

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Přenosný box pro měření
kvality elektrické sítě

Sezimovo Ústí, 2016

Autor: Jan Ptáček



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Jan Ptáček**
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy
Název práce: **Přenosný box pro měření kvality elektrické sítě**
Anglický název práce: **Portable box for power quality measurement**

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte přenosný box – vyberte rozváděč a jeho výzbroj včetně napájení, vyberte rozebíratelné proudové měřicí transformátory.
2. Vytvořte výkresovou dokumentaci v AutoCADu pro montáž a přípravu rozváděče.
3. Oživte měřicí box a jeho komunikaci s PC.
4. Nainstalujte software Power Monitoring Expert s SQL Express na PC.
5. Proveďte základní konfiguraci softwaru (jednoduchá vizualizace, nastavení PC pro zasílání reportů z přenosného boxu).
6. Vytvořte uživatelskou příručku a ostatní dokumentace.
7. Proveďte testování.
8. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.

Doporučená literatura:

- [1] Schneider Electric, Installation Guide [online]. 06/2010 [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=791765756&p_File_Name=70002-0247-14.pdf
- [2] Schneider Electric, ION Reference [online]. 04/2015 [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=853233664&p_File_Name=70002-0290-06.pdf

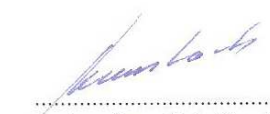
Vedoucí práce: Ing. Václav Šedivý, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí
Odborný konzultant práce: Ing. Aleš Ptáček, Schneider Electric, Praha
Oponent práce: Bc. et Bc. Miroslav V. Hospodářský, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí

Datum zadání absolventské práce: **1. 9. 2015**

Datum odevzdání absolventské práce: **6. 5. 2016**


Ing. Václav Šedivý
(vedoucí práce)




Ing. František Kamlach
(ředitel školy)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne 23.8.2016



podpis

Poděkování

Děkuji především vedoucímu absolventské práce Ing. Václavu Šedivému za pomoc při vedení práce, cenné rady a připomínky. Další díky patří Ing. Aleši Ptáčkovi za odbornou pomoc, Mgr. et Mgr. Monice Jelínkové za korekturu anglické verze anotace a v neposlední řadě mé rodině, přítelkyni a nejbližším přátelům, kteří mi po celou dobu studia byli velkou oporou.

Anotace

Absolventská práce realizovaná pod záštitou firmy Schneider Electric je zaměřena na měření kvality elektrické sítě. Hlavním cílem práce je vytvoření kompletního návrhu přenosného rozváděče s analyzátozem elektrických sítí ION 7650, který bude sloužit pro měření elektrických sítí a prezentaci dané problematiky zákazníkům. Součástí práce je kompletní oživení, nastavení a vytvoření komunikace mezi určitými komponenty, základní seznámení se softwarem StruxureWare Power Monitoring, jeho instalace, konfigurace včetně jednoduché vizualizace a nastavení reportu EN50160. Poslední krok zahrnuje testování a vytvoření manuálu.

Klíčová slova: StruxureWare Power Monitoring, kvalita elektrické sítě, analyzátor elektrické sítě ION 7650, vizualizace.

Annotation

Graduation work realized under the auspices of Schneider Electric is focused on measuring the quality of the electricity network. The main goal of the graduate thesis is to create a complete design of portable switchboard with electrical networks analyzer ION 7650, which will be used for the measurement of electrical networks and presentation of the issue to customers. The work includes a complete revival, set up and creates communication between certain components, basic familiarity with software StruxureWare Power Monitoring, installation, configuration, including a simple visualization and settings of report EN50160. The last step involves testing and creating a manual.

Key words: StruxureWare Power Monitoring, power quality, electrical network analyzer ION 7650, visualization.

Obsah

Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	viii
1 Úvod	1
2 Problematika kvality elektrické sítě	2
2.1 Harmonické zkreslení kmitočtu	2
2.2 Napájecí napětí	3
2.3 Kmitočet elektrické sítě	3
2.4 Flikr – rychlé změny napětí	4
2.5 Přechodové jevy	4
2.6 Kolísání napájecího napětí	5
2.7 Nesymetrie napájecího napětí	6
3 Vlastní technické řešení	7
3.1 Analyzátor elektrické sítě ION 7650	7
3.1.1 Volitelné charakteristiky, vlastnosti	8
3.2 Návrh přenosného rozváděče pro měření kvality elektrické sítě	8
3.3 Tvorba technické dokumentace	9
3.3.1 Technický popis zařízení jako komplexu	9
3.3.2 Liniové schéma zapojení	10
3.3.3 Komunikační schéma zapojení	12
3.3.4 Technicko-obchodní specifikace (TOS)	12
3.4 Oživení měřicího systému	12
3.4.1 Nastavení GPRS routeru	13
3.4.2 Nastavení analyzátoru ION7650	14
3.5 StruxureWare Power Monitoring	16

3.5.1	Instalace softwarů	16
3.5.2	Popis systému	16
3.5.3	Pevný klient	17
3.5.4	Webový klient	18
3.5.5	Vizualizace měření	19
3.6	Laboratorní testování	20
3.6.1	Report kvality elektrické sítě dle EN50160	22
4	Závěr	23
	Literatura	24
A	Obsah příloženého CD/DVD	I
B	Použitý software	II
C	Časový plán absolventské práce	III
D	Analyzátor ION 7650	IV
E	Rozmístění komponentů	VI

Seznam obrázků

2.1	Rozdíl mezi lineárním a nelineárním sinusovým průběhem	2
2.2	Průběhy s přechodovým jevem	5
3.1	Analyzátor elektrické sítě ION 7650	7
3.2	Přední strana přenosného rozváděče	9
3.3	Napěťové a proudové vstupy	10
3.4	Komponenty – UPS a GPRS router	11
3.5	Komponenty – spínaný zdroj a notebook	11
3.6	Přenosný rozváděč pro měření kvality elektrické sítě	12
3.7	Konfigurace GPRS routeru	13
3.8	Základní nastavení	14
3.9	Konfigurace síťového nastavení	15
3.10	Kvalita elektrické sítě	15
3.11	Záložky webového klienta	19
3.12	Vizualizace měření	19
3.13	Graf s rozběhovými proudy motoru	21
3.14	Graf s rozběhovými proudy motoru	21
3.15	Report EN50160	22
D.1	Popis zařízení – tlačítka, vstupy, výstupy, konektory	IV
D.2	Zapojení měřicích vstupů pro NN (přímé měření)	V
D.3	Zapojení měřicích vstupů pro VN (s měřicími transformátory napětí)	V
E.1	Rozmístění komponentů v rozváděči	VI

Seznam tabulek

3.1	Parametry základního nastavení	14
-----	--	----

Kapitola 1

Úvod

Se stále zvyšujícím se počtem elektronických zařízení v našem profesním a osobním životě (počítače – spínané zdroje, motory – frekvenční měniče a obecně zařízení generující vyšší harmonické kmitočty) je stále důležitější zabývat se problematikou kvality elektrické sítě, a to z důvodu možného fyzického poškození daného zařízení.

Měření kvality elektrické sítě má zásadní význam pro dosažení optimálního výkonu a představuje důležitý proces v zjišťování případných problémů s kvalitou elektrické sítě. V dnešní době je možné sledovat odběr energií online. Díky měření můžeme tedy identifikovat jednak plýtvání s elektrickou energií, ale i optimální využívání kapacit systémů.

Cílem projektu je návrh přenosného rozváděče s analyzátozem kvality elektrické sítě ION 7650. Přístroj je primárně určen, na rozdíl od konkurenčních přístrojů firem jako je Fluke atd., pro trvalé umístění v přenosném rozváděči a implementaci společně se softwarem StruxureWare Power Monitoring. Předmětný software z výše specifikovaného přístroje stahuje výsledky měření a poskytuje zákazníkovi v podobě online měření a reportů prostřednictvím webového klienta komplexní ucelený přehled elektrické sítě.

Struktura této práce, která je napsána v $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ ¹ (SCHENK, C., 2009), je následující. Kapitola 2 obsahuje problematiku kvality elektrické sítě dle normy EN50160. V kapitole 3 jsou uvedeny jednotlivé kroky od návrhu, technické dokumentace, oživení rozváděče, instalace a konfigurace softwaru až po testování. V přílohách práce je uveden obsah příloženého DVD, použitý software, časový plán AP, popis analyzátoru ION7650 a rozmístění komponentů.

Autorovi práce bylo umožněno využívat materiály firmy Schneider Electric a nachází se zde pouze obrázky vytvořené autorem, nebo ve vlastnictví firmy Schneider Electric.

