

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Řídicí systémy pro průmyslové aplikace na bázi PLC**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin PŮTA**  
Osobní číslo: **E12B0050P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**  
Název tématu: **Řídicí systémy pro průmyslové aplikace na bázi PLC**  
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

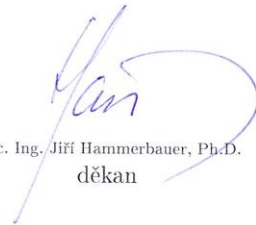
1. Popište funkci a využití PLC systémů pro řízení a sběr dat.
2. Vypracujte stručnou rešerši současných systémů pro aplikace na bázi PLC.
3. Navrhněte a naprogramujte aplikaci určenou pro řízení a sběr dat z laboratorních výukových modelů fotovoltaické elektrárny a čerpací stanice.
4. Propojte řídicí jednotku PLC s nadřazeným SCADA systémem.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah kvalifikační práce: **20 - 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


1. <http://unitronics.com/>.
2. <http://www.reliance.cz/>.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Sirový, Ph.D.**  
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Prof. Ing. Václav Kús, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

## **Anotace**

Předkládaná práce se zabývá popisem, funkcí a využití současných PLC systémů. Je zde popsána struktura PLC, jeho vlastnosti, funkce a jeho typické aplikace. Je vypracována stručná rešerše současných systémů z pohledu technických vlastností a programovacích technik. Hlavní část práce spočívá ve vytvoření řídicího systému na bázi PLC pro výukový laboratorní model fotovoltaické elektrárny, kde je zpracován kompletní funkční popis a popsána funkce jednotlivých funkčních prvků.

## **Klíčová slova**

PLC, solární panely, SCADA systém, fotovoltaická elektrárna, vizualizace, HMI, software, hardware, komunikace, měření

## **Abstract**

Goal of this bachelor thesis is to review function and application of currently available and used PLC systems. Both structure and properties of the PLC are outlined and some of the typical areas of application are discussed. Currently used PLC systems are briefly reviewed and both technical properties of these systems and programming methods used to control them are evaluated. Main section of this work is dedicated to control system for an educational model of a photovoltaic power station built upon PLC base. Description of the development process and the usage of the control application is explained and a complete technical documentation with detailed description of each of the parts and its purpose.

## **Key words**

PLC, solar panels, SCADA system, photovoltaic power plant, visualization, HMI, software, hardware, communication, measurement

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 2.6.2016

Martin Půta

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Sirovému, Ph.D, za ochotu, cenné profesionální rady a zodpovědné vedení práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>1</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>2</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>2 FUNKCE A VYUŽITÍ PLC SYSTÉMŮ</b> .....	<b>4</b>
2.1 CO JE TO PLC SYSTÉM.....	4
2.2 OBECNÁ STRUKTURA PLC SYSTÉMŮ.....	5
2.3 POUŽITÍ PLC (TYPICKÉ APLIKACE).....	6
2.4 UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ.....	6
2.5 ŘÍZENÍ A SBĚR DAT.....	7
2.6 REŠERŠE PLC SYSTÉMŮ (Z POHLEDU FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ, Z POHLEDU PROGRAMOVACÍCH TECHNIK).....	8
2.6.1 <i>Unitronics</i> .....	8
2.6.2 <i>Siemens</i> .....	10
2.6.3 <i>ABB</i> .....	12
2.6.4 <i>Schneider Electric</i> .....	14
2.6.5 <i>Mitsubishi Electric</i> .....	16
2.6.6 <i>Porovnání a vyhodnocení</i> .....	18
<b>3 PROJEKT ŘÍZENÍ NA BÁZI PLC PRO LABORATORNÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY</b> .....	<b>20</b>
3.1 CÍL A POPIS PROJEKTU.....	20
3.2 FUNKČNÍ PRVKY.....	22
3.2.1 <i>Solární panely</i> .....	22
3.2.2 <i>PLC</i> .....	22
3.2.3 <i>SCADA Systém</i> .....	26
3.2.4 <i>Zdroje</i> .....	27
3.2.5 <i>Střídače a nabíječe</i> .....	27
3.2.6 <i>Multimetr DMK22</i> .....	28
3.2.7 <i>Přehledové schéma</i> .....	29
3.2.8 <i>Úrovně řízení a komunikace</i> .....	31
3.3 SYSTÉM KONTROLY A ŘÍZENÍ, ÚROVEŇ PLC (IMPLEMENTACE DÍLČÍCH FUNKČNÍCH POPISŮ).....	32
3.3.1 <i>Uživatelské rozhraní</i> .....	32
3.3.2 <i>Automatické režimy</i> .....	40
3.3.3 <i>Manuální režim</i> .....	42
3.3.4 <i>Místní a vzdálené ovládání</i> .....	44
3.3.5 <i>Komunikace se SCADA systémem</i> .....	44
3.3.6 <i>Funkce měření</i> .....	46
3.3.7 <i>Archivace dat</i> .....	47
<b>4 ZÁVĚR</b> .....	<b>48</b>
<b>5 SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>49</b>
<b>6 SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>50</b>



## Seznam symbolů a zkratek

PLC .....	Programmable Logic Controller
SCADA.....	Supervisory Control And Data Acquisition
HMI.....	Human Machine Interface
FVE.....	Fotovoltaická elektrárna
A/D.....	Analog/Digital
I/O .....	Input/Output
CPU.....	Central Processing Unit
TCP/IP .....	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
LD .....	Ladder
FBD.....	Function Block Diagram
ST.....	Structured Text
STL .....	Standart Template Library
CMS.....	Condition Monitoring System
HVAC .....	Heating, Ventilating, Air Conditioning
FTP .....	File Transfer Protocol

# 1 Úvod

Předložená práce se zabývá návrhem a vývojem řídicích systémů na bázi programovatelných logických automatů (PLC).

Práce se dělí na dvě části. V první části jsou přiblíženy možnosti PLC systémů jako takových. Z pohledu funkčních vlastností, sběru dat, řízení, možností zobrazení, využití v typických aplikacích a z pohledu programovacích technik. Je zde demonstrováno několik výrobců, kteří nabízejí PLC systémy s vlastním softwarem.

Zásadní je druhá část práce, ve které byl vyvinut řídicí systém pro laboratorní model fotovoltaické elektrárny. Práce značně rozšiřuje původní systém, který byl již v minulosti popsán v pracích [8], [9], [10]. Účelem systému je demonstrovat možnosti využití vyrobené energie fotovoltaickou elektrárnou, jako je dodávat výkon do sítě, nebo jej využít dle vlastních potřeb, například pro ohřev vody v boileru. Jsou zde detailně popsány režimy řízení systému. Podrobně je představena vlastní funkce PLC, nabíječů baterie, střídačů, měření a je popsána funkce každého logicky spínaného relé. Dále je detailně popsána komunikace mezi nadřazeným a podružným PLC, mezi PLC a měřicími prvky a komunikace mezi PLC a nadřazeným systémem SCADA.

## 2 Funkce a využití PLC systémů

### 2.1 Co je to PLC systém

PLC (Programmable Logic Controller), neboli programovatelný logický automat s procesorem řízeným speciálním programovacím jazykem, byl vyvinut za cílem automatizovat procesy v reálném čase, jelikož se zvyšující se náročností procesů rostly i nároky na počet pracovníků, tedy obsluhu stroje. Jejich práce mnohdy spočívala v mechanickém sledování stejných podnětů a následné reakce a řešení byly vždy stejné. To vedlo k realizaci konceptu automatizovaných prvků pro kritické operace. Následně se ukázalo, že využití automatizovaných úloh může být mnohem větší a přínosnější.

PLC je řízen mikroprocesorem. Program je obvykle uložen v paměti typu flash, která zůstává i po vyjmutí záložní baterie. Baterie slouží k uchování vybraného rozsahu proměnných po ztrátě napájení. Paměť může být také anglickým názvem řečeno „non volatile“, což znamená, že uchovává data o proměnných i po ztrátě vlastního napájení. Bloky vstupů a výstupů jsou nejčastěji analogové a digitální, mohou to být ale i speciální převodníky A/D, napětí, frekvence a různé měřicí moduly. Tyto bloky „propojují“ PLC se senzory v daném procesu a díky nim pak PLC může získávat informace od spínačových relé, teplotních čidel a jiných akčních členů. PLC pracuje ve skenovacím cyklu, kde opakovaně probíhá zjištění stavu na vstupu, zpracování programovou logikou a nastavení příslušných změn na výstupu. Tento cyklus proběhne obvykle za maximálně jednotky ms. Výkonnější PLC to zvládnou i v řádech jednotek  $\mu$ s. PLC má obvykle I/O blok zabudován v těle, který může být rozšířen o další I/O moduly. [1]

Programovatelné logické automaty jsou děleny dle počtu vstupů, výstupů a dle možnosti rozšíření o přídatné moduly.

- **Modulární PLC**

Jak již z názvu vyplývá, jedná se o takové typy PLC, které mají jednotlivé komponenty rozděleny do modulů a ty pak tvoří celkový systém. Následně lze systém kdykoliv libovolně rozšířit a doplňovat dalšími moduly. Pro programování je zde zásadní, zda je displej součástí PLC, nebo je jeho modulárním rozšířením. Pokud je displej součástí, je programován spolu

s CPU v jednom prostředí. Pokud není, výrobci obvykle poskytují rozšíření nebo celý nový software pro programování displeje. [2]

- ***Kompaktní PLC***

PLC tvořeno pouze jedním modulem, který obsahuje CPU, analogové a digitální I/O. Rozšíření těchto systémů je omezené, lze provést pomocí dalších funkčních bloků. Tyto systémy jsou vhodné pro úlohy se střední náročností, jako jsou systémy HVAC a podobně. [2]

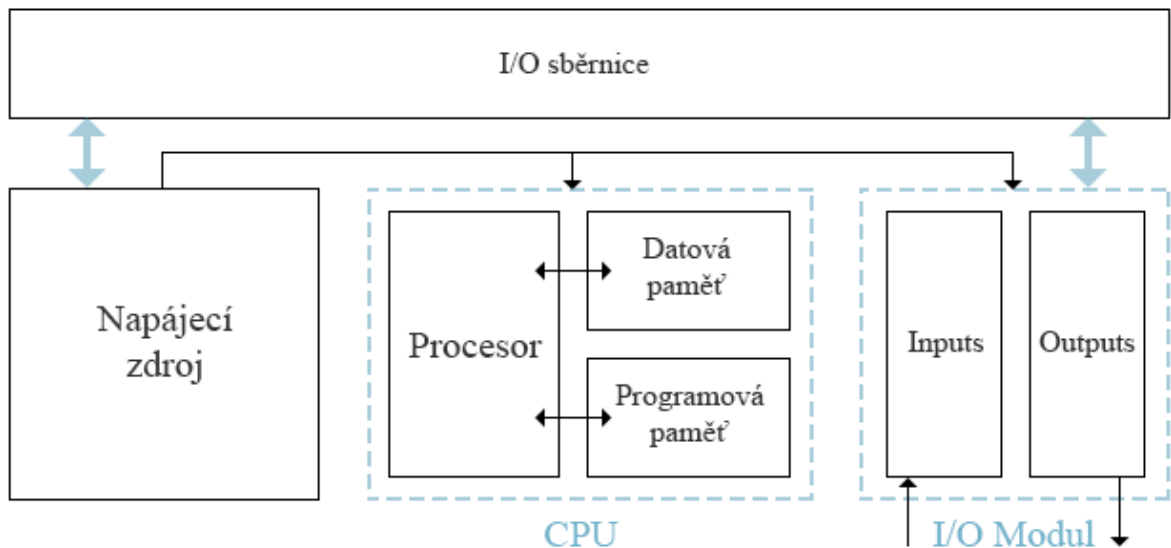
- ***Mikro PLC***

Tento typ PLC je oproti výše uvedeným funkčně omezen. Ve většině případů chybí komunikace a počet I/O je neměnný. Přesto se tento typ těší velké oblibě u uživatelů, a to hlavně z důvodu cenové dostupnosti a malých rozměrů. [2]

## **2.2 Obecná struktura PLC systémů**

PLC systémy se dají obecně popsat několika funkčními prvky, ať už koupíte PLC od jakéhokoliv výrobce, základní funkce a principy využití jednotlivých funkcí zůstanou pro všechny stejné. Za základní komponenty PLC považujeme (grafické znázornění viz obr. 2.2): [4]

- ***Napájecí zdroj***
- ***CPU***
  - ***Procesor***
  - ***Datová paměť***
  - ***Programová paměť***
- ***I/O moduly***
  - ***Analogové***
  - ***Digitální***
- ***I/O sběrnice***



Obr. 2.2 Základní komponenty PLC

### 2.3 Použití PLC (typické aplikace)

V závislosti na použité technologii mohou být PLC využity v systémech pneumatických, hydraulických, elektrických a často i v jejich kombinaci.

Typické aplikace PLC najdeme v domácnostech i průmyslu. Pro domácnosti to mohou být pračky, řízení osvětlení, vytápěcí nebo chladicí systémy a v neposlední řadě bezpečnostní systémy.

V průmyslu se může jednat taktéž o řízení osvětlení, vytápěcí nebo chladicí systémy, dále pak kamery, ovládání výtahu, řídicí jednotky v osobních automobilech nebo jiných dopravních prostředcích, řízení otáček motoru, řízení výrobní linky, kde je vždy program vytvořen přesně pro danou aplikaci. PLC zde zastává funkci monitorování a řízení výrobních linek. [4]

### 2.4 Uživatelské rozhraní

Možnosti zobrazení prošly značným vývojem. Od zobrazování pouze pomocí LED kontrolky přes jednoduché 8-bit displeje ovládané pomocí tlačítek, černobílé dotykové obrazovky a nyní už dotykové, multifunkční barevné displeje s velkým rozlišením, případně v kombinaci s klávesnicí implementovanou do modulu PLC. Dnešní grafika PLC je už na

vysoké úrovni a umožňuje velmi příjemné a přehledné grafické zpracování. Pro názornou ukázkou poslouží obr. 2.4.



Obr. 2.4 PLC Vision V570 od firmy Unitronics

## 2.5 Řízení a sběr dat

Způsobů komunikace mezi zařízeními je několik. Od protokolů s datovou propustností pouze do stovek kb/s, jako například CAN bus, Profibus, HART, Modbus SL atd., až po protokoly s teoretickou propustností několik desítek Mb/s, mezi které patří hlavně protokoly založené na standardu TCP/IP. Detailněji jsou popsány pouze ty nejvíce využívané.

- **CAN bus**

CAN (Controller Area Network) je sériová datová sběrnice, která našla svoje využití hlavně v řídicích jednotkách automobilů. Následně se stala velmi populární pro využití v průmyslových aplikacích. Maximální rychlost přenosu na sběrnici je 1 Mb/s. [6]

- **Modbus Serial Line**

Tento protokol je typu Master/Slave. Znamená to, že v komunikaci může být vždy pouze 1 master a teoreticky až 247 slave jednotek. Slave jednotka nikdy nemůže sama zažádat o přenos dat, a to jak pro příjem, tak pro odesílání. Vždy až po vyzvání master jednotky. MODBUS je zapojen na sériové lince (Serial Line), kde mohou být použita různá sériová rozhraní jako například RS-232 nebo RS-485 a jejich varianty. [5]

- **Modbus TCP/IP**

Další variantou použití rozhraní Modbus je na protokolu TCP/IP, kde je pro komunikaci vyhrazen port 502. Tato varianta má výhodu v několikanásobně větší propustnosti dat (teoreticky až stovky Mb/s) a zároveň možnost bezdrátového přenosu po síti Ethernet. Pokud je například PLC vybaven příslušnou síťovou kartou a máte přístup k IP adrese zařízení, můžete PLC ovládat vzdáleně. [5]

## **2.6 Rešerše PLC systémů (z pohledu funkčních vlastností, z pohledu programovacích technik)**

V této kapitole je přibliženo, co nabízejí nejznámější výrobci PLC systémů, od možností softwaru, po vybavenost a možnost rozšíření logických automatů.

### **2.6.1 Unitronics**

Společnost s přímým zaměřením na programovatelné automaty, která vznikla v roce 1989, se dnes těší velké klientele. Mezi nejznámější klienty patří např. Coca-Cola, Mercedes-Benz, Fiat, Intel a mnoho dalších. [7]

- **Vision™ Series**

Základním pilířem firmy je série PLC Vision™, kde se dále dělí produkty do dvou kategorií: standard a enhanced. V kategorii standard jsou PLC, které jsou určeny pro využití

v omezenějším rozsahu. Zařízení jsou rozšiřitelná maximálně do 316 I/O, mají černobílé, nebo monochromní obrazovky menšího rozlišení. V kategorii enhanced nalezneme už PLC s možností rozšíření až na 1000 I/O. Jsou vybaveny většími dotykovými, barevnými displeji.

K této sérii patří software VisiLogic™, který lze programovat jazykem Ladder. Nabízí příjemné prostředí, kde naprogramujete jak samotnou funkci PLC, tak i jeho uživatelské rozhraní. Velmi užitečnou utilitou je možnost vzdáleného přístupu pomocí funkce „Online Test“ přímo na obrazovku PLC, včetně možnosti jejího ovládání. Software rozlišuje, zda programujete standard nebo enhanced verzi PLC, jelikož enhanced verze disponují několika funkcemi, které u standard verzí chybí. Jedná se například o alarmy, knihovny řetězců, funkce zobrazování trendů a podobně. [7]

- ***UniStream® Series***

Nejnovější série produktů firmy Unitronics. Jedná se o výkonný PLC s velmi rozsáhlými možnostmi uživatelského rozhraní a vestavěným webovým serverem, který umožňuje vizualizaci a ovládání v jednom. Například na notebooku, tabletu, smartphonu, zkrátka na každém zařízení, které je schopno spustit webový prohlížeč. PLC je osazen mnohem rychlejšími procesory než u předchozí série, je možné ho rozšířit až o 2048 I/O a disponuje přes 2MB operační paměti. [7]

Tato série je programována a ovládána softwarem UniLogic®. Samotný program je uživatelsky přehlednější a mnoho funkcí, které se u předchozí série musely složitě programovat, je zde předprogramováno a zastoupeno v jednom funkčním bloku, což značně ulehčuje práci. Programovací editory dokonce umožňují oproti programu VisiLogic psát kód i v jazyce C. Možnosti tvorby obrazovek a vizualizací jsou svobodnější a lze snadno vytvořit příjemné grafické prostředí. [7]

Firma Unitronics má v nabídce ještě další dvě série, které stojí za zmínku. První je Samba™, produktová řada, která se vyznačuje svojí kompaktností a hodí se tedy spíše pro malé projekty. Je vybavena barevným dotykovým displejem a je cenově dostupnější než obě výše zmíněné řady. Druhá už není doslova série, ale pouze dva typy PLC, které firma uvádí společně. První produkt se nazývá Jazz® a druhý M91™. Pro oba PLC platí, že mají pouze textové uživatelské rozhraní a lze je tedy ovládat pouze vestavěnou klávesnicí, což naznačuje,



že se hodí pro velmi jednoduché aplikace. Tyto PLC mají také vlastní software, který firma nazvala U90 Ladder™. [7]

Unitronics nabízí I/O expansní moduly ke všem výše popsaným produktovým řadám, pomocí kterých lze rozšířit počet I/O nebo i funkcí, jako např. expansní modul s teplotním čidlem a podobně. [7]

## 2.6.2 Siemens

Společnost Siemens je na trhu elektroniky již několik desítek let a právě ona byla také u počátků automatizovaných procesů. Siemens rozhodně patří mezi světové giganty automatizace. V rámci PLC nabízí firma světově známou řadu SIMATIC. Ta v sobě skrývá čtyři kategorie, do kterých své produkty zařazuje. [11]

- ***Basic Controllers***

Tato kategorie se vyznačuje kompaktními rozměry, obsáhlou škálou technologických funkcí a integrovaných I/O. Hodí se pro každodenní úlohy automatizace v rámci menších projektů. V tomto okamžiku nabízí Siemens pouze SIMATIC S7-1200. [11]

- ***Advanced Controllers***

Velmi krátké reakční doby, vysoká kvalita řízení. To jsou hlavní rysy této kategorie. Správná volba pro složité aplikace, u kterých je vyžadován velký systémový výkon. [11]

Vlajkovou lodí pro tuto kategorii je SIMATIC S7-1500, který je považován za stávající standard pro všechny automatizační výrobní procesy, včetně komplexních aplikací souvisejících s bezpečností. Díky jeho volné škálovatelnosti je perfektním řešením pro automatizaci ať už samotného zařízení, nebo celého výrobního závodu.

Dalšími členy kategorie jsou SIMATIC S7-300, který je speciálně navržen pro systémová řešení ve výrobním průmyslu. Dále SIMATIC S7-400, který je kompromisem pro systémová řešení ve výrobním průmyslu a automatizací procesů. Je vhodný zejména pro úkoly náročné na zpracování velkého objemu dat. [11]

- ***Distributed Controllers***

Distribuovaný inteligentní systém, který je i díky svému kompaktnímu designu vhodný pro sériovou výrobní linku. Může být umístěn v malých ovládacích skříních přímo na stroji, nebo může být napojen na centrální ovládací skříně výrobní linky pomocí PROFINET.

V této kategorii Siemens nabízí SIMATIC ET 200SP CPU, který je osazen integrovaným procesorem a možností připojení pomocí PROFINET. Samotná funkce procesoru je obdobná jako u SIMATIC S7-1500. Díky osazení třemi Ethernet porty mohou být realizovány různé komunikace.

Nástavba tohoto typu je SIMATIC ET 200SP Open Controller, který jako první řadič tohoto typu v sobě spojuje funkce softwarového řízení s vizualizací, aplikací pro Windows a centrální I/O v kompaktním přístroji. Je rozšiřitelný standardními moduly ET 200SP a je optimalizován pro stroje v distribuované architektuře.

Posledním článkem této kategorie je SIMATIC ET 200pro. Velmi robustní a výkonný I/O systém. K dispozici jsou moduly s vlastní procesorovou jednotkou pro připojení na PROFINET nebo PROFIBUS. Díky své robustní konstrukci je tento model použitelný i v místech, kde může být zvýšené mechanické namáhání. [11]

- ***Software Controller***

Siemens vytvořil software, který je postaven na systému Windows. Jeho velkou výhodou je, že při spuštění jsou pozastaveny všechny procesy aktualizace systému Windows. Nemůže tedy dojít k náhlému restartu systému. Je možné v něm programovat pomocí jazyků LD, FBD, STL a jazyky vytvořené společností Siemens S7-GRAPH a S7-SCL. Jeho první vydání bylo pro řadu SIMATIC S7-1500 a nazývá se SIMATIC S7-150 Software Controller. Řady SIMATIC S7-300/400 jsou ovládány pomocí softwaru SIMATIC WinAC. [11]

- ***Rozšíření I/O***

Jako multifunkční, libovolně rozšiřující řada slouží SIMATIC ET 200. Všechny druhy rozšíření mohou být zakomponované do existujícího automatizačního systému pomocí připojení PROFIBUS nebo PROFINET. [11]

### 2.6.3 ABB

Pokud uvažujeme o nejmodernějším řešení v rámci energetiky a automatizace, můžeme také ve všem počítat s ABB. Pod touto firmou pracuje okolo 135 000 lidí ve 100 zemích světa, z toho více než 3 400 lidí na území ČR, kde poprvé v roce 1992 otevřela ABB svou pobočku.

