do vhodnějšího formátu. Tato vrstva také realizuje kompresi dat nebo jejich kódování.

**Aplikační vrstva** zajišťuje použití nejrůznějších síťových aplikací, jako je systém elektronické pošty, přenos souborů, vzdáleného připojování apod. Začlenění všech různých aplikací přímo do vrstvy není rozumné pro velkou různorodost. Kvůli tomu se do aplikační vrstvy zahrnují jen ty aplikace, které realizují společné mechanismy. Aplikační vrstva zajišťuje úlohy, jako je přenos datových souborů, činnost distribuovaných databází apod.

## 1.6.2 Sběrnice Ethernet

Sběrnice Ethernet je definována fyzickou a linkovou vrstvou, jak je uvedeno v (Koziorek, 2007). Fyzická vrstva má za úkol přenos jednotlivých bitů mezi přijímačem a vysílačem prostřednictvím metalického nebo optického kabelu. Z pohledu přenosové rychlosti se Ethernet dělí na klasický Ethernet (10 Mbit/s), Fast Ethernet (100 Mbit/s), Gigabit Ethernet



(1 Gbit/s). Toto dělení se dále dělí ještě podle přenosového média, maximální délky kabelu apod. Přenosové médium může být například kroucený dvou drát (stíněný nebo nestíněný) nebo optický kabel. Linková vrstva má za úkol zajistit bezchybný přenos celých datových bloků někdy označované jako rámce. Pokud se vyslání rámce nepovede ani po šestnácti pokusech, následně linková vrstva pošle vyšší vrstvě zprávu o nepovedeném odeslání.

Ethernet lze dělit z deterministického pohledu na komerční a průmyslový. Klasický komerční Ethernet používá nedeterministické metody přístupu, a proto ho nelze použít v průmyslových aplikacích. Z tohoto důvodu vznikly modifikované protokoly a opatření, které vedou ke zvýšení determinističnosti, což umožňuje použití v distribuovaných systémech. Takto modifikovaná síť se nazývá průmyslový Ethernet (neboli Industrial Ethernet).

Modifikace, které vedly ke zlepšení odezvy:

- strukturovanost topologie, kde namísto sběrnice s rozsáhlou doménou dochází k rozbití rozsáhlé domény použitím rozdělovačů (hub) a přepínačů (switch).
- vysoká a stále rostoucí rychlost ethernetových budičů a tím i zkrácení odezvy
- směrování zpráv jen do segmentů, pro které jsou zprávy určeny
- použití UDP protokolu místo protokolu TCP pro časově kritické úlohy

### 1.6.3 Sběrnice ASI

Sběrnice ASI (Actuator Sensor Interface) realizuje fyzickou, linkovou a aplikační vrstvu, jak je uvedeno v (Koziolek, 2007). Fyzická vrstva využívá jediného vedení pro přenos napájení 24 V a datových signálů, to je zcela specifické. Binární posloupnost je zakódována a dále je vysílačem převedena na změny odběru proudu. Délka bitového intervalu je okolo 6 ms, což odpovídá přenosové rychlosti 166 Kb/s. Ovšem skutečný přenosový výkon je nižší kvůli prodávám v komunikaci. Linková vrstva používá metody Master a Slave. Toto řízení znamená to, že Master oslovuje Slave, kdykoli uzná za vhodné a Slave mu odpovídá. Přitom Slave komunikuje pouze, když ho Master vyzve. Zabezpečení komunikace je pomocí start bitu, stop bitu alterací impulsů, mezerou mezi impulsy, informační obsah, kontrola parity. Start bit je první impuls, který se objeví na sběrnici při přenosu dat a tento impuls musí být negativní. Stop bit je poslední impuls, který končí přenos dat a tento impuls musí být kladný. Alternace impulsů znamená, že podle typu modulace musí být dva následující impulsy opačnou polaritu. Mezera mezi impulsy znamená, že mezi dvěma impulsy uvnitř přenášené zprávy smí být mezera o maximální délce jednoho impulsu. Informační obsah znamená, že ve

druhé polovině bitového intervalu musí být vždy impuls. Kontrola parity znamená, že v kódovaném slově telegramu musí být sudý počet bitů hodnoty log. 1.

#### 1.6.4 TCP/IP

TCP/IP je protokol vyvinutý převážně pro informační technologie (Koziorek, 2007). Obsahuje sadu protokolů pro komunikaci v počítačové síti. Síťová komunikace je na rozdíl od referenčního modelu OSI rozdělena do čtyř vrstev, které znázorňují hierarchii činností. Tato hierarchie je znázorněna na obr. 1.7.



Obr. 1.7 – Hierarchie TCP/IP

Standartní TCP/IP komunikace se používá pro výměnu časově nekritických hodnot. Pro možnosti komunikace různorodých aplikací nestačí TCP/IP kanál, který odpovídá čtvrté úrovni modelu ISO/OSI, pro distribuované periferie v průmyslu. TCP/IP uskutečňuje pouze základní komunikaci zařízení mezi lokální a distribuovanou sítí.

#### 1.6.5 UDP

UDP je jeden ze sady protokolů internetu, který nedává záruku na datagramy, které přenáší (Boháč). Na rozdíl od TCP nezaručuje, zda se přenášený datagram neztratí, zda se nezmění pořadí doručených datagramů nebo některý datagram nebude doručen vícekrát. Protokol UDP je tedy bez záruky, to znamená, že UDP protokol neumožňuje ověřit, zda data došla příjemci či nikoli. Nezachování pořadí při posílání dvou zpráv znamená, že při odeslání dvou zpráv jednomu příjemci nelze předpovědět, v jakém pořadí budou zprávy doručeny. Hlavní výhodou UDP je jednoduchost a tedy i nižší režie než u TCP. Používá se především pro aplikace pracující systémem otázka-odpověď.

UDP protokol používá porty, aby bylo možné rozlišit odesílatele a příjemce dat v síti, kde komunikuje s více počítači nebo řídicími systémy. Port je 16 bitová hodnota, která umožňuje používat porty 0-65535. Port 0 je rezervován pro odesílající proces, který

neočekává odpověď. Porty 1-1023 jsou tzv. dobře známé a jsou potřeba práva uživatele root, aby bylo možné je použít. Porty 1024-49151 jsou registrované porty. Porty 49152-65535 jsou používány pro komunikaci klienta se serverem.

### **1.6.6 Bluetooth**

Technologie Bluetooth se používá pro přenos informací mezi dvěma nebo více zařízeními, která jsou blízko sebe (Pužmanová, 2005). Technologie Bluetooth je definována standardem IEEE 802.15.1 a spadá do kategorie osobních počítačových sítí PAN (Personal Area Network). Pracuje v pásmu 2,4 GHz. Vyskytuje se v několika verzích podle rychlosti přenosu dat. Verze 1.2 má rychlost přenosu 1 Mbit/s. Verze 2.0 má rychlost přenosu 3 Mbit/s. Verze 3.0 má rychlost přenosu 24 Mbit/s. Verze 4.0 má rychlost přenosu 24 Mbit/s. Další dělení je do tříd dle výkonosti. Class 1 má maximální povolený výkon 100 mW a dosah 100 m. Class 2 má maximální povolený výkon 2,5 mW a dosah 10 m. Class 3 má maximální povolený výkon 1 mW a dosah 1 m.

Bluetooth je velice podobný s technologií Wi-Fi. Bluetooth pracuje na aplikační vrstvě síťového modulu ISO/OSI, zatímco Wi-Fi pracuje na linkové vrstvě síťového modulu. Z toho vyplývá, že Bluetooth musí mít pro každý typ připojitelného zařízení definovaný protokol, pomocí kterého bude komunikovat.

## **1.7 Nabíjení a vybíjení akumulátoru**

Pro nabíjení akumulátoru je důležité mít v pořádku dobíjecí soustavu, aby nedocházelo k přebíjení nebo nedobíjení akumulátoru a tím zkracování životnosti akumulátorů (Marconi, 2008). Při odstávce baterií z provozu je potřeba pamatovat na samovybíjení baterií.

Při nabíjení akumulátoru stoupá svorkové napětí ve třech pásmech. První pásmo je charakteristické tvorbou kyseliny sírové v olověných deskách, napětí stoupá a s ním i hustota elektrolytu. V druhém pásmu pokračuje přeměna síranu olovnatého až do vzrůstu napětí při zvýšení hustoty elektrolytu. V třetím pásmu dochází při překročení napětí a začne se kromě síranu olovnatého rozkládat voda na kyslík a vodík. Akumulátor začne „bublat“ neboli plynovat. Akumulátor plynuje a nadále se jeho napětí nezvyšuje. Všechna dodaná energie z nabíječky se spotřebovává k rozkladu vody na kyslík a vodík.

Při vybíjení klesne svorkové napětí a klesá hustota elektrolytu, kyselina se začne rozkládat, vzniká voda a na povrchu elektrod se tvoří síran olovnatý. Vybíjení nastává připojením spotřebiče na nabitý akumulátor. S postupným vybíjením se snižuje svorkové

napětí až do hodnoty, kde akumulátor považujeme za zcela vybitý. Vybití na hodnotu zcela vybitého akumulátoru poškozuje akumulátor a tím zkracuje jeho životnost.

### **1.7.1 Charakteristika U**

Nabíjením konstantním napětím, jehož hodnota se nastavuje na tzv. „plynovací napětí“ akumulátoru. Po připojení nabíječky se zahájí nabíjení velkým proudem, který se omezuje podle jmenovité kapacity akumulátoru. Jak se napětí akumulátoru zvyšuje, tak klesá dobíjecí proud. Konečný nabíjecí proud dosahuje okolo 0,002 násobku jmenovité kapacity akumulátoru. Vybitý akumulátor se plně nabije za 10 až 15 hodin. Za 1 až 2 hodiny je však akumulátor nabit na 80 % konečné kapacity. Nutností nabíjení je hlídat teplotu elektrolytu, protože díky velkému protékajícímu proudu dochází k rostoucí teplotě. Teplota by neměla překročit 40 °C. Výhoda této nabíjecí charakteristiky je rychlost nabíjení a určitá volnost ke konci nabíjení, protože akumulátorem teče nepatrný proud.

### **1.7.2 Charakteristika I**

Nabíjení konstantním proudem, jehož hodnota se nastavuje na 0,08 až 0,1 násobek jmenovité kapacity akumulátoru. Vybitý akumulátor se plně nabije za 10 až 14 hodin. Bohužel zde neexistuje režim rychlého nabití. U nabíječky s konstantním proudem nabijeme za 2 hodiny nejvíce 20 % z celkové kapacity. Výhodou je snadný výpočet dodaného náboje, protože stačí znát dobíjecí proud a čas, po který se nabíjí akumulátor. Nevýhodou je, že konečný iniciační proud je stejně veliký, jako konečný proud. To znamená, že hrozí přebíjení akumulátoru. Pro dokonalejší nabíjení se používají nabíječky s konstantním proudem s dvojnásobnou hodnotou proudu. Na začátku nabíjení se používá větší proud než ke konci nabíjení.

### **1.7.3 Charakteristika W**

Nabíjení se zvyšujícím se napětím a klesajícím proudem. Díky zvyšování svorkového napětí akumulátoru klesá nabíjecí proud. Nabíječe s touto charakteristikou proto nabíjejí rychle, protože pracují s velkými proudy v průběhu celého nabíjecího procesu.

## 2 Řešení

Praktická část se zabývá programování PLC, tvorbu vizualizační aplikace a komunikací. Programování PLC automatu došlo v softwaru Simatic Step 7 V14 s rozšiřujícím balíčkem SP1. Tato část začíná vytvořením projektu a přidáním dané hardwarové sestavy. Dále popisuje programování PLC a nahrání softwaru do PLC.

Pro operátorské stanoviště byla vytvořena aplikace ve vizualizačním softwaru Reliance 4. Tato aplikace byla vytvořena na základě potřeb pracovníků Dopravního podniku města Brna. V praktické části je popsána tvorba ve vizualizačním softwaru a následně uvedena vytvořená vizualizační aplikace.

Poslední částí praktické části je komunikace. Komunikace je rozdělena do třech částí. První je komunikace DC/DC měniče a řídicího systému na lodi. V druhé části jde o komunikaci mezi řídicím systémem lodi a řídicím systémem nabíjecí stanice. Tato komunikace je pomocí bluetooth modulů. Poslední částí je komunikace mezi řídicím systémem nabíjecí stanice a nabíječi.

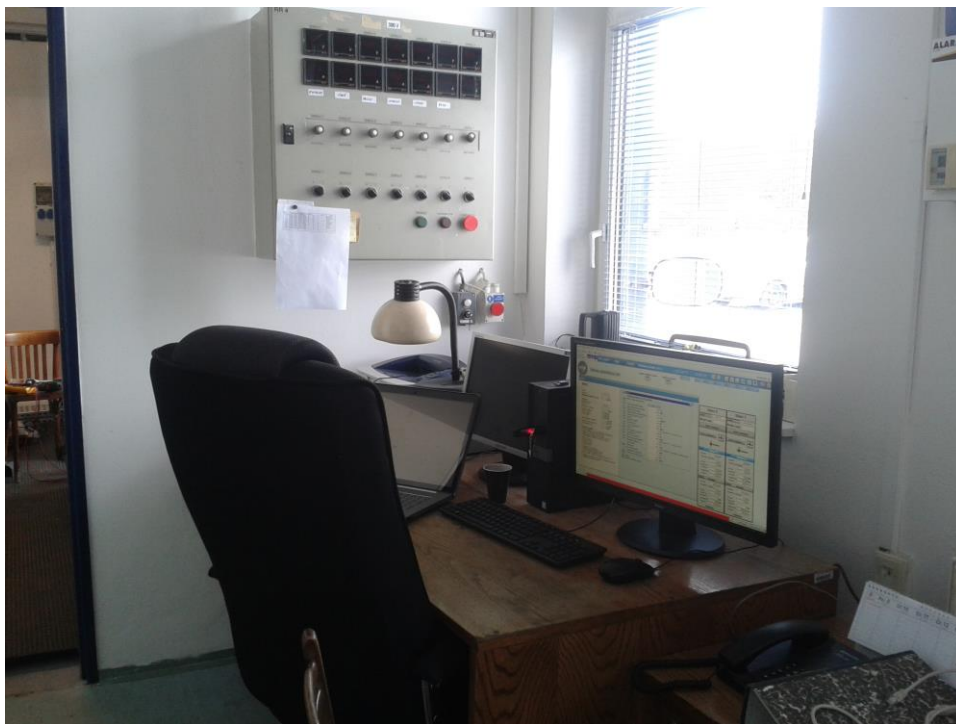
### 2.1 Popis nabíjecí stanice a přístaviště

Přístaviště je vzdáleno od nabíjecí stanice asi 50 m. Na obr. 2.1 vlevo se nachází budova Dopravního podniku města Brna, kde je umístěna nabíjecí stanice. V této budově se nachází operátorské pracoviště. Vzadu se nachází depo, kde se provádí údržba lodí přes zimu. Vpravo se nachází přístaviště. Na obr 2.1 je také patrná spouštěcí plošina, která spouští loď do vody a také koleje, po kterých je loď dopravena do depa. V prvních představách měl být bezdrátový modul umístěn v nabíjecí stanici, kde je umístěn řídicí systém přístaviště. Při zkouškách bezdrátového modulu však bylo rozhodnuto, že bezdrátový modul musí být umístěn v přístavišti, kvůli rušení z okolí. Pokud byla například loď mezi nabíjecí stanicí a přístavištěm, došlo ke ztrátě spojení.



