

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Patrik Zbořil

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Napájecí sítě pro zdravotnické prostory
Supply Networks for Healthcare Facilities

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Patrik Zbořil**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Napájecí sítě pro zdravotnické prostory**
Supply Networks for Healthcare Facilities
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Napájecí sítě pro zdravotnické prostory z pohledu platných norem
2. Technické prostředky pro monitorování kvality elektrické energie
3. Ukázky vyhodnocení měření parametrů kvality v reálné síti

Seznam doporučené odborné literatury:

1. ČSN EN 50160 ed. 3: Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
2. Další normy a předpisy
3. Další literatura podle pokynu vedoucího bakalářské práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Krejčí, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne: **20. dubna 2018**



.....
podpis autora

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním staré a nové koncepce napájecích sítí pro zdravotnické prostory. Práce ukazuje na příkladech z praxe možnosti monitoringu těchto sítí a zpětnou analýzu nežádoucích událostí.

Klíčová slova

Napájecí síť, elektrické zařízení, kvalita napájecího napětí, zdravotnické provozy, zdroj napájení, dieselagregát, UPS, oddělovací transformátor, signalizace, monitoring, vzorkování, napětí, proud, signálový procesor, převodník, měřicí řetězec, měřící funkce, datová paměť, efektivní hodnota, událost, frekvence, měřicí rozsah, distribuční síť, cívka.

Abstract

This bachelor thesis deals with comparison of old and new conception of power systems for medical areas. The work shows on the examples from use possibilities of monitoring of these systems and the back analysis of undesirable events.

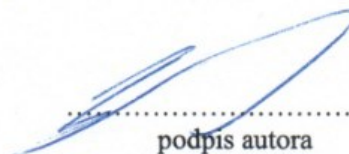
Keywords

Supply network, electrical equipment, the quality of power supply, medical services, power supply, diesel generator, UPS, isolation transformer, signaling, monitoring, sampling, voltage, current, signal processor, converter, measuring chain, measuring functions, effective value, event, frequency, measuring range, distribution network, coil.

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Krejčímu, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Ostravě dne: **20. dubna 2018**



.....
podpis autora

Obsah

Seznam symbolů a zkratk.....	7
Seznam obrázků A tabulek.....	8
1 Úvod.....	9
2 elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely.....	10
2.1 Původní dělení dle ČSN 332140 [2].....	10
2.1.1 Méně důležité obvody - MDO.....	10
2.1.2 Důležité obvody - DO.....	10
2.1.3 Velmi důležité obvody - VDO.....	11
2.1.4 Zdravotnická izolovaná soustava - ZIS.....	11
2.1.5 Shrnutí.....	11
2.2 Rozdělení napájení dle ČSN 33 2000-7-710 [6].....	12
2.2.1 Skupiny zdravotnických prostor.....	12
2.2.2 Bezpečnostní zdroje.....	13
2.2.3 Shrnutí.....	14
2.3 Porovnání norem.....	15
3 Monitoring napájecích sítí.....	16
3.1 Princip měření PQ monitoru [14].....	16
3.1.1 Měření proudů [11], [12].....	16
3.2 Výběr vhodného přístroje.....	18
3.2.1 Základní popis univerzálního přístroje MEG 40+ [8].....	18
3.2.2 Základní popis PQ monitoru MEG 30 [7][14].....	20
3.2.3 Základní popis PQ monitoru MEG 38 [9].....	21
3.2.4 Základní popis přístroje MEG10 [10].....	22
3.2.5 Přehled vybraných přístrojů a základních funkcí.....	24
4 Zpětná analýza nežádoucích událostí.....	26
4.1 Statistika událostí na napětí z distribuční sítě [15].....	26
4.2 Nežádoucí událost v napájecí síti [15].....	28
4.3 Plánovaná zkouška náhradních zdrojů napájení [15].....	30
4.4 PQ monitor - přetížení náhradního zdroje.....	31
4.5 Přepínání zdrojů - MEG 38.....	34
4.6 Přínos monitoringu napájecích sítí [15].....	36
4.6.1 Praktická instalace měřících přístrojů.....	36
5 Závěr.....	39