ABB rozděluje své služby v programovatelných logických automatech do následujících produktových řad. [12]

- **AC500**

Tato řada je stěžejním pilířem. Nabízí spolehlivou a výkonnou platformu, na které lze navrhovat a vytvářet škálovatelné, nákladově efektivní a flexibilní řešení automatizace. AC500 je ideální volbou pro komplexní vysokorychlostní stroje a síťová řešení. Je vysoce modulární, dokáže pracovat až s více než 80 000 I/O. Tato produktová řada nabízí možnost si složit systém dle svých potřeb z několika řad CPU, I/O modulů, CMS modulů, komunikačních modulů. Tyto řady se dělí na několik dalších produktů s odlišným osazením například pamětí, počtem portů a jiným vybavením. Každý složený systém AC500 je vybaven možností komunikovat přes Ethernet, Internet, PROFINET, PROFUBUS, Modbus, CANopen, EtherCAT. CPU je osazen dvěma sériovými rozhraními RS-232/ RS-485 a umožňuje uložení dat na SD kartu. [12]

- **AC500-XC**

Řada, která se vyznačuje hlavně tím, že je konstrukčně odolná proti vlhkosti, vibracím, plynům, které způsobují korozi, dokáže pracovat v teplotním rozsahu -40 až +70 °C a může být také instalována ve velkých nadmořských výškách. Vybavení řady AC500-XC je totožné s AC500, liší se pouze výše zmíněnou odolností proti vnějším vlivům, z čehož vyplývá ušetření nákladů na zabezpečení proti zmíněným vlivům. [12]

- **AC500-eCo**

Kompaktní PLC, který nabízí flexibilní a ekonomické řešení pro moderní řídicí systém. Je ideální volbou pro menší aplikace. Vysoký výkon, který má k dispozici velkou paměť. Komunikace je možná přes Ethernet, PROFINET, PROFIBUS moduly CI54x a CANopen. CPU je osazen jedním sériovým rozhraním RS-485 a lze rozšířit až o dalších 10 I/O modulů. Obdobně jako u řady AC500 je AC500-eCo sestavitelná z několika CPU, I/O modulů a jiného vybavení. [12]

- **AC500-S**

Tato řada PLC je určena pro bezpečnostní aplikace v továrnách nebo jiných automatizačních oblastech. Jednoduchá implementace nastavení konceptu (jeden bezpečnostní program pro několik typů zařízení). AC500-S je volně rozšiřitelná o řadu AC500 a naopak. CPU v této řadě může být nakonfigurováno tak, že pracuje i tehdy, když je CPU v ostatních řadách AC500 v režimu STOP. Tato řada nabízí pouze jeden typ CPU rozšiřitelný o několik I/O modulů, které spolu komunikují prostřednictvím protokolů PROFINET nebo PROFIsafe. [12]

- **AC500-S-XC**

Stejně jako AC500 má řada AC500-S i vlastní verzi s konstrukcí odolnou vůči extrémním podmínkám. Jako u AC500-XC je tato řada odolná proti vlhkosti, vibracím, plynům, které způsobují korozi, dokáže pracovat v teplotním rozsahu -40 až +70°C a může být instalována ve velkých nadmořských výškách. Tato řada má také stejné funkční vlastnosti jako řada AC500-S. [12]

- **Software Automation Builder**

Software vyvinutý společností ABB, skrze který můžete programovat jak pro PLC klasickým způsobem LD, FBD, tak i pomocí STL. ABB Automation Builder pokrývá programování PLC, bezpečnostních PLC, řídicích panelů, pohonů a robotů. Software je dostupný ke stažení ve verzích Basic, Standard a Premium. V edici Standard nenajdete

programování C/C++ a v edici Basic mimo jazyka C/C++ chybí i možnost programování AC500 CMS. Všechny edice jsou volně ke stažení ve 30 denní zkušební verzi, poté je nutné si zakoupit licenci. [12]

#### 2.6.4 Schneider Electric

Již 180 let píše Schneider Electric svou historii. V počátcích se firma věnovala ocelářskému průmyslu, velkým strojům a stavbě lodí. V současné době se již věnuje pouze energetickému a automatizačnímu managementu.

Co se automatizace týká, Schneider Electric nyní nabízí celkem 4 řady programovatelných logických automatů. [13]

- **Modicon M168**

Řada PLC navržena speciálně pro kategorii HVAC, což v překladu znamená topení, ventilace a klimatizace. Modicon M168 je k dostání ve verzi parametric controller, která je již předprogramovaná pro určité zapojení a ihned po zapojení připravená k použití, nebo ve verzi programmable controller pro vlastní naprogramování systému. Tyto PLC spolu s ostatními komponenty této řady komunikují přes protokoly BACnet IP/WEB, BACnet MS/TP, Modbus TCP/WEB a LONWorks.

Medicon M168 je dostupný ve čtyřech verzích. Dvě verze bez displeje, jedna s možností připojení k internetu a druhá bez možnosti připojení. Dále pak dvě verze s displejem se stejným rozdílem. Všechny zmíněné verze jsou vybaveny dvěma sériovými porty RS-485, jedním portem pro rozšiřující moduly ExpBus a jedním programovacím portem. Jako dodatek nabízí tato řada i TM168G, což je vzdálený display a lze ho napojit přes rozhraní ExpBus. Tato řada je rozšiřitelná moduly TM168E17, a to maximálně na 120 I/O.

Dedikovaný software pro Modicon M168 s názvem SoHVAC nabízí možnosti programování pomocí FBD a ST, pomocí kterých můžete vyvíjet, konfigurovat a uvádět do provozu v jednom softwarovém prostředí. [13]

- **Modicon M171/M172**

Tato řada je specifická pro svoji maximální energetickou účinnost a ziskovost. Navržena speciálně pro HVAC a čerpací stanice, ale lze ji použít i na jiné aplikace. Modicon M171/M172 je dostupný ve třech variantách. Modicon M171 optimized logic controller, který je nejmenším PLC na trhu. Jedná se o velmi jednoduchý a kompaktní kontrolér, který lze snadno nainstalovat. Modicon M171 performance logic controller, který má na rozdíl od optimized verze výkonnější paměť, I/O, lepší konektivitu a vložený webový server. Poslední variantou k dostání je Modicon M172 performance logic controller, která je novější, výkonnější a více rozšiřitelná než verze M171. Tato řada nabízí komunikaci skrze protokoly: Modbus SL, Modbus TCP, BACnet MS/TP, BACnet/IP, CAN, Profibus, ASCII, LonWorks. Každá z těchto variant je dostupná v několika verzích. Lze například zakoupit s displejem nebo bez displeje, s více či méně I/O, s různým počtem sériových portů RS-485, CAN nebo Ethernet portem.

Pro programování a ovládání má tato řada dedikovaný software SoMachine HVAC. Tento software je podporovaný standardem IEC 61131-3, což znamená, že v něm můžete programovat pomocí LD, FBC, ST, IL a SFC. [13]

- **Twido**

Kontrolér vhodný pro jednoduché aplikace jako řízení osvětlení, topení, klimatizace, řízení/monitoring. Dále je vhodný pro repetitivní procesy jako jsou dopravníky, výtahy, automaty. Twido umí komunikovat skrze AS-Interface, CANopen, Ethernet, Modem, Remote Link, Modbus, ASCII a při zakoupení přídatného modulu TWDLC i přes Modbus TCP/IP. Dokáže provést příkaz až do 100 I/O za 1 $\mu$ s. Twido lze zakoupit ve verzi Compact, která má 10 základních variant: 10, 16, 24 a 40 I/O a dalších 6 rozšiřitelných bází o další I/O moduly. Druhá verze je Twido Modular, která nabízí 5 variant: 20 nebo 40 I/O rozšiřitelných o 4 až 7 digitálních nebo analogových I/O modulů. K dispozici jsou 2 rozšiřující I/O moduly TM2.

Twido má svůj vlastní dedikovaný software s názvem TwidoSuite. Velmi přehledný a efektivní software, který lze programovat pomocí LD nebo ST. [13]

- **Zelio Logic**

Jednoduchá instalace a programování. Zelio Logic je vhodný pro řídicí systémy malých strojů, decentralizované řídicí systémy středně velkých až velkých strojů, řízení osvětlení, přístupů, klimatizace a monitorovací systém. Ke komunikaci využívá Modbus nebo Ethernet. Je rozšiřitelný až na 40 I/O. Zelio Logic má taktéž svůj dedikovaný software Zelio Soft 2, který lze programovat pomocí FBD, kde je v továrním nastavení předprogramováno 32 funkcí a pomocí LD, kde je předprogramováno 12 funkcí. Tento software zajišťuje bezpečné programování a lze v něm spustit test soudržnosti, simulace a monitorování atd. [13]

- **Schneider Electric Software**

Na rozdíl od ostatních firem, které mají většinou jedno vývojářské prostředí, Schneider Electric má software téměř na každou aplikaci. Od vodárenství, přes teplárenství, výrobní linky, SCADA systémy až po monitoring. Programování je realizováno pomocí velmi příjemně graficky zpracovaných FBD. Všechny softwary si prošly za poslední roky velkými změnami a mnohočetnými vylepšeními. Zkrácení vývojového cyklu, lepší efektivita práce a příjemnější design vývojářského prostředí. [13]

### 2.6.5 Mitsubishi Electric

Společnost Mitsubishi Electric byla založena roku 1921 v Japonsku. V současné době v rámci programovatelných logických automatů nabízí společnost produktovou sérii MELSEC. [14]

- **MELSEC iQ-R Series**

Tato série klade důraz na řešení pomocí 3 bodů: snížení celkových nákladů, zvýšení spolehlivosti a využití již instalovaných komponent při rozšiřování systému. MELSEC iQ-R je plně vybavená řídicí platforma s vysokou rychlostí zpracování, synchronizací modulů a sítí. Systém lze sestavit z velkého množství CPU, I/O modulů, vysokorychlostních čítačů a ostatních doplňků, což dělá z této série velmi flexibilní řešení pro širokou škálu aplikací, zejména však pro průmyslová odvětví.

CPU dokáže vykonat příkaz již za 0.98 ns a může být vybaveno SD kartou o kapacitě až 32GB. Je vybaveno USB portem a Ethernet portem. Komunikace mezi moduly je realizována pomocí RS-232 a RS-485. [14]

- ***MELSEC iQ-F Series***

Série MELSEC iQ-F prošla mnoha vylepšeními jako rozšíření vestavěných funkcí, větší rychlost řadiče a vylepšené prostředí softwaru GXW3. Základní CPU je možné mít ve třech verzích, které se od sebe liší se od sebe pouze počtem I/O, a to buď 32, 64 nebo 80 I/O. Řada iQ-F je vybavena komunikací Modbus, Ethernet, CC-Link a sériovým rozhraním RS-232 a RS-485. Je taktéž možné ukládat data na SD kartu. [14]

- ***MELSEC-Q Series***

Výkonnost dostává Q sérii na vysokou úroveň řízení. Jedná se o extrémně výkonné PLC, které dokáže vykonávat příkazy v řádech nanosekund. MELSEC-Q výrazně zvyšuje výkonnost a rychlost zařízení. Nabízí velmi přesné, vysokorychlostní zpracování dat velkého objemu. CPU má v sobě zabudovaný Ethernet port, slot pro SD kartu a sériové rozhraní RS-232/485. Tato řada spolu komunikuje prostřednictvím BACnet, Modbus/TCP a CC-Link. Velkou výhodou této série je automatický log událostí, které můžete ukládat buď na SD kartu, nebo také na FTP server. [14]

- ***MELSEC-L Series***

Řada L je kompaktní PLC, které se vyznačuje výjimečným poměrem ceny a výkonu a vysokou spolehlivostí. Poskytuje výkon a funkce potřebné pro současné náročné aplikace. Disponuje velmi kompaktními rozměry. CPU je vybaven malým čtyřřádkovým displejem, slotem pro SD kartu, rozhraním USB, Ethernet portem, sériovým rozhraním RS-232/485 a 24 vestavěnými I/O. Moduly spolu komunikují skrze BACnet, Modbus/TCP a CC-Link. [14]



- **MELSEC-F Series**

Bohaté funkce a flexibilní konfigurace systému v kompaktní velikosti. PLC MELSEC-F obsahuje napájecí zdroj, CPU a I/O v jednom kompaktním celku. Je vhodné pro různé uživatelské projekty. PLC je jednoduše programovatelný a flexibilně rozšiřitelný tak, aby bylo možné vytvořit systém přesně na potřebnou aplikaci. K dostání je několik verzí, které se hlavně liší dle počtu I/O, od 10 až po 96 I/O. [14]

- **MELSEC-QS/WS Series**

Bezpečnostní série, která garantuje nulové riziko nehod pro produktovou řadu MELSEC. Poskytuje vizualizaci informací o bezpečnosti, realizuje bezpečnostní kontroly a zvyšuje produktivitu. Bezpečnostní PLC série QS umí řídit a kontrolovat až 1008 I/O. Komunikuje skrze CC-Link Safety, CC-Link IE a Ethernet. [14]

- **MELSOFT**

Mitsubishi Electric má ke každému úkonu speciální software. MELSOFT iQ Works pro vývoj a programování, GX Works, který nabízí větší komfort programování, PX Developer zajišťující tvorbu regulačních smyček pomocí jednoduchých „drag & drop“ operací. Dále software MX Component, pomocí kterého lze snadno připojit PLC k PC bez nutné znalosti komunikačních protokolů a software MX Sheet, který spolupracuje se tabulkovým procesorem Microsoft Excel, do kterého zapisuje alarmy, změny v systému a důležité informace. [14]

## 2.6.6 Porovnání a vyhodnocení

Všechny zmíněné firmy nabízejí velmi širokou škálu výrobků, přesto má každá méně či více odlišnou politiku nabízených produktů.

Firma Unitronics je od svého založení přímo zaměřená na automatizaci, nyní má i sídlo v ČR a produkty jsou cenově dostupnější než u ostatních firem. Produkty od Unitronics dnes pokrývají celé spektrum využití PLC. Od malých domácích aplikací po výrobní linky až

rozsáhlé elektrárny, vodárny. Velkou výhodou je také veškerý software včetně aktualizací a technická podpora zdarma.

Firma Siemens má své pole působnosti skrze celý elektronický průmysl. Produktové řady firmy Siemens jsou velmi flexibilní. Jsou k dostání velmi jednoduché PLC, kterými můžete řídit jednoduché aplikace, nebo distribuované PLC, které jsou speciálně navrženy pro řízení výrobních linek továren, nebo jiných velkých automatizačních procesů. Softwarově je Siemens o krok dál oproti Unitronics, programovat totiž lze nejen pomocí LD a FBD, ale i pomocí STL jazyků. Software však není zdarma, licence Professional stojí v přepočtu 110 000kč. Propojovací kabely nejsou taktéž levné, obecně se pohybují okolo 8 000kč, ale například PROFIBUS Repeater stojí okolo 50 000kč.

ABB je opravdovým světovým gigantem automatizace jako celku. Specializuje se hlavně na velké projekty, jako jsou elektrárny, vodárny, těžební průmysl a podobně. Jejich produkty jsou velmi sofistikované a důkladně propracované. Celkově si ovšem za jejich služby musí zákazník oproti ostatním firmám připlatit. V rámci PLC má však také co nabídnout. Od malých kompaktních PLC po jejich stěžejní produktovou řadu AC500, která si poradí až s 80 000 I/O. Velkou výhodou je, že každá produktová řada má také svoji variantu XC, která zvládá chod i za extrémních podmínek. Software od ABB je taktéž velmi kvalitní a nabízí programování pomocí LD, FBD a STL jazyků. Po 30 denní zkušební verzi si ovšem zákazník musí pořídit licenci.

Schneider Electric nabízí velmi výkonné PLC různých rozměrů a použitelností. Specializuje se hlavně na problematiku HVAC, ale nabízí i řady s širokým polem působnosti. Co se oblasti HVAC týká, produktová řada Zelio Logic nabízí předprogramovaný PLC na časté aplikace, který stačí pouze nainstalovat, jednoduše nastavit a může být uveden do provozu. Každá produktová řada má vlastní software, což velmi usnadňuje práci. Například v softwaru pro PLC specializovaný na HVAC jsou pouze elementy v rámci této problematiky, čili uživatele neruší spousta dalších funkcí, které ani nemůže využít.

Mitsubishi Electric má v nabídce velmi širokou škálu moderních PLC, od kompaktní řady L, vhodné pro uživatelské projekty, až po řadu iQ-R, která má extrémně výkonné procesory a pomocí které lze řídit velké průmyslové aplikace. Velmi populární je také produktová řada bezpečnostních PLC QS/WS, která zajišťuje nulové riziko nehod. Monitoruje a chrání tak celý proces průmyslové výroby. Mitsubishi Electric nabízí mnoho vývojářských, monitorovacích, komunikačních softwarů. Každý z nich má dílčí úlohy, na

kteří se soustředí. Vývojářské softwary splňují standard IEC 61131-3. Lze v nich tedy programovat pěti programovacími jazyky.

Pro projekt fotovoltaické elektrárny byly vybrány produkty od firmy Unitronics. Z důvodu ideálního rozsahu produktové řady PLC Vision pro tento projekt, z důvodu cenové dostupnosti a z důvodu volně stažitelného vývojového softwaru.

## **3 Projekt řízení na bázi PLC pro laboratorní fotovoltaické elektrárny**

### **3.1 Cíl a popis projektu**

Cílem projektu bylo vybudování laboratorního modelu fotovoltaické elektrárny, který bude demonstrovat možnosti víceúrovňového řízení průmyslových aplikací pomocí PLC. Model bude k dispozici studentům, kteří budou mít zájem se více přiblížit praktické stránce studia, seznámit se s možnostmi víceúrovňového řízení a také si vyzkoušet vlastní funkce laboratorního modelu.

Tento systém se skládá z řízené technologie, rozvaděče s nainstalovaným vybavením, PLC a SCADA systému.

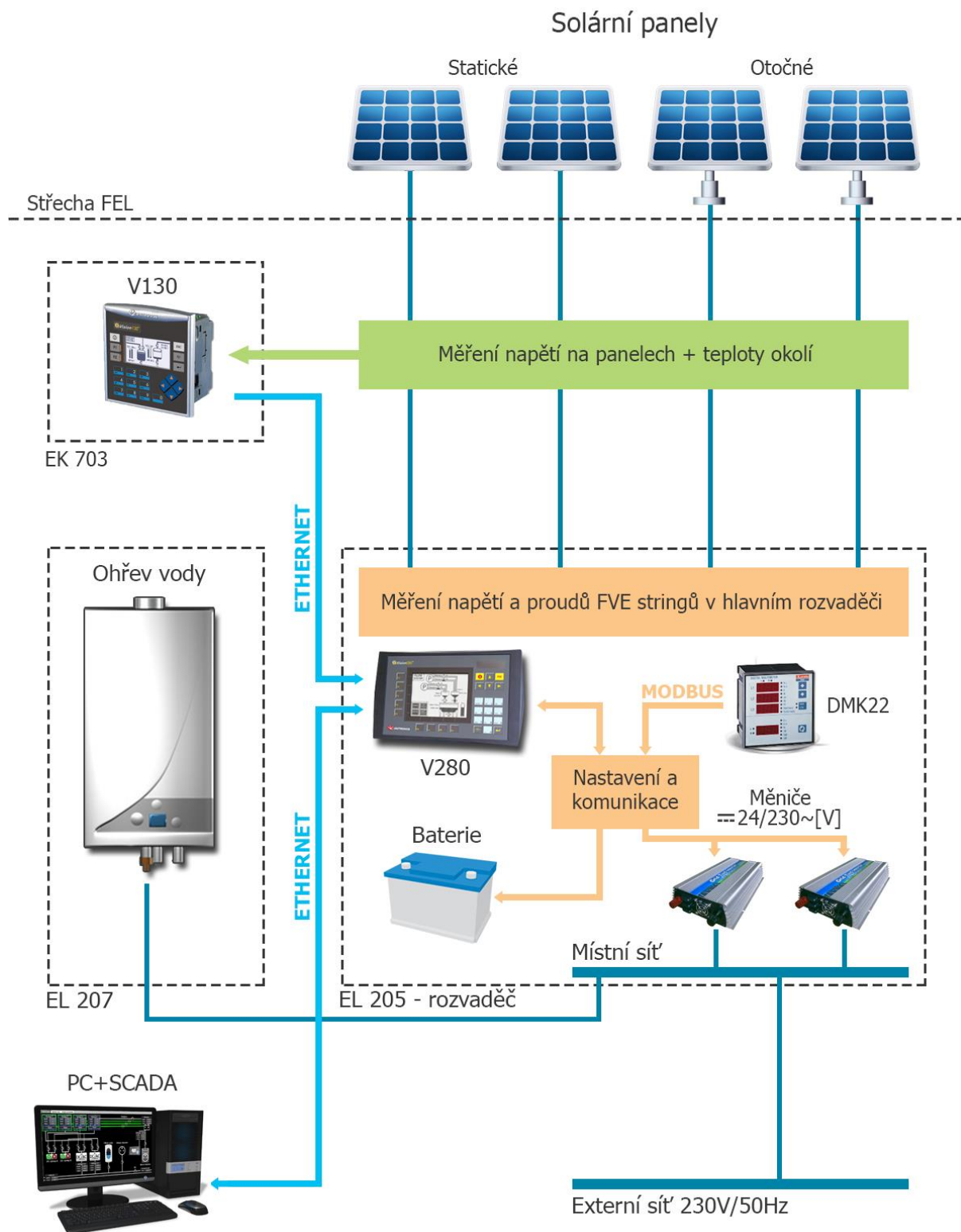
Úroveň PLC prezentuje možnosti řízení systému pomocí víceúrovňových obrazovek, přepínání režimů a také možnost uložení nebo načtení vlastního nastavení režimu, dále možnosti zobrazení aktuálního stavu jednotlivých funkčních prvků a zobrazení naměřených dat v časové ose. Projekt také demonstrovuje možnost řízení systému pomocí externího rozhraní SCADA systému, který je dostupný jak pro webové rozhraní, tak pro mobilní. Dále představuje možnosti oboustranné komunikace dvou PLC systémů.

- ***Struktura projektu***

Systém se skládá ze dvou statických a dvou otočných solárních panelů na střeše budovy, které vedou do rozvaděč. Ten se nachází v místnosti EL205 a jsou v něm instalovány technologie vykonávající funkci řízení pomocí PLC Vision V280. Dále se skládá z PLC Vision V130 v místnosti EK703, SCADA systému připojeného pomocí sítě Ethernet

do PLC V280 a k ukázce možnosti spotřeby vyrobené energie slouží boiler pro ohřev vody v místnosti EL 207.

Pro lepší představu viz obr. 3.1.