¹ $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ je rozšíření systému \LaTeX , což je kolekce maker pro \TeX . \TeX je ochranná známka American Mathematical Society.

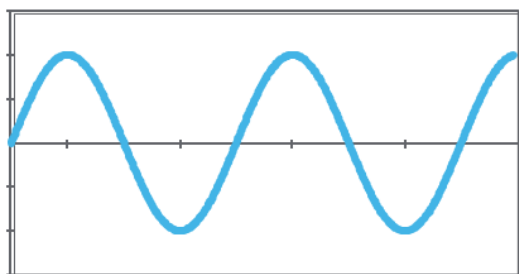
Kapitola 2

Problematika kvality elektrické sítě (dle normy EN50160)

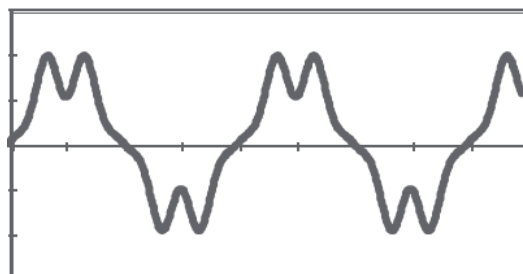
Jak bylo zmíněno v předchozím textu, tato kapitola stručně analyzuje problematiku měření kvality elektrické sítě, plně v souladu s normou EN50160 (ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2000). Detailnější rozbor je řešen v prezentaci (nevytvořené autorem této AP), která se nachází v příloze A na DVD ve složce Problematika kvality.

2.1 Harmonické zkreslení kmitočtu

Jedním z nejdůležitějších parametrů je rozpoznávání harmonického napětí, které je představováno poměrem k základní frekvenci, tzn. řád harmonického kmitočtu. Parametr charakterizující příslušnou nelinearitu nazýváme činitel harmonického zkreslení.



(a) sinusový lineární průběh



(b) sinusový nelineární průběh

Obrázek 2.1: Rozdíl mezi lineárním a nelineárním sinusovým průběhem

Rozdíl mezi lineárním a nelineárním sinusovým průběhem lze vidět na obrázku 2.1. Harmonické napětí je způsobeno především nelineárním zatížením od spotřebičů, které jsou připojeny k distribuční síti (ČEZ, 2016). Z toho vyplývá skutečnost, že harmonické proudy, impedance sítě a harmonická napětí jsou v odběrných místech elektrické sítě časově proměnné.

Z předmětné normy EN50160 vyplývá požadavek, že činitel harmonického zkreslení by neměl překročit hodnotu 5 % pro napětí a 10 % pro proud. Bližší informace viz. norma EN50160 a prezentace.

Nedílnou součástí této problematiky je i skutečnost meziharmonického napětí, které je představováno sinusovým napětím, jehož kmitočet se nachází právě mezi harmonickými kmitočty. Pokud se meziharmonická napětí blíží k základnímu kmitočtu (v evropské elektrické soustavě 50 Hz), nastává tzv. flickr. Problém flickru je řešen v podkapitole 2.4.

2.2 Napájecí napětí

Z výše uvedené normy vyplývá definice velikosti dohodnutého napájecího napětí, které je nazýváno jmenovité napětí sítě. Existuje zákonná dohoda mezi dodavatelem a odběratelem, kdy může být do předávacího místa přivedeno napětí odlišné od jmenovitého.

Vzhledem ke skutečnosti, že v distribučních elektrických sítích nízkého napětí není provedeno žádné řízení napětí, jsou sítě navrženy tak, že provozovatel distribuční sítě má omezené možnosti ovlivňovat zvyšování, resp. snižování zatížení odběratelů. Jak je obecně známo, odchylky napájecího napětí v distribučních sítích nesmí přesáhnout $\pm 10\%$ hodnoty jmenovitého napětí. Bližší problematika je analyzována v normě EN50160 a prezentaci uvedené výše.

2.3 Kmitočet elektrické sítě

Kmitočet elektrické sítě udává počet kmitů, které jsou dokončeny v průběhu pevně daného časového okamžiku, v případě distribuční sítě se jedná o 1 sekundu. Jak je uvedeno v předchozí podkapitole, jmenovitá hodnota kmitočtu evropských distribučních sítí je 50 Hz. Odchylky od této hodnoty závisí na interakci působení mezi zdroji (především generátory) a zatížením.

V současné době je tato problematika složitá, neboť regulace turbín mnohdy přesahuje technická maxima. Druhou cestou jsou tedy tzv. chytré sítě (smart grids) (MARTIN PLCHÚT, 2015). Tato problematika ovšem přesahuje obsah této AP, tudíž je zde zmíněna pouze pro úplnost. Hlubší analýza se nalezne v normě EN50160 a prezentaci.

2.4 Flikr – rychlé změny napětí

Jedná se o rychlé změny a kolísání napětí, které je definováno amplitudou a frekvencí. Odchylkou jednoho nebo druhého parametru od normálních hodnot se může významně zhoršit jeho kvalita. Flikr (ĽOBUŠ CABALA, 2010), neboli blikání světelných zdrojů, je tak vlastně důsledkem náhodných nebo opakujících se fluktuací obálky napětí, která vzniká rušením v procesu výroby, přenosu, nebo distribuce elektrické energie. Toto rušení je nejčastěji způsobeno velkou proměnlivou zátěží (rychle se měnící činný a jalový odběr).

Vzhledem ke skutečnosti, že flikr působí na vizuální vnímání člověka změnami světelného toku ze světelných zdrojů, je jim v současné době věnována vysoká pozornost především v oblastech bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP) a v oblastech medicíny. Dále je důležitá míra vnímání flikru a je dělena na dvě základní skupiny:

1) Krátkodobá míra vjemu flikru:

- Normou je vyžadována hodnota parametru $P_{st} \leq 1$.

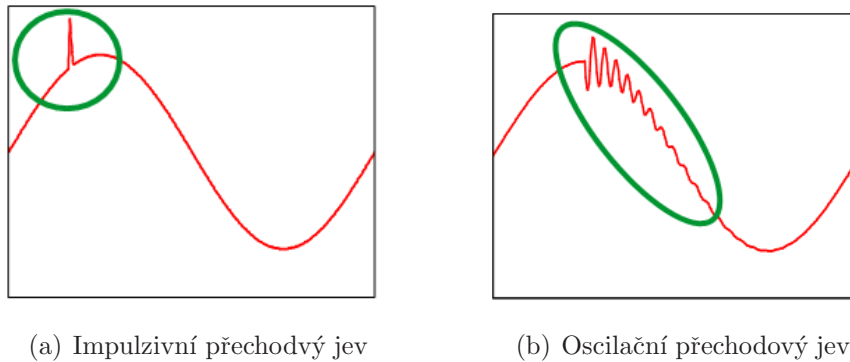
2) Dlouhodobá míra vjemu flikru:

- Normou je vyžadována hodnota parametru $P_{st} \leq 0.65$.

2.5 Přejímové jevy

Přejímové jevy vznikají v elektrických, datových a komunikačních obvodech. Jejich doba trvání je velice krátká a pohybuje se v řádech milisekund až nanosekund. Jedná se o rychlé změny frekvence u napětí, nebo proudu. Přejímové jevy lze rozdělit do třech základních typů. Prvním typem jsou impulzivní přejímové jevy, druhým typem jsou oscilační přejímové jevy a posledním typem jsou přejímové jevy vzniklé náhodně.

Dále je možné provést rozdělení dle polarit. U impulzivního přechodového jevu na obrázku 2.2(a) je znázorněn impuls s jednosměrnou polaritou, u kterého je patrná vysoká frekvence a špičková hodnota. U oscilačního přechodového jevu na obrázku 2.2(b) lze vypořozovat kladnou a zápornou polaritu způsobenou kapacitní a induktivní zátěží.



Obrázek 2.2: Průběhy s přechodovým jevem

Zdrojem přechodových jevů mohou být např. blesky, přepínání kompenzací, odboček transformátorů, připojování a odpojování zátěží, elektrostatický výboj a další. Důsledkem může být poškození zařízení, narušení systémů – ztráta dat, nebo menší poškození, která se projeví později.

2.6 Kolísání napájecího napětí

Jedná se o náhlé snížení, nebo zvýšení hodnoty napětí a to pod, či přes stanovené meze. Tyto meze se pohybují pro podpětí od 10 % do 90 %, pro přepětí od 110 % do 180 % a pro dlouhodobé přerušování méně než 10 % nominálního napětí. Z toho je patrné, že hodnota kolísání napájecího napětí se procentuelně vztahuje k nominálnímu napětí sítě v dané distribuční soustavě. V technické praxi je sdružené nominální napětí v případě distribuční sítě NN 400 V, v případě sítí VN většinou 6 kV, 22 kV, 110 kV, 400 kV. V souladu s normou EN50160 je kolísání napájecího napětí rozděleno:

1) Krátkodobé kolísání napájecího napětí:

- Norma udává trvání krátkodobého kolísání napětí od půl periody do jedné minuty. V anglickém jazyce jsou pro tyto poruchy používány termíny sag – podpětí a swell – přepětí.