Obr. 2.1 – Pohled na přístaviště

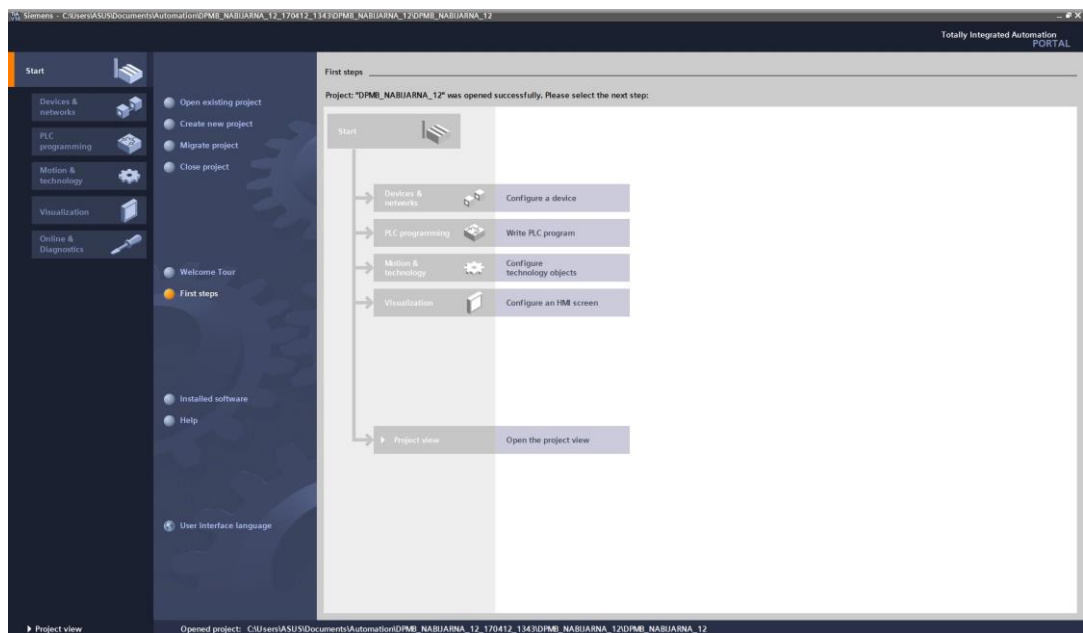
Detailnější pohled nabíjecí stanice je uveden na obr. 2.2. Zde je patrné operátorské stanoviště a vlevo se nachází nabíjecí stanice, kde jsou umístěny nabíječe.



Obr. 2.2 – Operátorské stanoviště

## 2.2 Programování v TIA portál

V této práci je použita verze Simatic Step V14 s rozšiřujícím balíčkem SP1 (Service Pack 1). Rozšiřující verze obsahuje řadu vylepšení včetně simulátoru PLC pro ověření funkčnosti kódu i bez nutnosti nahrání do hardwaru. Úvodní obrazovka tzv. Project view po zapnutí TIA portál je na obr. 2.3 a její základní možnosti jsou vytvoření, migrace a zavření projektu. Tato obrazovka také nabízí snadné navrhnutí a spravování projektu. Jsou na ní základní záložky, které slouží pro konfiguraci zařízení, psaní PLC programu, atd.



Obr. 2.3 – Úvodní obrazovka TIA portálu

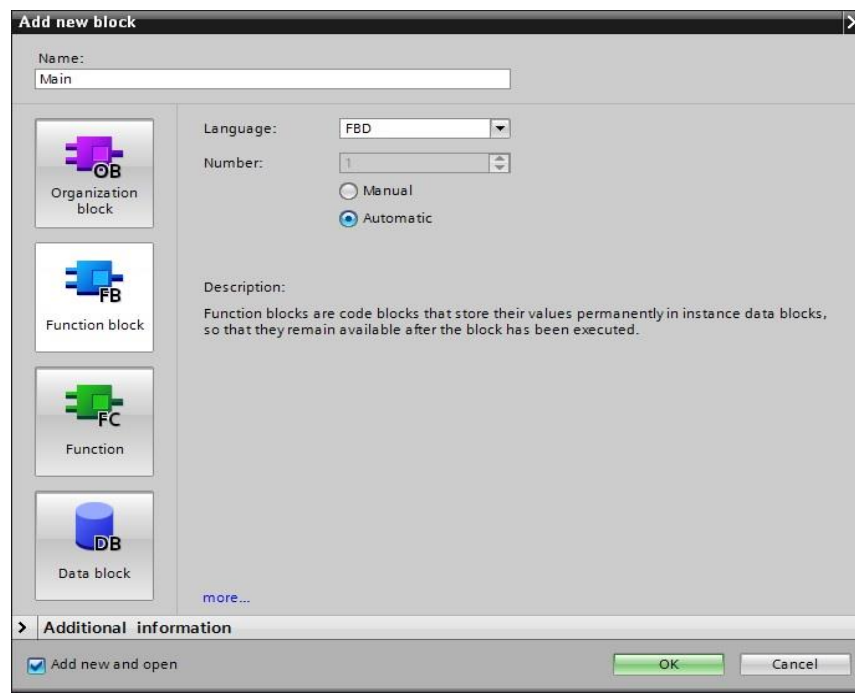
Záložka Devices & Network umožňuje vkládání podporovaných CPU a HMI do projektu. Následně lze přidávat k navoleným CPU jejich periferie, např. rozšiřující a komunikační moduly. Tato záložka se dělí ještě na Topology view, Network view a Device view. Network view nám umožňuje vytvořit síť mezi jednotlivými sestavami. Nabízí nám také propojení různými způsoby, např. HMI, TCP, UDP a další. Device view je zobrazen na obr. 2.4 a umožňuje nám sestavit hardwarovou sestavu. Vpravo na obrazovce je katalog výrobků, kde je možné vybrat určitý typ CPU, HMI, periférií, atd.





zápis. Zde je program tvořen bloky s danými funkcemi a je blízký kreslení schémat logických funkcí. Tento jazyk je díky své přehlednosti nejčastěji používán. SCL neboli jazyk strukturovaného textu je zápis strukturovaného textu a je blízký programovacímu jazyku Pascal. Tento jazyk se používá při programování komplikovaných algoritmů, kde by byl zápis pomocí instrukcí nepřehledný.

Programovací prostředí poskytuje čtyři základní programové bloky, ve kterých může být uložen program. Tyto bloky se nazývají OB, FB, FC a DB a jsou znázorněny na obr. 2.6. Struktura programu je pak závislá na požadavcích.



Obr. 2.6 – Výběrové okno programovacího jazyku

OB neboli organizační bloky slouží jako rozhraní mezi operačním systémem a uživatelským programem. OB obsahují především cyklicky vykonávaný uživatelský program, programy vyvolané přerušením, spouštěcí chování a ošetření chyb. DB neboli datové bloky jsou bloky, které slouží k ukládání dat do různých paměťových oblastí. Datové bloky se dělí na globální a instanční. Ke globálním blokům mají přístup všechny programové bloky. Instanční datové bloky mají přiřazený jednotlivý funkčním blokům. FB neboli funkční bloky, které mají vždy automaticky vytvořený a přiřazený datový blok. Data a parametry jsou uloženy v datovém bloku i po ukončení funkčního bloku. FC neboli funkce jsou rychlé funkční bloky. Data se zde neukládají do datových bloků ale do globální paměti.

Pro správu proměnných slouží nástroj PLC tags. Tagy neboli proměnné, které se v programu používají, jsou v jedné velké tabulce. V této tabulce se dají proměnné přejmenovat nebo rozdělit do menších celků kvůli přehlednosti. V programu se pak programátor odkazuje na název tagu a nemusí přímo na fyzickou adresu. To je z hlediska programování mnohem přehlednější. Tabulka tagů s danými datovými typy a fyzickými adresami je zobrazena na obr. 2.7.

Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writ...	Visibl...	Comment
I_REZERVA_0_0	DIN	Bool	%I0.0					
I_REZERVA_0_1	DIN	Bool	%I0.1					
I_REZERVA_0_2	DIN	Bool	%I0.2					
I_REZERVA_0_3	DIN	Bool	%I0.3					
I_REZERVA_0_4	DIN	Bool	%I0.4					
I_REZERVA_0_5	DIN	Bool	%I0.5					
I_REZERVA_0_6	DIN	Bool	%I0.6					
I_REZERVA_0_7	DIN	Bool	%I0.7					
I_REZERVA_1_0	DIN	Bool	%I1.0					
I_RH1_PREHRATI	DIN	Bool	%I1.1					ROZVÁDEČ RH1 - PŘEHŘÁTÍ
I_REZERVA_1_2	DIN	Bool	%I1.2					
I_REZERVA_1_3	DIN	Bool	%I1.3					
I_RH1_HL_VYP_1	DIN	Bool	%I1.4					ROZVÁDEČ RH1 - HLAVNÍ VYPÍNAČ -I
I_RH1_HL_VYP_0	DIN	Bool	%I1.5					ROZVÁDEČ RH1 - HLAVNÍ VYPÍNAČ -O
Q_REZERVA_0_0	DOUT	Bool	%Q0.0					
Q_REZERVA_0_1	DOUT	Bool	%Q0.1					
Q_REZERVA_0_2	DOUT	Bool	%Q0.2					
Q_TOTAL_STOP_1	DOUT	Bool	%Q0.3					ŘÍDÍCÍ AUTOMAT - TOTAL STOP
Q_TOTAL_STOP_2	DOUT	Bool	%Q0.4					ŘÍDÍCÍ AUTOMAT - TOTAL STOP
Q_REZERVA_0_5	DOUT	Bool	%Q0.5					
Q_REZERVA_0_6	DOUT	Bool	%Q0.6					
Q_REZERVA_0_7	DOUT	Bool	%Q0.7					
Q_REZERVA_1_0	DOUT	Bool	%Q1.0					
Q_REZERVA_1_1	DOUT	Bool	%Q1.1					
AI_B163	AIN	Word	%AIW64					MÍSTNOSTNABÍJÍCÍ STANICE - TEPLOTA
AI_B163	AIN	Word	%AIW66					VENKOVNÍ - TEPLOTA
I_REGULACE_SIGNAL_1	DIN	Bool	%I4.0					INFORMACE O REGULACI - SIGNAL 1 (ATS-...
I_REGULACE_SIGNAL_2	DIN	Bool	%I4.1					INFORMACE O REGULACI - SIGNAL 2 (ATS-...
I_REGULACE_SIGNAL_3	DIN	Bool	%I4.2					INFORMACE O REGULACI - SIGNAL 3 (ATS-...
I_REGULACE_SIGNAL_4	DIN	Bool	%I4.3					INFORMACE O REGULACI - SIGNAL 4 (ATS-...
LOG_0	SYSTEM	Bool	%M0.0					VZDY FALSE
LOG_1	SYSTEM	Bool	%M0.1					VZDY TRUE
PULS_100MS_HELP	SYSTEM	Bool	%M0.6					
Clock_Byte	SYSTEM	Byte	%MB1					
Clock_2_5_Hz	SYSTEM	Bool	%M1.2					
Clock_1_25_Hz	SYSTEM	Bool	%M1.4					
Clock_0_625_Hz	SYSTEM	Bool	%M1.6					
PULS_OB35_15	SYSTEM	Bool	%M0.4					
PULS_100MS	SYSTEM	Bool	%M0.5					

Obr. 2.7 – Tabulka tagů

Datové typy se proměnným specifikují podle objemu a interpretace dat. Každý parametr dané instrukce podporuje jeden nebo více datových typů. Základní datové typy, které jsou používány v TIA portálu, jsou v tabulce tab. 2.1. Jinou možností než použití standardních datových typů, je vytvoření vlastního datového typu.