Obr. 3.1 Přehledové systémové schéma

## 3.2 Funkční prvky

Kapitola obsahující funkční prvky celého systému, a to od nejvíce nadřazených ovládacích prvků po ty ovládané, které vykonávají pouze vlastní funkci.

### 3.2.1 Solární panely

V projektu jsou použity čtyři monokrystalické panely, kde každý panel je schopen dodat výkon 230Wp. Tyto panely jsou po dvou zapojeny do paralelní kombinace. Rám, na který jsou FVE panely pevně uchyceny, umožňuje natočení panelů v rozsahu 0-90°.

Dále jsou použity další dva panely, jeden monokrystalický a druhý polykrystalický, rovněž každý o výkonu 230Wp. Tyto FVE panely jsou umístěny na polohovacích zařízeních, která upravují svoji polohu za účelem nejefektivnějšího využití slunečního záření. Panely se díky senzorům natácejí tak, aby směřovaly kolmo proti slunečnímu záření. Ukázka solárního panelu viz obr. 3.2.1.



Obr. 3.2.1 Solární panel firmy Solar Serve LTD [15]

### 3.2.2 PLC

Řízení celého systému zajišťují dva programovatelné logické automaty od firmy Unitronics. Důvodem k volbě právě těchto PLC bylo příjemné uživatelské rozhraní (dotykový HMI display), menší rozměry a snadná rozšiřitelnost pro další použití. Oba PLC jsou programovány pomocí originálního softwaru VisiLogic od firmy Unitronics dostupného zdarma na [www.unitronics.com](http://www.unitronics.com).

- **Vision V280**

Tento PLC je hlavním řídicím prvkem celého systému. Je vybaven analogovými a digitálními I/O, vlastní aplikační paměť a dotykovým displejem o rozlišení 320x240 pixelů, který lze ovládat i zabudovanou klávesnicí s možností zobrazení 24 různých proměnných na jednu obrazovku. Z pohledu komunikace využíváme RS232 port, Ethernet, Modbus a OPC server, přes který PLC komunikuje se SCADA systémem. PLC Vision V280 je rozšířen o následující, níže uvedené moduly. Fotografie rozšiřujícího modulu IO-AI8 viz obr. 3.2.2.1.



Obr. 3.2.2.1 PLC Vision V280 v laboratoři EL205

- **V200-18-E4XB**

Rozšíření o lokální I/O unikátně pro Vision V280, které se zapojuje přímo do zadní části PLC. Toto rozšíření zahrnuje 18 izolovaných digitálních vstupů, 17 izolovaných tranzistorových výstupů, 4 izolované analogové vstupy a 4 izolované analogové výstupy.

- **Modul IO-AI8**

Modul s analogovými vstupy, který v našem případě sbírá hodnoty z měření napětí na všech čtyřech panelech a také napětí na olovené baterii pod rozvaděčem v místnosti EL 205. Fotografie rozšiřujícího modulu IO-AI8 viz obr. 3.2.2.2.



Obr. 3.2.2.2 Rozšiřující modul IO-AI8 od firmy Unitronics

- **Modul IO-TO16**

Modul s digitálními výstupy, pomocí kterých řídíme zbylých 16 spínacích relé. Fotografie rozšiřujícího modulu IO-TO16 viz obr. 3.2.2.3.



Obr. 3.2.2.3 Rozšiřující modul IO-TO16 od firmy Unitronics

- **Vision V130-33-T38**

PLC Vision V130 je podružný systém instalován v místnosti EK 703, který má za úkol zajistit měření okolní teploty pomocí termoelektrických vstupů. Hodnota je odesílána pomocí sítě Ethernet do nadřazeného PLC Vision V280, kde je zpracována a zobrazována na dotykové obrazovce. Je vybaven 22 digitálními vstupy a 16 tranzistorovými výstupy. Fotografie PLC Vision V130 viz obr. 3.2.2.4.



Obr. 3.2.2.4 PLC Vision V130 od firmy Unitronics



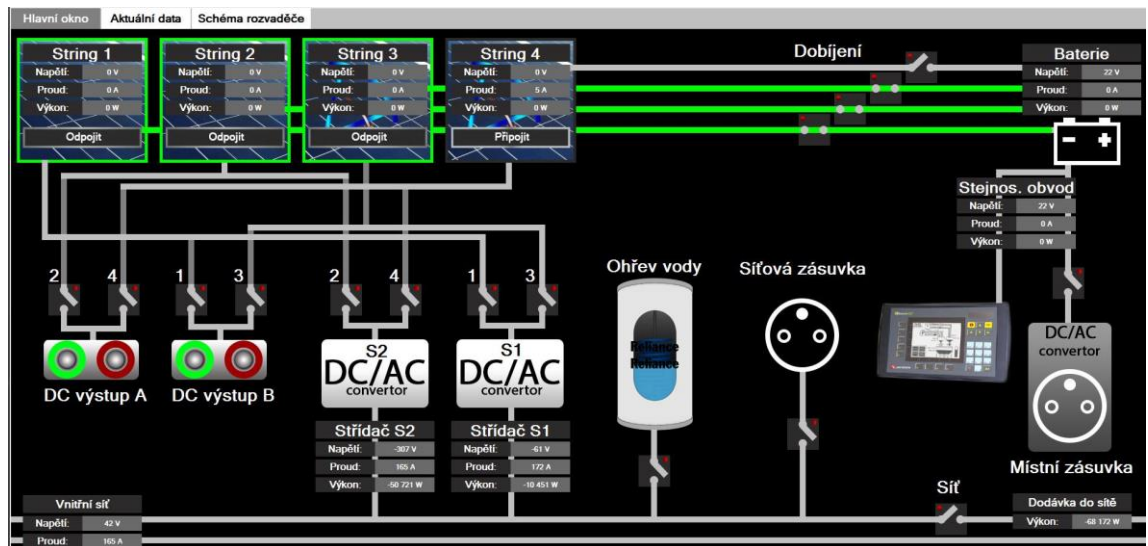
- **IO-PT400**

Rozšiřující I/O modul, který nabízí 4 vstupy pro měření teploty. Pomocí tohoto modulu je realizováno měření teploty okolí solárních panelů na střeše budovy FEL.

### 3.2.3 SCADA Systém

SCADA, celým anglickým názvem „Supervisory Control And Data Acquisition“, kterému lze v češtině rozumět jako „nadřazené řízení a sběr dat“. SCADA aplikace je vytvořena v systému Reliance 4 a prezentuje možnosti zpracování dat, archivace dat a zobrazení. Dále možnosti řízení a vizualizace.

Pomocí vnořených klientů lze tento systém graficky přizpůsobit a zpřístupnit tak vizualizaci pro uživatele na různých platformách, jako například stolní počítače, notebooky, tablety, PDA, smartphony. Obecně lze zobrazit na všech zařízeních vybavených webovým prohlížečem. Detailní popis funkce SCADA systému v projektu FVE je vypracován v práci [3]. Na obr. 3.2.3 se nachází řídicí obrazovka SCADA systému projektu FVE.



Obr. 3.2.3 Řídicí obrazovka SCADA systému projektu FVE [3]

### 3.2.4 Zdroje

V projektu FVE máme následující zdroje elektrické energie.

- **Fotovoltaické panely**

Fotovoltaické panely zastávají funkci primárního zdroje elektrické energie. V paralelní kombinaci po dvou máme 4 monokrystalické panely, dále jeden monokrystalický a polykrystalický zvlášť, tedy dohromady 4 svedené stringy do rozvaděče. Všechny panely se nacházejí se na střeše budovy FEL.

- **Baterie**

Baterie slouží jako sekundární zdroj elektrické energie. Je využívána jako akumulční článek k uchování energie vyrobené z fotovoltaických panelů a slouží také jako záložní napájení PLC v případě výpadku elektrické sítě. Baterie je zapojena jako sériová kombinace dvou 12V baterií s kapacitou 225Ah a nachází se pod rozvaděčem v laboratoři EL 205.

- **Střídavá síť**

V systému je střídavá síť interní a externí. Externí síť je pro dlouhodobou funkci FVE nezbytně nutná. Systém bez ní vydrží v chodu pouze po určitou dobu, napájí totiž zdroj PLC, který dodává do PLC potřebné 24V stejnosměrné napětí. Externí síť je také napájen multimetr DMK22. Interní střídavá síť je sítí ostrovní, která je při odepnutí externí sítě napájena z baterie.

### 3.2.5 Střídače a nabíječe

- **Střídač Solar Inverter GTI WV 500W**

V projektu jsou instalovány 2 tyto střídače, které mají za úkol dodávat výkon do sítě. Střídač je napájen stejnosměrným napětím 24V a převádí výkon na střídavé napětí. Střídač S1 je připojen na stringy číslo 1 a 3, střídač S2 pak na stringy číslo 2 a 4. Tyto střídače jsou

využívány hlavně v automatickém režimu dodávky do sítě, kdy jsou střídače spínány pomocí PLC. Fotografie umístění viz obr. 3.2.5.

- **Nabíječ Phocos CX10**

V projektu jsou instalovány celkem 4 nabíječe Phocos CX10, které mají za úkol nabíjet baterii. Každý nabíječ je připojen na jeden string. Je vybaven ochrannou funkcí proti přetížení, zkratu nebo hlubokému vybití baterie. Důležitou funkcí nabíječe je také stabilizace výstupního napětí. Pomocí sloupcového grafu je možné sledovat stav nabití baterie. Fotografie umístění viz obr. 3.2.5.



Obr. 3.2.5 Umístění nabíječů a střídačů v místnosti EL 205

### 3.2.6 Multimetr DMK22

Tento multimetr od firmy Lovato byl nainstalován kvůli měření na třech fázích v obvodu. Na fázi L1 měříme přebytky, na fázi L2 a L3 pak výstupy ze střídačů S1 a S2, které nám říkají, jaký výkon dodáváme do sítě. Multimetr měří vždy napětí a proudy všech fází a frekvenci. Následně pomocí Modbus komunikace na rozhraní RS-485 jsou nadřazeným PLC

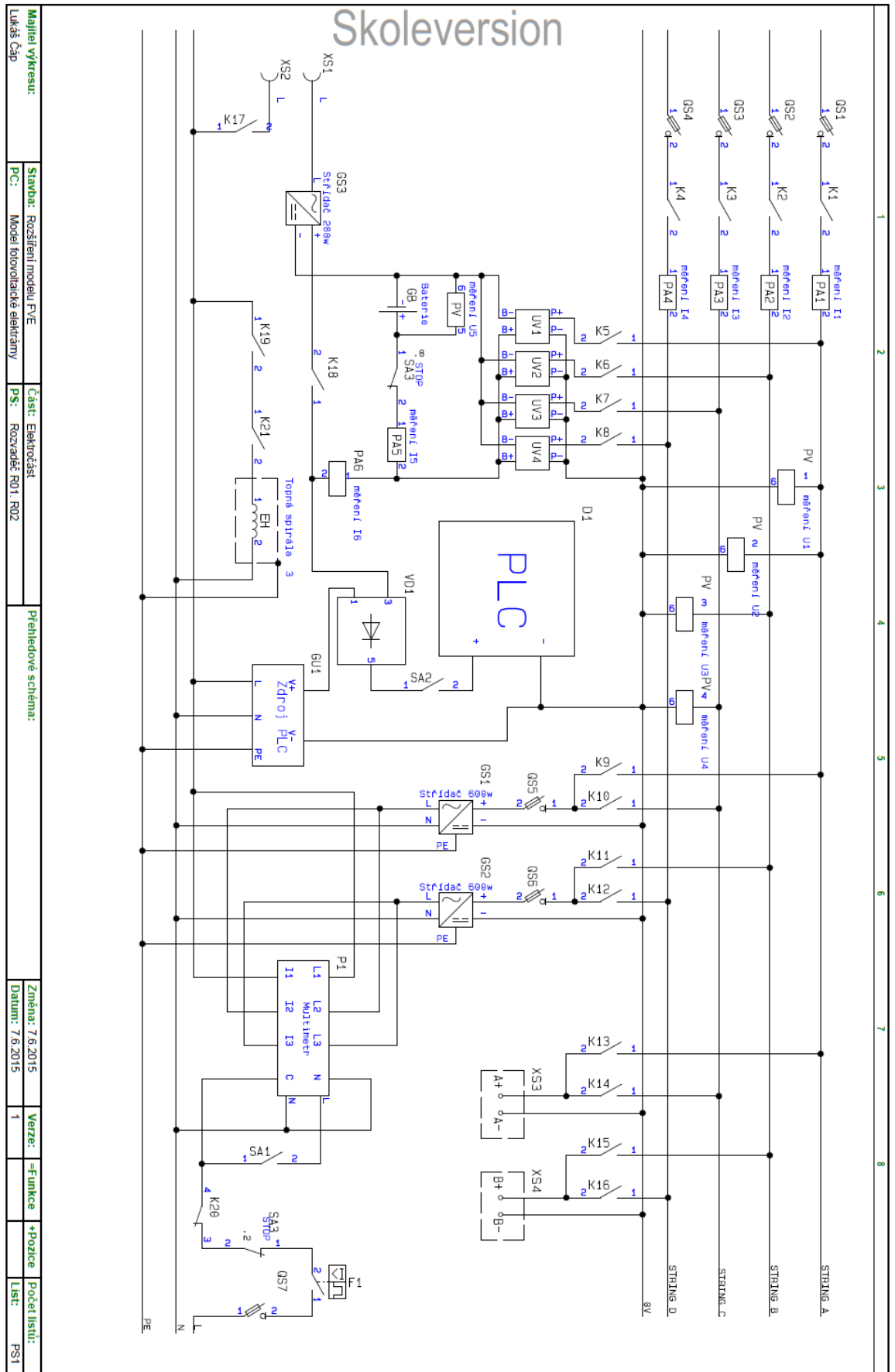
vyčítány naměřené hodnoty, které slouží k výpočtu bilance spotřeby systému. Fotografie multimetru DMK 22 viz obr. 3.2.6.



Obr. 3.2.6 Multimetr DMK 22 od firmy Lovato

### 3.2.7 Přehledové schéma

Na schématu jsou vyznačeny všechny funkční prvky rozvaděče umístěného v laboratoři EL 205. Jsou zde vyznačena místa pro měření napětí a proudů pomocí bočníků a předřadníků, místa měření multimetru DMK 22, střídače, nabíječe, baterie, zásuvky a všechna relé spínané pomocí PLC. Přehledové schéma se nachází na obr. 3.2.7. Všechna schémata, která jsou převzata z práce [17], naleznete v příloze č. 9.



Obr. 3.2.7 Přehledové schéma hlavního rozvaděče EL 205

### 3.2.8 Úrovně řízení a komunikace

Jak již bylo nastíněno, projekt je složen z několika funkčních prvků, kde každý z nich je využíván pro sběr dat určitého typu, nebo pro řízení dílčích funkcí a podobně. Často nejsou ve stejném rozvaděči nebo dokonce ve stejné místnosti. Je tedy nutno všechna potřebná data zasílat pomocí dané komunikace do nadřazených systémů, kde jsou prováděny další operace.

Komunikaci mezi dílčími prvky systému můžeme rozdělit do tří úrovní.

- **Úroveň řízených prvků**

Nejnižší úroveň systému. Prvky spadající do této úrovně jsou takové, které v systému nezastávají žádnou řídicí funkci. Jinými slovy jsou to prvky ovládané nadřazeným systémem. Do této kategorie patří PLC Vision V130, který se nachází v laboratoři EK 703 a má za úkol měřit okolní teplotu. Pomocí sítě Ethernet a komunikačního prvku Modbus je nastavena vzdálená komunikace mezi těmito PLC, skrze kterou si pak bere nadřazený PLC hodnotu naměřené okolní teploty. Komunikace skrze Modbus je dále využívána pro multimetr DMK22, který měří střídavé veličiny. V této úrovni dále najdeme střídače, relé, nabíječe, všechna měření ale i fotovoltaické panely a nádrž na ohřev vody.

- **Úroveň PLC**

Tato úroveň je nadřazená úrovni řízených prvků. Hlavní roli celého projektu FVE z pohledu řízení hraje PLC Vision V280 nacházející se v laboratoři EL 205. V jeho vnitřní paměti se nachází hlavní řídicí program, který zajišťuje kompletní chod celého systému. Pomocí PLC je ovládáno vše v podřazené úrovni řízených prvků. Jsou sbírána a vyhodnocována data a následně prováděny naprogramované operace. Na této úrovni je již systém plně funkční, samostatný a říditelný, a to buď pomocí naprogramovaných automatických režimů, nebo manuálně pomocí dotykové LCD obrazovky a klávesnice na předním panelu PLC.

- **Úroveň SCADA**

Úroveň SCADA je nejvíce nadřazená v celém systému. Ke komunikaci je využíván Ethernet a samotný přenos dat je zprostředkován OPC serverem Reliance 4 od firmy Unitronics. SCADA systém má s PLC vytvořené komunikační rozhraní, které se skládá z logických a číselných proměnných. Za předpokladu, že je aktivován bit vzdáleného režimu, může SCADA ovládat všechny logické proměnné zahrnuté v komunikačním rozhraní. Logická 0 znamená neaktivní funkci a logická 1 značí aktivaci funkce.

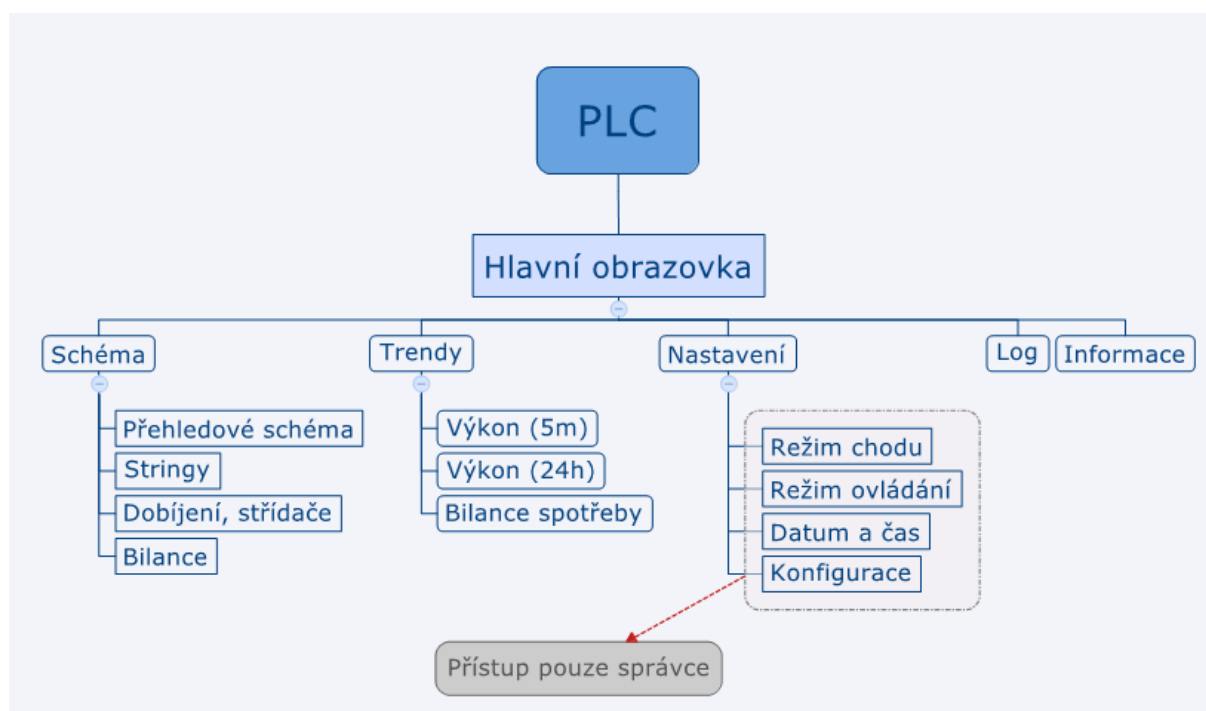
### **3.3 Systém kontroly a řízení, úroveň PLC (Implementace dílčích funkčních popisů)**

V této části práce je popsáno, jakou funkci vykonává PLC v projektu FVE. Jak je jeho chod automatizován, jaké jsou možnosti manuálního řízení, funkce kontroly a monitoringu, jakým způsobem komunikuje s nadřazeným systémem, jak a kam odesílá data, odkud je přijímá a kde je následně archivuje.

#### **3.3.1 Uživatelské rozhraní**

U vzhledu obrazovek byl kladen důraz zejména na jednoduchost a přehlednost. V této kapitole jsou popsány nejdůležitější funkční a vizualizační obrazovky.

Systém má dvě úrovně uživatele. Tou základní je host, který má přístup do obrazovek: schéma, trendy, log a informace. Nemůže však s ničím manipulovat a nemá jakoukoliv možnost změnit nastavení spínačů, režimů a podobně. Při stisknutí tlačítka „nastavení“, které se nachází na hlavní obrazovce, se systém automaticky zeptá na heslo. Bez správného vyplnění hesla nemá uživatel přístup do obrazovek nastavení. Pro lepší představu o rozložení obrazovek viz obr. 3.3.1.1.

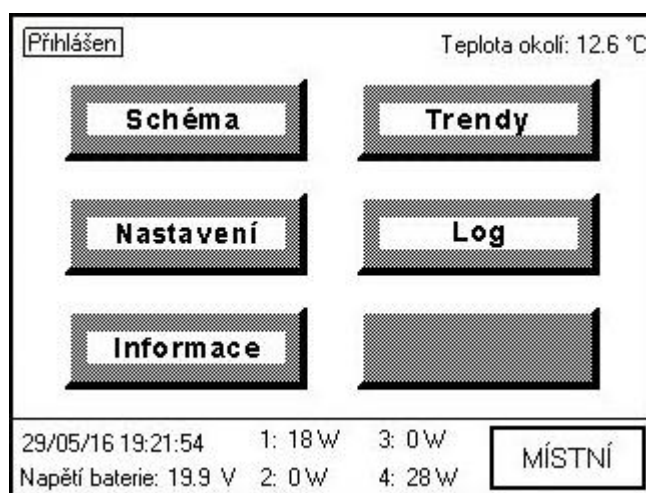


Obr. 3.3.1.1 Přehled obrazovek

- **Hlavní obrazovka**

Na základní obrazovce se nachází menu, ve spodní části informační lišta, kde je zobrazován aktuální datum a čas, napětí baterie, výkony jednotlivých stringů a informace o tom, zda je aktivováno místní nebo vzdálené ovládání. V horní části se nachází tlačítko, které dává informaci o tom, zda je uživatel přihlášen v systému, či nikoliv. Pokud není, na obrazovce svítí informace „Odhlášen“, kterou stačí stisknout a zobrazí se obrazovka se zadáním hesla, které je v základním nastavení „1234“. Pokud již uživatel přihlášen je, odhlásí se stisknutím stejného tlačítka, kde však v tomto případě bude svítit „Přihlášen“. Po odsouhlasení odhlášení bude uživatel odhlášen. Dále je také v horní části obrazovky zobrazena teplota okolí panelů umístěných na střeše. Hlavní obrazovka viz obr. 3.3.1.2.