- Nejčastějším zdrojem podpětí jsou meteorologické jevy, technické poruchy na vedení, nebo např. zvířata. Vlivem těchto krátkodobých podpětí může dojít k vybavení jističů či resetování zařízení – ztrátě dat, nebo přerušení chodu výrobní linky.
- Přepětí naopak bývá způsobeno nejčastěji zemní poruchou, změnou zatížení sítě, nebo přepínání stupňů kompenzací. Důsledky jsou horší než u podpětí, může totiž dojít k destrukci či poškození zařízení.

2) Dlouhodobé kolísání napájecího napětí:

- Norma udává trvání dlouhodobého kolísání napětí od jedné minuty až do řádu hodin. Pokud se jedná o dlouhodobá podpětí sítě, obvykle menší než 90 % nominálního napětí, důsledkem většinou bývá snížený a nevyrovnaný výkon.
- Naopak při dlouhodobých přepětích sítě vyšších než 110 % nominálního napětí dochází k nežádoucímu vypínání nadproudových zařízení, nebo zkrácení životnosti motorů vlivem nadměrného zahřívání.
- U trvalého přerušování napájecího napětí je nominální napětí menší než 10 % a pohybuje se od jedné minuty do několika hodin. Lze jej rozdělit na krátkodobé, spojené s vybavením jističů při poruchách, a dlouhodobé přerušování, které je povětšinou zapříčiněno poruchami na transformátorech nebo vlivem počasí na vedení vysokého napětí.

2.7 Nesymetrie napájecího napětí

Nesymetrie napájecího napětí, jak je obecně známo, je dána ztrátou symetrie vektoru fázového napětí. Ve většině případů je tato nesymetrie vyvolána problémy na transformátorech, kondenzátorech (kompenzacích), velkými délkami a špatně dimenzovanými průřezy kabelů, nebo například nesymetrickým odběrem. Pokud je nesymetrie napětí větší než 2 %, hrozí například nadměrné zahřívání vinutí motorů.

Jak vyplývá z výše uvedeného textu, problematika kvality elektrické sítě je představována širokým spektrem faktorů, které je nutno měřit, analyzovat a to tak, aby se jim předcházelo, resp. aby byly poníženy v co největší šíři.

Kapitola 3

Vlastní technické řešení

Vlastní technické řešení je představováno požadavky objednatele přenosného boxu pro měření kvality elektrické sítě. Měřicí komplex musí splňovat zadané technické parametry.

3.1 Analyzátor elektrické sítě ION 7650

Jedná se o energetický měřič kvality energie pro sítě NN, které představují elektrické sítě veřejných služeb, hlavní přívody nebo kritické zátěže distribučních sítí NN.



Obrázek 3.1: Analyzátor elektrické sítě ION 7650

Základní charakteristikou analyzátoru ION 7650 (SCHNEIDER_ELECTRIC, 2009), na obrázku 3.1, je skutečnost, že přidává symetrické měření komponent, detekci rychlých přechodových jevů, zápis tvaru vlny při 1024 vzorcích/cyklus a monitorování souladu kvality energie. Jedná se o charakteristiky pevné. Druhou částí jsou charakteristiky volitelné dle potřeb uživatele.

3.1.1 Volitelné charakteristiky, vlastnosti

Jedná se o zařízení, které obsahuje či neobsahuje displej. Další nedílnou součástí je jazyková podpora pro různé světové jazyky. Jak již bylo zmíněno dříve, jedná se o analyzátor, jehož výsledky se později analyzují v souladu s IEC nebo IEEE záznamy konfigurovatelné uživatelem .

Vlastní třífázové měření probíhá ve čtyřech kvadrantech s vysokou třídou přesnosti, která činí dle IEC 0,2 %. Je také možné samostatně měřit dále specifikované fyzikální veličiny, jako jsou hodnoty napětí, proudu, ve středním vodiči a zemního proudu, výkonu, frekvence, účinníku, spotřeby, energie a doby provozu. Je také samozřejmostí, že u analyzátoru je možné nastavit korekce přesnosti MTP, včetně vyrovnání ztrát. Z předchozího textu vyplývá vynikající schopnost monitorování souladu kvality energie. Přístroj samotný obsahuje:

- 4 analogové vstupy,
- 16 digitálních stavových/čítačových vstupů,
- 7 digitálních řídicích/pulzních výstupů,
- 65 zadaných hodnot pro alarmy a ovládání,
- 5 komunikačních portů: Ethernet, modem, RS-232/485, RS-485, optický čelní panel. Komunikační kanály pro Ethernet a modem pro 31 zařízení na portu RS-485,
- vestavěný web server, email pro alarmy a data

3.2 Návrh přenosného rozváděče pro měření kvality elektrické sítě

Na základě požadavků, které vznikly z dodavatelsko-odběratelských vztahů, byl navrhnout přenosný oceloplechový rozváděč o rozměrech 600x600x300 mm. Plastový rozváděč byl z důvodu možného mechanického poškození odmítnut. Rozváděč byl vyprofilován jako dodávka od firmy Schneider Electric. Výkresovou výrobní dokumentaci, vytvořenou v softwaru AutoCAD, je možno dohledat v příloze A na DVD ve složce Výkresová výrobní dokumentace.

3.3 Tvorba technické dokumentace

Technická dokumentace je vytvořena plně v souladu s platnou ČS. legislativou a obsahuje čtyři základní části: technický popis zařízení jako komplexu, liniové schéma zapojení, komunikační schéma zapojení a technicko-obchodní specifikace. Liniové a komunikační schéma zapojení je součástí výkresové výrobní dokumentace.

3.3.1 Technický popis zařízení jako komplexu

Technický popis zařízení jako komplexu bude popsán v následujícím textu. Základem celého měřicího zařízení je oceloplechový rozváděč (viz předchozí text), na jehož čelním panelu jsou rozmístěny vizualizační a ovládací prvky, viz obrázek 3.2.

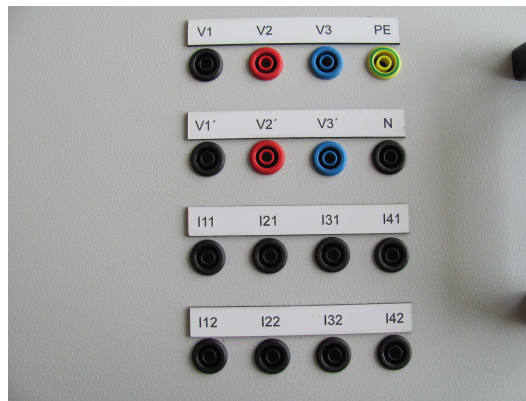
Přepínač 1 (NAPÁJENÍ BOXU ZÁSUVKA – MĚŘENÍ) je určen pro typ napájení z externího přívodu, nebo ze samotného připojeného měření. Přepínačem 2 (TYP MĚŘENÍ NN – VN) je nastavován typ měření. To znamená měření na NN nebo VN (realizované pomocí napěťových transformátorů). Na čelním panelu je také samotný analyzátor popsán v předešlém textu.



Obrázek 3.2: Přední strana přenosného rozváděče

Pokud se bude měřit na NN (230 V fázové, 400 V sdružené) 50 Hz, je možné napájet rozváděč jak z měřeného přívodu, tak z externího přívodu. Pokud by se měření nasazovalo na měření VN (např. 13000 V fázové, 22000 V sdružené), je nutné použít napěťové měřicí transformátory, které mají obvykle lineární převod z 22 kV na 100 V, či 110 V. Mají také omezené zatížení sekundárních cívek. Díky tomu není možné využít variantu s napájením rozváděče z měřeného obvodu, a je nutné použít externího přívodu. Podrobný popis zapojení a popis vstupů a výstupů analyzátoru se nachází v příloze D.

Měřicí vstupy na obrázku 3.3 lze najít na zdírkách na vrchní straně rozváděče. Jsou rozděleny na proudové a napěťové. Dle liniového schématu zapojení je analyzátor chráněn pojistkovým třífázovým odpojovačem. Na proudové svorky jsou připojovány měřicí proudové transformátory, které se umísťují na příslušné vodiče. V tomto případě převádí v závislosti měřený proud na hodnotu 5 A, díky čemuž se analyzátor nemůže poškodit vlivem vysokého proudu. Všechny uvedené svorky jsou s analyzátozem propojeny. Na levé straně rozváděče (ve spodní části) je umístěn konektor pro napájení z externího přívodu. Na pravé straně rozváděče (v horní části) byl vytvořen otvor pro průchodku pro případné protažení ethernetového kabelu.