Tab. 2.1 – Datové typy

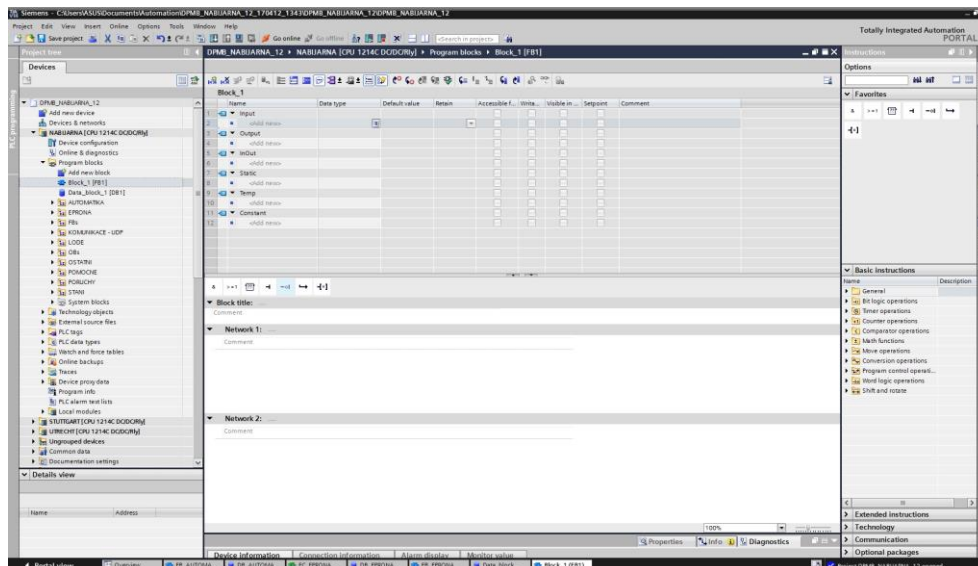
Datový typ	Velikost	Datový typ	Velikost
Bool	1 bit	UDInt	32 bit
Byte	8 bit	Dint	32 bit
Word	16 bit	Real	32 bit
Dword	32 bit	LReal	64 bit
USInt	8 bit	Time	32 bit
Sint	8 bit	Date	16 bit
UInt	16 bit	TOD	32 bit
Int	16 bit	Char	8 bit

Instrukční soubor pro řídicí systém řady S7-1200 je v TIA portálu rozdělen do čtyř základních sekcí, základní instrukce (Basic Instruction), rozšířené instrukce (Extended instruction), technologické instrukce (Technology) a instrukce pro komunikaci (Communication). Tyto sekce jsou zobrazeny na obr. 2.8.

▼ Basic instructions		▼ Extended instructions	
Name	Description	Name	Description
▶ General		▶ Date and time-of-day	
▶ Bit logic operations		▶ String + Char	
▶ Timer operations		▶ Distributed I/O	
▶ Counter operations		▶ PROFinergy	
▶ Comparator operations		▶ Interrupts	
▶ Math functions		▶ Alarming	
▶ Move operations		▶ Diagnostics	
▶ Conversion operations		▶ Pulse	
▶ Program control operati...		▶ Recipe and data logging	
▶ Word logic operations		▶ Data block control	
▶ Shift and rotate		▶ Addressing	
▼ Technology		▼ Communication	
Name	Description	Name	Description
▶ Counting		▶ S7 communication	
▶ PID Control		▶ Open user communicati...	
▶ Motion Control		▶ WEB Server	
		▶ Others	
		▶ Communication processor	
		▶ TeleService	

Obr. 2.8 – Knihovna instrukcí

Editor pro tvorbu programu je zobrazen na obr. 2.9. Tato základní obrazovka nám zobrazuje na levé straně tělo projektu. V něm jsou zobrazena veškerá zařízení, která projekt obsahuje. Zde je možné přidávat a upravovat další zařízení. Po přidání zařízení se zobrazí složka daného zařízení, která obsahuje veškeré informace o ní. Například pro PLC je tu konfigurace zařízení, programové bloky, PLC tagy, atd. Na pravé straně nám zobrazují již zmíněné knihovny instrukcí. Vprostřed je samotný editor pro tvorbu programu.



Obr. 2.9 – Editor pro tvorbu programu

Příklad vytvořeného datového bloku je uveden na obr. 2.10. Datový blok obsahuje název proměnné, datový typ, offset a počáteční hodnotu. Většinou každá proměnná obsahuje krátký komentář, který blíže popisuje danou proměnnou.

DPMB\_NABIJARNA\_12 ▶ NABIJARNA [CPU 1214C DC/DC/Rly] ▶ Program b

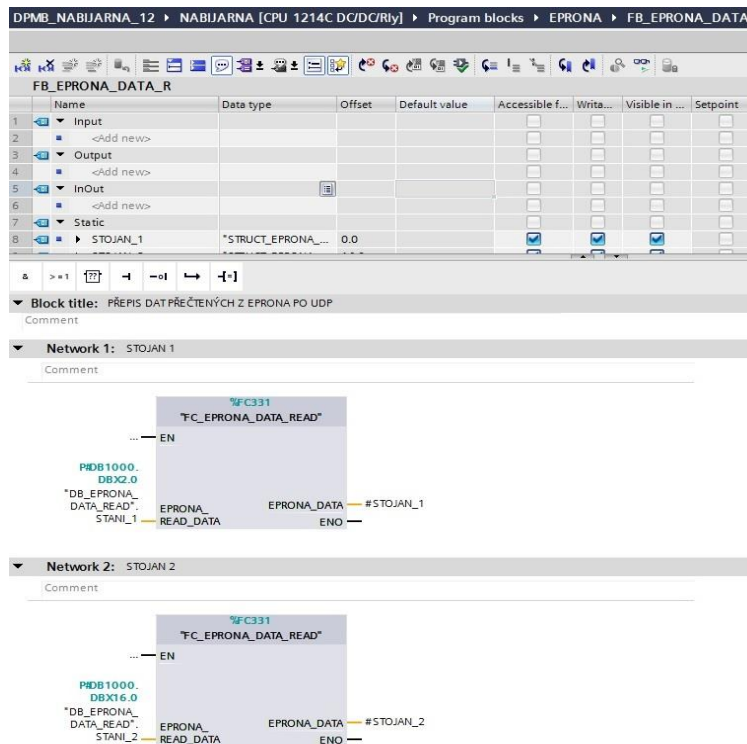
Keep actual values Snapshot Copy snap

DB\_EPRONA\_DATA\_R

	Name	Data type	Offset	Start value
1	Input			
2	Output			
3	InOut			
4	Static			
5	STOJAN_1	*STRUCT_EPRONA_...	0.0	
6	CISLO_STANI_FB	Byte	0.0	16#0
7	NABIJENI_STAV	Byte	1.0	16#0
8	NS_VYSTUPNI_PRO...	Real	2.0	0.0
9	DOBA_NABIJENI	Int	6.0	0
10	DODANA_KAPACI...	Int	8.0	0
11	BH_DODANA_KAP...	Int	10.0	0
12	DOBA_NABIJENI_P...	Int	12.0	0
13	NS_PORUCHY	Word	14.0	16#0
14	STOJAN_2	*STRUCT_EPRONA_...	16.0	
15	STOJAN_3	*STRUCT_EPRONA_...	32.0	
16	STOJAN_4	*STRUCT_EPRONA_...	48.0	
17	STOJAN_5	*STRUCT_EPRONA_...	64.0	
18	STOJAN_6	*STRUCT_EPRONA_...	80.0	
19	STOJAN_7	*STRUCT_EPRONA_...	96.0	

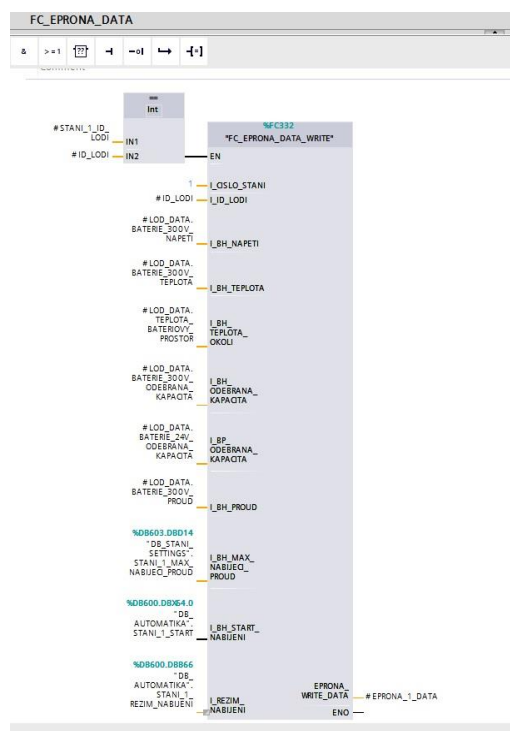
Obr. 2.10 – Příklad datového bloku

Příklad vytvořeného funkčního bloku je uveden na obr. 2.11. Funkční blok obsahuje program a k němu i vytvořený datový blok. Datový blok je na obr. 2.11 umístěn v horní části a program ve spodní části. Na programu je patrné použití tagů, kde se následně jednodušeji pracuje s danými proměnnými. Blok FC331 je funkce, která má vstup a výstup. Na vstup se přivádí data z datového bloku a výstup je také do datového bloku.



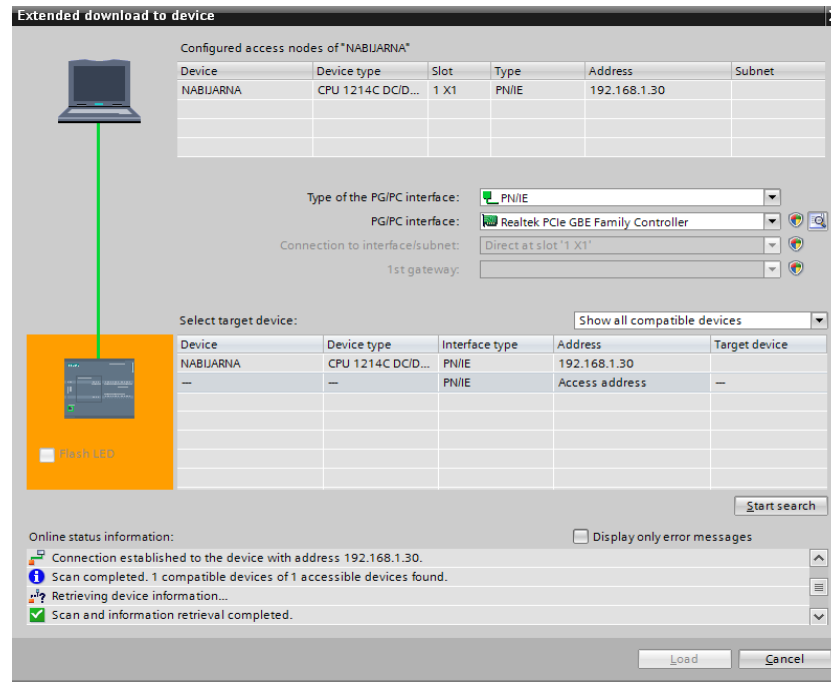
Obr. 2.11 – Příklad funkčního bloku

Příklad vytvořené funkce je uveden na obr. 2.12. Zde se jedná nejprve o první blok, který porovnává, jestli se dvě vstupní hodnoty rovnají. Pokud ano provede se funkce F332. U této funkce je patrné, že má několik vstupů a jeden výstup. Jde o přiřazení dat z prvního stání do datového bloku.

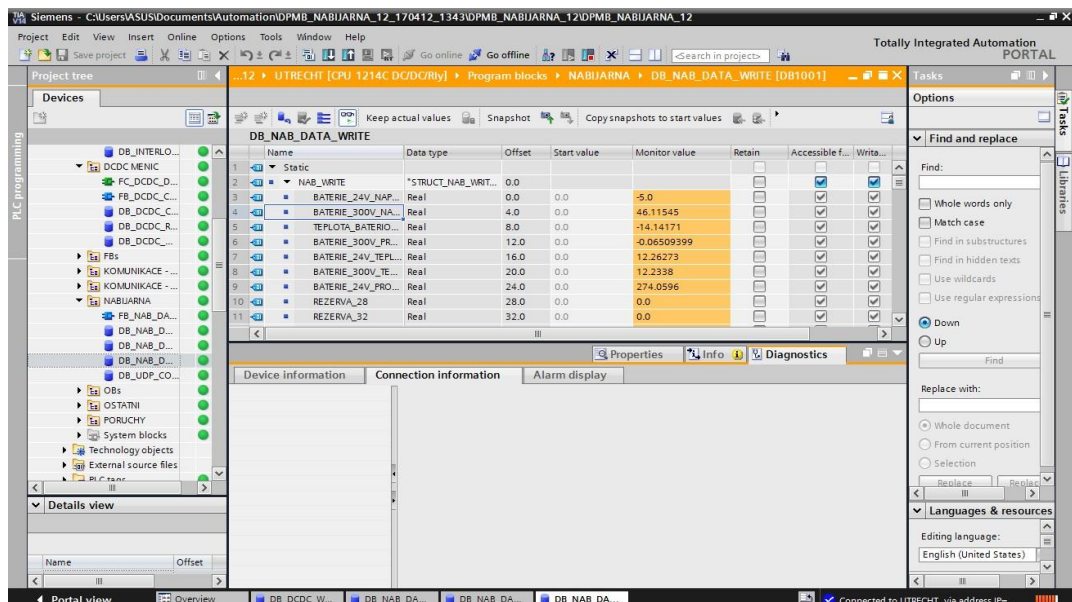


Obr. 2.12 – Příklad funkce

Nahrání projektu do PLC složí tlačítko Download to device. Na obr. 2.13 je zobrazeno hledání zařízení. Kdyby v síti bylo více PLC, lze si vytvořit vizuální potvrzení daného PLC pomocí Flash LED. Po jeho spuštění začnou diody na PLC blikat. Pro uložení programu do PLC slouží tlačítko Load.