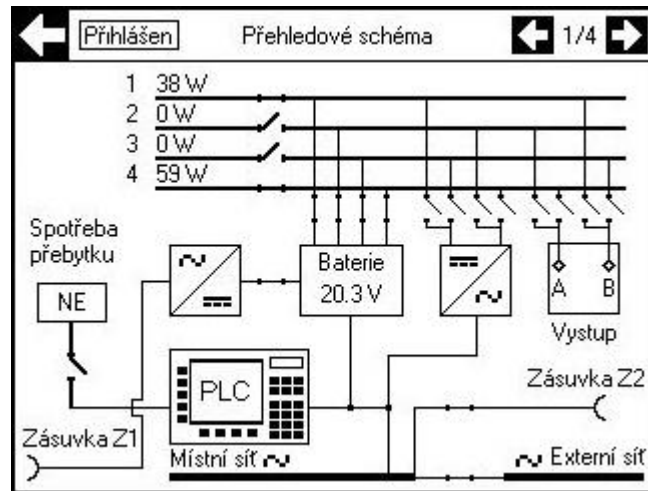


Obr. 3.3.1.2 Hlavní obrazovka

- **Schéma - přehledové schéma**

Po stisknutí tlačítka „Schéma“ na hlavní obrazovce se zobrazí přehledové schéma, viz Obr. 3.3.1.2. Jedná se o první ze čtyř schématických obrazovek. Na této obrazovce se nachází číselné informace o výkonech na jednotlivých stringách. Dále je implementována funkční vizualizace všech spínatelných relé. Jedná se však pouze o vizualizaci, případné změny nastavení spínačů lze provádět v následujících schématických obrazovkách, a to hlavně z důvodu omezeného rozlišení obrazovky. Horní lišta umožňuje pohyb po obrazovkách. V levém horním rohu je tlačítko pro návrat na hlavní obrazovku, v pravém pak informace o tom, na jaké obrazovce se nacházíte a šipkami doprava a doleva se mezi nimi lze pohybovat.

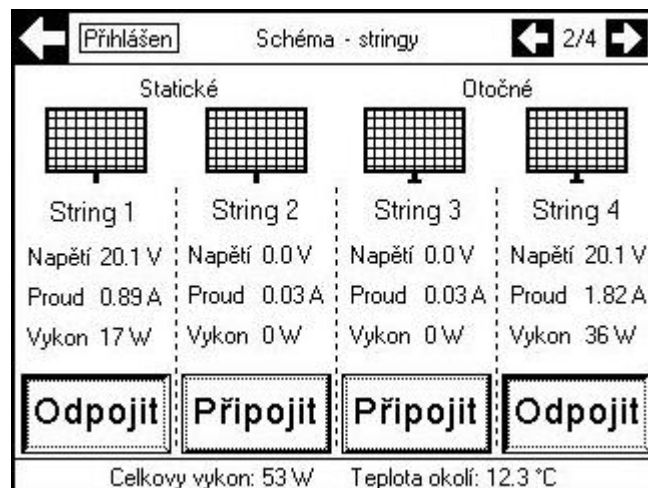
Zvláštěností této obrazovky je řešení vizualizace spínačů pro nabíječe baterie. Jelikož byl překročen maximální počet 24 proměnných na obrazovce, bylo naprogramováno řešení, které zobrazí stav všech čtyř spínačů pomocí jedné proměnné, tedy jednoho obrázku. Pro pokrytí všech kombinací bylo nutné vytvořit celkem 16 obrázků. Naprogramování těchto stavů je přiloženo v příloze č. 7. Obrazovka přehledového schématu viz obr. 3.3.1.3.



Obr. 3.3.1.3 Schéma - přehledové schéma

- **Schéma – stringy**

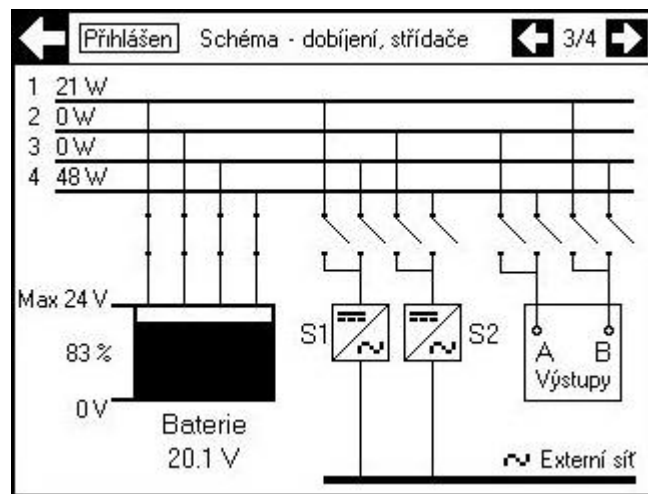
Tato obrazovka nabízí informace o jednotlivých stringách a jejich nastaveních. Pod každým stringem je zobrazeno aktuální napětí, proud a vypočtený výkon. Pokud je uživatel přihlášen jako správce a je aktivní manuální režim, může sepnout či odepnout panel pomocí stisknutí tlačítka ve spodní části obrazovky. V dolní liště je zobrazen celkový výkon dodávaný do systému a teplota okolí panelů. Obrazovka stringů viz obr. 3.3.1.4.



Obr. 3.3.1.4 Schéma – stringy

- **Schéma – dobíjení, střídače**

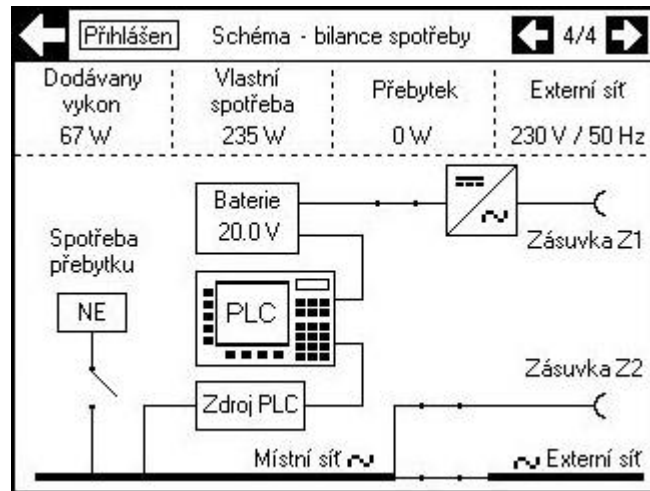
Obrazovka, která slouží hlavně pro přepínání nastavení spínacích relé. Pokud je uživatel přihlášen jako správce a je aktivní manuální režim, lze zvlášť spínat či odpínat všechny čtyři nabíječe, oba dva střídače a výstupy A a B. Číselně jsou jako u předchozích schémat zobrazeny výkony všech čtyř stringů. Podrobněji je zde popsána baterie, kde je zobrazena informace o napětí na baterii, procentuální vyjádření napěťového stavu baterie, včetně vizualizace tohoto stavu viz obr. 3.3.1.5.



Obr. 3.3.1.5 Schéma – dobíjení, střídače

- **Schéma – bilance spotřeby**

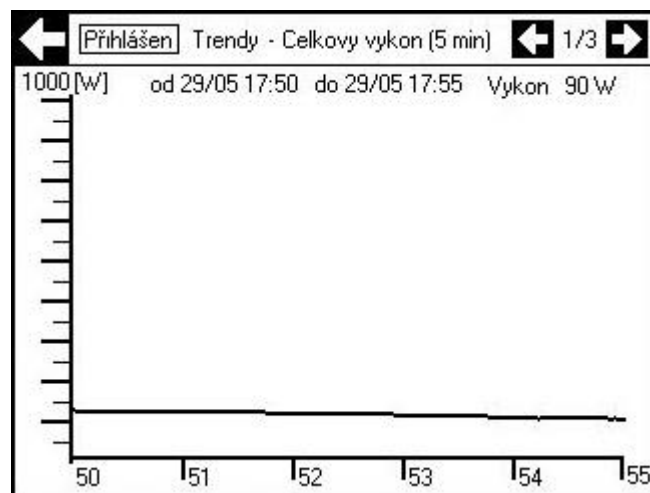
V poslední obrazovce schémat je číselně zobrazen dodávaný výkon z panelů, vlastní spotřeba systému, přebytek výkonu a informace o externí síti. Stejně jako u předchozích schématických obrazovek, pokud je uživatel přihlášen jako správce a je aktivní manuální režim, lze zde spínat či odpínat střídač vedoucí do zásuvky Z1, zásuvku Z2, externí síť a spínač pro spotřebu přebytku. Schématická obrazovka bilance spotřeby viz obr. 3.3.1.6.



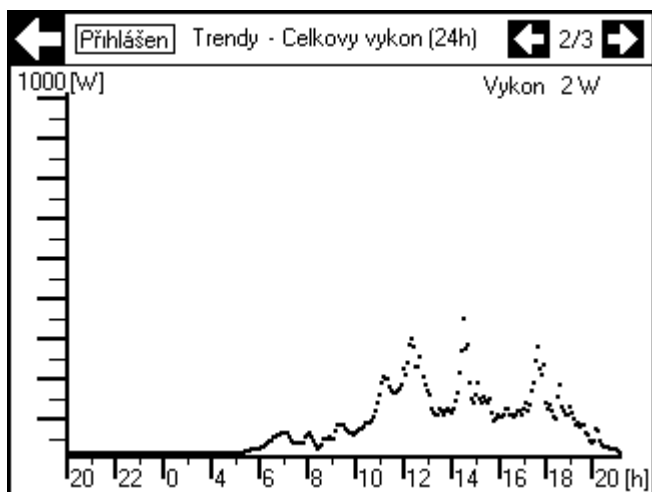
Obr. 3.3.1.6 Schéma – bilance spotřeby

- **Trendy**

Tři obrazovky trendů nabízejí vizualizaci naměřených výkonů v reálném čase. První obrazovka zobrazuje celkový výkon na panelech za posledních 5 minut. Horizontální osa je okótovaná po minutách a je dynamicky naprogramována dle aktuálního času. Druhá obrazovka slouží k přehledu o výkonu za posledních 24 hodin. Horizontální osa je okótovaná po dvou hodinách a je taktéž dynamicky naprogramována dle aktuálního času. Třetí a poslední obrazovka trendů zobrazuje bilanci spotřeby za posledních 24 hodin, kde je přehledně vidět, kdy systém vyráběl energii a kdy ji naopak spotřeboval. Vzhled obrazovek viz obr. 3.3.1.7a a obr. 3.3.1.7b.



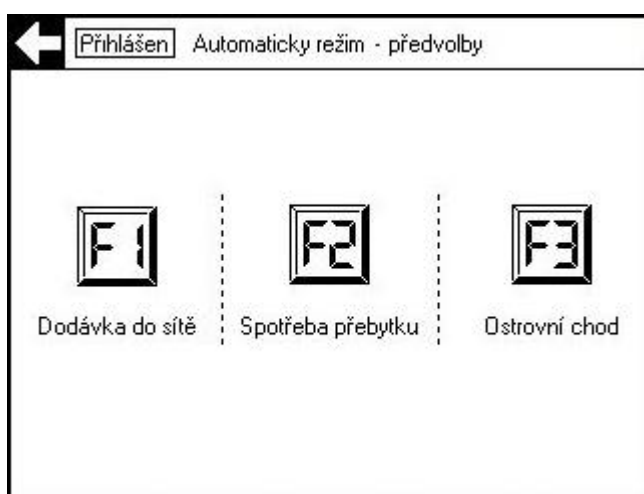
Obr. 3.3.1.7a Trendy – celkový výkon za posledních 5 minut



Obr. 3.3.1.7b Trendy – celkový výkon za posledních 24 hodin

- **Nastavení**

Tlačítko nastavení se nachází na hlavní obrazovce. Pokud je uživatel přihlášen jako správce, systém zobrazí první stránku nastavení ze čtyř. Pokud není, je nutné vyplnit heslo, jinak nebude mít uživatel možnost zobrazit jakoukoliv obrazovku nastavení. Na první obrazovce nastavení se nachází přepínací tlačítka automatického a manuálního režimu. Při přepínání z manuálního na automatický se zobrazí obrazovka s předvolbou automatického režimu, viz obr. 3.3.1.8.



Obr. 3.3.1.8 Nastavení předvolby automatického režimu

Druhá obrazovka nastavení umožňuje přepínání mezi místním a vzdáleným ovládním. Na třetí obrazovce lze nastavit aktuální datum a čas. Na čtvrté a poslední obrazovce nastavení

se nachází přednastavené manuální režimy a vlastní nastavení. Přednastavené manuální režimy jsou celkem 3, a to dodávka do sítě, ostrovní chod a spotřeba přebytku. Vlastní nastavení umožňuje uživateli uložit své aktuální nastavení spínacích relé a pokud není přepsáno jiným nastavením, kdykoliv si může svou konfiguraci načíst. Ke každému uložení je připsán datum a čas zápisu. Celkem je možné ukládat a načítat konfiguraci na třech pozicích viz obr. 3.3.1.9.

Přednastavené manuální režimy			
	Dodávka do sítě	Načíst [F1]	
	Ostrovní chod	Načíst [F2]	
	Spotřeba přebytku	Načíst [F3]	
Vlastní nastavení			
nastavení	Uložit	Načíst	datum a čas zápisu
číslo 1	Uložit	Načíst	26/05/16 12:15:28
číslo 2	Uložit	Načíst	26/05/16 12:16:00
číslo 3	Uložit	Načíst	26/05/16 11:33:53

Obr. 3.3.1.9 Nastavení – konfigurace

- **Log událostí**

Na hlavní obrazovce se nachází tlačítko „Log“, po jeho stisknutí se dostane uživatel na obrazovku, kde jsou zobrazeny informace o změnách v systému. Na obrazovce se nachází jeden řádek, na kterém je datum, čas a kód poslední zapsané události. Stisknutím šipky nahoru nebo dolů je možné procházet předchozí zapsané události. Všechny informace, které systém registruje a zapisuje, jsou včetně kódu události vypsány na samotné obrazovce, viz obr. 3.3.1.10.

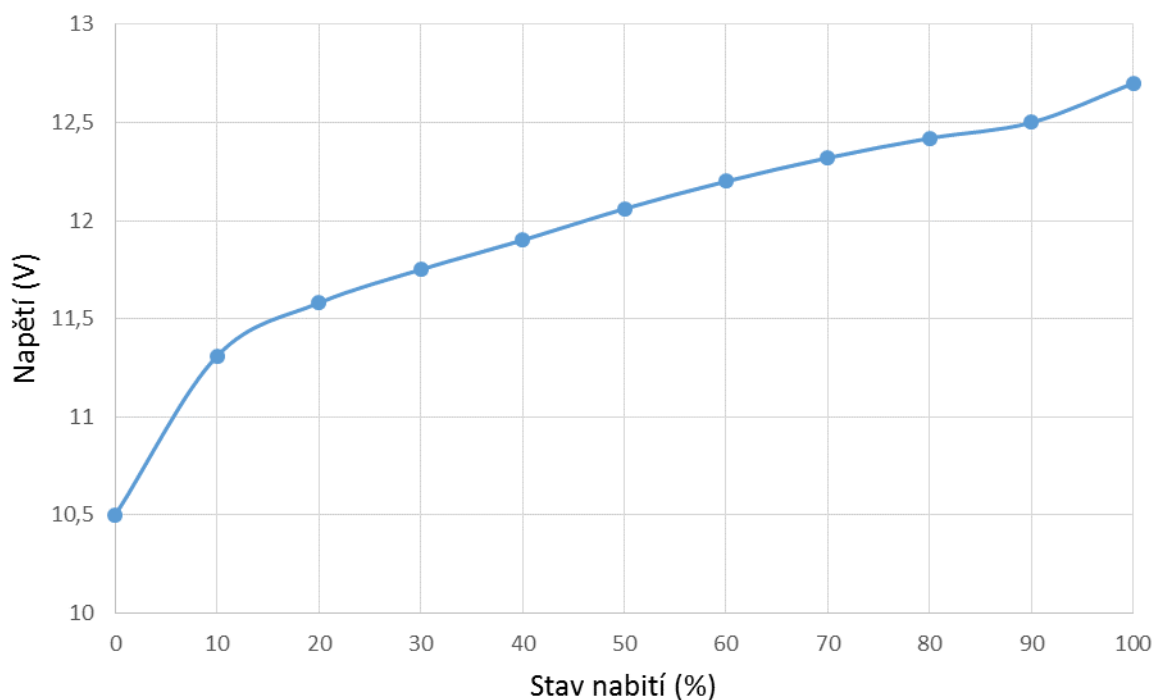
← Přihlášen		Log	
	Datum	Čas	Kód události
↑	26	26/05/16 15:28:15	112
↓			
100	- Režim dodávky do sítě	107	- Vzdálené ovládání
101	- Režim spotřeby přebytku	108	- Místní ovládání
102	- Režim ostrovního chodu	109	- Uživatelské nastavení #1
103	- Spotřeba přebytku	110	- Uživatelské nastavení #2
104	- Dodávka do sítě	111	- Uživatelské nastavení #3
105	- Dobíjení baterie	112	- Přihlášení do systému
106	- Manuální režim	113	- Odhlášení ze systému

Obr. 3.3.1.10 Log událostí

### 3.3.2 Automatické režimy

PLC umí řídit systém celkem ve třech předvolených automatických režimech, které demonstrují možnosti využití fotovoltaické elektrárny. Dodávka do sítě, spotřeba přebytku a ostrovní chod. Všechny režimy jsou plně automatizované a soběstačné. V závislosti na předvoleném režimu kontrolují stav systému a postupují dle přednastavení. Kontrola stavů probíhá každou minutu. Pokud systém vyhodnotí, že je třeba přenastavit spínací relé, učiní tak a za další minutu stav zkontroluje znovu. Toto zabrání opakovanému spínání a rozpínání spínačů. Pokud by například baterie klesla na kritickou hodnotu, může na ní chvíli kolísat a opakovaně tak překračovat kritickou hodnotu, která zapříčiní změnu nastavení spínačů. Ihned po zvolení kteréhokoliv z automatických režimů, nehlédě na předchozí kontrolu stavů, je zkontrolován stav systému, jsou provedeny naprogramované operace a další kontrola je nastavena za dalších 60 sekund. Aktivace kteréhokoliv z těchto režimů se zapíše do logu událostí.

Výchozím a společným bodem pro všechny automatické režimy je stav baterie. Následující charakteristika „State Of Charge (SOC)“ na obr. 3.3.2 znázorňuje závislost napětí na procentuálním stavu baterie. Charakteristika vychází z obecných vlastností 12V baterie. [16]



Obr. 3.3.2 Závislost napětí na stavu nabití baterie (SOC)

### 3.3.2.1 Dodávka do sítě

Režim, který se snaží dodávat veškerý vyrobený výkon do sítě. Tento režim má sloužit jako demonstrace zpětné dodávky výkonu do sítě pro případ, že dodavatel elektrické energie nabízí výkup dodaného výkonu do sítě.

Tento přenos je realizován pomocí střídačů S1 a S2 za předpokladu, že je baterie plně nabitá a vlastní spotřeba není větší než vyrobený výkon. Pokud baterie klesne pod hodnotu napětí 24V, systém vyhodnotí situaci a odepne oba střídače. Všechny vyrobený výkon se tedy soustředí na nabíjení baterie. Tento stav setrvává do doby, kdy se baterie nabije na hodnotu 25V. Pokud je vyrobený výkon větší než vlastní spotřeba výkonu, systém poté opět sepne střídače a je dodáván výkon do sítě.

Všechny změny nastavení jsou zapisovány do logu událostí.



### 3.3.2.2 Spotřeba přebytku

V tomto režimu se snaží systém dodávat co nejvíce výkonu na výstup k užití přebytečné energie. Tento režim slouží jako demonstrace užití přebytečné energie pro vlastní potřebu, například k ohřevu vody v boileru, k napájení osvětlení a podobně.

Za předpokladu plně nabité baterie a za předpokladu, že systém vyrábí víc, než sám spotřebuje, je spínán výstup k užití přebytečné energie. Pokud baterie klesne pod hodnotu napětí 24V, systém vyhodnotí situaci tak, že odepne výstup pro užití přebytečné energie. Všechny vyrobený výkon se tedy soustředí na nabíjení baterie. Tento stav setrvává do doby, kdy se baterie nabije na hodnotu 25V. Pokud je vyrobený výkon větší než vlastní spotřeba výkonu, systém poté znovu sepne výstup k užití přebytečné energie. Stejně jako u předchozího režimu, i zde je jakákoliv změna stavu zapisována do logu událostí.

### 3.3.2.3 Ostrovní chod

Úkolem tohoto režimu je udržet systém v soběstačném chodu bez napájení pomocí externí sítě do doby, než baterie klesne na kritickou hodnotu. Tento režim se snaží soustředit veškerý výkon do nabíječů baterie. Nedodává výkon do sítě, ani nejsou spotřebovávány přebytky. Pokud baterie klesne pod kritickou hodnotu napětí 24V, systém vyhodnotí tento stav a připne externí síť, aby nedošlo k vypnutí PLC a kolizi celého systému. Po nabití baterie zpět na 25V se odepne napájení pomocí externí sítě a systém je opět v ostrovním chodu. Jako u ostatních režimů, i zde jsou všechny stavy zapisovány do logu událostí.

### 3.3.3 Manuální režim

Manuální režim je funkce, která umožňuje uživateli přihlášenému jako správce vlastní nastavení systému. Ve schématických obrazovkách může ovládat všechna spínací relé bez omezení. Výjimkou jsou pouze střídače S1 a S2. Příkladem řečeno, na střídač S1 vedou stringy číslo 1 a 3, které lze oba zvlášť sepnout. Pokud bude jeden z nich v sepnutém stavu, druhý už sepnout nelze. Jedná se o ochranu proti zkratu, který by při sepnutí obou spínačů vznikl mezi oběma stringy. Stejná pravidla platí i pro střídač S2, do kterého vedou stringy

číslo 2 a 4. Stejně ošetření vyžadují i přímé výstupy ze stringů A, B. Jediným rozdílem je, že do výstupu A vede string číslo 2 a 4, a do výstupu B číslo 1 a 3.

V obrazovce nastavení konfigurace je umožněno načíst 3 přednastavené stavy: dodávka do sítě, spotřeba přebytku a ostrovní chod. Konfigurace stavů viz tab. 3.3.3. Po stisknutí tlačítka „načtení“ se nakonfigurují spínače dle zvoleného nastavení.

V téže obrazovce je možnost si uložit až 3 vlastní nastavení systému. Stisknutím tlačítka „uložit“ se spolu s časem zápisu zapíše konfigurace do systému. Poté je možné provádět jakékoliv operace a kdykoliv se uživatel vrátí, může si svojí konfiguraci načíst. Načtení konfigurace je zapisováno do logu informací.