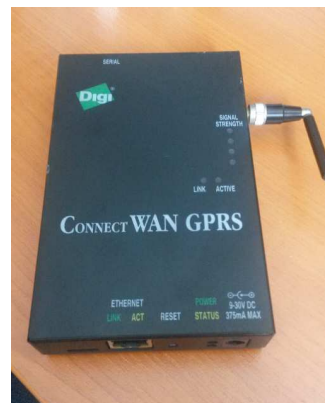
Obrázek 3.3: Napěťové a proudové vstupy

3.3.2 Liniové schéma zapojení

Jak je možné vysledovat ze schématu zapojení, měřicí komplex je samostatně jištěn, tudíž nevyžaduje externí jištění napájení. Společně s hlavním jištěním je propojen signalizační kontakt, který je připojen k digitálním svorkám analyzátoru pro případ signalizace výpadku napájecího napětí. Uvnitř přenosného rozváděče se nachází záložní zdroj (UPS) 3.4(a) napájecího napětí pro případ výpadku externího napájení, nebo napájení z připojeného měření. Nastane-li výpadek napájecího napětí, je UPS schopna několik minut dodávat celému rozváděči elektrický proud. Díky tomu může analyzátor a notebook v této situaci zpracovat data a uložit je. Díky GPRS routeru na obrázku 3.4(b) je možné připojit celý komplex k internetu i v případě, že v blízkosti nebude Wi-Fi síť. Analyzátor je napájen 230 V a pro větší bezpečí navíc samostatně jištěn. Totéž platí i pro zdroj stejnosměrného napětí 24 V, o kterém je psáno dále v textu.



(a) Záložní zdroj APC Back-UPS CS 650 VA



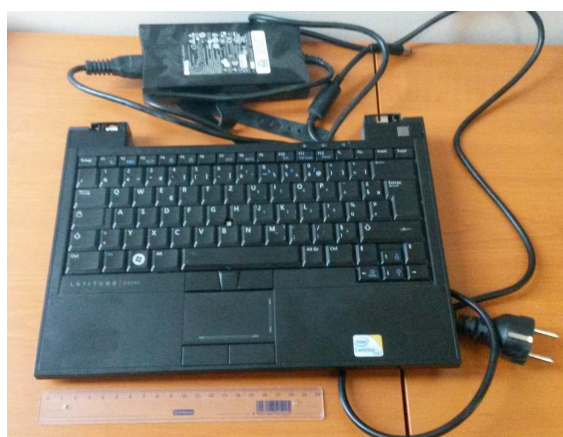
(b) GPRS router

Obrázek 3.4: Komponenty – UPS a GPRS router

Součástí komplexu je také zdroj stejnosměrného napětí 24 V na obrázku 3.5(a) určený pro napájení switche, relé a signalizačního kontaktu v souvislosti s digitálními vstupy. Celkem jsou v rozváděči umístěny 3 elektrické zásuvky a GPRS router je napájen přes napájecí adaptér zapojený do elektrické zásuvky. Do druhé elektrické zásuvky je pomocí napájecího adaptéru zapojen také notebook na obrázku 3.5(b), na němž jsou nainstalovány nezbytné softwary. Notebook je umístěn v přenosném rozváděči bez displeje. Pro zobrazování dat je možné připojit externí monitor nebo přístup pomocí vzdálené plochy. Třetí zásuvka je ponechána volná pro připojení externího zařízení.



(a) spínaný zdroj 24 V



(b) Notebook Dell e6410

Obrázek 3.5: Komponenty – spínaný zdroj a notebook

3.3.3 Komunikační schéma zapojení

Další nedílnou součástí je komunikační schéma zapojení. Pro komunikaci mezi analyzátořem, GPRS routerem a notebookem je nezbytným komponentem switch, s nímž jsou komponenty propojeny propojovacími kabely pro Ethernet. Switch obsahuje celkem 5 portů pro konektor typu RJ45 a musí být napájen ze zdroje stejnosměrného napětí 24 V.

3.3.4 Technicko-obchodní specifikace (TOS)

TOS popisuje veškeré použité zařízení a prvky, včetně vodičů a kabelů. Všechny použité komponenty je možno dohledat v příloze A na DVD ve složce Seznam materiálu. Použité vodiče a kabely lze dohledat v příloze A na DVD ve složce Seznam vodičů.

3.4 Oživení měřicího systému po kompletaci rozváděče firmou EMCOS

Po dokončení technické dokumentace obsahující konstrukční, liniové a komunikační schéma zapojení bylo možno dále pokračovat v práci. Na základě spolupráce firem Schneider Electric a EMCOS byla dohodnuta kompletace přenosného rozváděče právě firmou EMCOS dle vytvořené technické dokumentace.



Obrázek 3.6: Přenosný rozváděč pro měření kvality elektrické sítě

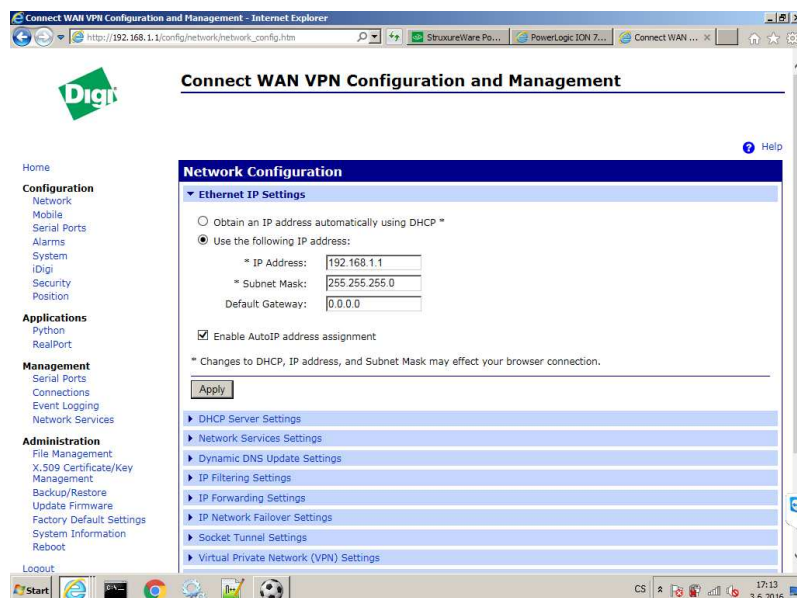
Po předání validované technické dokumentace a všech komponentů byl přenosný rozváděč sestaven, oštitkován a předán k oživení. Sestavený přenosný rozváděč je možné vidět na obrázku 3.6 a rozmístění komponentů uvnitř je dohledatelné v příloze E.

V rámci oživení bylo nutné prověřit veškerou funkčnost, což zahrnuje kontrolu reálného zapojení dle výkresové dokumentace, oživení komunikace, nastavení analyzátoru a GRPS routeru, instalaci a nastavení softwarů.

3.4.1 Nastavení GPRS routeru

Prostřednictvím GPRS routeru lze připojit celou měřící sadu k internetu. Uvnitř GPRS routeru je vložena SIM karta, což umožňuje připojení k mobilním sítím a představuje obrovskou výhodu pro místa, kde není možné připojení notebooku k Wi-Fi síti. GPRS router je propojen přes switch k notebooku Dell, kde jsou nainstalovány nezbytné softwary. Díky možnosti připojení k internetu je možné k notebooku přistupovat i přes funkci vzdálené plochy (např. program Team Viewer).

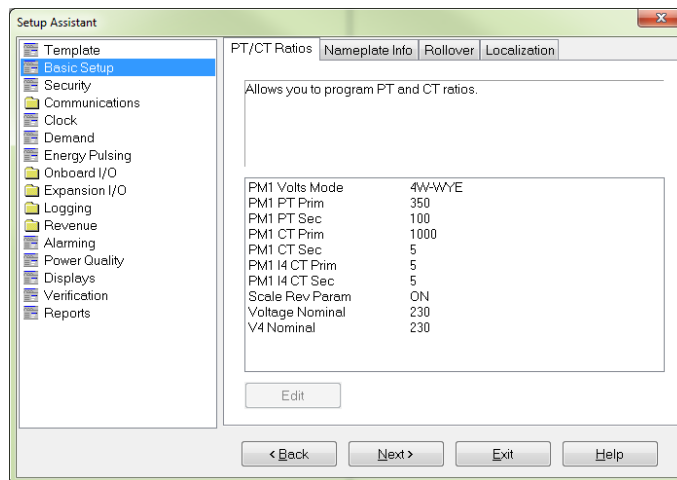
Samotné nastavení GPRS routeru bylo provedeno velice rychle. Pro správnou a funkční komunikaci bylo nutné nastavit IP adresu lokální sítě. IP adresa byla zvolena 192.168.1.1 s maskou podsítě 255.255.255.0 a výchozí bránou 0.0.0.0. Na obrázku 3.7 lze vidět prostředí konfigurace GRPS routeru. Veškerá ostatní nastavení nebylo nutno konfigurovat a byla ponechána v továrním nastavení.