Obr. 2.13 – Okno pro připojení k PLC

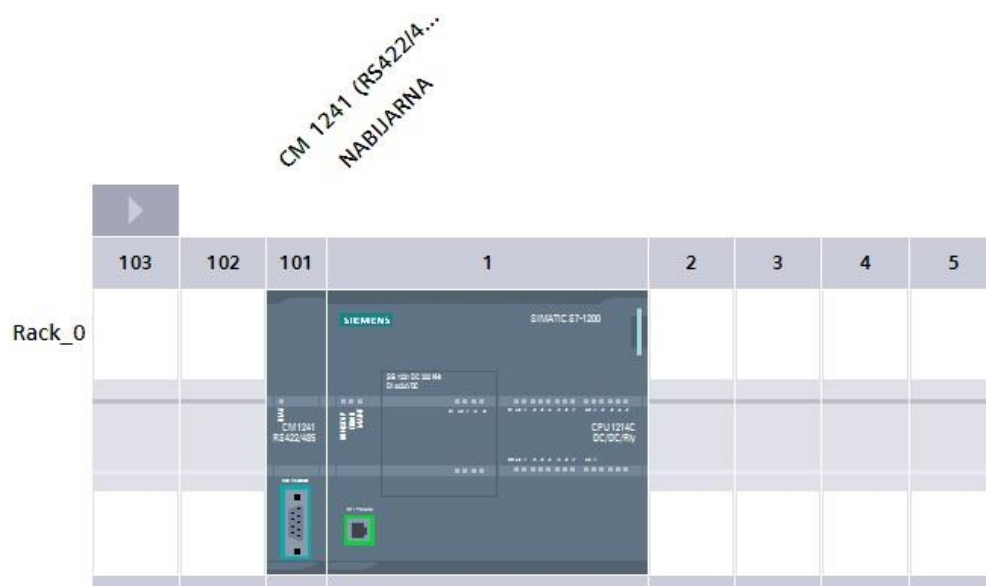


Obr. 2.14 – Online mód

Při od zkušování programu je výhodné použít online mód. Ten nám zobrazuje například hodnoty na vstupech, hodnoty v datových blocích, atd. Online módu se docílí tlačítkem Go online. Zobrazení datového bloku při online módu je uvedeno na obr. 2.14.

## 2.3 Hardwarové sestavy

Hardwarové sestavy se dělí na dvě části. Na část řídicí systém přístaviště a na část řídicí systém lodi. Řídicí systém přístaviště je jedna hardwarová sestava. Její sestavení je zobrazeno na obr. 2.15. Tato sestava je umístěna v nabíjecí stanici a je připojena do sítě pomocí ethernetového kabelu. Umístění tohoto řídicího systému je uvedeno na Obr. 2.16.



Obr. 2.15 – Hardwarová sestava Nabíječny



Obr. 2.16 – Řídicí systém přístaviště

Hardwarová sestava obsahuje, CPU od firmy Siemens řady S7-1200. Specifikace tohoto CPU je uvedena v tab. 2.2. (Siemens, 2017). CPU je doplněno o jeden komunikační a jeden rozšiřující modul. Komunikační modul umožňuje komunikaci po RS485.

Tab. 2.2 – Specifikace CPU

Typ	CPU 1214C DC/DC/RELAY
Označení	6ES7 214-1HG40-0XB0
Napájecí napětí	24 V DC
Ztráta výkonu	12 W
Operační paměť	100 kB
Uživatelská paměť	4 MB, rozšíření SD kartou
Digitální vstupy	14x 24 V DC
Digitální výstupy	10x Relay 2A
Analogové vstupy	2x 10 bit, 0 - 10 V DC
Analogové výstupy	-
Logická 0	5 V DC
Logická 1	15 V DC
Vysokorychlostní čítače	6x 100 kHz
Přesnost hodin	60 s/měsíc při 25 °C
Překlenovací doba	480 h
Doba provedení bitové operace	0,085 μs/instrukce
Doba provedení word operace	1,7 μs/instrukce
Doba operace s plovoucí čárkou	2,3 μs/instrukce



Tab. 2.2 – Specifikace CPU - pokračování

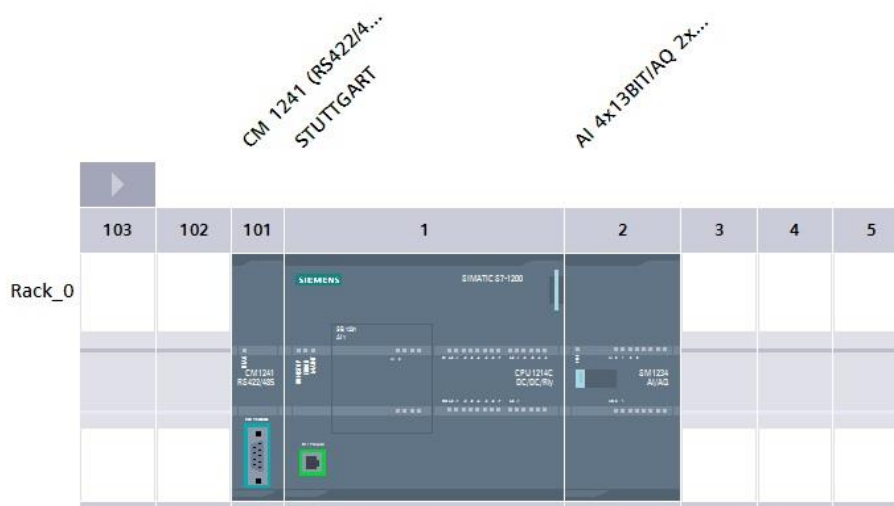
Možnosti rozšíření	
Komunikační moduly	3 moduly
Signalizační desky	1 desku
Signalizační moduly	8 modulů

Rozšiřující modul obsahuje 4 digitální vstupy. Tento modul je zabudován přímo v CPU slotu. Jeho specifikace je uvedena v tab. 2.3 (Siemens, 2010).

Tab. 2.3 – Rozšiřující modul

Typ	SB 1221
Označení	6ES7 221-3BD30-0XB0
Napájecí napětí	24 V DC
Digitální vstupy	4 x 24 V DC
Logická 0	max. 5 V DC
Logická 1	min. 10 V DC

Hardwarová sestava pro řídicí systém lodi je pro každou loď stejná, proto je zde v specifikována jedna soustava a je zobrazena na obr. 2.17. Hardwarová sestava se skládá z CPU od firmy Siemens řady S7-1200. Specifikace tohoto CPU je uvedena v tab. 2.2. CPU je doplněno o jednu komunikační modul a dva rozšiřující moduly. Komunikační modul umožňuje komunikaci po RS485. Řídicí systém lodi komunikuje s řídicím systémem přístaviště pomocí bluetooth modulu, který je připojen do sítě na lodi.



Obr. 2.17 – Hardwarová sestava řídicího systému lodi

Řídicí systém lodi, který je v rozvaděči v podpalubí lodi, je uveden na obr. 2.18.



Obr. 2.18 – Řídicí systém lodi

První rozšiřující modul umožňuje připojení analogového vstupu. V projektu je nastaven tento analogový vstup na proudový v rozsahu 0 – 20 mA. Tento modul je zabudován přímo v CPU. Jeho specifikace je uvedena v tab. 2.4 (Siemens, 2014a).

Tab. 2.4 – Rozšiřující modul

Typ	SB 1231
Označení	6ES7231-4HA30-0XB0
Napájecí napětí	24 V DC
Analogové vstupy	
Napěťový	$\pm 10$ V, $\pm 5$ V, $\pm 2,5$ V
Proudový	0 - 20 mA

Druhý rozšiřující modul umožňuje připojení 4 analogových vstupů a dva analogové výstupy. V projektu je tento modul nastaven jako čtyři analogové proudové vstupy v rozsahu 4 – 20 mA. Analogové výstupy jsou nastaveny jako proudové a v rozsahu 4 – 20 mA. Tento modul je ve formě klasické karty, která se pomocí sběrnice propojí s CPU. Specifikace modulu je uvedena v tab. 2.5 (Siemens, 2014b).

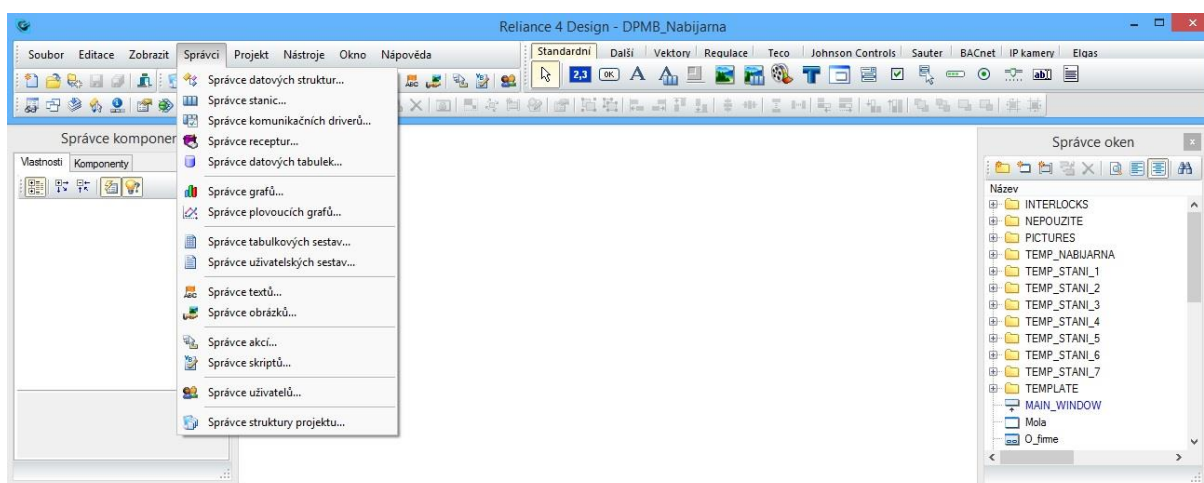
Tab. 2.5 – Rozšiřující modul

Typ	SM 1234 AI/AQ
Označení	6ES7 234-4HE32-0XB0
Napájecí napětí	24 V DC
Analogové vstupy	
Napětový	±10 V, ±5 V, ±2,5 V
Proudový	0 - 20 mA, 4 - 20 mA
Analogové výstupy	
Napětový	±10 V
Proudový	0 - 20 mA, 4 - 20 mA

## 2.4 Tvorba Vizualizace

Vizualizace byla vytvořena ve vývojovém softwaru Reliance. K návrhu vizualizační aplikace slouží modul Reliance Design. Po spuštění se zobrazí úvodní obrazovka, která je zobrazena na obr. 2.19. Nový projekt se vytvoří tlačítkem Nový projekt v záložce Soubor. Následně se otevře průvodce pro tvorbu vizualizačního projektu. Postupně se nastavuje název projektu, rozlišení vizualizace, šifrování projektu, adresář a průvodce nového vizualizačního projektu končí výběrem pro vytvoření nového vizualizačního okna. Po jeho potvrzení se zobrazí další průvodce a ten obsahuje zadávání vizualizačního okna a titulek. Dále se volí, zda má být okno normální nebo dialogové, zda má být v okně umístěna lišta, její velikost a umístění.

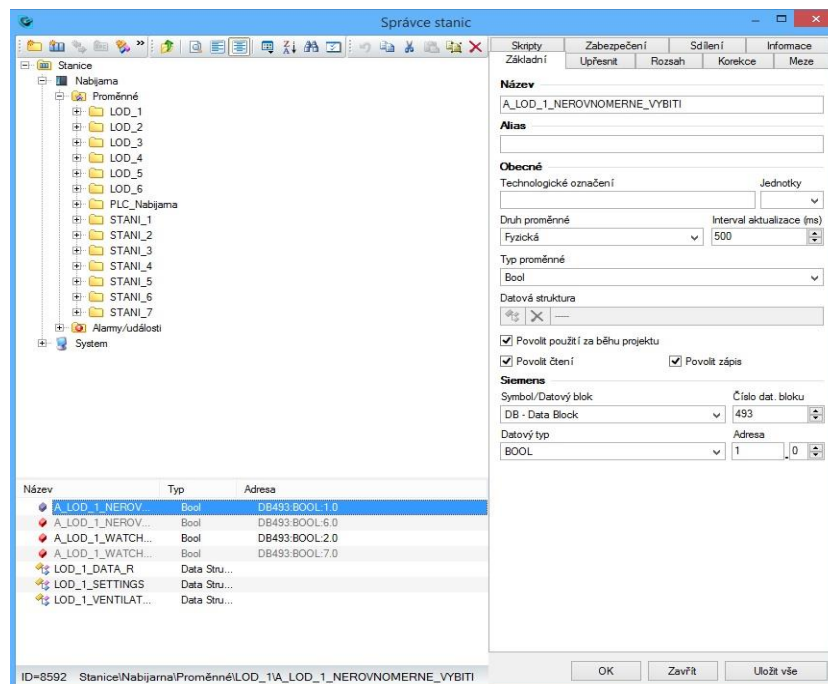
Pro tvorbu vizualizační aplikace je důležité definování proměnných. Toto definování se provádí ve Správci stanic, který se nachází v záložce Správci na úvodní obrazovce.



Obr. 2.19 – Úvodní obrazovka

Správce stanic je zobrazen na obr. 2.20. Ve správce stanic je předdefinována stanice System. Ta slouží k definici vnitřních proměnných, které se nezavádí do žádného zařízení. Dále je možné přidat další stanici, dle používaného zařízení. V našem případě jde o stanici Siemens. Následně lze importovat proměnné z TIA portálu, které si s sebou nesou i definované datové typy. Proměnné můžeme přiřadit do složek pro přehlednost. Přidání složky je pomocí tlačítka Nová složka.

Pokud chceme proměnné přidávat ručně, lze to pomocí tlačítka Nová proměnná. Následně volíme název, druh a datový typ proměnné. Pro provázanost s řídicím systémem je tu část Siemens. Zde je zapotřebí provázat proměnnou s datovým blokem a to tak, že se zvolí číslo datového bloku, datový typ a adresa. Zde je zapotřebí vše mít správně, aby se proměnná navázala.