<b>Relé</b>	<b>Output</b>	<b>Funkce</b>	<b>Dodávka do sítě</b>	<b>Spotřeba přebytku</b>	<b>Ostrovní chod</b>
K1	O37	String 1	✓	✓	✓
K2	O38	String 2	✓	✓	✓
K3	O39	String 3	✓	✓	✓
K4	O40	String 4	✓	✓	✓
K5	O41	Nabíječ M1	✓	✓	✓
K6	O42	Nabíječ M2	✓	✓	✓
K7	O43	Nabíječ M3	✓	✓	✓
K8	O44	Nabíječ M4	✓	✓	✓
K9	O45	Střídač S1-string 1	x	✓	x
K10	O46	Střídač S1-string 3	x	✓	x
K11	O47	Střídač S2-string 2	x	✓	x
K12	O5	Střídač S2-string 4	x	✓	x
K13	O1	Zásuvka A-string 2 24V	x	x	x
K14	O2	Zásuvka A-string 4 24V	x	x	x
K15	O3	Zásuvka A-string 1 24V	x	x	x
K16	O4	Zásuvka A-string 3 24V	x	x	x
K17	O34	Zásuvka Z2 - síť	✓	✓	x
K18	O35	Zásuvka Z1 - střídač - baterie	✓	✓	✓
K19	O33	Spotřeba přebytků	x	✓	x
K20	O36	Připojení sítě	✓	✓	x
K21	O32	SSR Relé	x	✓	x

Tab. 3.3.3 Přednastavené manuální stavy

### 3.3.4 Místní a vzdálené ovládání

PLC lze ovládat ve dvou základních režimech ovládání.

- *Místní ovládání*

V režimu místního ovládání lze systém řídit pouze z PLC. SCADA systém nemá možnost jakkoliv zasáhnout do řízení. Dle operací provedených na PLC se změny projeví i na obrazovkách SCADA systému.

- *Vzdálené ovládání*

Pro SCADA systém byl vytvořen režim nadřazeného vzdáleného ovládání. Pokud je režim aktivní, SCADA může řídit systém a PLC nemůže nijak zasahovat do řízení. Provedené operace SCADA systémem se taktéž projeví i na obrazovkách PLC.

### 3.3.5 Komunikace se SCADA systémem

Systém SCADA je nadřazeným systémem, který může ovládat všechny prvky stejně jako PLC. Pro tuto komunikaci bylo vytvořeno komunikační rozhraní, skrze které spolu PLC a SCADA komunikují.

Komunikace se systémem SCADA je realizována prostřednictvím sítě Ethernet. Na PC běží OPC server a systém Reliance 4. Prostřednictvím OPC serveru jsou předávány informace z PLC do systému Reliance 4 a opačně. Komunikační rozhraní mezi PLC a SCADA systémem je definováno v tab. 3.3.4, kde jsou vypsány jednotlivé funkce a k nim přiřazené komunikační logické bity nebo číselné proměnné.

SCADA má přístup k ovládání systému pouze tehdy, je-li aktivní vzdálené ovládání.

Komunikační rozhraní				
Popis funkce	Typ proměnné	Kód proměnné	Práva pro zápis	Adresa v PLC
Připojení stringu 1	logická	KB100	SCADA, PLC	MB100
Připojení stringu 2	logická	KB101	SCADA, PLC	MB101
Připojení stringu 3	logická	KB102	SCADA, PLC	MB102
Připojení stringu 4	logická	KB103	SCADA, PLC	MB103
Proud string 1	číselná	KN100	PLC	MI100
Proud string 2	číselná	KN101	PLC	MI101
Proud string 3	číselná	KN102	PLC	MI102
Proud string 4	číselná	KN103	PLC	MI103
Napětí string 1	číselná	KN104	PLC	MI104
Napětí string 2	číselná	KN105	PLC	MI105
Napětí string 3	číselná	KN106	PLC	MI106
Napětí string 4	číselná	KN107	PLC	MI107
Připojení stringu 2 na výstup A	logická	KB104	SCADA, PLC	MB104
Připojení stringu 4 na výstup A	logická	KB105	SCADA, PLC	MB105
Připojení stringu 1 na výstup B	logická	KB106	SCADA, PLC	MB106
Připojení stringu 3 na výstup B	logická	KB107	SCADA, PLC	MB107
Připojení stringu 1 k měniči S1	logická	KB108	SCADA, PLC	MB108
Připojení stringu 2 k měniči S2	logická	KB109	SCADA, PLC	MB109
Připojení stringu 3 k měniči S1	logická	KB110	SCADA, PLC	MB110
Připojení stringu 4 k měniči S2	logická	KB111	SCADA, PLC	MB111
Připojení na síť	logická	KB112	SCADA, PLC	MB112
Napětí sítě	číselná	KN108	PLC	MI108
Proud sítě	číselná	KN109	PLC	MI109
Napětí baterie	číselná	KN110	PLC	MI110
Proud ss obvod	číselná	KN111	PLC	MI111
Napětí S1	číselná	KN114	PLC	MI114
Napětí S2	číselná	KN115	PLC	MI115
Proud S1	číselná	KN116	PLC	MI116
Proud S2	číselná	KN117	PLC	MI117
Připojení nabíječe na string 1	logická	KB113	SCADA, PLC	MB113
Připojení nabíječe na string 2	logická	KB114	SCADA, PLC	MB114
Připojení nabíječe na string 3	logická	KB115	SCADA, PLC	MB115
Připojení nabíječe na string 4	logická	KB116	SCADA, PLC	MB116
Při. měniče pro místní zásuvku	logická	KB117	SCADA, PLC	MB117
Při. místní síťové zásuvky	logická	KB118	SCADA, PLC	MB118
Ohřev vody - střídavé napájení	logická	KB119	SCADA, PLC	MB119
Proud baterie	číselná	KN121	PLC	MI121
Spotřeba přebytku	logická	KB120	SCADA, PLC	MB120
Ostrovní režim	logická	KB122	SCADA, PLC	MB122
Režim místního ovládání	logická	KB123	PLC	MB123
Automatický režim	logická	KB124	SCADA, PLC	MB124

Tab. 3.3.4 Komunikační rozhraní mezi PLC a SCADA systémem

### 3.3.6 Funkce měření

Měření potřebných veličin je instalováno dvěma způsoby. První ze způsobů je pomocí analogových vstupů v PLC a rozšiřujícího modulu IO-AI8, který má k dispozici celkem 8 analogových vstupů. Druhý způsob je pomocí multimetru DMK 22 od firmy Lovato, který je instalován v rozvaděčové skříni přímo pod PLC. Schéma zapojení měření viz příloha č. 9.

U prvního způsobu měření bylo nutné nainstalovat bočníky pro měření proudu a předřadníky pro měření napětí. Analogové vstupy u PLC i u expansního modulu umí zpracovat rozsah pouze v rozmezí 0-10V pro napětí a 4-20mA pro proud. Naměřené hodnoty je v PLC nutné linearizovat a přepočítat pomocí konstanty zpět na reálné naměřené napětí či proud. Do čtyř analogových vstupů jsou přivedeny naměřené proudy na stringách a do rozšiřujícího modulu IO-AI8 jsou přivedena napětí na všech stringách a napětí baterie. Přesné zapojení viz tab. 3.3.5.

ANALOG INPUTS - PLC V280		ANALOG INPUTS - IO-AI8	
AN0 -	ground	AN0	
AN0 +	A-metr A1 (string 1)	AN1	
AN1 -	ground	COM	ground
AN1 +	A-metr A2 (string 2)	AN2	
AN2 -	ground	AN3	Baterie 24V
AN2 +	A-metr A3 (string 3)	COM	ground
AN3 -	ground	AN4	V-metr V1 (string 1)
AN3 +	A-metr A4 (string 4)	AN5	V-metr V2 (string 2)
		COM	ground
		AN6	V-metr V3 (string 3)
		AN7	V-metr V4 (string 4)
		COM	ground

Tab. 3.3.5 Zapojení analogových vstupů

Multimetr DMK 22 umí měřit celkem 3 fáze. V našem zapojení fáze L1 měří výkon na výstupu užití přebytku, fáze L2 měří výstup ze střídače S1 a fáze L3 výstup ze střídače S2. Tyto hodnoty jsou zasílány do PLC pomocí sériového rozhraní RS-485 skrze protokol Modbus. Výhodou oproti měření pomocí analogových vstupů je, že DMK 22 zasílá do PLC reálné hodnoty, které není nutné nijak dále zpracovávat.

### 3.3.7 Archivace dat

Tato funkce byla vytvořena za účelem demonstrace využití archivovaných dat. Jelikož PLC Vision V280 neumožňuje ukládání dat na externí SD kartu, objem dat je omezen pouze na vnitřní paměť. Dle velikosti paměti bylo spočítáno, že je možné ukládat celkový vyrobený výkon po dobu 7 dní a to vždy po 5 minutách. Celkově to dělá 10 080 záznamů do datové tabulky. Spolu s výkonem je také zapisován datum a čas zápisu záznamu do tabulky. Tabulka je rekurzivní, což znamená, že pokud překročí maximální počet záznamů, další zápis provede na první pozici tabulky.

## 4 Závěr

Práce představuje současné PLC systémy z pohledu jejich struktury, vývoje a funkčních vlastností. Popisuje typické aplikace a možnosti řízení a sběru dat. Rešerše PLC systémů dává přehled o současných produktových řadách nabízených několika výrobci a poukazuje na hardware a software rozdíly, které jsou dány z velké části zaměřením výrobců na určitá odvětví automatizace.

Cílem této práce byl návrh řídicího systému laboratorního modelu fotovoltaické elektrárny, naprogramování automatických režimů řízení, zpracování a archivace naměřených dat, vytvoření uživatelského rozhraní a vytvoření komunikačního rozhraní mezi PLC a SCADA systémem Reliance 4.

V první části práce jsou popsány funkční prvky systému, jejich jednotlivé umístění a samotná funkce, včetně rozdělení prvků do komunikačních úrovní.

V druhé stěžejní části práce je detailně rozepsán systém kontroly a řízení na úrovni PLC, který byl vytvořen v programu VisiLogic od firmy Unitronics. Uživatelské rozhraní, popis režimů, možnosti ovládání, funkce měření, zpracování a archivace naměřených hodnot a následná vizualizace. Dále je popsán způsob komunikace s nadřazeným SCADA systémem.

V této bakalářské práci vidím největší přínos zejména v její samotné realizaci a potýkání se s praktickými problémy. Jejich řešení, které leckdy nebylo záležitostí hodin, ale dnů či týdnů, mi dalo mnoho cenných a hlavně praktických zkušeností a znalostí, které mohu v budoucnu ve své profesi uplatnit.

## 5 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Programovatelný logický automat (PLC). *Katedra elektrických pohonů a trakce FEL ČVUT v Praze* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z:  
[http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/A1B14SP1/A1B14SP1\\_cv13\\_PL\\_C.pdf](http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/A1B14SP1/A1B14SP1_cv13_PL_C.pdf)
- [2] LINHART, Tomáš. *Rešerše řídicích systémů a PLC*. Plzeň, 2014. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Jiří Basl.
- [3] PACLT, Jiří. *SCADA systémy pro průmyslové aplikace*. V Plzni, 2015. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Martin Sirový.
- [4] Industrial automation and networking section: Programmable logic controller. *Scribd* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z:  
<https://www.scribd.com/doc/15339010/PLC-Structure-and-Hardware>
- [5] Přehled protokolu Modbus. *Západočeská Univerzita V Plzni* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z:  
<http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>
- [6] CAN Protocol Tutorial. *Kvaser* [online]. [cit. 2016-06-01]. Dostupné z:  
<https://www.kvaser.com/can-protocol-tutorial/>
- [7] *Unitronics* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z: <http://unitronicsplc.com/>
- [8] GRAMETBAUER, Michal. *Fotovoltaické elektrárny - trackovací systémy*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Martin Sirový.
- [9] JIROTKA, Jan. *Návrh řídicího systému solární mikroelektrárny*. Plzeň, 2011. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Martin Sirový.
- [10] PARTYNGL, Pavel. *Fotovoltaické mikroelektrárny*. Plzeň, 2011. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Martin Sirový.
- [11] *Siemens: SIMATIC Controllers* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z:  
<http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/pages/default.aspx>

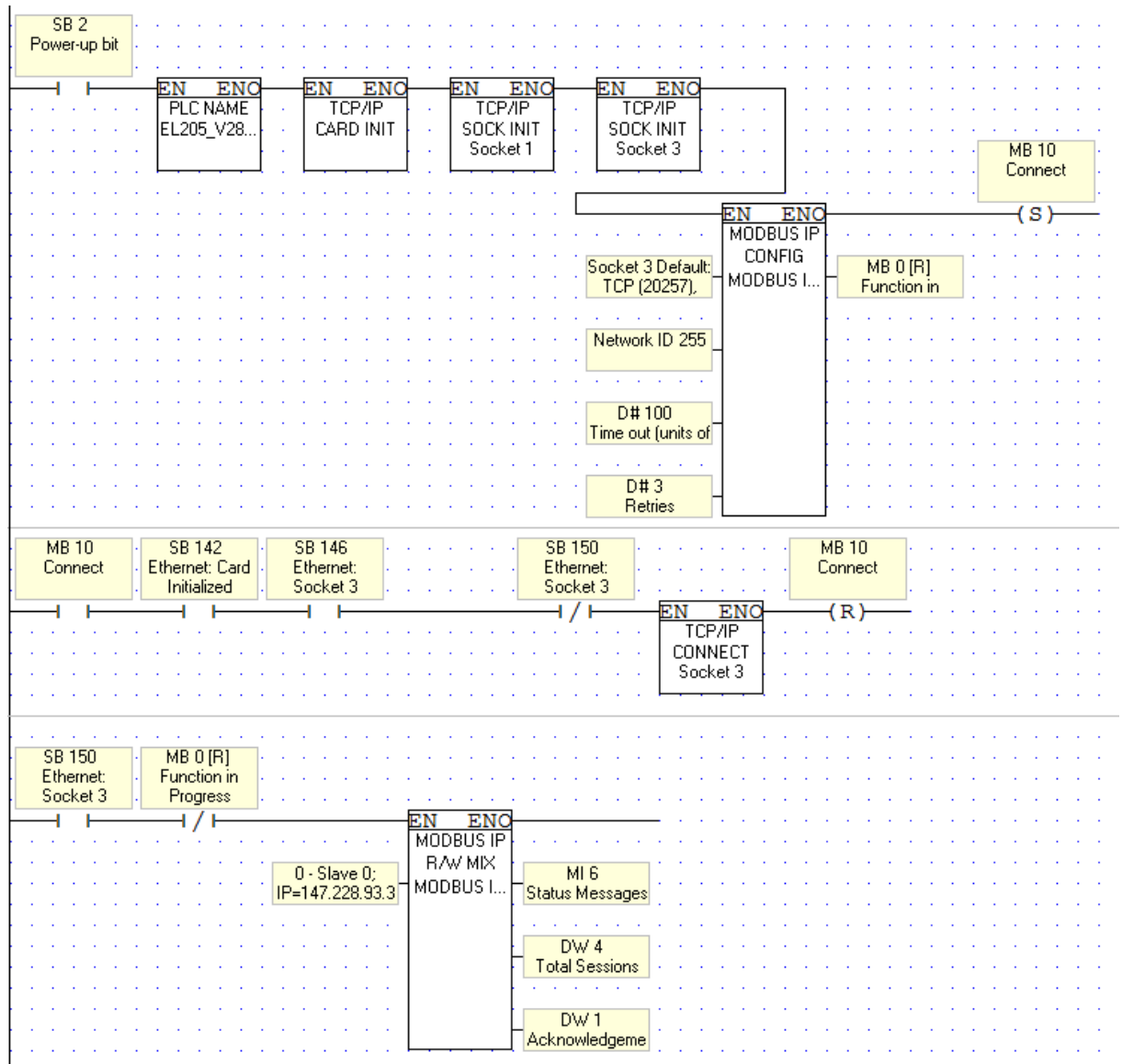


- [12] *ABB: Control Systems* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z:  
<http://new.abb.com/control-systems>
- [13] *Schneider Electric* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z:  
<http://www.schneider-electric.com/en/product-subcategory/3920-controllers--plc--for-commercial-machines/?parent-category-id=3900>
- [14] *Mitsubishi Electric: Programmable Controllers MELSEC* [online]. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z: <https://eu3a.mitsubishielectric.com/fa/en/products/cnt/plc/>
- [15] *Solar Serve LTD* [online]. [cit. 2016-06-01]. Dostupné z: <http://www.solarserve.co.uk/>
- [16] *Solar Catalog* [online]. [cit. 2016-06-01]. Dostupné z:  
[http://www.solar-catalog.com/battery\\_maintenance\\_solar.html](http://www.solar-catalog.com/battery_maintenance_solar.html)
- [17] ČÁP, Lukáš. *Projekt laboratorního modelu fotovoltaické mikro elektrárny*. Plzeň, 2015. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Martin Sirovský.

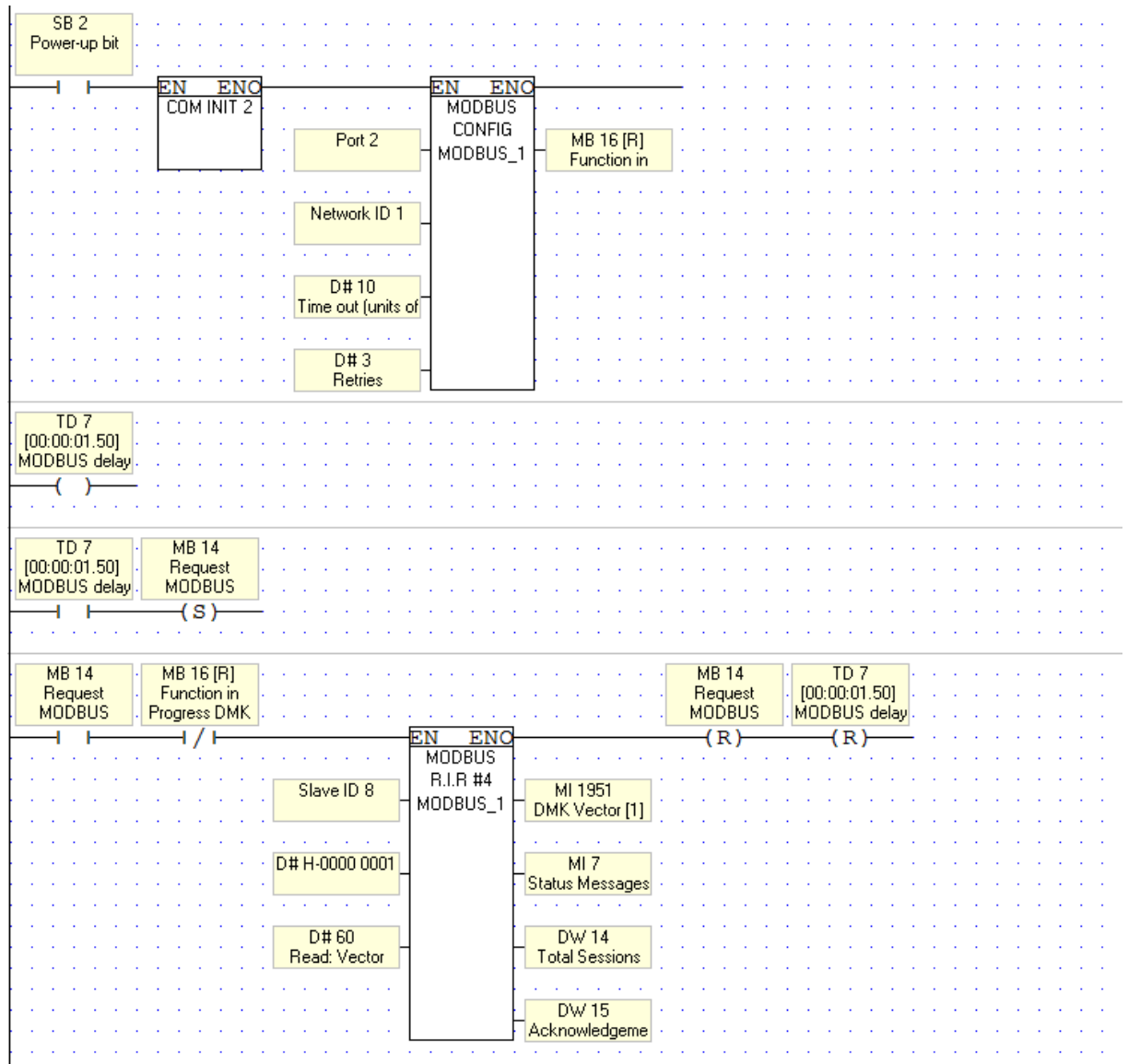
## 6 Seznam příloh

- Příloha č. 1: Nastavení komunikace Ethernet + Modbus komunikace s PLC V130
- Příloha č. 2: Nastavení komunikace Modbus SL s multimetrem DMK 22
- Příloha č. 3: Konfigurace a vykreslení trendu pro celkový výkon za posledních 5 minut
- Příloha č. 4: Uložení a načtení vlastní konfigurace
- Příloha č. 5: Příklad ovládání spínačů ve vzdáleném režimu
- Příloha č. 6: Příklad logování událostí při přepínání místního a vzdáleného ovládání
- Příloha č. 7: Naprogramování vizualizace čtyř spínačů pomocí 16 obrázků
- Příloha č. 8: Kontrola stavu systému každých 60 sekund v automatických režimech
- Příloha č. 9: Schéma rozvaděče projektu FVE [17]