Obrázek 3.7: Konfigurace GPRS routeru

3.4.2 Nastavení analyzátoru ION7650

Nastavení analyzátoru lze provést dvěma způsoby. Prvním způsobem je nastavení přes displej samotného analyzátoru, druhým způsobem je nastavení přes software a to buď programem ION Setup nebo nástrojem Designer, který je součástí softwaru StructureWare Power Monitoring. Celkově lze nastavit obrovské množství parametrů. Nejrychlejším způsobem je nastavení IP adresy přes displej a následné dokonfigurování přes program ION Setup.



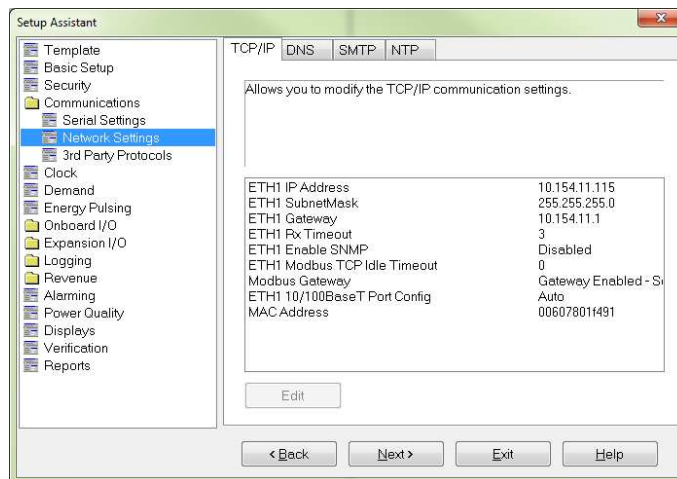
Obrázek 3.8: Základní nastavení

Na obrázku 3.8 je zobrazeno základní nastavení (Basic Setup). V tabulce 3.1 jsou vypsány důležité parametry a také jejich popis. Toto nastavení je nutné zadat pro správnou funkci měření analyzátoru.

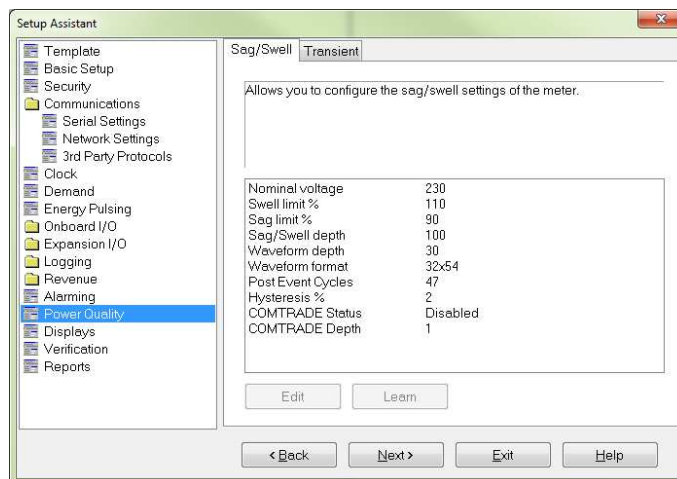
Tabulka 3.1: Parametry základního nastavení

Parametr	Popis
PM1 Volts Mode	nastavení zapojení měřicích vstupů, viz příloha D
PM1 PT Prim	velikost napětí na primární cívce
PM1 PT Sec	velikost napětí na sekundární cívce
PM1 CT Prim	velikost proudu na primární cívce
PM1 CT Sec	velikost proudu na sekundární cívce
PM1 I4 Prim	velikost proudu na nulovém vodiči primární cívky
PM1 I4 Sec	velikost proudu na nulovém vodiči sekundární cívky
Voltage Nominal	velikost nominálního napětí – vyhodnocení harmonických kmitočtů

Pro komunikaci mezi analyzátořem, notebookem a GPRS routerem je nutné nastavení IP adresy, masky podsítě a výchozí brány. Síťové nastavení analyzátořu je ukázáno na obrázku 3.9. Další komunikační rozhraní nejsou v přenosném měření využita, a proto zde nejsou uvedena další bližší nastavení.



Obrázek 3.9: Konfigurace síťového nastavení



Obrázek 3.10: Kvalita elektrické sítě

Velmi důležitou kartou při konfiguraci analyzátořu je vyhodnocení kvality elektrické sítě na obrázku 3.10. Hodnota nominálního napětí je zde určena pro vyhodnocování přepětí a podpětí. Dle normy EN50160 jsou zde nastaveny procentuální hodnoty přepětí (swell) a podpětí (sag). Parametr Waveformat je složen ze dvou čísel – např. 32x54. První

číslo udává počet vzorků na periodu a druhé číslo počet zaznamenaných cyklů. Parametrem Post Event Cycles je určováno, kolik period se zaznamená od zachyceného výkyvu. Z toho vyplývá, že analyzátor je schopný zaznamenat i určitý počet cyklů před událostí.

3.5 StruxureWare Power Monitoring

Díky softwaru StruxureWare Power Monitoring je umožněno sledování dat v reálném čase a hraje tak důležitou roli v měření. V následujících podkapitolách bude uvedeno: instalace softwarů, popis systému, pevný klient, webový klient a vizualizace měření.

3.5.1 Instalace softwarů

S ohledem na finance a rozměry byl pro instalaci softwarů vybrán notebook DELL s odmontovaným displejem. Nejdříve bylo nutné provést změny nastavení v BIOSU notebooku, tedy parametru, díky němuž se notebook sám zapne při detekci napětí na napájecím konektoru. Druhým krokem bylo nainstalování systému WINDOWS 7, 64bitové verze a ovladačů. Aby se zajistil stálý chod notebooku, byla vypnuta možnost převedení počítače do režimu spánku. Instalace všech důležitých programů byla provedena dle příslušných manuálů. Jedná se o programy ION setup, StruxureWare Power Monitoring a Microsoft SQL databáze.

3.5.2 Popis systému

StruxureWare Power Monitoring je software společnosti Schneider Electric pro monitorování elektrických sítí. Umožňuje jak sledování dat v reálném čase, tak i prohlížení historických záznamů. To zahrnuje měření spolehlivosti dodávek energie včetně její analýzy s návazností na alarmní systém s odezvou při kritických situacích. Díky informacím ze systému lze snížit náklady na energie, vyhnout se prostojům a optimalizovat provoz. Svými vlastnostmi (vizualizace a alarmní systém) je kromě operátorských středisek využitelný i pro energetiky a ekonomy (dashboards a reporty). Do softwaru lze integrovat zařízení od jednoduchých pulzních měřidel, elektroměrů, multimetrů, přes analyzátor sítě a jističe s měřením pro nízké napětí, po ochrany a hardware pro vysoké napětí. Tím StruxureWare Power Monitoring představuje ucelené řešení pro monitoring elektrické sítě.

Software samotný je určený k instalaci na operačních systémech společnosti Microsoft. Architektura instalace může být buď na samostatný server, kde běží databázový server i monitoring, nebo na servery oddělené, kdy každý server zajišťuje jeden z programů. Podporované jsou placené i bezplatné verze Microsoft SQL server.

Pro aplikace menšího rozsahu je vhodná varianta samostatného serveru s bezplatnou verzí databáze, kdy se nepředpokládá velký objem sbíraných dat. Naopak pro rozsáhlé aplikace je vhodnější použít placené verze MS SQL a rozdělené architektury.

Z uvedeného popisu vyplývá, že pro ukládání historických dat jsou použity databáze běžící pod instancí SQL serveru. Naopak aplikační server se stará o běh vizualizace, webového serveru, komunikace se zařízeními, import/export dat do databázového serveru a správu systému. Jsou zde také umístěny nástroje pevného klienta, které budou popsány v podkapitole 3.5.3. Inženýrský (pevný klient) lze ovšem kromě samotného aplikačního serveru instalovat i na klientské PC. Kromě pevného klienta je možné pro náhled dat využít i webový klient, viz podkapitola 3.5.4. O jeho běh se stará samotný server a je možné ho otevřít z internetového prohlížeče na libovolném PC, mobilním telefonu či tabletu v ethernetové síti. Některé z nástrojů vyžadují instalaci doplňku MS Silverlight.