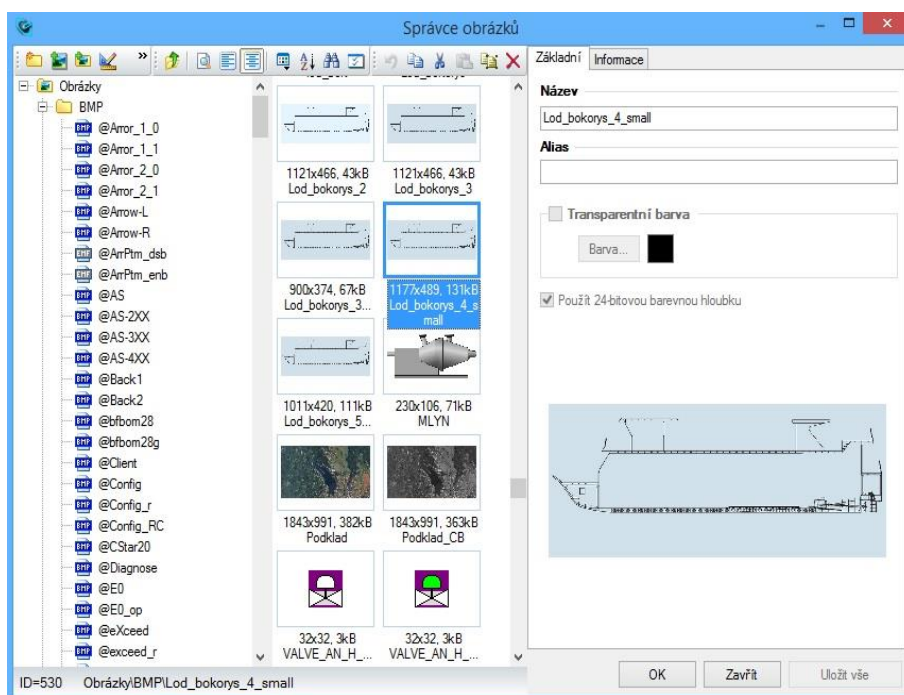
Obr. 2.20 – Správce stanic

U proměnných se mohou nastavit její meze. To se dělá přes záložku Meze u dané proměnné. Meze lze nastavit jako kritické nebo varovné, které mohou být nastaveny na pevnou hodnotu nebo na možnosti dynamické hodnoty, která je vázána na jinou proměnnou. Nastavení mezí je uvedeno v obr. 2.21.

Skripty	Zabezpečení	Sdílení	Informace
Základní	Upřesnit	Rozsah	Korekce
<b>Meze</b>			
<input type="checkbox"/> <b>Horní kritická mez</b>			
<input type="checkbox"/> Dynamická			
<input type="text" value="0"/>			
<input type="checkbox"/> <b>Horní varovná mez</b>			
<input type="checkbox"/> Dynamická			
<input type="text" value="0"/>			
<input type="checkbox"/> <b>Dolní varovná mez</b>			
<input type="checkbox"/> Dynamická			
<input type="text" value="0"/>			
<input type="checkbox"/> <b>Dolní kritická mez</b>			
<input type="checkbox"/> Dynamická			
<input type="text" value="0"/>			

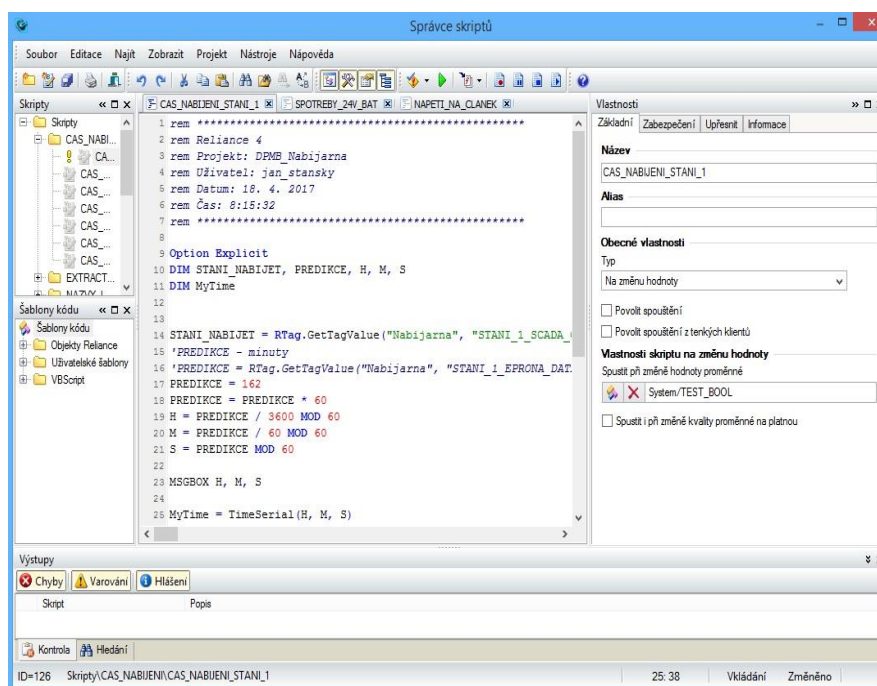
Obr. 2.21 – Meze

Ke tvorbě grafické části projektu lze použít vlastní obrázky nebo obrázky z knihovny Reliance. Správce obrázků nalezneme na úvodní ploše Reliance Control v záložce Správci. Ve správci obrázků nalezneme seznam všech obrázků, které můžeme pro práci použít. Pro přidání obrázků do knihovny slouží tlačítko Přidat obrázky. Obrázky lze stejně jako stanice třídit do složek kvůli přehlednosti. Okno správce obrázků je zobrazeno na obr. 2.22.



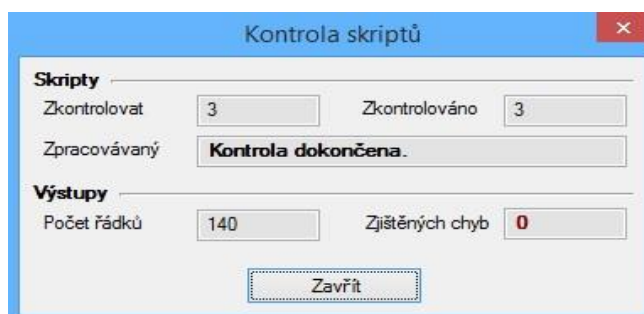
Obr. 2.22 – Správce obrázků

Pro vytváření řídicí logiky slouží Správce skriptů, který se nachází na úvodní ploše Reliance Control v záložce Správci. Správce skriptů je zobrazen na obr. 2.23. Nové skripty se přidávají pomocí tlačítka Nový skript. Stejně jako u stanic a obrázků lze i skripty rozdělit do složek kvůli přehlednosti. V okně skriptu se píše samotný skript. U každého můžeme nastavit, za jakých podmínek budou spuštěny. Nastavuje se to volbou Typ, kde máme na výběr z časového, událostního, klávesového, na změnu hodnoty, podmínkového a periodického. U všech těchto typů můžeme nastavit volbu povolení spuštění a povolit spuštění z tenkých klientů.



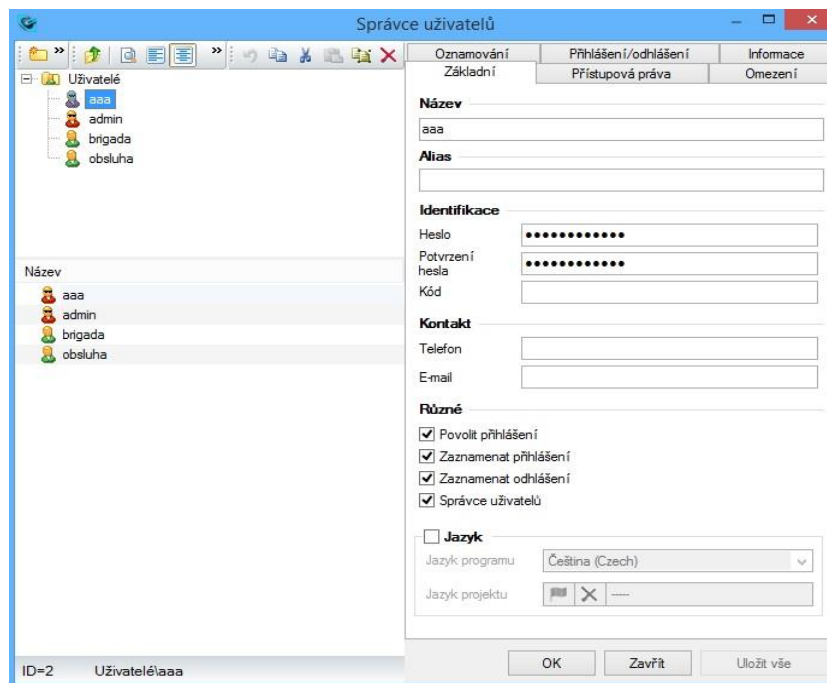
Obr. 2.23 – Správce skriptů

Pro kontrolu proti formálním chybám ve skriptech slouží tlačítka Zkontrolovat skripty. Výsledek z této kontroly je zobrazena na obr. 2.24. Pokud by některý skript obsahoval formální chyby, zobrazí se jejich počet v okně zjištěných chyb.



Obr. 2.24 – Kontrola skriptů

Pro vytvoření uživatelů slouží Správce uživatelů, který se nachází na úvodní ploše Reliance Control v záložce Správci. Správce uživatelů slouží pro vytvoření uživatelů a přidělení jednotlivým uživatelům jednotlivá práva. Každý uživatel má své vlastní heslo kvůli bezpečnosti. Správce uživatelů je zobrazen na obr. 2.25.



Obr. 2.25 – Správce uživatelů

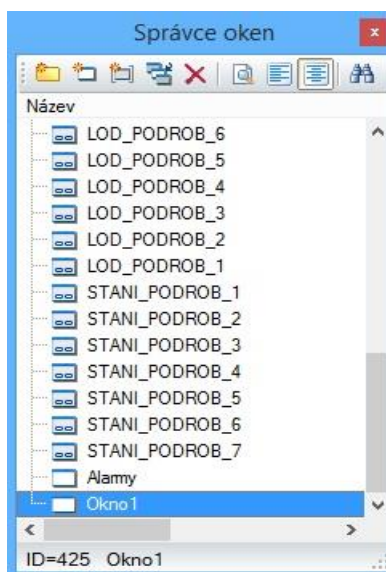
Pro tvorbu vizualizace slouží část úvodní obrazovky, která je zobrazena na obr. 2.26. Samotná tvorba vizualizace je o vkládání grafických a funkčních komponent. První záložka Standart obsahuje základní komponenty. Mezi tyto komponenty patří displej, tlačítko, text, aktivní text, rám, obrázek, aktivní obrázek, kontejner, rozbalovací tabulku, atd. Rozšiřující komponenty jsou v dalších záložkách.



Obr. 2.26 – Možnosti grafických a funkčních komponent

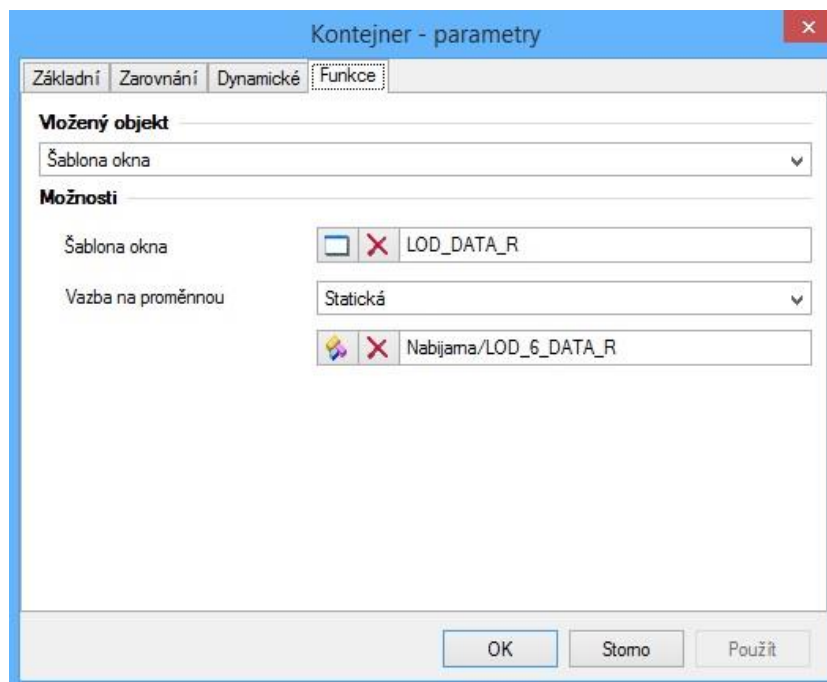
Pro vkládání komponent do okna je nejprve nutné založit nové okno ve Správci oken. Správce oken je zobrazen na obr. 2.27. Vkládání komponent do oken je pomocí označení vybrané komponenty a následným označením místa, kam chceme danou komponentu vložit. Pro velikost a polohu komponenty, lze použít možnost nastavení polohy a velikosti v základních parametrech dané komponenty. Poloha se zadává pomocí souřadnicového systému X a Y. Velikost komponenty se pak zadává pomocí šířky a výšky. Pro posunutí

komponenty v okně můžeme použít malý posun pomocí šipek, který může být přesnější než pohyb myši.



Obr. 2.27 – Správce oken

Pro provázání komponent s proměnnou slouží Vazba na proměnnou. Ta se nachází v parametrech komponenty v záložce Funkce. Toto provázání je pro jednotlivé komponenty trochu odlišné. Jako příklad byla vybrána komponenta Kontejner. Na obr. 2.28 jsou zobrazeny parametry komponenty. Vazba na proměnnou může být statická nebo dynamická.