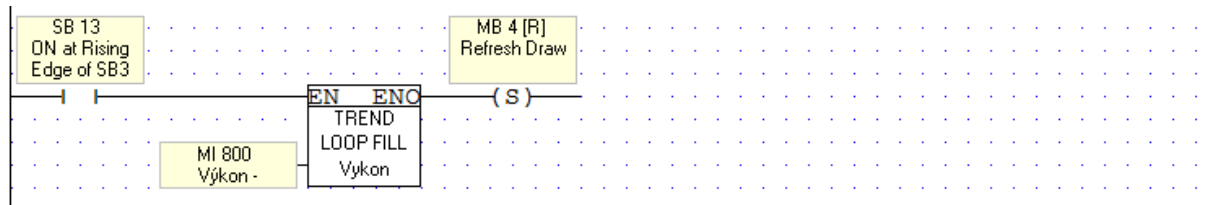
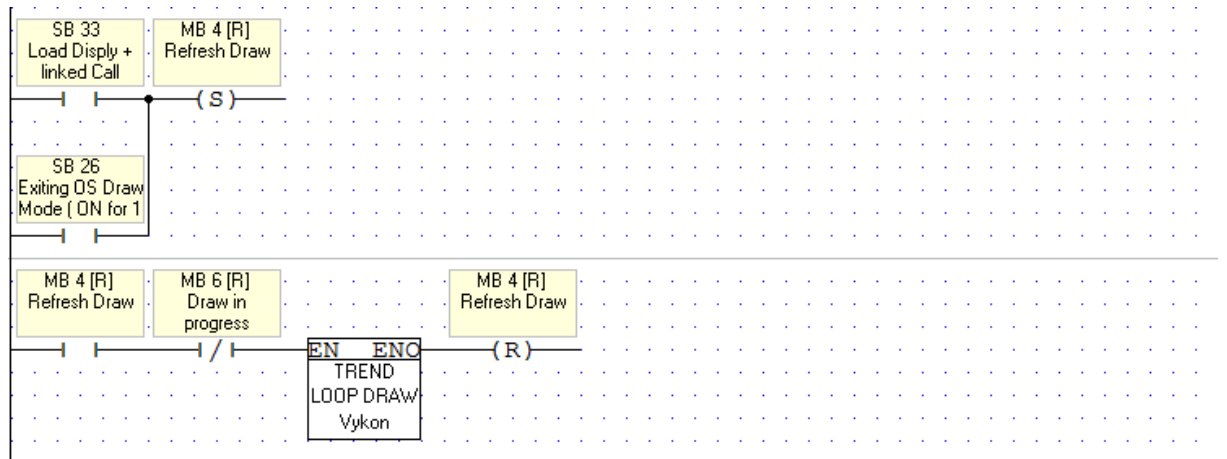
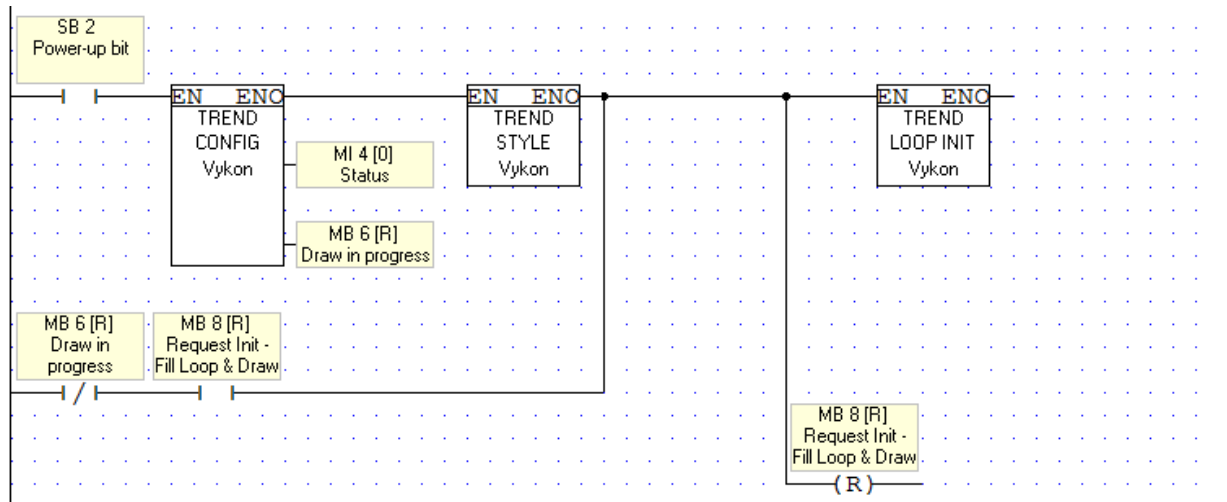
# Příloha č. 1: Nastavení komunikace Ethernet + Modbus IP komunikace s PLC V130



## Příloha č. 2: Nastavení komunikace Modbus SL s multimetrem DMK 22

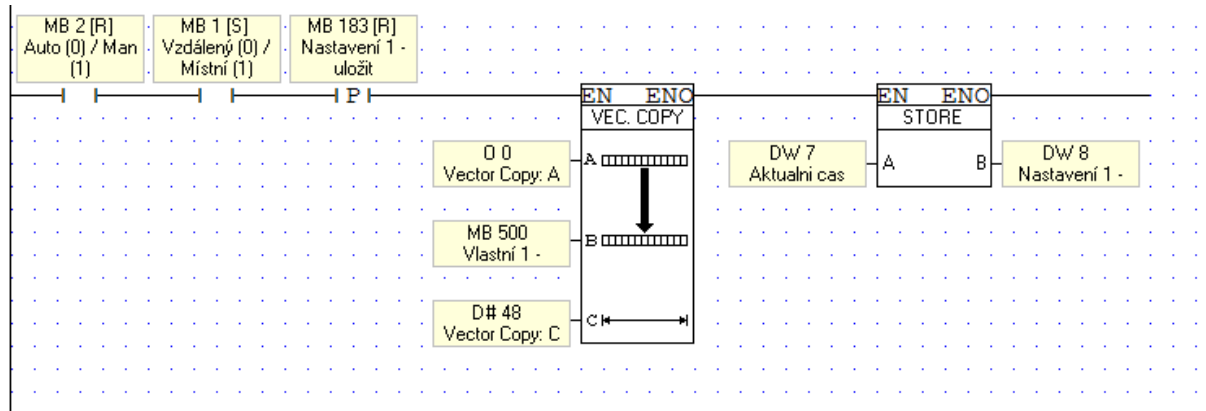


### Příloha č. 3: Konfigurace a vykreslení trendu pro celkový výkon za posledních 5 minut

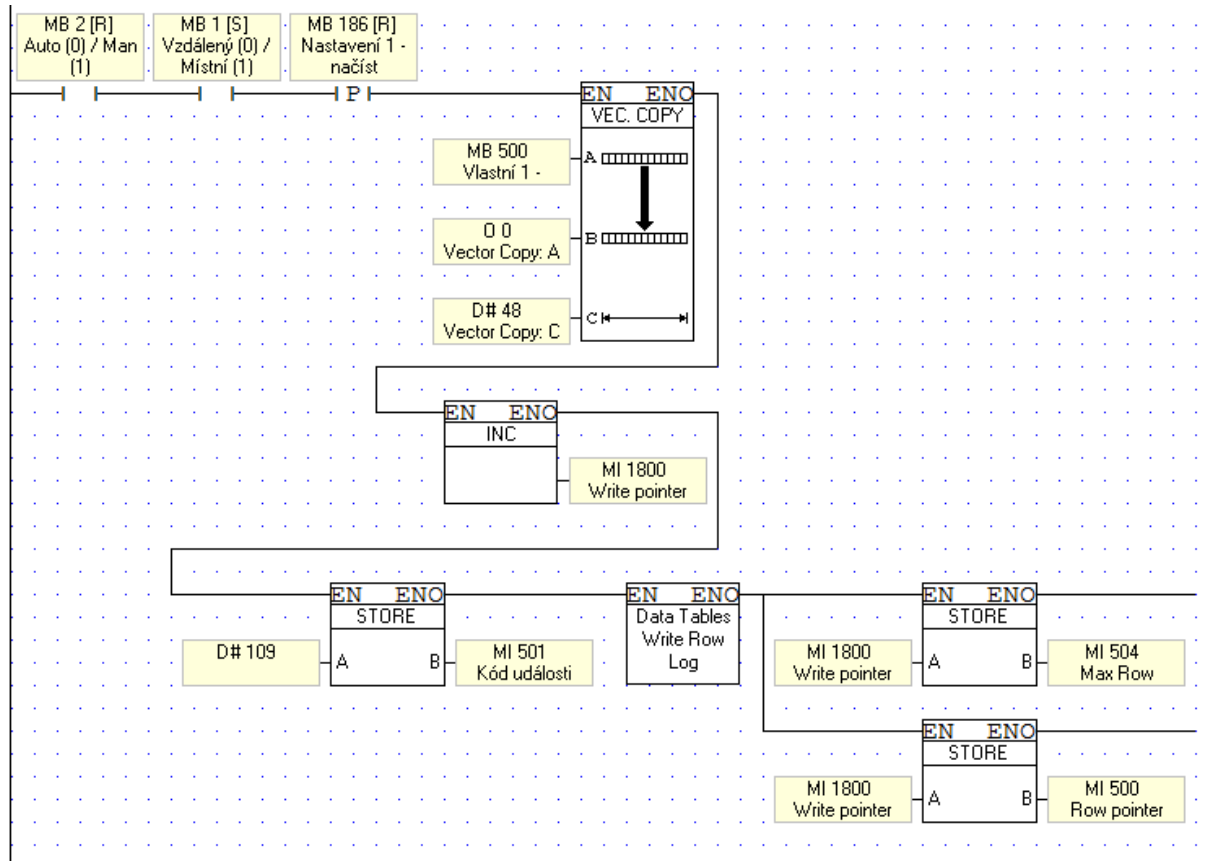


## Příloha č. 4: Uložení a načtení vlastní konfigurace

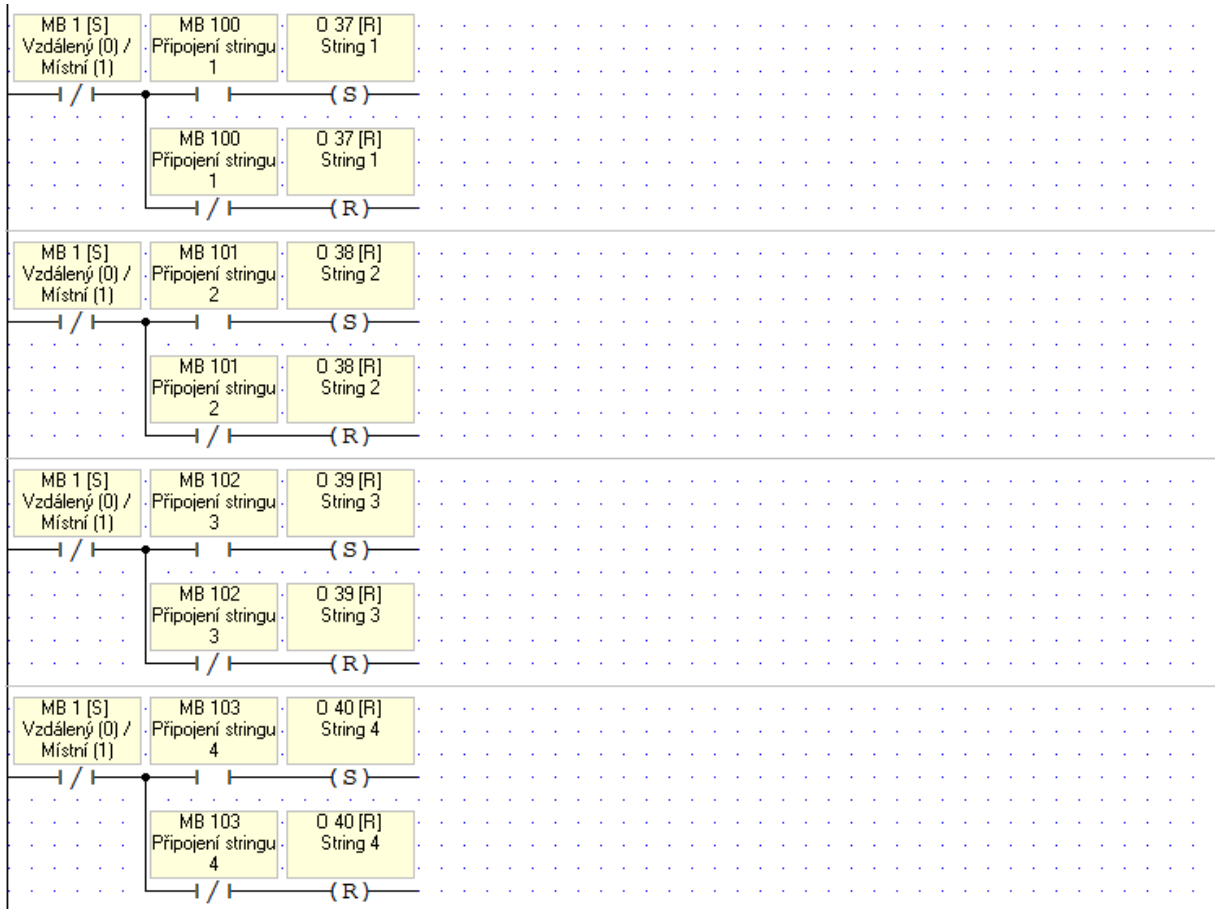
Uložení:



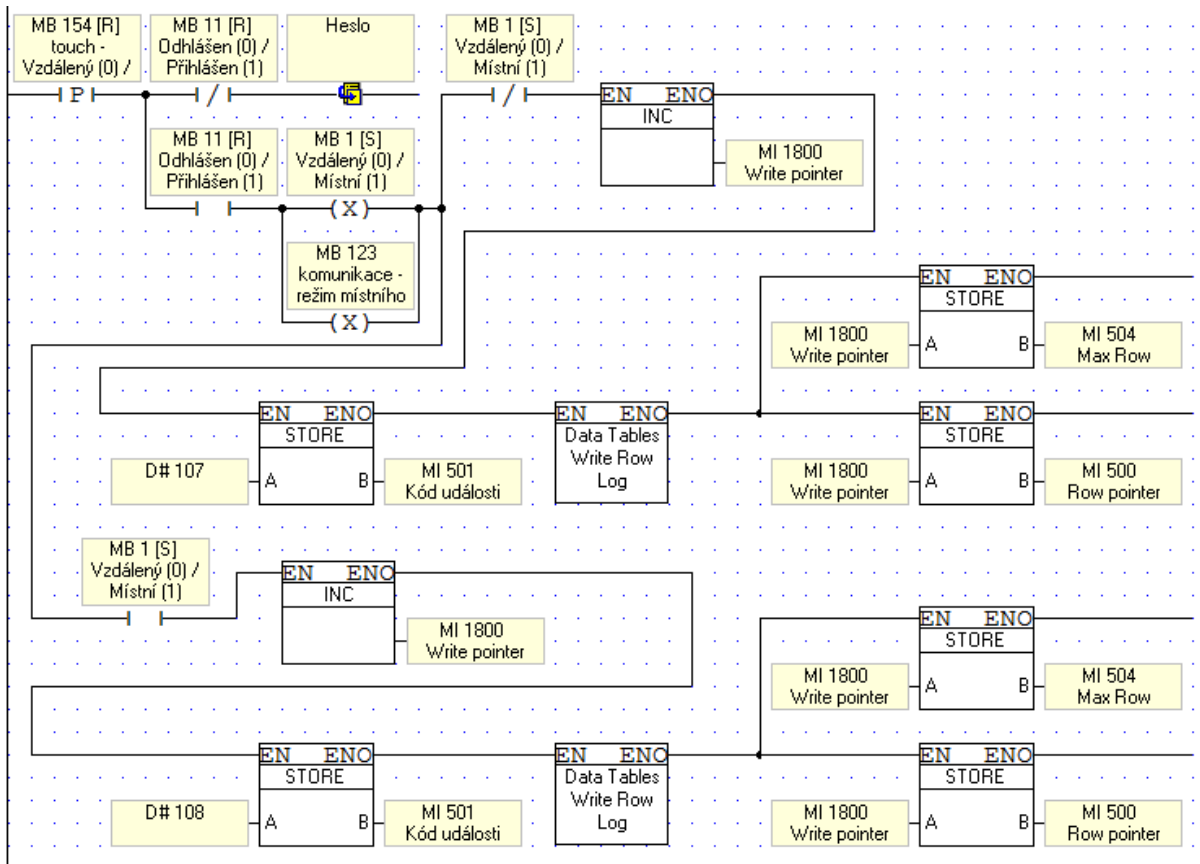
Načtení:



## Příloha č. 5: Příklad ovládání spínačů ve vzdáleném režimu

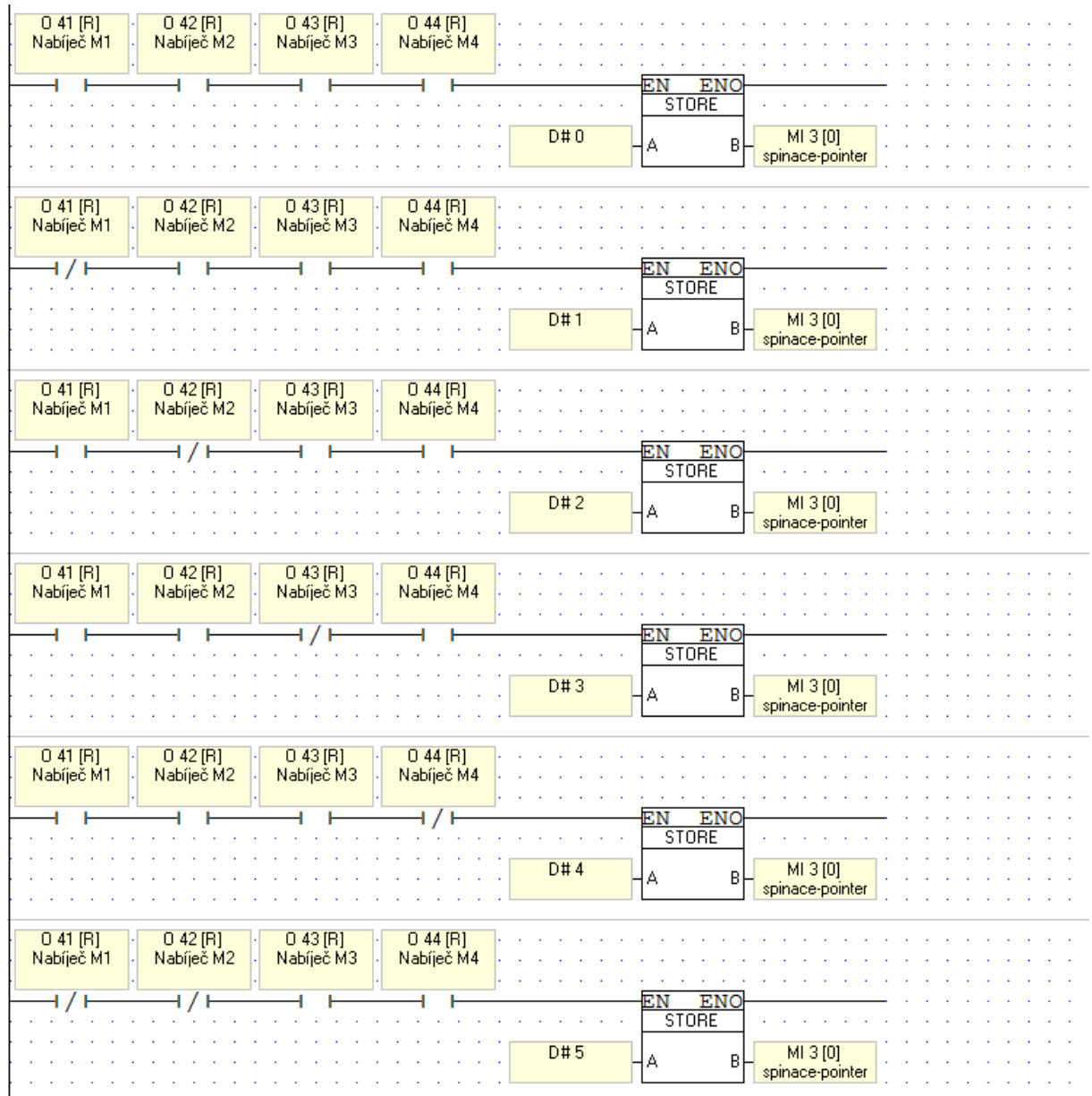


**Příloha č. 6: Příklad logování událostí při přepínání místního a vzdáleného ovládání**



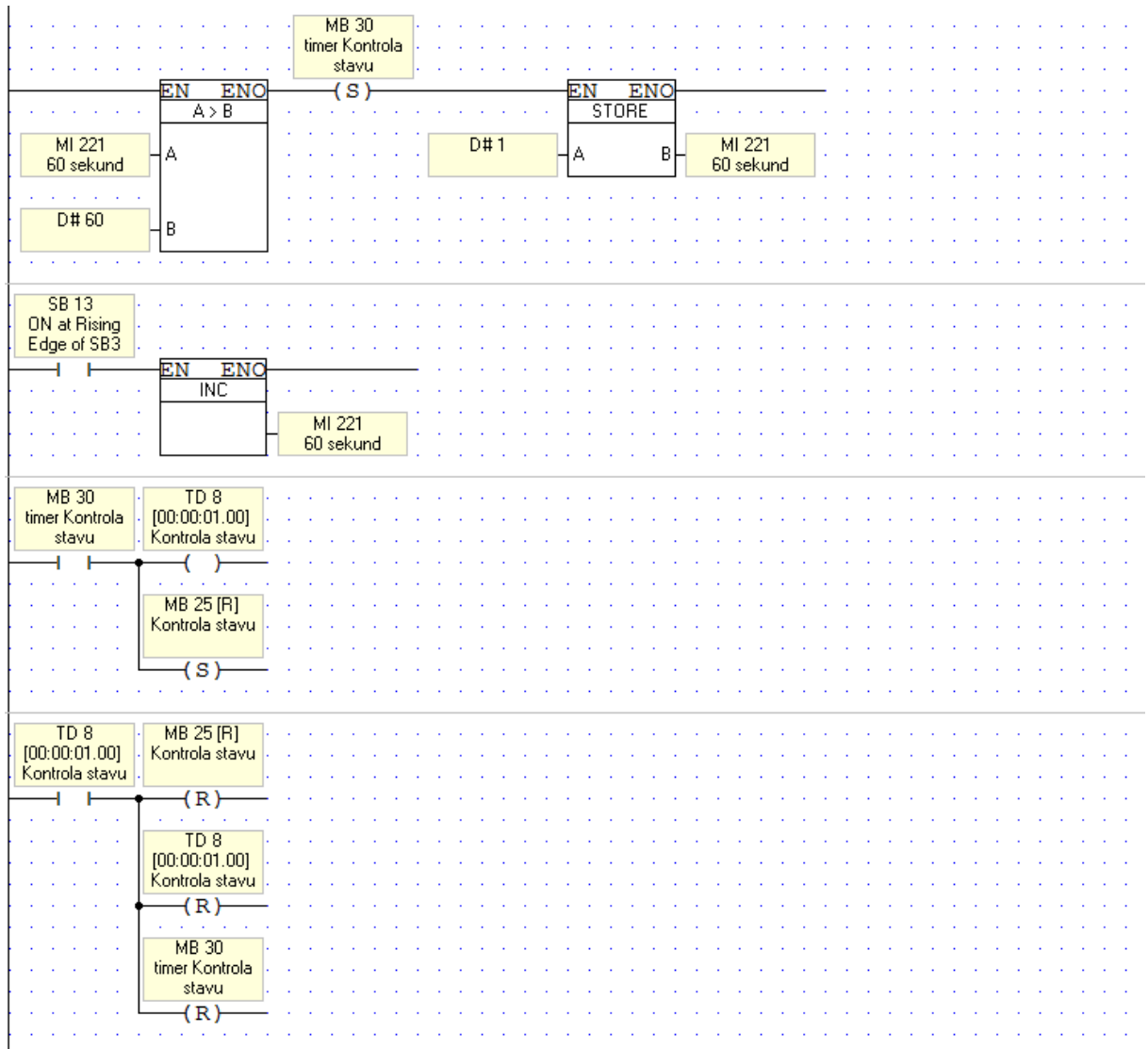
## Příloha č. 7: Naprogramování vizualizace čtyř spínačů pomocí 16 obrázků

Každý stav má přiřazené vlastní číslo, které znamená jeden unikátní obrázek. Problematika popsána v kapitole 3.3.1. Pro ukázkou poslouží prvních 6 kombinací sepnutí.