Pro sběr dat z měření a pro komunikaci mezi stanicemi a servery je nejčastěji využívána ethernetová síť. Nejpoužívanějším protokolem u většiny zařízení je Modbus (nejpodporovanější protokol u většiny zařízení Schneider Electric) a OPC, případně speciální protokol ION pro analyzátoři sítě jako je ION7650. Některé přístroje využívají rovnou již ethernetovou komunikaci, ty ostatní (elektroměry, jističe atd.) pak mohou využívat sériovou linku na rozhraní RS485.

Rozdíly jsou také u ukládání a zpracování dat. Z jednodušších přístrojů jsou monitoringem vypočítávány aktuální hodnoty, které jsou následně zpracovány a uloženy do databáze. U pokročilejších přístrojů (ION7650) jsou data ukládána přímo v měřidlech a software si tak vyčítá nejen aktuální hodnoty, ale i historické záznamy. To přináší výhodu při výpadcích komunikace mezi serverem a měřidly, kdy nedojde ke ztrátě nebo mezerám v datech.

3.5.3 Pevný klient

Pevný klient slouží kromě náhledu na data převážně pro konfiguraci a management monitoringu. Přehled jeho nástrojů je následující:

1) Vista:

- Nástroj sloužící k přístupu do vizualizace měření, její tvorbě a úpravám. Na rozdíl od webového klienta umožňuje zadávat konstanty a ovládat prvky systému. Slouží též k zobrazení událostí „Globální záznam událostí“.

2) Designer:

- Rozhraní pro blokové programování VIP procesorů, přístrojů z řady ION7650.

3) Management Konzole:

- Nástroj pro celkovou administraci systému. Umožňuje přístup k nástrojům jako diagnostika komunikace, správa databáze, vytváření vlastních Modbus zařízení, nastavování uživatelských účtu atd. Tento nástroj rovněž umožňuje přidávat do systému další zařízení.
- Důležité jsou tyto položky: **pracoviště** – definice bran systému jako Modbusové a ION brány, OPC servery, převodníky připojené na COM počítače, **přístroje** – definice jednotlivých přístrojů v systému (ethernetové síti, na bráně Modbus RTU atd.), **události systémového záznamu** – interní nebo systémový log událostí (výpadky komunikací, přihlašování uživatelů, systémové chyby atd.).

4) Web Application:

- Odkaz pro spuštění webového klienta.

5) Reporter:

- Umožňuje uživateli s využitím programu Microsoft Excel definovat a vytvářet reporty z dat uložených v databázi nebo archivech.

3.5.4 Webový klient

Pro přístup k webovému klientu je nutné spustit internetový prohlížeč a zadat správnou adresu. Po načtení webového klienta se zobrazí přihlašovací formulář, kde se zadá platné uživatelské jméno a heslo. Při jeho správném zadání se načte webový klient, kde je na hlavní liště umístěno 5 základních záložek (zvýrazněné červeným rámečkem na obrázku

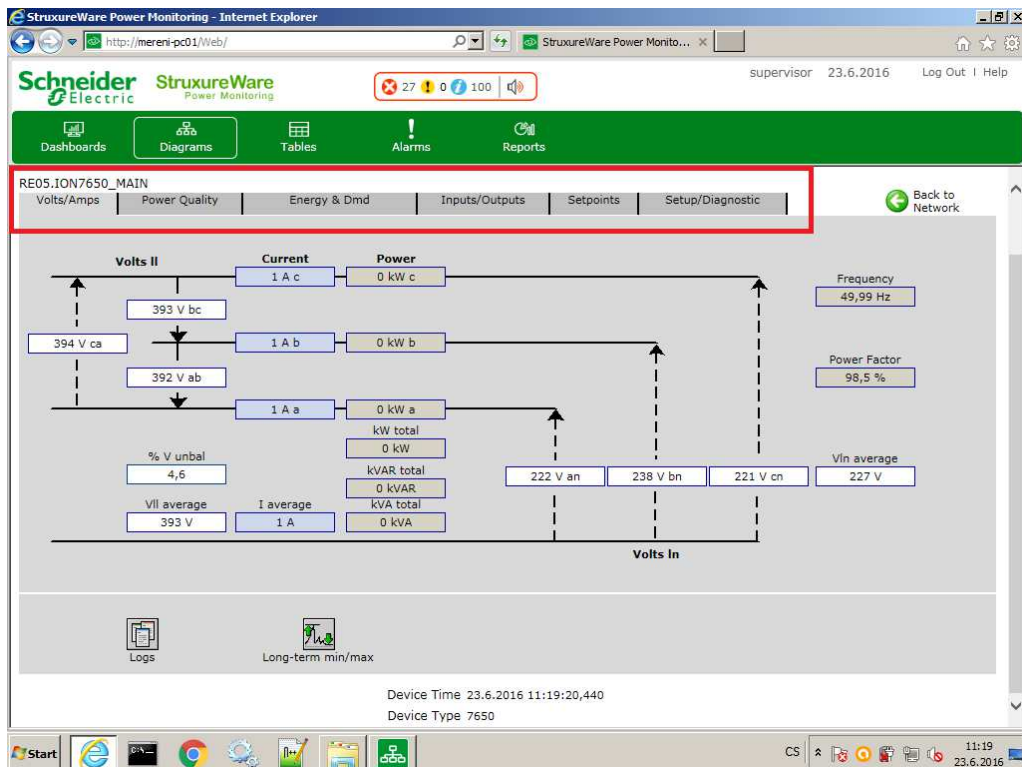
3.11). Mezi těchto 5 základních záložek se řadí: dashboardy (nástěnky), diagramy (vizualizace), tabulky, alarmy/události a reporty. Mimo hlavní panel se nachází odkaz na nastavení a nápověda.



Obrázek 3.11: Záložky webového klienta

3.5.5 Vizualizace měření

Pro analyzátor jsou v softwaru StruxureWare Power Monitoring připraveny obrazovky (vizualizace). Tyto obrazovky jsou dostupné z rozhraní Vista a taktéž přes webové rozhraní. V horní části diagramu (vizualizace) je umístěno 6 základních záložek (zvýrazněné červeným rámečkem na obrázku 3.12) s online monitoringem a historií měření.



Obrázek 3.12: Vizualizace měření

V první záložce (napětí/proudy) je zobrazeno několik základních parametrů, mezi něž patří hodnoty sdruženého napětí, fázového napětí, proudů a výkonů na každé fázi, frekvence, účinníku, nesymetrie napětí a průměrné hodnoty proudu, napětí a výkonu.

Druhá záložka (kvalita elektrické sítě) obsahuje všechny hlídané parametry dle normy EN50160. V této záložce lze vidět zaznamenané události (přechodové děje, podpětí, přepětí), napěťové poruchy, měření harmonických kmitočtů, měření flikru a další parametry kvality uvedené v normě.

Třetí záložka (energie a odběr) vypovídá o okamžitém výkonu znázorněném ve čtyř kvadrantech a přehledu odběru energie

Ze čtvrté záložky (vstupy/výstupy) se získávají informace o stavech digitálních vstupů a výstupech analyzátoru.

V páté záložce (mezní hodnoty) je možné nastavení limitní hodnoty, např. proudu, kdy se při překročení stanovené hodnoty spustí alarmní systém.

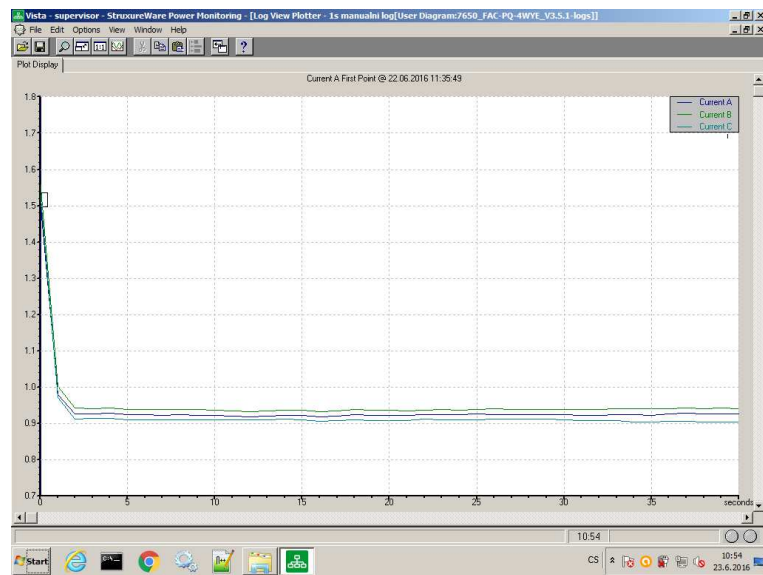
Na poslední šesté záložce (nastavení/diagnostika) je možné vidět nastavení parametrů analyzátoru. Pokud je tento diagram zobrazen v prostředí Vista, tak je možné tyto parametry měnit.