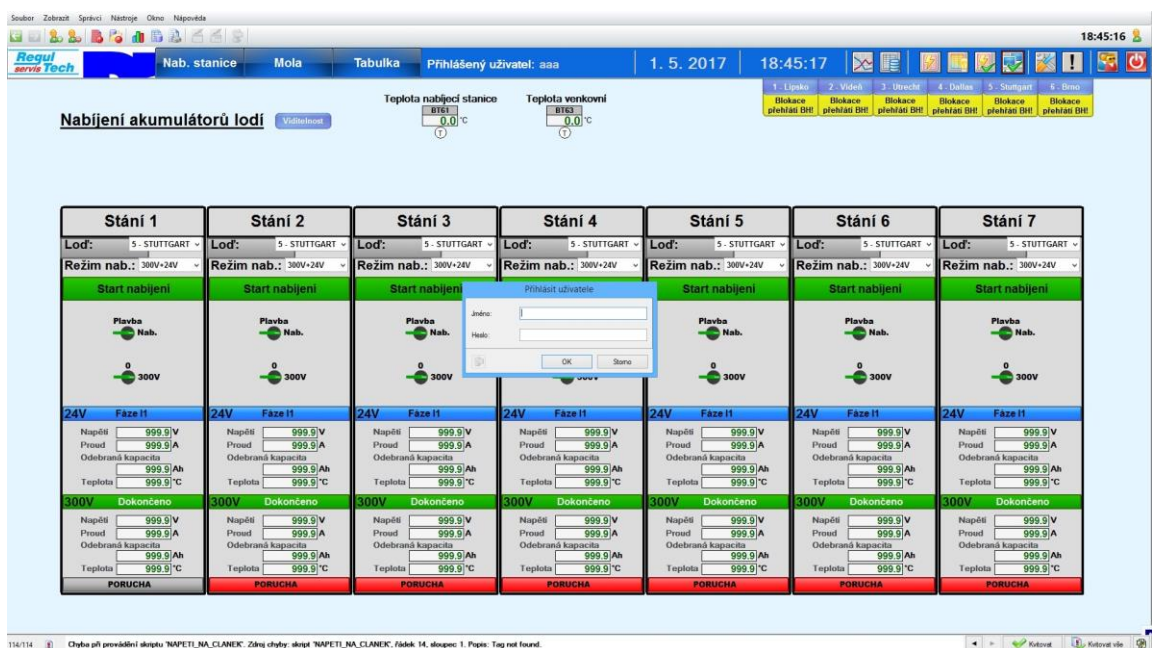


Obr. 2.28 – Vazba na proměnnou



## 2.4.1 Úvodní obrazovka

Spouštění soubor vizualizační aplikace byl umístěn do programu po spuštění. Při spuštění počítače se tedy spustí vizualizační prostředí. Úvodní obrazovka je uvedena na obr. 2.29. Po startu aplikace se objeví přihlašovací okno. Zde je zapotřebí se přihlásit pod vytvořeným uživatelem. Na hlavní obrazovce je zobrazeno sedm stání pro loď. U každého stání je rozbalovací okno s názvem lodi. Dále je tu rozbalovací okno pro režim nabíjení, který obsahuje různé druhy nabíjení. Pro start nabíjení je tu tlačítko Start nabíjení. Dva zobrazovací přepínače ukazují, v jakém režimu se nachází loď. Loď lze nabíjet, pouze když je v režimu nabíjení. Pod přepínači je zobrazena fáze nabíjení a pod ní údaje o bateriích. Pod tím je zobrazena porucha v případě, že došlo k poruše. Pro informace o jednotlivých lodích jsou v pravé horní části vizualizačního okna tlačítka se jmény lodí. Pokud dochází k přehřátí hlavní baterie a má probíhat nabíjení, zobrazí se pod daným tlačítkem lodi „Blokace přehřátí BH“. Na úvodní obrazovce jsou zobrazeny taky venkovní teplota a teplota nabíjecí stanice. V liště aplikace jsou umístěny rozšiřující obrazovky, jméno přihlášeného uživatele, datum, čas, grafy, události, atd.

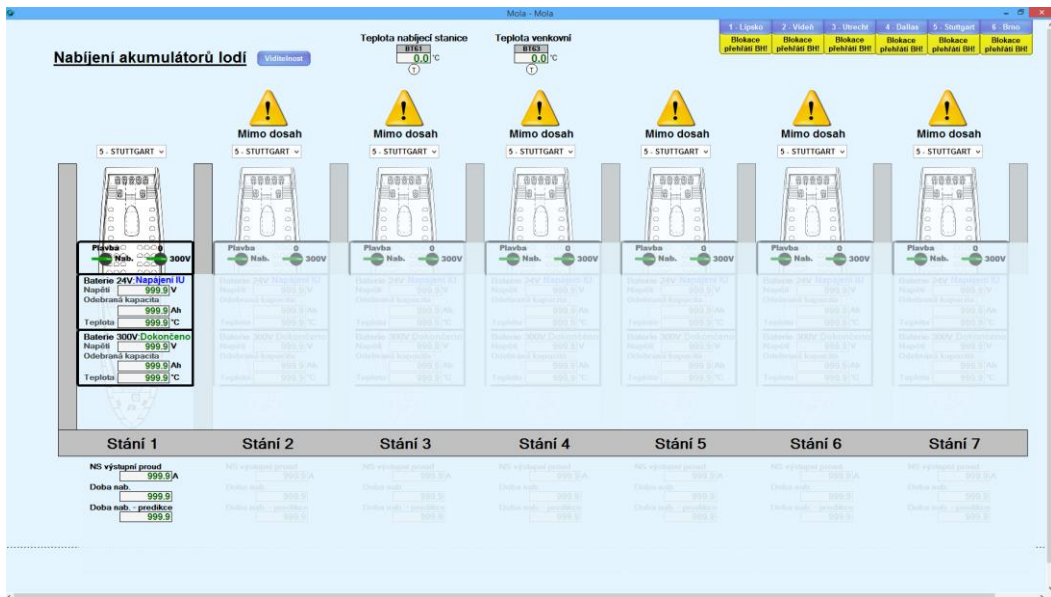


Obr. 2.29 – Úvodní obrazovka

## 2.4.2 Rozšiřující obrazovky

Rozšiřující obrazovka Mola je umístěna na hlavní liště. Po jejím spuštění se změní úvodní obrazovka na obrazovku s přístavem. Ta je uvedena na obr. 2.30. Na této obrazovce jsou zobrazeny lodě se základními informacemi o bateriích, nabíjecím procesu a délce

nabíjení. Pokud je loď mimo dosah, obrázek lodi je zesvětlen a nad lodí je signalizace, že je loď mimo dosah.



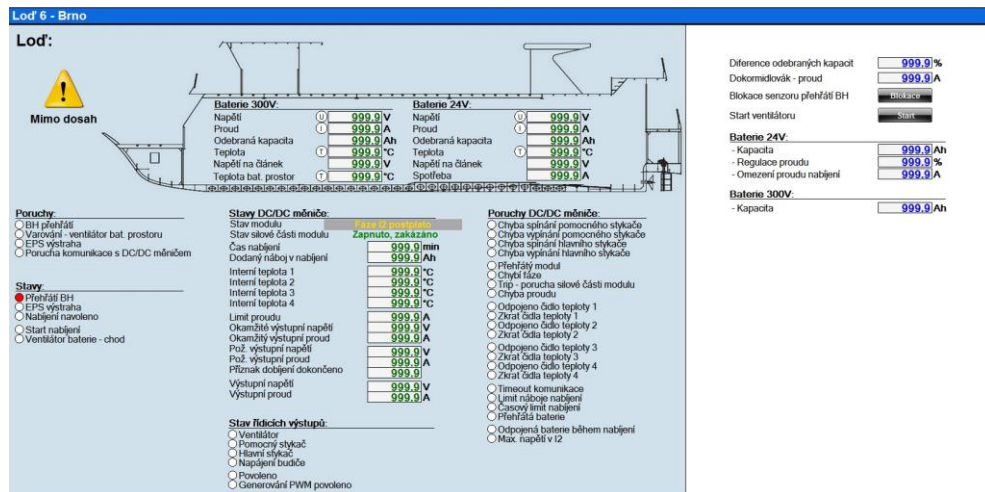
Obr. 2.30 – Rozšiřující obrazovka Mola

Rozšiřující obrazovka Tabulka je umístěna na hlavní liště. Po jejím spuštění se změní úvodní obrazovka na tabulku s informacemi o lodi. Ta je uvedena na obr. 2.31. V této tabulce jsou základní informace o bateriích všech lodí. Pokud je loď mimo dosah, je řádek s touto lodí zesvětlen a v daném řádku je signalizace, že je loď mimo dosah.

Lod	Baterie 300V				Baterie 24V				Tepl. bat. prost. [V]	
	Napětí [V]	Proud [A]	Odeb. kap. [Ah]	Teplota [°C]	Napětí [V]	Proud [A]	Odeb. kap. [Ah]	Teplota [°C]		
1 - Lipsko	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	! Mimo dosah
2 - Videň	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	! Mimo dosah
3 - Utrecht	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	! Mimo dosah
4 - Dallas	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	! Mimo dosah
5 - Stuttgart	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	! Mimo dosah
6 - Brno	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	! Mimo dosah

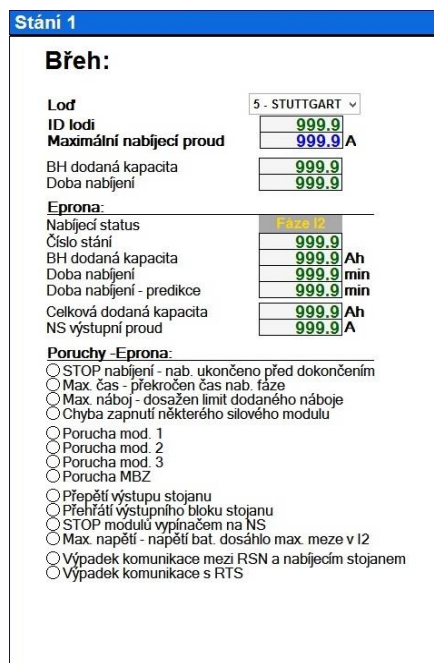
Obr. 2.31 – Rozšiřující obrazovka Tabulka

Rozšiřující okno s informacemi o lodi se zobrazuje pomocí tlačítek s názvy lodí v pravé horní části obrazovky. Po stisku se otevře okno, které je uvedeno na obr. 2.32. Toto okno se rozděluje do několika částí. Část, ve které je obrázek lodi zobrazuje informace o lodi. Další částí jsou poruchy a stavy, kde jsou zobrazeny veškeré informace, které jsou získávány. Poslední částí je část, která obsahuje doplňující informace o bateriích, blokaci senzoru a start ventilátoru.



Obr. 2.32 – Okno s informacemi o lodi

Rozšiřující okno s informacemi o stání se zobrazuje pomocí stisknutím stání na úvodní obrazovce. Po stisku se otevře okno, které je uvedeno na obr. 2.33. Toto okno se rozděluje do několika částí, které doplňují informace, které úvodní obrazovka neobsahuje.

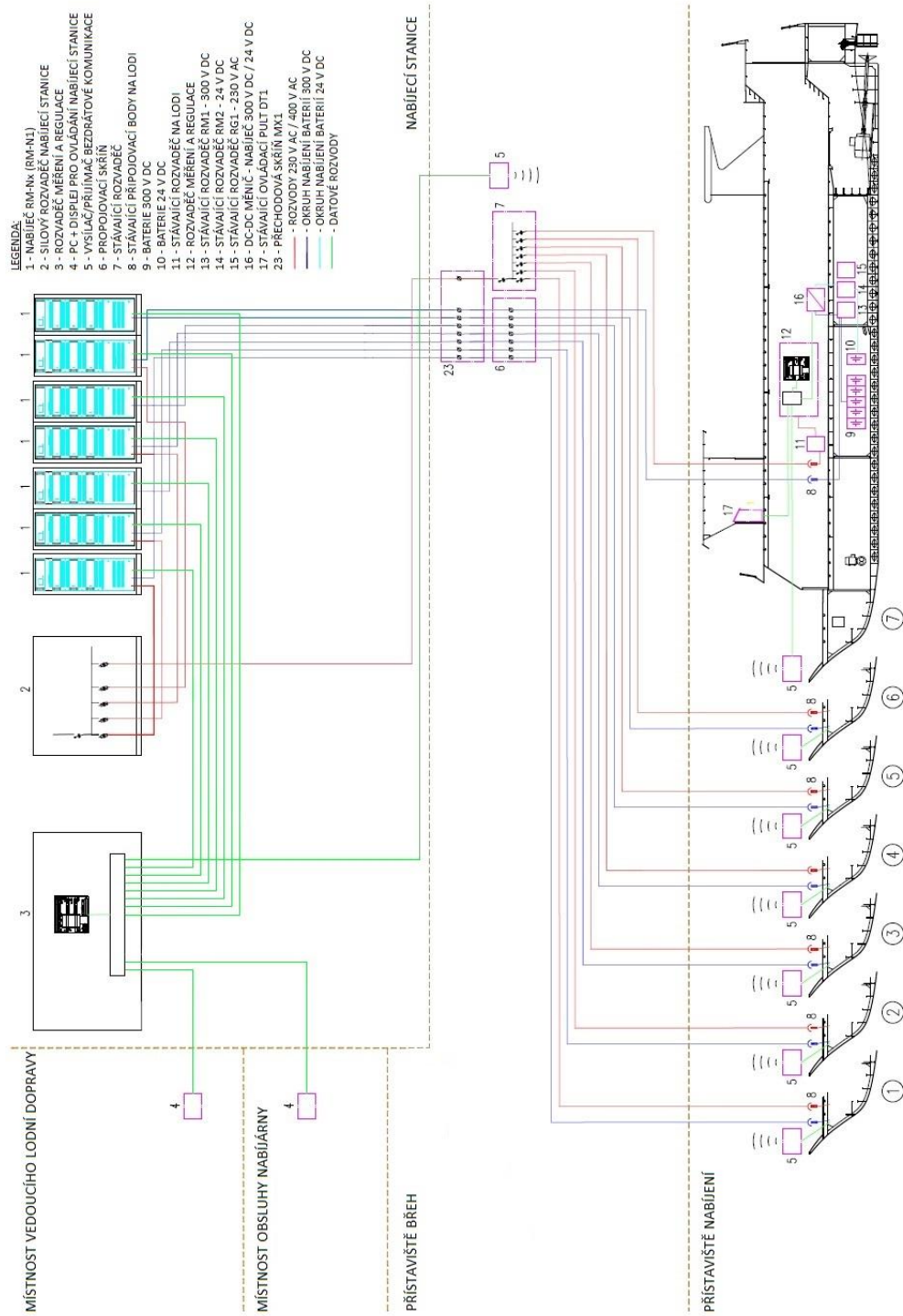


Obr. 2.33 – Okno s informacemi o stání

## 2.5 Komunikace

Celkové schéma nabíjení je uvedeno v obr. 2.34. Komunikace je rozdělena do třech částí. První je komunikace DC/DC měniče a řídicího systému na lodi. V druhé části jde o komunikaci mezi řídicím systémem lodi a řídicím systémem nabíjecí stanice. Tato komunikace je pomocí bluetooth modulů. Poslední částí je komunikace mezi řídicím systémem nabíjecí stanice a nabíječi.