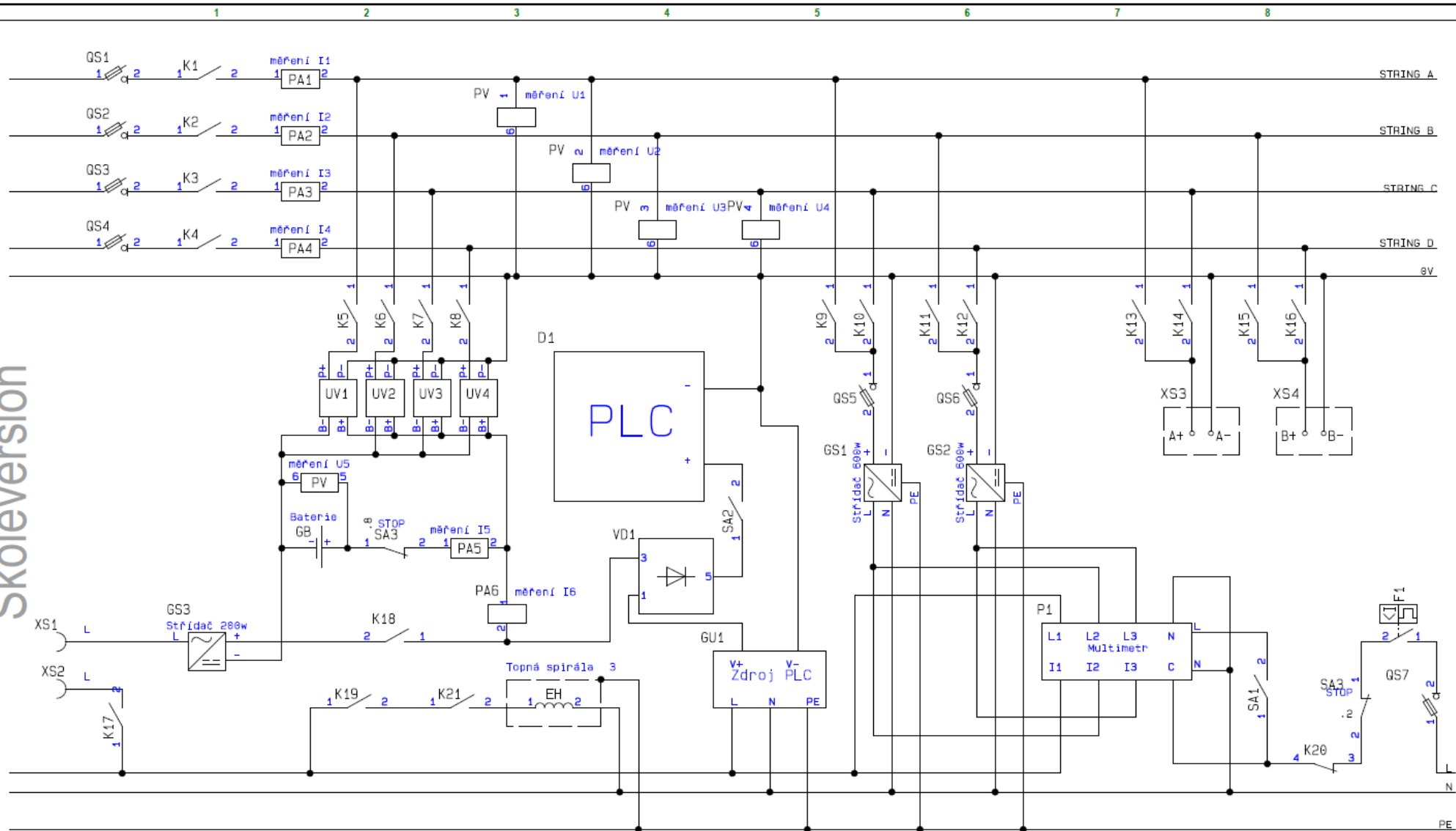


**Příloha č. 8: Kontrola stavu systému každých 60 sekund v automatických režimech**

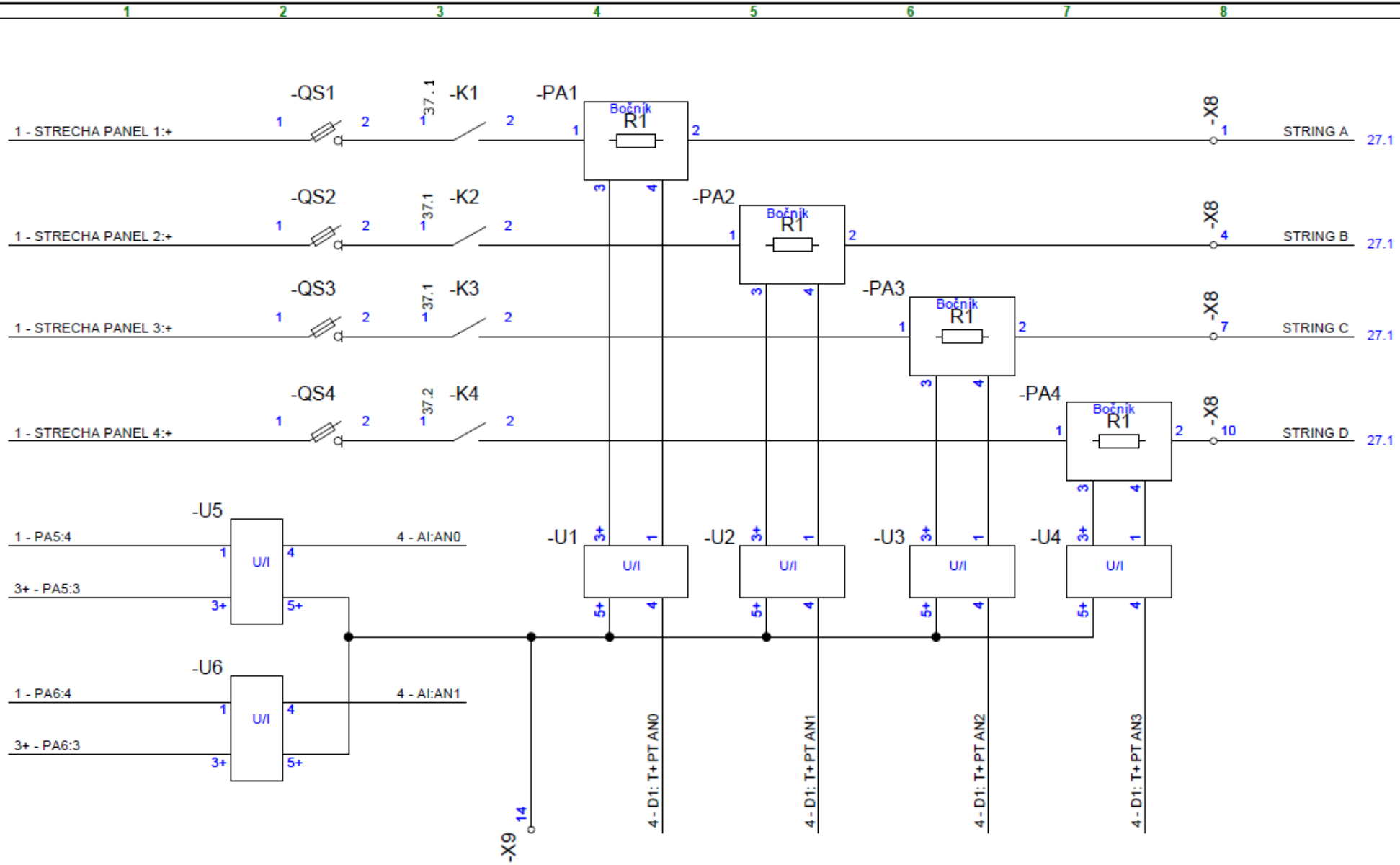


**Příloha č. 9: Schéma rozvaděče projektu FVE [17]**

Skoleversion

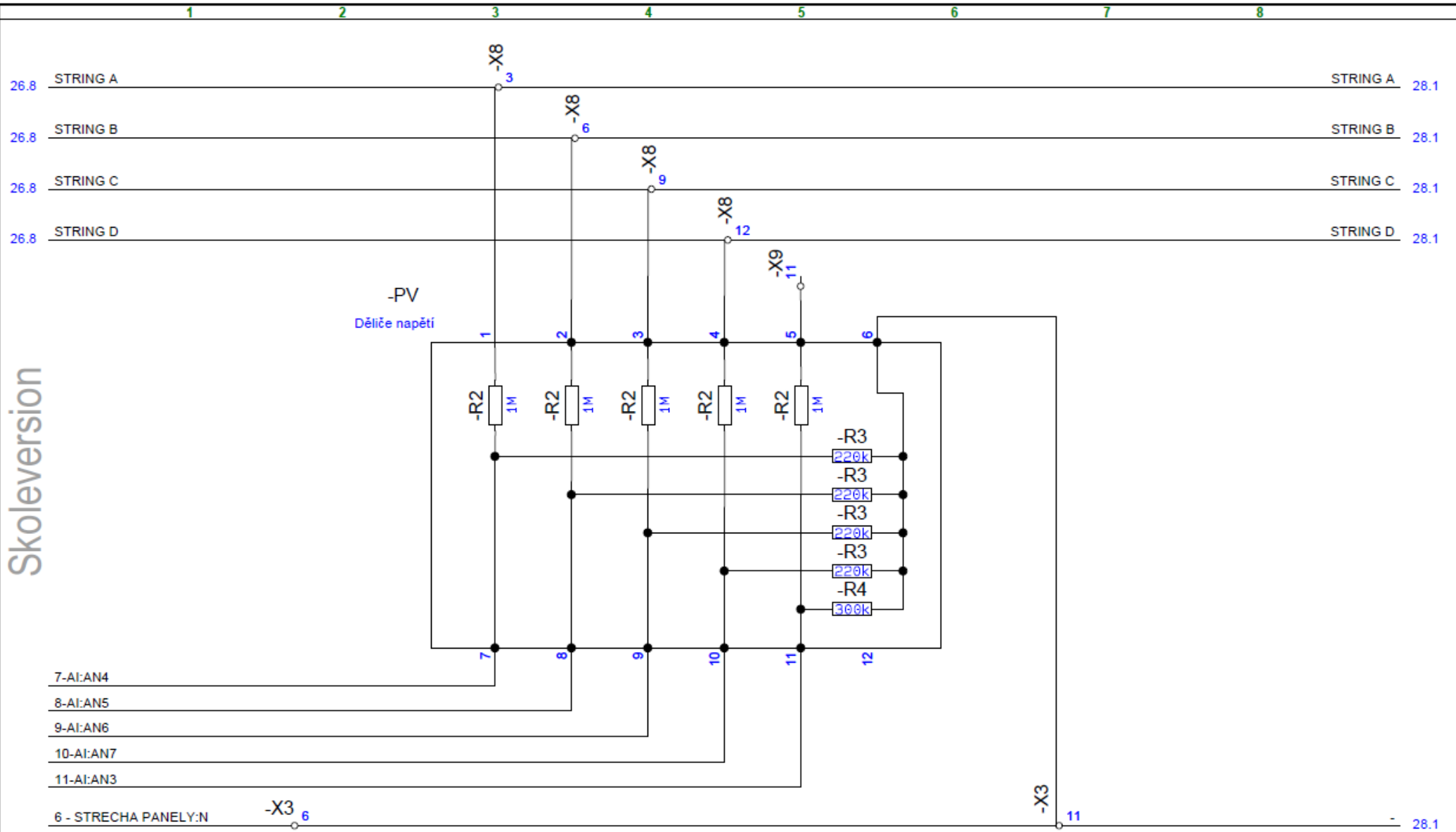


<b>Majitel výkresu:</b> Lukáš Čáp	<b>Stavba:</b> Rozšíření modelu FVE <b>PC:</b> Model fotovoltaické elektrárny	<b>Část:</b> Elektročást <b>PS:</b> Rozvaděč R01, R02	<b>Přehledové schéma:</b>	<b>Změna:</b> 7.6.2015 <b>Datum:</b> 7.6.2015	<b>Verze:</b> =Funkce 1	<b>+Pozice</b>	<b>Počet listů:</b> List: PS1
--------------------------------------	--	--	---------------------------	--	----------------------------	----------------	----------------------------------



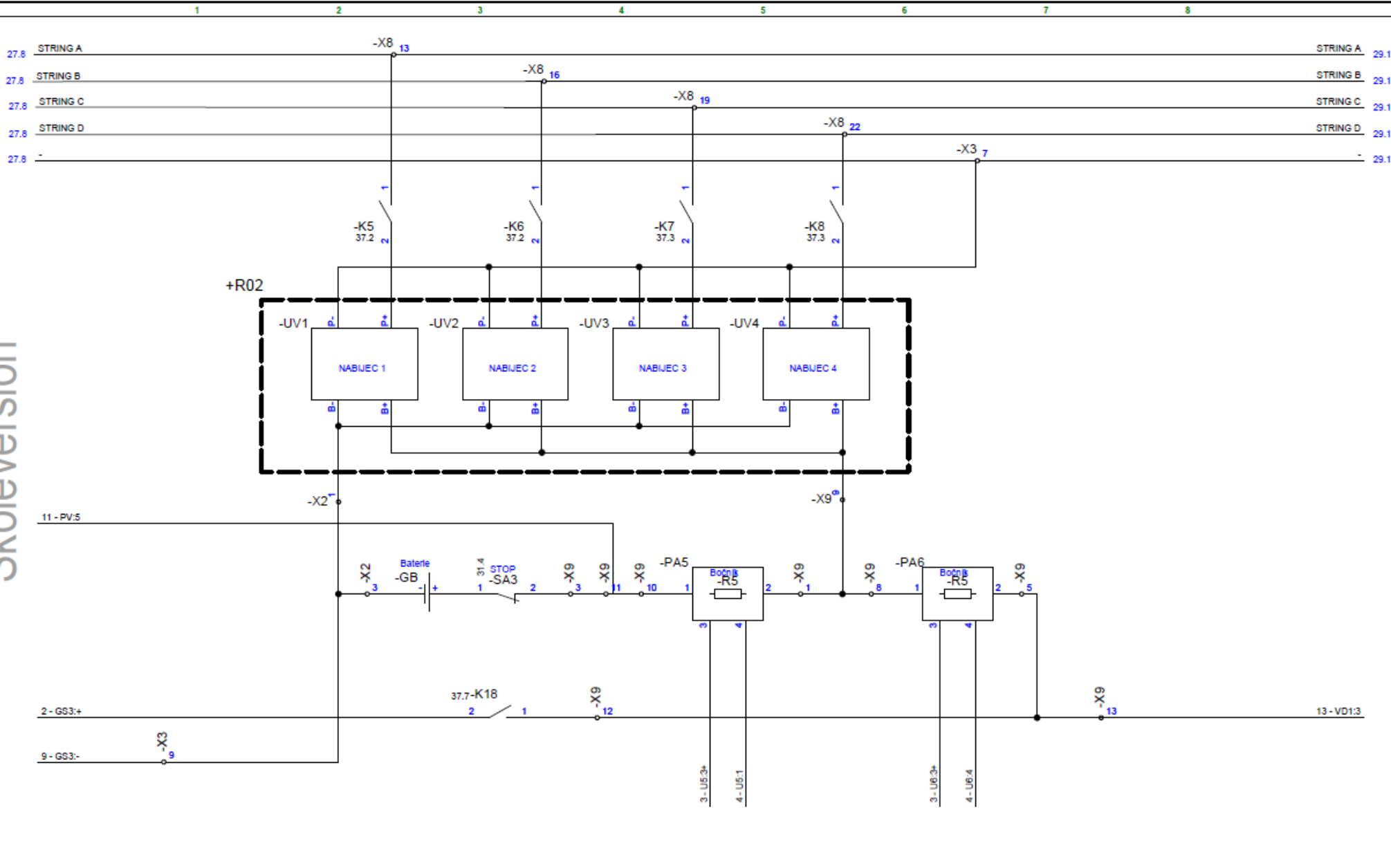
Majitel výkresu: Lukáš Čáp	Stavba: Rozšíření modelu FVE	Část: Elektročást	Obvodové schéma: Připojení panelů, měření proudů	Změna: 7.6.2015	Verze: =Funkce	+Pozice:	Počet listů:
	PC: Model fotovoltaické elektrárny	PS: Rozvaděč R01, R02		Datum: 7.6.2015	1	+R01	List: OS1

Skoleversion



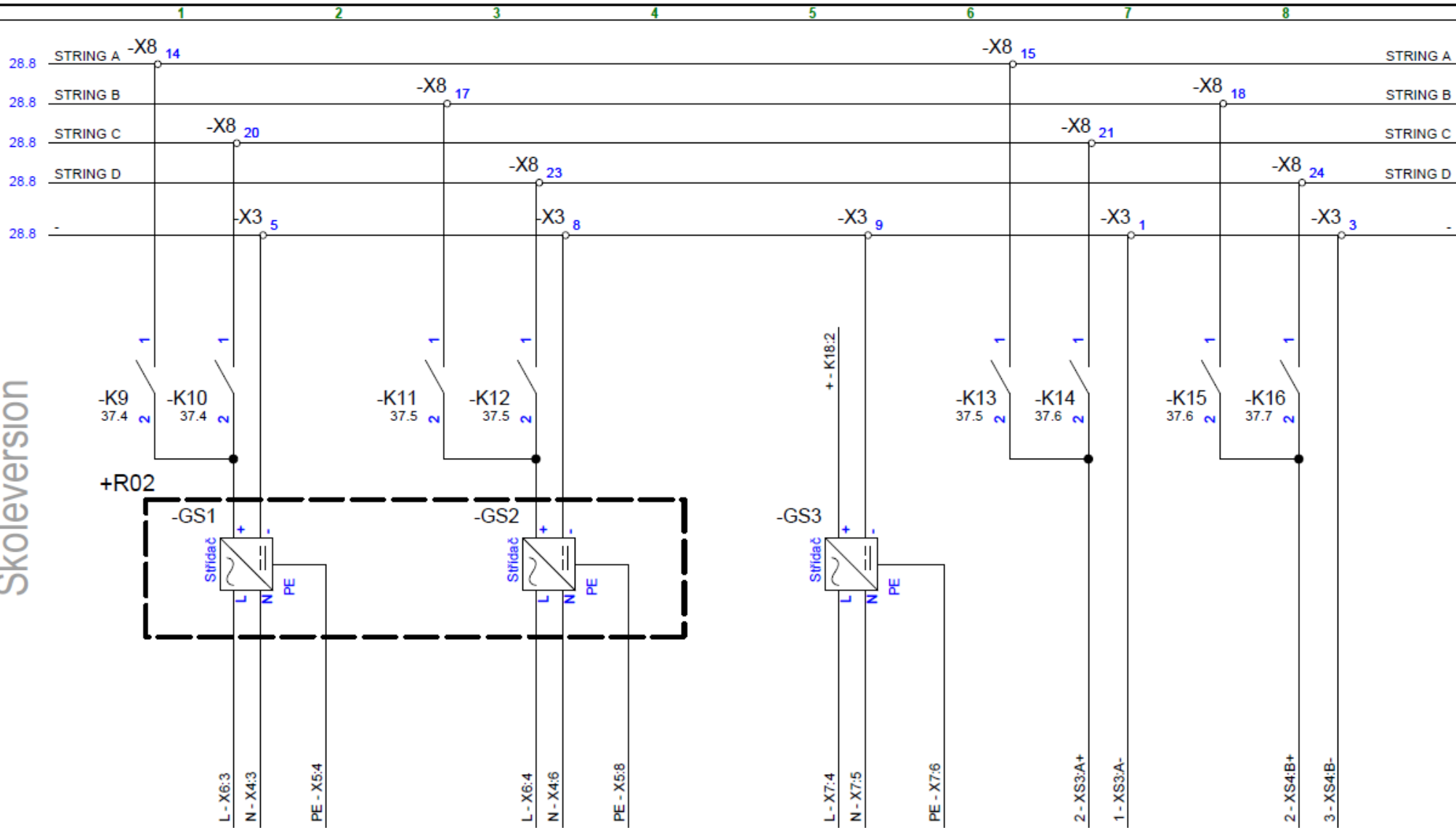
Majitel výkresu: Lukáš Čáp	Stavba: Rozšíření modelu FVE	Část: Elektročást	Obvodové schéma:	Změna: 7.6.2015	Verze: =Funkce	+Pozice:	Počet listů:
	PC: Model fotovoltaické elektrárny	PS: Rozvaděč R01, R02	Měření napětí	Datum: 7.6.2015	1	+R01	List: OS2

Skoleversion

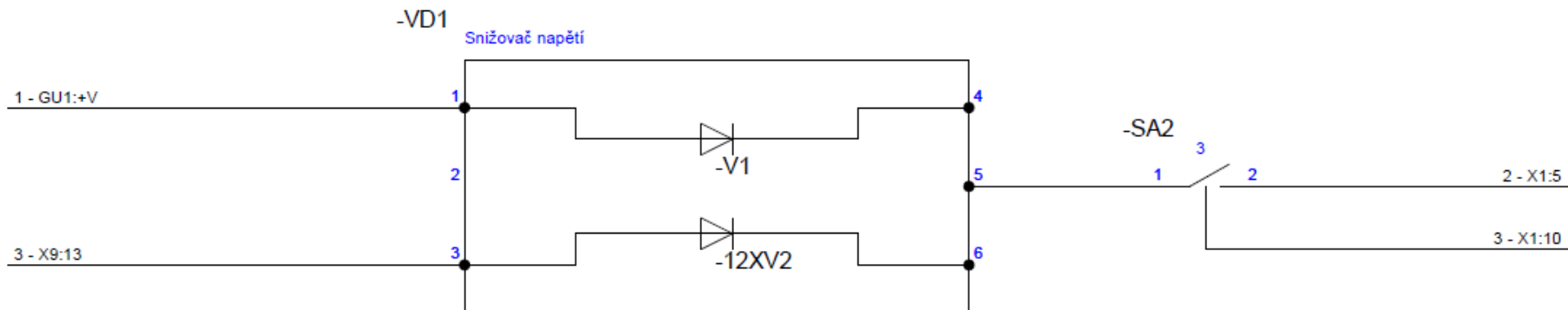
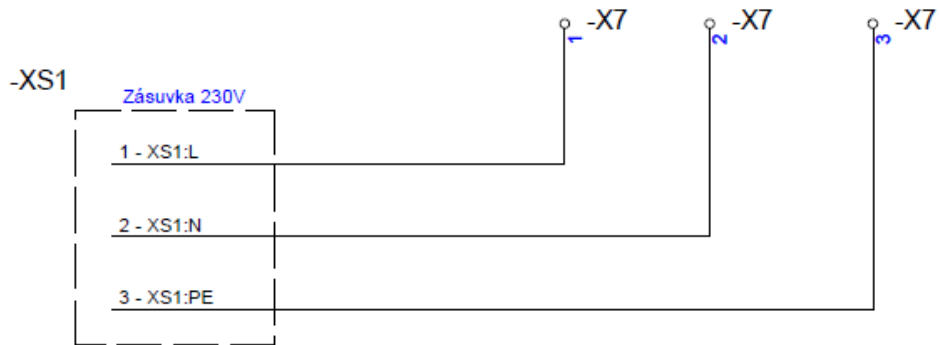