3.6 Laboratorní testování

Po dokončení všech důležitých konfigurací a seznámení se softwarem bylo možno začít s testováním přenosného rozváděče. Po predešlé dohodě bylo domluveno, že testování bude probíhat ve školních prostorách v pavilonu E na dílně Ing. Jiřího Bílého. Během testování byli přítomni někteří studenti ze školy VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí.

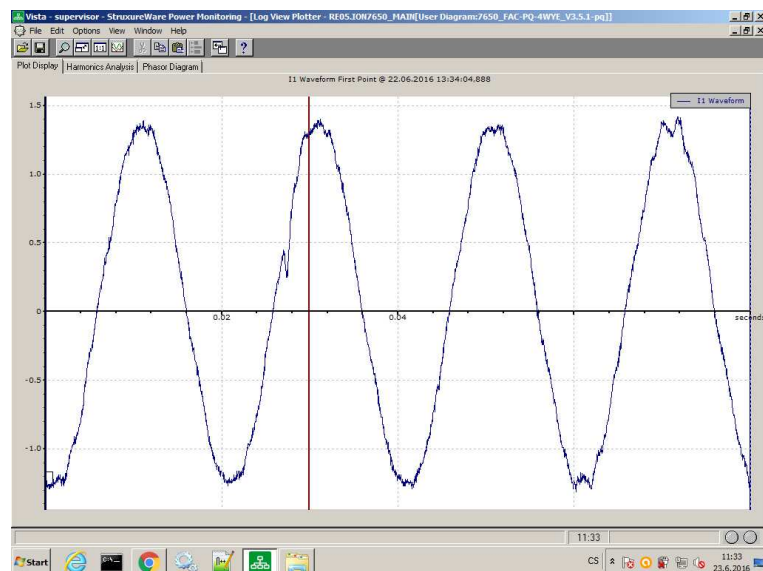
Při testování byl přenosný rozváděč připojen k třífázovému asynchronnímu motoru v nezatíženém stavu. Pro měření proudu byly využity školní měřicí proudové transformátory (nasazené na jednotlivé fáze), které byly připojeny na proudové vstupy přenosného rozváděče. Pro měření napětí byly vodiče připojeny na svorky motoru a následně i na napěťové vstupy.

Po spuštění motoru bylo možno zabývat se samotným měřením hodnot a parametrů. Následovalo vytvoření tabulky v softwaru StruxureWare Power Monitoring, do které se po dobu 1 minuty zapisovaly např. proudy, napětí a výkony na jednotlivých fázích. Naměřené hodnoty umožňují zpracování grafů. Na obrázku 3.13 je zobrazen graf proudů na jednotlivých fázích.



Obrázek 3.13: Graf s rozběhovými proudy motoru

Z grafu je patrné, že rozběhové proudy motoru měly v momentu spuštění hodnotu $\pm 1,55$ A a do 2 sekund klesly na hodnotu $\pm 0,94$ A. Je to dáno tím, že při spuštění motoru jsou potřeba vyšší proudy na rozběh než při samotném chodu motoru.



Obrázek 3.14: Graf s rozběhovými proudy motoru

Na grafu zobrazeném na obrázku 3.14 je možno vidět sinusový průběh proudu na jedné fázi. Při pohledu na tento průběh je patrné, že analyzátor zachytil rušení v podobě

oscilačního přechodového jevu. Provedené měření lze považovat za jednoduché a pro co nejlepší report kvality je vyžadováno dlouhodobé nasazení v provozu.

3.6.1 Report kvality elektrické sítě dle EN50160

Reporty kvality elektrické sítě poskytují uživatelům potřebná data kdykoliv potřebují. Vytváření reportů může být řízeno manuálně, plánovaně nebo automaticky a výsledné reporty jsou odesílány e-mailem. Reporty mohou být generovány ve formátu HTML, XLS, nebo PDF, exportování dat je možné provádět ve formátech XML, HTML, PDF, XLS a TIFF. Ukázkou reportu kvality je možné dohledat v příloze A na DVD ve složce Report kvality. Jedná se o report vygenerovaný u nasazeného nepřenosného měření u zákazníka Schneider Electric.

Report: EN50160

Název	<input type="text" value="Report: EN50160"/>
Přístroje	<input type="text" value="Výběr přístrojů"/> HT110.Modernizace_trati
Hodnotící limity	<input type="text" value="Konfigurace"/> Nastaveno
Perioda generování reportu	<input type="text" value="Minulý měsíc"/> [začátek dne 1.7.2016 do konce dne 31.7.2016] <input type="text" value="Lokální čas serveru"/>
Ukázat parametry nastavení EN50160	<input type="radio"/> Ano <input checked="" type="radio"/> Ne
Zahrnout problémy s daty	<input checked="" type="radio"/> Ano <input type="radio"/> Ne

Obrázek 3.15: Report EN50160

Základními vstupními parametry reportu, viz obrázek 3.15, jsou: název (název reportu), přístroje (zařízení zahrnutá do protokolu), hodnotící limity (maximální povolené limity v rámci sledování intervalů), období protokolu (časové období pro zpracování dat reportu), konfigurační parametry EN50160 (nabídka, zda se mají zobrazovat konfigurační vstupy) a varování (nabídka, zda se mají zobrazovat varovná oznámení jako chybějící data atd.). Po dokončení všech důležitých kroků byl vytvořen manuál, který je k dispozici v podobě textového dokumentu v příloze A na DVD ve složce Manuál.

Kapitola 4

Závěr

Cílem této absolventské práce bylo navrhnout přenosný rozváděč s analyzátozem kvality elektrické sítě ION 7650. Přístroj je určen pro trvalé umístění v přenosném rozváděči a implementaci společně se softwarem StruxureWare Power Monitoring.

Všechny požadované body se podařilo úspěšně splnit. Prvním nezbytným krokem byla analýza problémů kvality elektrické sítě dle normy EN50160. Po zpracování jednotlivých problémů bylo možné zaměřit se na samotný analyzátor elektrických sítí ION7650 a návrh přenosného rozváděče.

Následovalo vytvoření seznamu všech potřebných komponentů. To zahrnovalo vyhledání konkrétních komponentů dle parametrů, včetně rozměrů. Poté se mohlo začít s tvorbou návrhu elektrického zapojení a následovalo vytvoření výkresové dokumentace obsahující konstrukční, liniové a komunikační schéma zapojení.

Dokončená výkresová dokumentace byla předána spolu s komponenty firmě EMCOS na kompletaci. Po obdržení zhotoveného přenosného rozváděče následovalo oživení. To znamenalo prověření veškeré funkčnosti zahrnující kontrolu reálného zapojení dle výkresové dokumentace, oživení komunikace, nastavení analyzátoru a GRPS routeru, instalaci a nastavení softwarů. Velká část této absolventské práce pojednává o softwaru StruxureWare Power Monitoring, bez něhož by nebyl možný online monitoring. Popsány byly jeho základní funkce a prostředí.

Posledním krokem bylo provést laboratorní testování, které úspěšně proběhlo ve školní dílně. Na základě ověřené funkčnosti testováním byl pak vytvořen manuál.

Výsledkem je přenosný rozváděč pro měření kvality elektrické sítě dle požadavku firmy Schneider Electric, jenž bude sloužit pro prezentaci dané problematiky zákazníkům.

Literatura

- ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT (2000), Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě [online]. [cit. 2016-04-25], [⟨http://feil.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/el/CSN_EN_50160.pdf⟩](http://feil.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/el/CSN_EN_50160.pdf).
- ČEZ (2016), Distribuční soustava [online]. [cit. 2016-04-25], [⟨http://www.cezdistribuce.cz/cs/distribucni-soustava.html⟩](http://www.cezdistribuce.cz/cs/distribucni-soustava.html).
- MARTIN PLCHÚT (2015), Smart grids [online]. [cit. 2016-04-28], [⟨http://elektro.tzb-info.cz/12544-co-je-smart-grid⟩](http://elektro.tzb-info.cz/12544-co-je-smart-grid).
- ĽOBUŠ CABALA (2010), Měření flikru s využitím virtuální instrumentace, (Bakalářská práce), VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Brno.
- SCHENK, C. (2009), MiKTeX [online]. [cit. 2009-06-16], [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/).
- SCHNEIDER_ELECTRIC (2009), *ION 7650 Functions and characteristics*.