Na obr. 2.34 je uvedeno celkové schéma nabíjení. Číslem 3 je označen rozvaděč, ve kterém je umístěn řídicí systém přístaviště se switchem pro propojení více jednotek. Řídicí systém je propojen s nabíječi, které jsou označeny číslem 1. Další komunikace je komunikace s loděmi a je označena číslem 5. Tato komunikace probíhá pomocí bluetooth modulu. Tento modul má ethernetové rozhraní a je zapojen do switchu. Anténa toho modulu je pro lepší dosah umístěna na břehu přístaviště. Anténa modulu na lodi je umístěna na střeše lodi a modul je zapojen do vnitřní sítě lodi. Komunikace s DC/DC měničem je pomocí RS485.



Obr. 2.34 – Celkové schéma nabíjení

Na obr. 2.35 je uveden rozvaděč s bezdrátovým modulem. Tento rozvaděč je umístěn pod ovládacím pultem lodi. Z modulu je vytažena anténa, která je umístěna na střeše lodi.



Obr. 2.35 – Umístění bezdrátového modulu na lodi

Na obr. 2.36 je uvedena skříň s bezdrátovým modulem umístěna na rozvaděči. Tento rozvaděč je umístěn na břehu přístaviště v blízkosti lodí.



Obr. 2.36 – Umístění bezdrátového modulu na břehu

V rozdělení sítě bylo zapotřebí přiřadit zařízením různé IP adresy. Na lodích je stávající řídicí systém řady S7-200 a displej pro vizualizaci lodě. Hardwarové sestavy jsou doplňujícím systémem pro komunikaci s přístavištěm a doplňujícího měření. Přiřazené IP adresy zařízením jsou uvedeny v tab. 2.6.

Tab. 2.6 – Rozdělení IP adres

<b>Název zařízení</b>	<b>IP Adresa</b>
Nabíjárna - S7-1200	192.168.1.30
Velín - PC	192.168.1.31
Eprona - PLC	192.168.1.32
Lod'1 - Lipsko - S7-1200	192.168.1.40
Lod'1 - Lipsko - S7-200	192.168.1.41
Lod'1 - Lipsko - Displej	192.168.1.42
Lod'2 - Vídeň - S7-1200	192.168.1.50
Lod'2 - Vídeň - S7-200	192.168.1.51
Lod'2 - Vídeň - Displej	192.168.1.52
Lod'3 - Utrecht - S7-1200	192.168.1.60
Lod'3 - Utrecht - S7-200	192.168.1.61
Lod'3 - Utrecht - Displej	192.168.1.62
Lod'4 - Dallas - S7-1200	192.168.1.70
Lod'4 - Dallas - S7-200	192.168.1.71
Lod'4 - Dallas - Displej	192.168.1.72
Lod'5 - Stuttgart - S7-1200	192.168.1.80
Lod'5 - Stuttgart - S7-200	192.168.1.81
Lod'5 - Stuttgart - Displej	192.168.1.82
Lod'6 - Brno - S7-1200	192.168.1.90

Pro přenos dat mezi zařízeními bylo zapotřebí rozvržení portů. Navržené porty pro UDP komunikaci jsou uvedeny v tab. 2.7. Rozdělení portů je důležité proto, aby zařízení dokázali rozlišit jednotlivé aplikace a správně doručili data, v době, kdy komunikace probíhá mezi více zařízeními.

Tab. 2.7 – Rozvržení portů pro UDP

Název zařízení 1	Název zařízení 2	Port - Local	Port - Remote
Nabíjárna - S7-1200	EPRONA - nabíječe	2011	2011
Nabíjárna - S7-1200	Lod' 1 - LIPSKO	2000	2001
Lod' 1 - LIPSKO	Nabíjárna - S7-1200	2001	2000
Nabíjárna - S7-1200	Lod' 2 - VÍDEŇ	2002	2003
Lod' 2 - VÍDEŇ	Nabíjárna - S7-1200	2003	2002
Nabíjárna - S7-1200	Lod' 3 - UTRECHT	2004	2005
Lod' 3 - UTRECHT	Nabíjárna - S7-1200	2005	2004
Nabíjárna - S7-1200	Lod' 4 - DALLAS	2006	2007
Lod' 4 - DALLAS	Nabíjárna - S7-1200	2007	2006
Nabíjárna - S7-1200	Lod' 5 - STUTTGART	2008	2009
Lod' 5 - STUTTGART	Nabíjárna - S7-1200	2009	2008
Nabíjárna - S7-1200	Lod' 6 - BRNO	2012	2013
Lod' 6 - BRNO	Nabíjárna - S7-1200	2013	2012

### 2.5.1 Komunikace s nabíječi

Komunikace mezi RTS (řídícím systémem přístaviště) a RSN (řídícím systémem nabíjecí stanice) probíhá po ethernetové síti protokolem UDP. Tyto dva systémy posílají v pravidelných intervalech druhé straně UDP paket na příslušný UDP port. Obecný formát UDP paketu je uveden v tab. 2.8.

Tab. 2.8 – UDP paket

Počet stání = N	data stání 1	...	data stání N
-----------------	--------------	-----	--------------

UDP paket pro posílání řídicího systému přístaviště do řídicího systému nabíjecí stanice je uveden v tab. 2.9.



Tab. 2.9 – UDP paket RTS → RSN

Číslo stání	byte	Číslo nabíjecího stání
Nabíjet BH ANO/NE	byte	Požadavek nabíjení BH: 0=NE, 1=ANO
ID lodi	word	ID číslo lodi u stání. Hodnota 0 = u stání není loď
Napětí BH	word	Napětí hlavní baterie lodi
Teplota BH	word	Teplota baterie BH
teplota okolí BH	word	teplota okolí baterie BH
odebíraná kapacita z BH	word	odebraná kapacita z BH
odebíraná kapacita z BP	word	odebraná kapacita z BP
proud z BH do DC/DC	word	proud z BH do DC/DC měniče
maximální nabíjecí proud BH	word	požadovaný maximální nabíjecí proud baterie BH

UDP paket pro posílání řídicího systému nabíjecí stanice do řídicího systému přístaviště je uveden v tab. 2.10.

Tab. 2.10 – UDP paket RSN → RTS

Stav a fáze nabíjení	byte	Hodnoty:
		0 = nenabíjí se
		1 = inicializace (start) nabíjení
		2 = fáze nabíjení I1
		3 = fáze nabíjení U
		4 = fáze nabíjení I2
		5 = nabíjení dokončeno
Výstupní proud NS	word	Výstupní proud nabíjecího stojanu
Dodaná kapacita celková	word	Dodaná kapacita celková
Dodaná kapacita do BH	word	Dodaná kapacita do BH po odečtení kapacity odebírané z BH do BP
Predikovaná doba nabíjení	word	Predikovaná doba nabíjení v minutách
Poruchy nabíjecího stojanu	word	Poruchová bitmapa nabíjecího stojanu

## 2.5.2 Popis komunikace bluetooth

Bezdrátový přenos mezi přístavem a lodí je zajištěn pomocí bluetooth modul (Banner, 2016). Ten je umístěn na lodi s anténou na střeše lodi. Druhý modul je umístěn v přístavišti, kvůli lepšímu dosahu signálu. Popis bluetooth modulu je uveden v tab. 2.11. Topologie je nastavena, jako hvězdicová. To znamená, že jedno zařízení je nastaveno jako master a ostatní jako slave. Tedy master zařízení se ptá všech slave zařízení a ty odpovídají, pouze pokud jsou vyzvány.

Tab. 2.11 – Bluetooth modulu

Typ	DX80ER2M-H
Frekvence	2,4 GHz
Napájecí napětí	10 - 30 V DC
Dosah	3,2 km
Připojení	Ethernet RJ45

### 2.5.3 Komunikace s DC/DC modulem

Řídící jednotka DC/DC modulu má polo duplexní sériové komunikační rozhraní RS485 a funguje v komunikaci jako Slave. To znamená, že tato jednotka odpoví pouze za předpokladu, že bude oslovena. DC/DC modul je určen k nabíjení palubní 24 V baterie BP z velké pohonné baterie BH. DC/DC modul má dva základní režimy a to je režim běžného provozu a režim nabíjení BH. Tato komunikace slouží pro zjištění stavu DC/DC modulu. Dotaz na aktuální stav se sestavuje do dat dotazu a dat odpovědi. Data dotazu jsou uvedena v tab. 2.12. Data odpovědi jsou uvedena v tab. 2.13. Tyto hodnoty se následně zobrazují v informacích o jednotlivých lodích.

Tab. 2.12 – Data dotazu

Teplota baterie	int16	Aktuální teplota baterie v desetinách stupně C
Požadovaný režim	byte	Požadovaný režim: 0=IU napájení, 1=IUI a nabíjení
Požadovaný limit proudu IU	word	Límit proudu v IU napájení
Požadované napětí IU	word	Požadované napětí v IU napájení v desetinách V

Tab. 2.13 – Data odpovědi

Stav modulu	byte	Stav modulu 0 = STANDBY (nepoužito) 1 = nabíjení – fáze start I1 2 = nabíjení – fáze I1 3 = nabíjení – fáze U 4 = nabíjení – fáze I2 5 = nabíjení – nabíjení dokončeno (nepoužito) 21 = napájení IU
Stav silové části modulu	byte	Stav zapnutí a povolení silové části modulu 0 = vypnuto 1 = zapnuto, zakázáno 2 = zapnuto, povoleno
Příznak nabíjení dokončeno	byte	V automatickém režimu přejde modul do IU napájení
Porucha	byte	Modul je v poruchovém stavu roven 1
Požadované výstupní napětí	word	Požadované výstupní napětí v desetinách V.
Požadovaný výstupní proud	word	Požadovaný výstupní proud v desetinách A.

Tab. 2.13 – Data odpovědi - pokračování

Požadované výst. napětí - bity	word	Požadované výstupní napětí přepočtené na bity výstupu.
Požadovaný výst. proud - bity	word	Požadovaný výstupní proud přepočtený na bity výstupu.
Požadované napětí – rampa	word	Aktuální požadované výstupní napětí v bitech výstupu – výsledek rampy.
Požadovaný proud – rampa	word	Aktuální požadovaný výstupní proud v bitech výstupu – výsledek rampy.
Nastavené výst. napětí – bity	word	Aktuálně nastavené požadované napětí na výstupu CPU.
Nastavené výst. proud – bity	word	Aktuálně nastavený požadovaný proud na výstupu CPU.
Výstupní napětí	word	Aktuální výstupní napětí v desetínách V.
Výstupní proud	word	Aktuální výstupní proud v desetínách A.
Okamžité výstupní napětí	word	Aktuální výstupní napětí v desetínách V – okamžitá hodnota.
Okamžitý výstupní proud	word	Aktuální výstupní proud v desetínách A – okamžitá hodnota.
Stav řídicích výstupů	byte	Bitmapa stavu řídicích výstupů: 0x01 = ventilátor 0x02 = pomocný stykač 0x04 = hlavní stykač 0x08 = napájení budiče 0x10 = povoleno 0x20 = generování PWM povoleno
Povolené interní teploty	byte	Bitmapa měřených interních teplot modulu
Interní teplota 1	int16	Interní teplota 1 v desetínách °C
Interní teplota 2	int16	Interní teplota 2 v desetínách °C
Interní teplota 3	int16	Interní teplota 3 v desetínách °C
Interní teplota 4	int16	Interní teplota 4 v desetínách °C
Čas nabíjení	word	Čas probíhajícího nabíjení v minutách.
Dodaný náboj v nabíjení	word	Náboj dodaný v probíhajícím nabíjení v Ah.
Vstupní napětí	word	Vstupní napětí v desetínách V.
Limit proud – analogový vstup	word	Hodnota proudového limitu IU z analogového vstupu.
Maska aktuálních poruch	4 byty	Maska aktuálních poruch.

Maska poruch je rozdělena na 4 byty. Tyto poruchy jsou zobrazeny na obr. 2.32, jako poruchy DC/DC měniče. Jejich rozdělení do bytů je uvedeno v tab. 2.14. Tyto informace dostává řídicí systém přístaviště od DC/DC měniče a zobrazuje je ve vizualizační aplikaci.

Tab. 2.14 – Maska aktuálních poruch

<b>Maska poruch - byte 1</b>	
0x01	Chyba spínání pomocného stykače
0x02	Chyba vypínání pomocného stykače
0x04	Chyba spínání hlavního stykače
0x08	Chyba vypínání hlavního stykače
0x10	Přehřátý modul
0x20	Chybí fáze
0x40	Trip – porucha silové části modulu
0x80	Chyba proudu
<b>Maska poruch - byte 2</b>	
0x01	Odpojeno čidlo teploty 1
0x02	Zkrat čidla teploty 1
0x04	Odpojeno čidlo teploty 2
0x08	Zkrat čidla teploty 2
0x10	Odpojeno čidlo teploty 3
0x20	Zkrat čidla teploty 3
0x40	Odpojeno čidlo teploty 4
0x80	Zkrat čidla teploty 4
<b>Maska poruch - byte 3</b>	
0x01	Timeout komunikace
0x02	Limit náboje nabíjení
0x04	Časový limit nabíjení
0x08	Přehřátá baterie
0x10	Odpojená baterie během nabíjení
0x20	Max. napětí v I2

## 2.6 Programové vybavení přístaviště

Řídicí systém přístaviště se nachází v rozvaděči v nabíjecí stanici v přístavu. V tomto řídicím systému dochází k měření teploty rozvaděče, místnosti nabíjecí stanice a venkovní teploty. Dále se získávají informace o hlavním vypínači a to v jaké je poloze. Ostatní vstupy a výstupy jsou rezervy.

Řídicí systém komunikuje s nabíječi po ethernetové síti protokolem UDP. Nabíječ je speciální rozvaděč se svojí řídicí elektronikou a svým řídicím systémem dodaný firmou Eprona. Řídicí systém přístaviště komunikuje s řídicím systémem nabíječů v pravidelných intervalech. Tento interval byl nastaven na jednu sekundu. V tomto časovém intervalu tedy řídicí systémy posílají UDP pakety na dohodnutý UDP port. Tyto pakety jsou uvedeny v tab. 2.9 a tab. 2.10. Nastavené UDP porty jsou uvedeny v tab. 2.7.