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMOS	snímač střídavého proudu
ČSN EN	česká státní norma
DC	stejnoseměrný
DO	důležité obvody
E1	typ zdroje napájení - přerušení až 15 sekund
E2	typ zdroje napájení - přerušení až 0,5 sekund
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci
HDO	hromadné dálkové ovládání
I	proud (A)
IEC	mezinárodní elektrotechnická komise
M	vzájemná indukčnost (H)
MDO	méně důležité obvody
MEGA	Měřicí energetické aparáty, s.r.o.
PC	osobní počítač
PDA	osobní digitální pomocník
PPN	práce pod napětím
PTD	přístrojový transformátor s děleným jádrem
RS485	standard sériové komunikace
SCADA	systémy pro dispečerské řízení a sběr dat
SYNC	synchronizační vstup
TNI	technická normalizační informace
TS	trafostanice
U	napětí (V)
UPS	zdroj nepřerušovaného napájení
USB 2.0	universální seriová sběrnice
VDO	velmi důležité obvody
VN	vysoké napětí (kV)
W	tloušťka jádra (m)
ZIS	zdravotnická izolovaná soustava
a	vnitřní poloměr jádra (m)
b	vnější poloměr jádra (m)
n	počet závitů cívky
μ_0	permeabilita vzduchu ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{Hm}^{-1}$)

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 2.1 Rozvaděč zdravotnického pracoviště	12
Obr. 3.1 Rogowského cívka [13]	17
Obr. 3.2 Univerzální měřicí přístroj MEG40+ [8]	19
Obr. 3.3 PQ monitor MEG 30 [7]	21
Obr. 3.4 PQ monitor MEG 38 [9]	22
Obr. 3.5 Statický voltmetr událostí MEG 10 [10]	23
Obr. 4.1 Kumulativní součet událostí na VN v závislosti na délce [15]	27
Obr. 4.2 Četnost výskytu událostí pro jednotlivé měsíce v roce [15]	28
Obr. 4.3 Detail události ze 17.11.2012 - výstup z MEG30 [15]	29
Obr. 4.4 Výstup ze záznamníku naměřených hodnot	32
Obr. 4.5 Průběh napětí a proudů při zkoušce náhradního zdroje	32
Obr. 4.6 Detail náběhu náhradního zdroje	33
Obr. 4.7 Statistika událostí - graf odolnosti zařízení	33
Obr. 4.8 Osciloskopický záznam začátku události	34
Obr. 4.9 Osciloskopický záznam konce události	35
Obr. 4.10 Pohled na měřicí pracoviště v terénu - TS4	35
Obr. 4.11 Měření napětí	36
Obr. 4.12 Komunikační převodník	37
Obr. 4.13 Instalace MEG40+ v rozvaděč	37
Obr. 4.14 Instalace MEG40+	38
Příloha číslo 1: Přehledové schéma FN Olomouc [16]	43
tabulka 2.1: Třídění zdrojů - příloha A ČSN 33 2000-7-710 [6]	13
tabulka 3.2.5: Parametry přístrojů [7] [8] [9] [10] [11] [14]	24
tabulka 4.1: Rozdělení poklesů na napětí podle ČSN EN 50160 ed. 3[1]	27
tabulka 4.2: Záznam poklesu napětí v síti fakultní nemocnice ze 17.11.2012 [15]	29
tabulka 4.3: Záznam zkoušky náhradních zdrojů z 11.10.2012 [15]	30
Příloha číslo 2.: Výpis událostí na VN - měřeno přístrojem MEG 10 [10]	44

1 ÚVOD

Problematika napájecích sítí, respektive sledování jejich parametrů, je díky zvyšující se složitosti napájených zařízení stále důležitější. Hovořím li o elektrických zařízeních, je ve své podstatě jedno, které si ze širokého spektra činností člověka vyberu. Veškerá tato technologie potřebuje ke své správné funkci dodržení určitých provozních podmínek. Mimo jiné se jedná o kvalitu napájecího napětí, která je podrobně popsána v normě ČSN EN 50160 ed. 3 [1]. Nekvalita napájení, ve smyslu překročení předepsaných parametrů pak vedou k poruchám chodu zařízení, případně k jeho poškození. V konečném důsledku může dojít ke ztrátám na majetku, případně k ohrožení zdraví lidí - viz. vyhrazená technická zařízení. Sledování parametrů napájecích sítí a analyzováním nežádoucích událostí zaznamenaných v časové rovině přispívá ke zvýšení jejich spolehlivosti. Zjištěné údaje využívám jako podklad pro projektanty, ale i jako velmi dobrý nástroj při odhalování příčin poruch.

Práce se zabývá strukturou napájecích sítí určených pro zdravotnická pracoviště a možnostmi využití monitorovacích zařízení umožňujících zpětnou analýzu nežádoucích událostí. Informace získané z dlouhodobého sběru dat, spolu s vhodně navrženou topologií napájecích sítí se využívá ke zvyšování bezpečnosti a spolehlivosti těchto systémů.