Příloha A

Obsah přiloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v \LaTeX 2 ϵ
- Manuál
- Problematika kvality – prezentace Problematika kvality elektrické sítě
- Report kvality – report kvality dle normy EN50160
- Seznam materiálu – použité komponenty
- Seznam vodičů – použité vodiče
- Výkresová výrobní dokumentace – výkresová dokumentace ve formátu .dwg
- Ptacek_AP_2015_2016.pdf – absolventská práce ve formátu PDF

Příloha B

Použitý software

AutoCAD 2013 [⟨http://www.cadstudio.cz/⟩](http://www.cadstudio.cz/)

ION Setup [⟨http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/cz/⟩](http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/cz/)

L^AT_EX 2_ε [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/)

Microsoft SQL Server [⟨https://www.microsoft.com/cs-cz⟩](https://www.microsoft.com/cs-cz)

StruxureWare Power Monitoring [⟨http://www.schneider-electric.com⟩](http://www.schneider-electric.com)

TeXStudio [⟨http://www.texstudio.org⟩](http://www.texstudio.org)

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo licenci vlastní Schneider Electric, Praha 5, U Trezorky 921/2, či Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor toho času studoval a vytvořil tuto absolventskou práci.

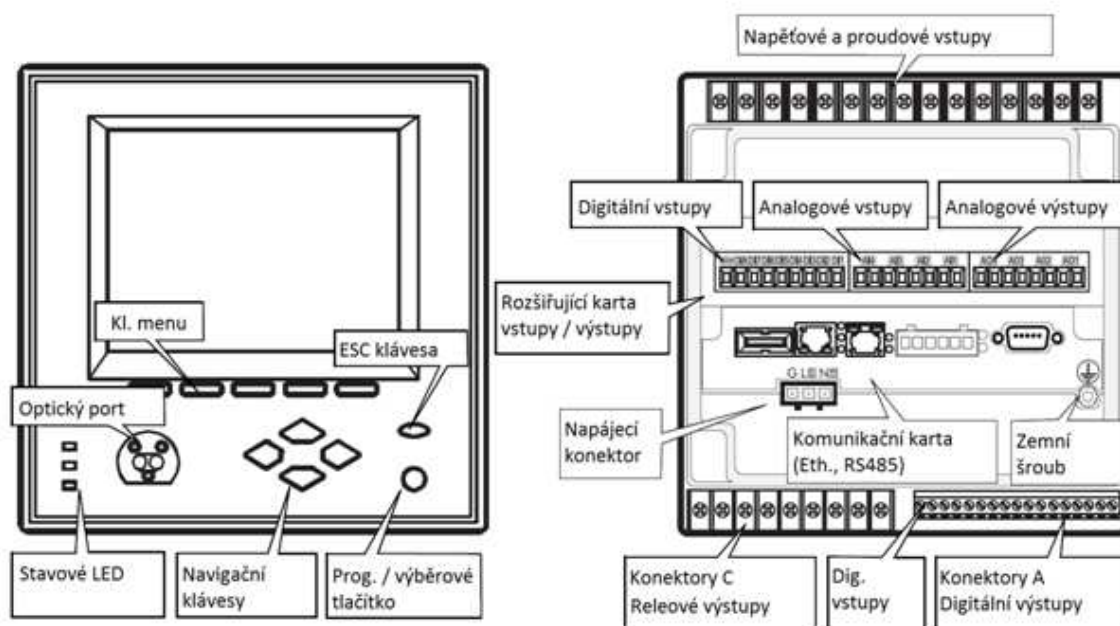
Příloha C

Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
sestavení seznamu komponentů	4 týdny	10.11.2016	29.12.2015
AP: kapitola Úvod	2 týdny	28.11.2016	20.1.2016
výkresová dokumentace	5 týdnů	4.1.2016	20.2.2016
oživení rozváděče + čekání na kompletaci	9 týdnů	10.3.2016	7.5.2016
instalace softwaru a jeho konfigurace	2 týdny	25.3.2016	15.5.2016
testování	2 týdny	10.2.2016	28.6.2016
AP: kompletní text	8 týdnů	12.4.2016	7.8.2016
vytvoření manuálu	2 týdny	28.4.2016	14.8.2016

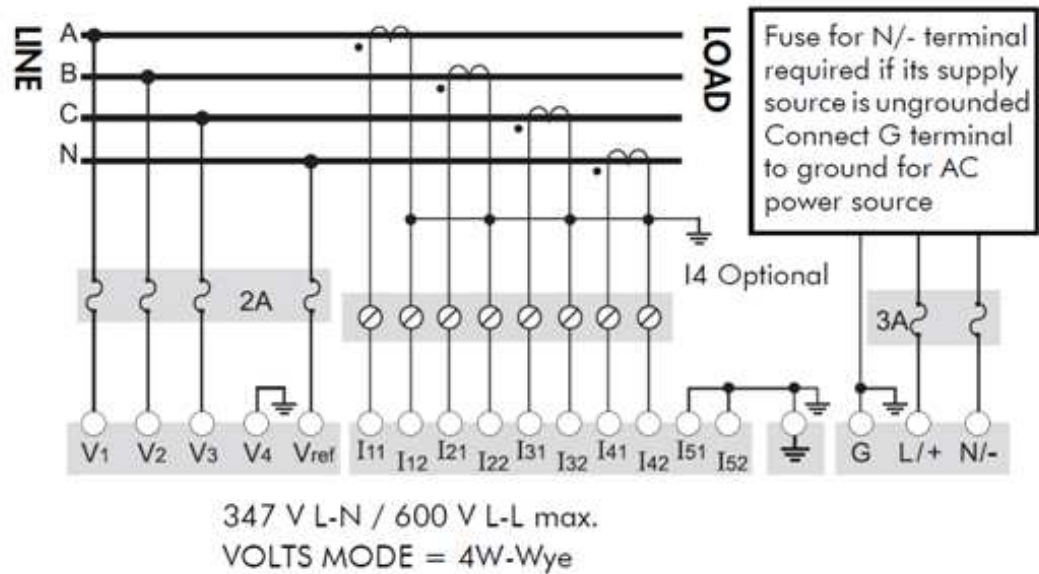
Příloha D

Analyzátor ION 7650



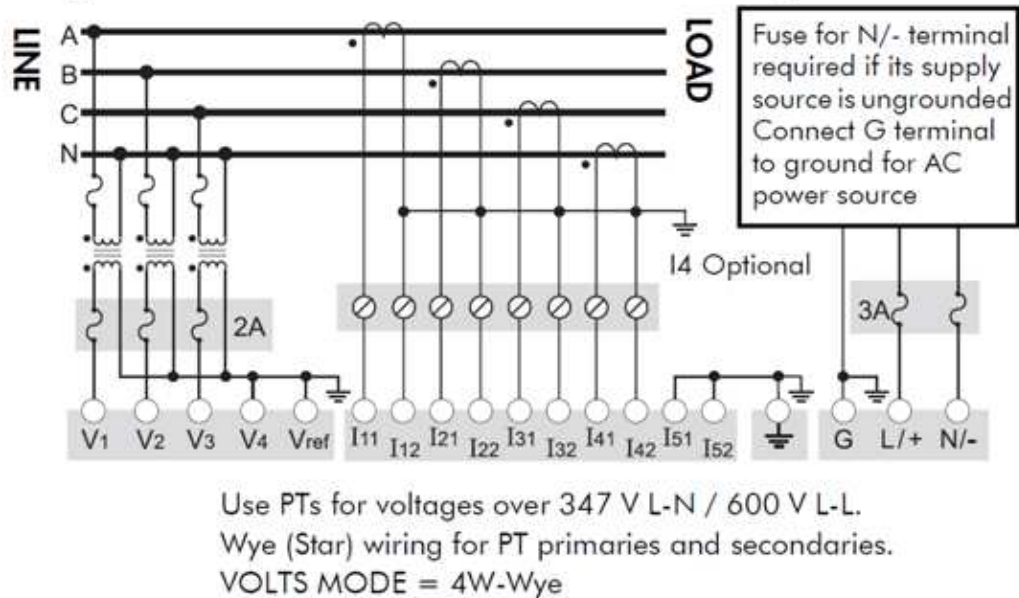
Obrázek D.1: Popis zařízení – tlačítka, vstupy, výstupy, konektory

4-Wire Wye, 3-Element, Direct Connection Diagram



Obrázek D.2: Zapojení měřicích vstupů pro NN (přímé měření)

4-Wire Wye, 3-Element, 3 PTs Connection Diagram



Obrázek D.3: Zapojení měřicích vstupů pro VN (s měřicími transformátory napětí)

Příloha E

Rozmístění komponentů



Obrázek E.1: Rozmístění komponentů v rozváděči