Řídicí systém komunikuje se systémem lodi pomocí bluetooth modulu. Tato komunikace obsahuje kontrolu spojení mezi řídicím systémem přístaviště a řídicím systémem lodi. Následně jsou posílány data lodi do řídicího systému přístaviště. Ty jsou zobrazeny v operátorském pracovišti.

Řídicí systém přístaviště je vybaven funkcí pro přiřazení lodě k danému stání. Prvotní myšlenka byla, že každá loď bude stát u pořád stejného stání. Pro větší komfort byla vytvořena funkce, která přiřazuje danou loď podle toho, u jakého bude stát stání. To je výhodné právě pro vizualizaci, která následně bude zapínat nabíjení lodi podle toho, u kterého bude stát.

## **2.7 Programové vybavení lodě**

Řídicí systém lodě se nachází v podpalubí lodi. V tomto řídicím systému dochází k měření teploty na hlavní a palubní baterie a teploty bateriového prostoru. Dále dochází k měření napětí hlavní a palubní baterie. Získává se informace o chodu ventilátoru a přehřátí hlavní baterie. Dochází k regulaci proudu na DC/DC měniči.

Řídicí systém lodě dále cyklicky předává data o množství spotřebované energie u hlavní a palubní baterie, o napěťových a proudových poměrech, poruchových stavech každé lodi. Předávání dat probíhá v době, kdy je loď v optimální vzdálenosti dané dosahem bezdrátové komunikace.

kapitán při kotvení lodi zapojí uzemňovací bod osobní lodi; kapitán nebo jiný provozovatelem určený pracovník zapojí nabíjecí kabely a připojí pomocné napětí 3x400/230V a na rozvaděči RM3 navolí loď přepínačem na nabíjení

## **2.8 Algoritmus nabíjení**

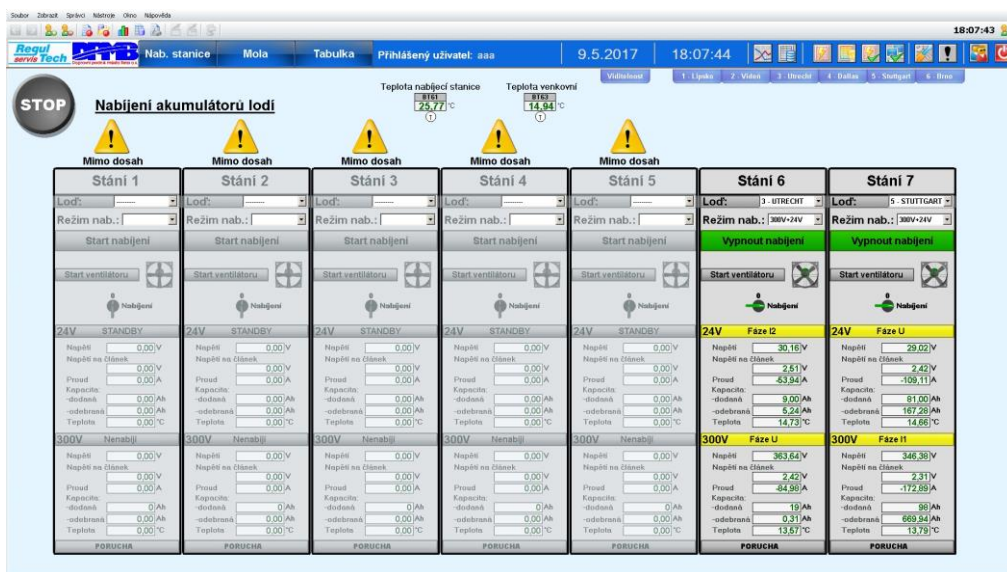
Řídicí systém přístaviště cyklicky posílá dotaz řídicímu systému lodi o informacích, které mu řídicí systém lodi posílá na základě dotazu. Tento cyklus byl stanoven na jednu sekundu. Tento cyklus se provádí za předpokladu, že je loď v dané vzdálenosti dosahu rádiového spojení.

Při kotvení lodi je zapotřebí připojit nabíjecí kabely, připojit pomocné napětí a přepnout přepínač do režimu nabíjení. Tím se loď uvede do režimu nabíjení a je možné spustit nabíjecí proces. Připojovací skříň je uvedena na obr. 2.37.



Obr. 2.37 – Připojovací skříň

K nabíjecímu procesu je potřeba přihlásit se do aplikace. V aplikaci je zapotřebí navolit loď a nabíjecí stání. Pokud je toto zajištěno, navolí se režim nabíjení a čas, kdy musí být loď připravena pro provoz. Po spuštění nabíjení se zobrazí čas, v jakém je loď režimu nabíjení a čas kdy bude loď nabita. Při tomto cyklu je zapotřebí hlídat poruchové stavy a teploty. Vše zobrazuje aplikace v operátorském pracovišti. Na obr. 2.38 je uvedena úvodní obrazovka s reálnými hodnotami z lodí, která byla doplněna od původní verze o stop tlačítko, chod ventilátoru a přidání informace o bateriích. Na úvodní obrazovce jsou patrné dvě lodě, které jsou v dosahu bezdrátové komunikace. Tyto dvě lodě jsou právě v nabíjecím procesu.



Obr. 2.38 – Aplikace s reálnými hodnotami

## 2.9 Algoritmus vybíjení

Řídicí systém lodi zajišťuje optimální vybíjení palubní baterie pomocí DC/DC měniče tak, aby palubní baterie byla vždy vybitá méně než baterie hlavní. To by mohl být problém z hlediska bezpečnosti, kde by při vybití palubní baterie nebyl možný provoz osvětlení a komunikace. Problém s vybíjením může nastat při zapnutém dokormidlovacím systému lodi. Tento systém představuje jeden motor v přídi lodi, který se používá k přesnějšímu připlutí k přístavu. Systém nabíjení neumožňuje nabíjení palubní baterie z hlavní baterie při plavbě. Tato možnost je možná pouze při přepnutí režimu do nabíjení, když se loď nachází v přístavu.

## 2.10 Možnosti nabíjení

Obsluha nabíjení může volit z třech definovaných režimů nabíjení. Nabíjení pouze hlavní baterie, nabíjení pouze palubní baterie a společné nabíjení palubní a hlavní baterie. Pro nabíjení hlavní baterie je DC/DC měnič, který slouží pro nabíjení palubní baterie, vyřazen z funkce a probíhá nabíjení pouze hlavní baterie. Pro nabíjení pouze palubní baterie přebírá DC/DC měnič veškerou energii z nabíječe a předává ji palubní baterii. Přitom je hlavní baterie kontrolována proti nedovolenému nabíjení. Poslední možností je společné nabíjení hlavní a palubní baterie. Tato možnost zaručuje nabíjení hlavní baterie a palubní, která je nabíjena přes DC/DC měnič.

## ZÁVĚR

V této práci se podařilo vytvořit a zprovoznit aplikaci pro operátorské pracoviště, díky kterému lze ovládat nabíjení baterií na lodích. Díky této aplikaci je možné shromažďovat a vyhodnocovat data a dále optimalizovat nabíjecí proces.

V úvodu této práce byly popsány druhy řídicích systémů a jejich programování. V této kapitole také došlo k seznámení s vizualizačním softwarem Reliance 4 a s vývojovým prostředím TIA portál. Dále byly popsány komunikace použité v této práci. Jako poslední byly popsány charakteristiky nabíjení akumulátorů.

V praktické části byly nejprve vytvořeny hardwarové sestavy programovatelných automatů od firmy Siemens. Pro ně byl vytvořen software pro řídicí systém přístaviště, který provádí měření, komunikaci s nabíječi a komunikaci s řídicím systémem lodi. Řídicí systém přístaviště komunikuje s nabíječi pomocí UDP protokolu po ethernetové síti. V této komunikaci jsou základní informace o napětí, proudu a teplotě z lodí posílány nabíječům. Dále se odesílají informace o bateriích, jako jejich teplota a odebraná kapacita. Z nabíjecí charakteristiky U, která je využita pro nabíjení akumulátorů v této práci je popsáno, že by neměla překročit 40 °C. To se však při teplých letních dnech překračuje. Pro to byly vytvořeny blokace, které se zobrazují na úvodní obrazovce vizualizační aplikace. Komunikační modul pro komunikaci RS485 v řídicím systému přístaviště je prozatím nevyužit.

Řídicí systém lodi provádí měření a komunikaci s řídicím systémem přístaviště a s DC/DC modulem. Měření spočívá především v informacích okolo baterií, které se dále posílají řídicímu systému přístaviště. Komunikace s DC/DC modulem slouží pro získávání informací pro vizualizační aplikaci, kde se hlásí možné poruchy v DC/DC modulu.

Pro nabíjení je důležité, aby byly k lodi připojeny připojovací kabely, připojení pomocného napětí a přepínač byl přepnut do režimu nabíjení. Pro nabíjení je také důležité, aby byl vždy zapnutý ventilátor. Nabíjení baterií je možné ve třech režimech a to nabíjení hlavní baterie, nabíjení palubní baterie a nabíjení hlavní a palubní baterie.

Řídicí systém je prozatím zprovozněn na dvou lodích, na kterých se vylad'ují parametry pro nabíječe. Při uvedení všech lodí do sítě nastal problém s časovou odezvou. K jeho eliminaci bylo zapotřebí zkrácení trasy, pro bezdrátovou komunikaci a tím i utlumení okolní rušení. Dále bylo zapotřebí zmenšení frekvence pro posílání zpráv. Nastavení na jednu sekundu místo desetiny sekundy pomohlo pro zmenšení časové odezvy. Při zprovoznění



všech lodí bude zapotřebí tento čas prodloužit nebo vyměnit bezdrátovou síť za kabelové propojení.

Díky této práci jsem se seznámil s programovatelným automatem S7-1500 a jeho programováním. Naučil jsem se tvořit vizualizační aplikace ve vizualizačním prostředí Reliance 4. Naučil jsem se pracovat s bezdrátovými komunikacemi a použití odesílání a přijímání paketů. Dále jsem si vyzkoušel rozvržení sítě pro komunikaci více zařízení. Vyzkoušel jsem si také uvedení projektu do skutečného provozu, což považuji za veliký přínos.

## LITERATURA

BANNER. *Ethernet Data Radio* [online]. [cit. 4. 3. 2016]. Dostupné z:

<http://www.alliedelec.com/m/d/b764be6be255bf2c95ae4fc588328573.pdf>

BOHÁČ, Leoš. *Základy transportního protokolu TCP* [online]. Dostupné z:

[data.cedupoint.cz/oppa\\_e-learning/2\\_KME/055.pdf](http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/055.pdf)

KOVÁŘ, Josef, Zuzana PROKOPOVÁ a Ladislav ŠMEJKAL. *Programování PLC* [online].

Dostupné z [www.spszl.cz/soubory/plc/programovani\\_plc.pdf](http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf)

KOZIOREK, Jiří a Libor CHROMČÁK. *Logické systémy řízení a programovatelné*

*automaty* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007 [cit. 2017-05-04]. ISBN 978-80-248-1490-2.

MARCONI. *Skoro vše o akumulátorech a nabíjení* [online]. MOTOLA [cit. 20. 12. 2008].

Dostupné z: [www.motola.cz/UserFiles/Diskuzni\\_clanky/akumulatory.pdf](http://www.motola.cz/UserFiles/Diskuzni_clanky/akumulatory.pdf)

MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. *Řízení programovatelnými automaty*.

Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-01-01766-4.

PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace: jak zabezpečit Wi-Fi, Bluetooth,*

*GPRS či 3G*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0791-4.

*Reliance 4* [online]. Dostupné z

[www.tecomat.cz/docs/cze/Katalog/Reliance/Reliance4\\_Leaflet\\_CZ.pdf](http://www.tecomat.cz/docs/cze/Katalog/Reliance/Reliance4_Leaflet_CZ.pdf)

SIEMENS, 2017. *SIMATIC S7-1200, CPU 1214C* [online]. [cit. 12. 5. 2017]. Dostupné z:

<https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService/>

[DatasheetService?format=pdf&mlfbs=6ES7214-1BG40-](https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService?format=pdf&mlfbs=6ES7214-1BG40-0XB0&language=en&caller=SIOS)

[0XB0&language=en&caller=SIOS](https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService?format=pdf&mlfbs=6ES7214-1BG40-0XB0&language=en&caller=SIOS)

Siemens, 2014a. *SIMATIC S7-1200, ANALOG INPUT SB 1231* [online]. [cit. 27. 6. 2014].

Dostupné z: <https://www.rapidonline.com/pdf/55-6262.pdf>

Siemens, 2014b. *SIMATIC S7-1200, ANALOG I/O SM 1234, 4 AI / 2 AO, +/-10V, 14 BIT*

*RESOLUTION OR 0(4) - 20 MA, 13 BIT RESOLUTION* [online]. [cit. 18. 8. 2014].

Dostupné z: [http://docs-](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1251/0900766b81251620.pdf)

[europe.electrocomponents.com/webdocs/1251/0900766b81251620.pdf](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1251/0900766b81251620.pdf)

SIEMENS, 2010. *SB 1221 Digital Input 4 x 24 VDC, 200 kHz* [online]. [cit. 2010] Dostupné z: [http://public.eandm.com/Public\\_Docs/s71200\\_sb\\_1221\\_1222\\_1223\\_product\\_info\\_en-US.pdf](http://public.eandm.com/Public_Docs/s71200_sb_1221_1222_1223_product_info_en-US.pdf)

*Totally Integrated Automation Portal* [online]. Dostupné z [www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=2416f2e791&ctxp=home](http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=2416f2e791&ctxp=home)

# **PŘÍLOHY**

**A - CD**

**Příloha k diplomové práci**

Rekonstrukce provozního nabíjení akumulátorů lodí DPMB a.s.

Bc. Jan Stránský

**CD**

## **Obsah**

- 1 Text diplomové práce ve formátu PDF
- 2 Úplný zdrojový kód PLC
- 3 Úplný zdrojový kód aplikace