Majitel výkresu: Lukáš Čáp	Stavba: Rozšíření modelu FVE PC: Model fotovoltaické elektrárny	Část: Elektročást PS: Rozvaděč R01, R02	Obvodové schéma: Obvod baterie, nabíječů	Změna: 7.8.2015 Datum: 7.8.2015	Verze: 1	=Funkce	+Pozice +R01	Počet listů: List: OS3
-------------------------------	--	--	---	------------------------------------	----------	---------	-----------------	---------------------------

Skoleversion

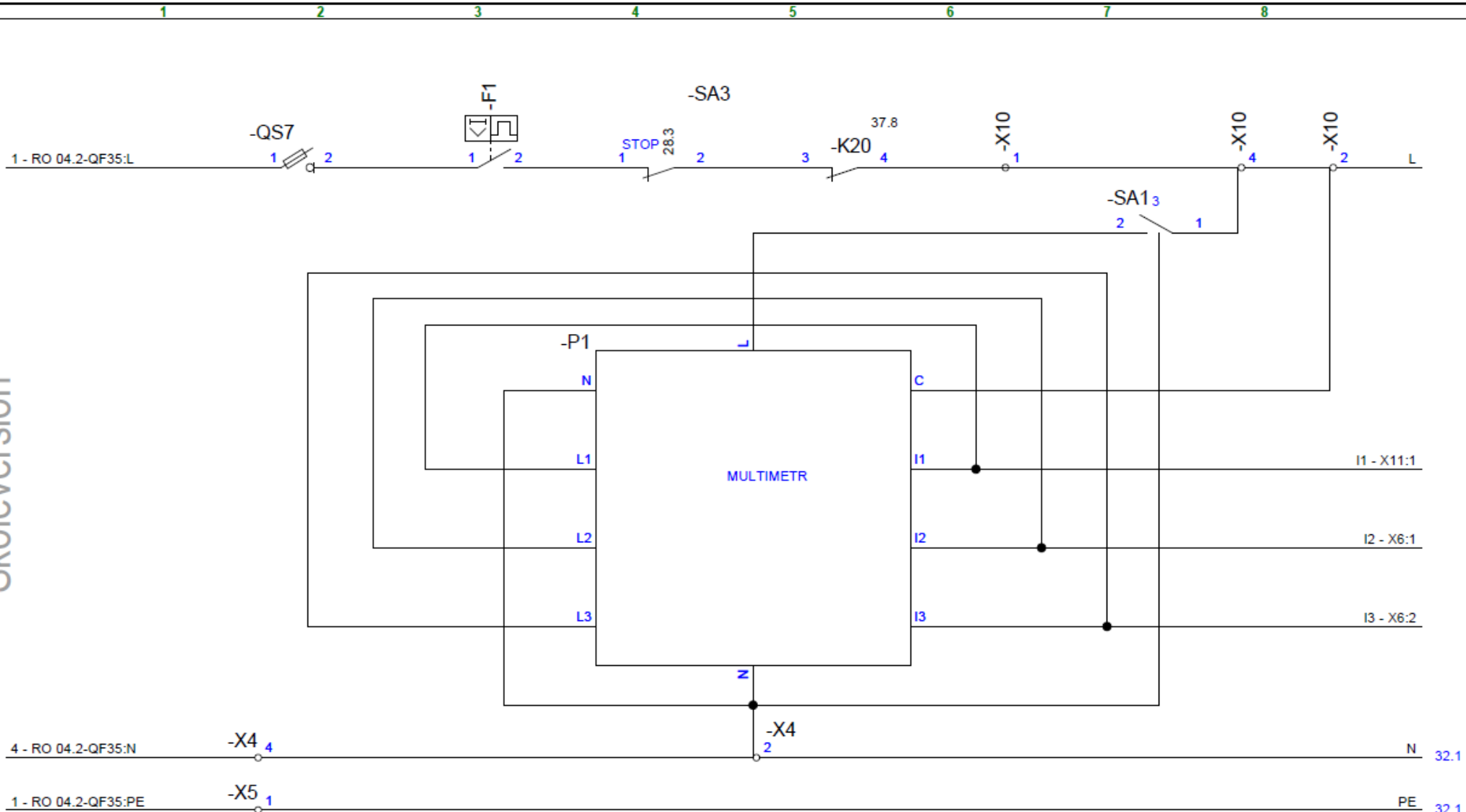


Majitel výkresu: Lukáš Čáp	Stavba: Rozšíření modelu FVE	Část: Elektročást	Obvodové schéma:	Změna: 7.6.2015	Verze: =Funkce	+Pozice:	Počet listů:
	PC: Model fotovoltaické elektrárny	PS: Rozvaděč R01, R02	Střídače, SS zásuvky 24V	Datum: 7.6.2015	1	+R01	List: OS4



Majitel výkresu: Lukáš Čáp	Stavba: Rozšíření modelu FVE	Část: Elektročást	Obvodové schéma:	Změna: 7.6.2015	Verze: =Funkce	+Pozice:	Počet listů:
	PC: Model fotovoltaické elektrárny	PS: Rozvaděč R01, R02	Snižovač napětí, zásuvka 230V	Datum: 7.6.2015	1	+R01	List: OS5

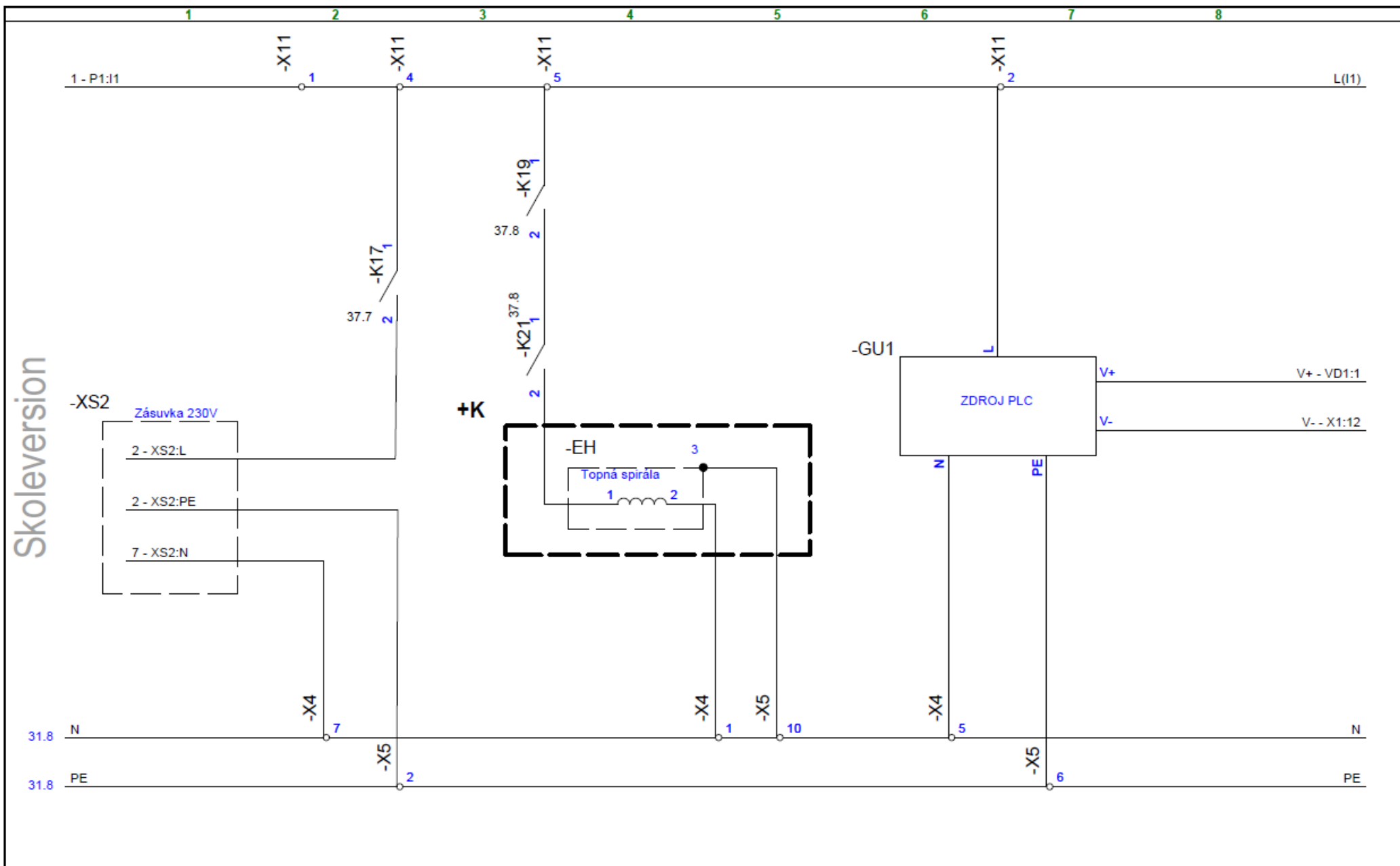
Skoleversion



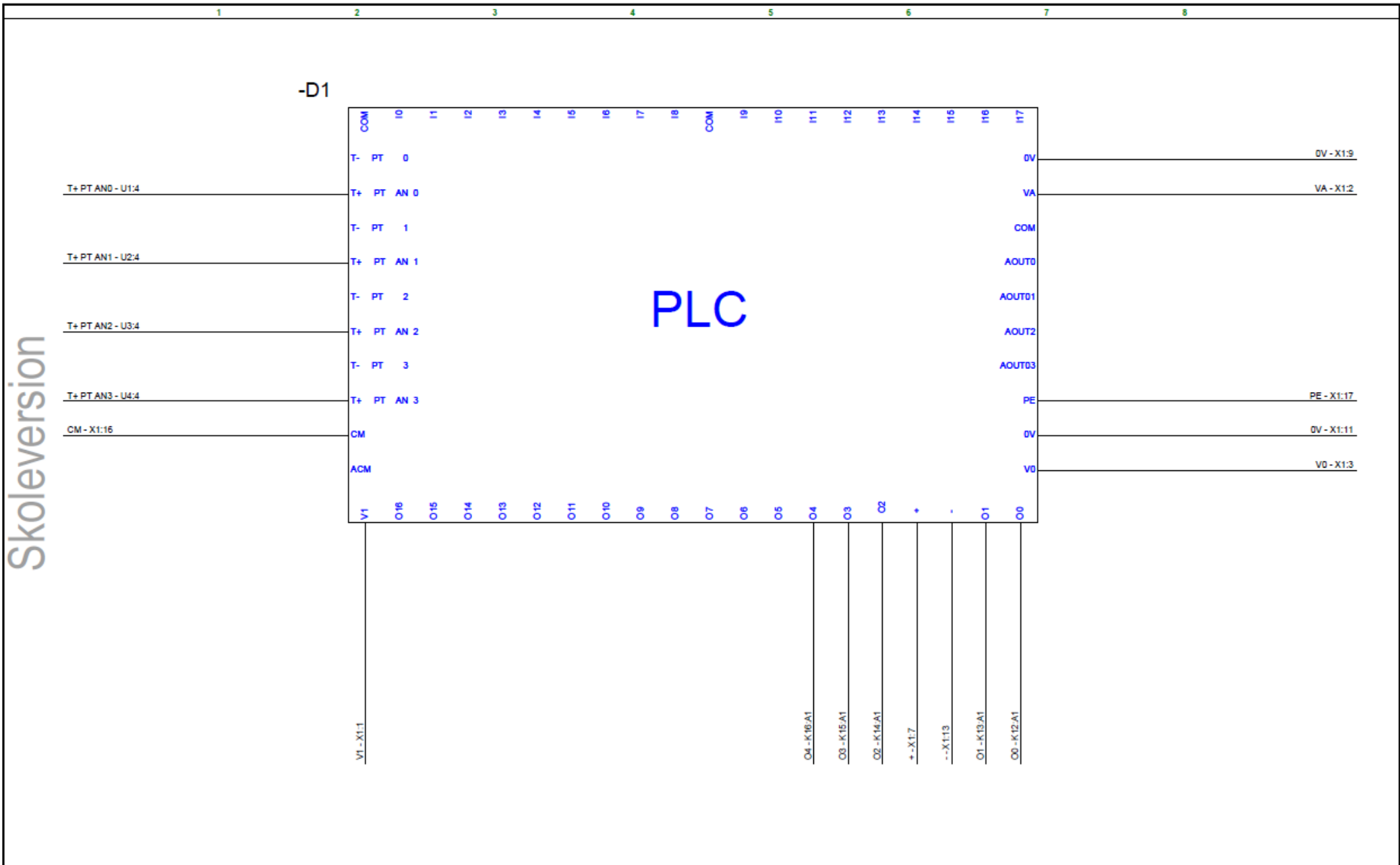
<b>Majitel výkresu:</b> Lukáš Čáp	<b>Stavba:</b> Rozšíření modelu FVE <b>PC:</b> Model fotovoltaické elektrárny	<b>Část:</b> Elektročást <b>PS:</b> Rozvaděč R01, R02	<b>Obvodové schéma:</b> Připojení sítě 230V, multimetr	<b>Změna:</b> 7.6.2015 <b>Datum:</b> 7.6.2015	<b>Verze:</b> =Funkce 1	<b>+Pozice:</b> +R01	<b>Počet listů:</b> List: OS6
--------------------------------------	--	--	---	--	----------------------------	-------------------------	----------------------------------



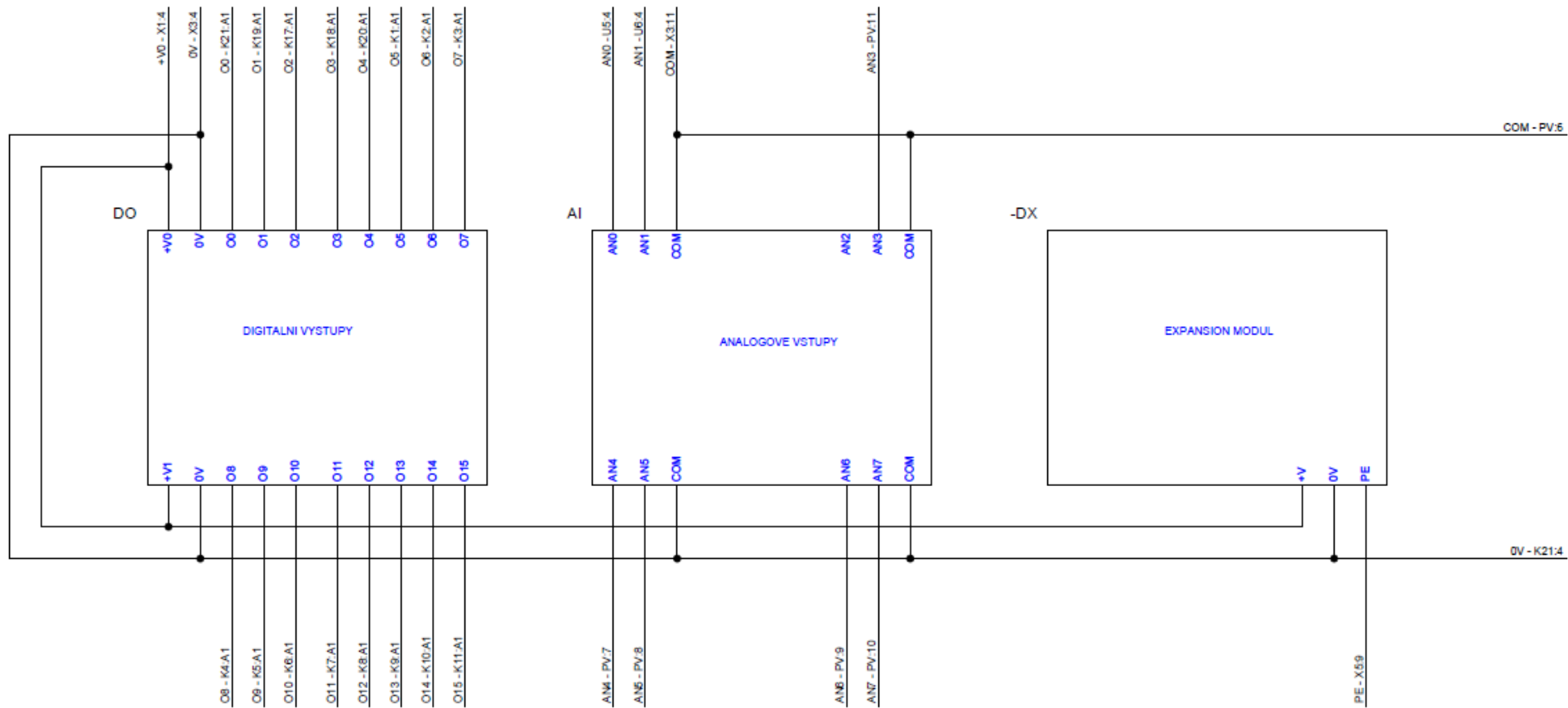
Skoleversion



<b>Majitel výkresu:</b> Lukáš Čáp	<b>Stavba:</b> Rozšíření modelu FVE <b>PC:</b> Model fotovoltaické elektrárny	<b>Část:</b> Elektročást <b>PS:</b> Rozvaděč R01, R02	<b>Obvodové schéma:</b> Zásuvka 230V, topná spirála, zdroj PLC	<b>Změna:</b> 7.6.2015 <b>Datum:</b> 7.6.2015	<b>Verze:</b> =Funkce 1	<b>+Pozice:</b> +R01	<b>Počet listů:</b> List: OS7
--------------------------------------	--	--	---	--	----------------------------	-------------------------	----------------------------------

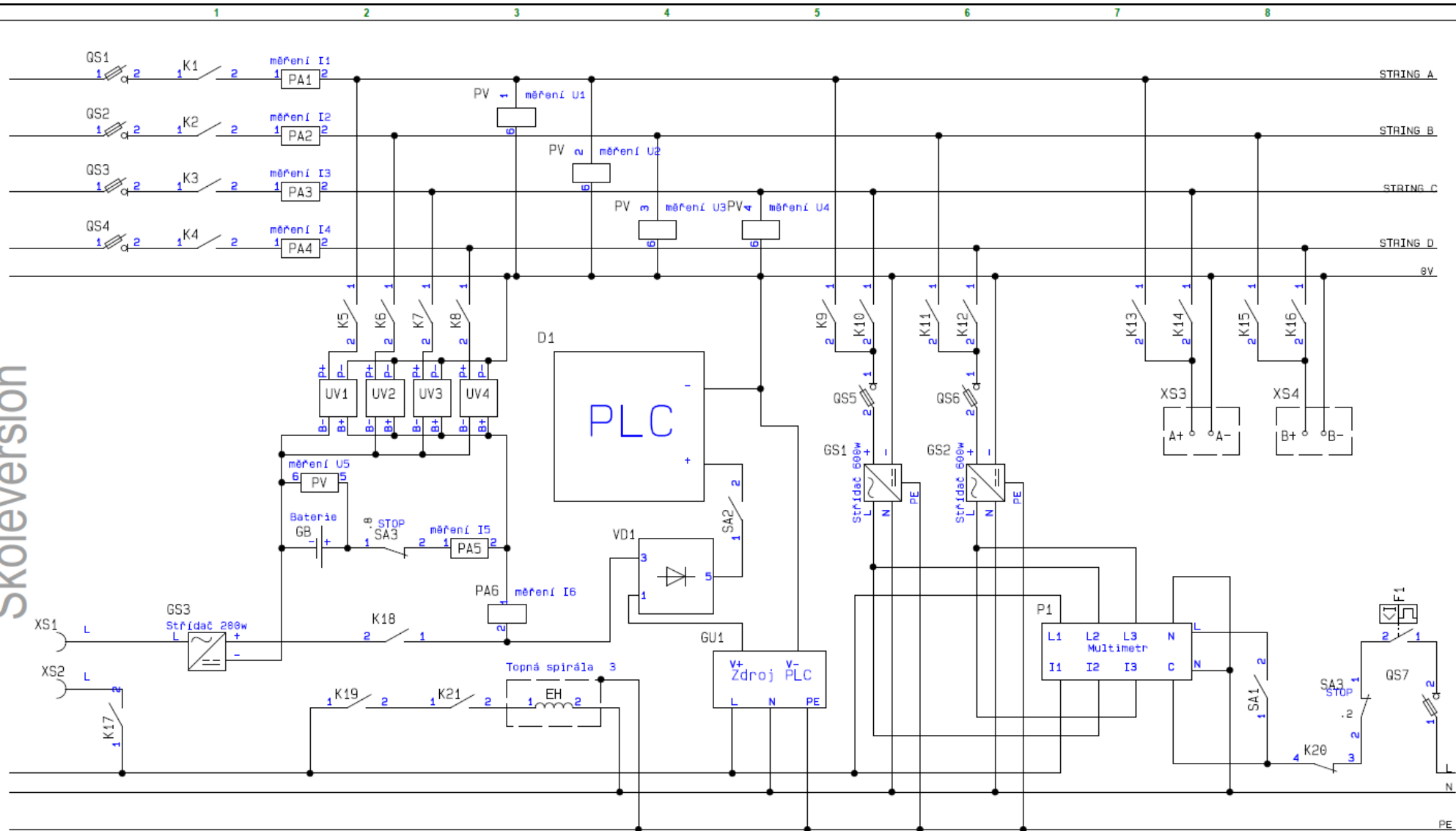


Majitel výkresu: Lukáš Čáp	Stavba: Rozšíření modelu FVE PC: Model fotovoltaické elektrárny	Část: Elektročást PS: Rozvaděč R01, R02	Obvodové schéma: Zapojení I/O a napájení PLC	Změna: 7.6.2015 Datum: 7.6.2015	Verze: 1	=Funkce	+Pozice +R01	Počet listů: List: OS8
-------------------------------	--	--	---	------------------------------------	----------	---------	-----------------	---------------------------



Majitel výkresu: Lukáš Čáp	Stavba: Rozšíření modelu FVE PC: Model fotovoltaické elektrárny	Část: Elektročást PS: Rozvaděč R01, R02	Obvodové schéma: Zapojení I/O externích modulů PLC, napájení	Změna: 7.6.2015 Datum: 7.6.2015	Verze: 1	=Funkce +R01	Počet listů: List: OS9
-------------------------------	--	--	---	------------------------------------	----------	-----------------	---------------------------

Skoleversion



<b>Majitel výkresu:</b> Lukáš Čáp	<b>Stavba:</b> Rozšíření modelu FVE <b>PC:</b> Model fotovoltaické elektrárny	<b>Část:</b> Elektročást <b>PS:</b> Rozvaděč R01, R02	<b>Přehledové schéma:</b>	<b>Změna:</b> 7.6.2015 <b>Datum:</b> 7.6.2015	<b>Verze:</b> =Funkce 1	<b>+Pozice</b>	<b>Počet listů:</b> List: PS1
--------------------------------------	--	--	---------------------------	--	----------------------------	----------------	----------------------------------