2 ELEKTRICKÉ ROZVODY V MÍSTNOSTECH PRO LÉKAŘSKÉ ÚČELY

Struktura napájecích systémů určených pro zdravotnické provozy a zdravotnická zařízení je značně složitá. Specifické požadavky zdravotnických pracovišť, citlivost a různorodost zdravotnických přístrojů spolu s nutností zachovat bezpečnost pro personál a pacienty klade značné nároky na technické řešení.

Odlišnost od ostatních napájecích systémů vyžaduje specializaci a vysokou odbornost jak projektantů, tak i veškerého technického personálu. Základním vodítkem pro elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely je ČSN 332140 z roku 1986 [2]. Tato norma již není platná, ale stále existují instalace podle ní tvořené. V lednu roku 2013 vyšla nová norma ČSN 33 2000-7-710 [6], upravující provedení elektroinstalace ve zdravotnických prostorech. S účinností od 9.1.2015 nahradila původní ČSN 332140 z roku 1986 [2], a do uvedeného data platily souběžně. Její obsah je harmonizován s evropskými normami, ale v mnoha ohledech je velmi odlišný od stávajících zvyklostí. Právě odlišnosti od původní normy jsou v mnoha bodech velmi nejasně vysvětleny, což může vést k zásadním chybám při projektování, a to aniž by došlo k porušení platné normy. Tyto nedokonalosti a vlna dotazů z řad odborné veřejnosti vedla tvůrce normy k vytvoření příslušné TNI.

2.1 Původní dělení dle ČSN 332140 [2]

Jednotlivá zdravotnická pracoviště mají kromě požadavků na provedení elektroinstalace i požadavky na způsob napájení, respektive na to, jak budou reagovat při výpadku napájení. Rozdělením dle ČSN 332140 [2] získáme čtyři základní skupiny napájecích obvodů. V následující části uvádím hlavní zásady dělení napájecích obvodů dle původní normy, jeho výhody, možnosti monitoringu a zhodnocení s pohledu uživatele, tedy možnosti provádění předepsaných kontrol, údržby, atd.

2.1.1 Méně důležité obvody - MDO

MDO jsou obvody bez jakéhokoli zálohování. Při výpadku napájení dojde k jejich přerušení a do obnovení dodávky elektrické energie rozvodnými závody zůstávají bez napětí. Jsou určeny pro méně důležitá zařízení, jako jsou například vybrané části osvětlení, atd. Tyto obvody jsou obvykle značeny bílou barvou - zásuvkové vývody, vypínače, rozdělení v rozvaděčích,...

2.1.2 Důležité obvody - DO

DO jsou obvody, které jsou při výpadku napájeny z dieselaagregátů. Jejich napojení na náhradní zdroj musí proběhnout dle bodu 9.1 ČSN 332140 [2] do 120 s po výpadku základního zdroje napájení. Tento parametr jsem v praxi dlouhodobě sledoval, a mohu říci, že i nejstarší dieselaagregáty, u nichž byla provedena modernizace, tedy doplněny o systém předmazávání a moderní digitální řídicí jednotku, jsou schopny dodávat plný výkon do cca 20 s. Tato časová rezerva pak umožňuje opakovaný start v případě jakéhokoli selhání při prvním startu. DO jsou

určeny pro zařízení, která nemohou být dlouhodobě vypnutá, ale krátký výpadek jim nevádí. Jedná se například o vzduchotechnická zařízení, části nouzového osvětlení, napájení pro UPS, evakuační výtahy atd. Ve zdravotnictví jsou prioritně určeny pro zařízení na podporu základních životních funkcí pacienta, zajištění bezpečnosti provozu a zamezení nenahraditelných ztrát. Tyto obvody jsou značeny zelenou barvou.

2.1.3 Velmi důležité obvody - VDO

VDO jsou obvody napájené ze speciálních zdrojů elektrické energie, v dnešní době se jedná o zdroje UPS, které mohou být bateriové, nebo rotační. Jejich napájení je řešeno z DO. Dělí se na dva typy E1 a E2. Právě u těchto obvodů je asi největší rozpor mezi skutečností a již zastaralým požadavkem normy. Dle bodu 10.1.1. ČSN 332140 [2] může při výpadku základního zdroje dojít až k 15 s přerušení napájení zdroje typu E1 a dle bodu 10.2.1. ČSN 332140 [2] k 0,5 s přerušení u zdroje typu E2. To je v dnešní době naprosto nemyslitelné, především kvůli přístrojové a výpočetní technice, kde jakékoli přerušení napájení znamená restart systému. Dalším velmi důležitým parametrem je doba zálohování, která je stanovena na dobu 3 hodin po výpadku. VDO jsou tedy obvody nepřetržitého napájení a k jejich barevnému označení se využívá oranžová barva.

2.1.4 Zdravotnická izolovaná soustava - ZIS

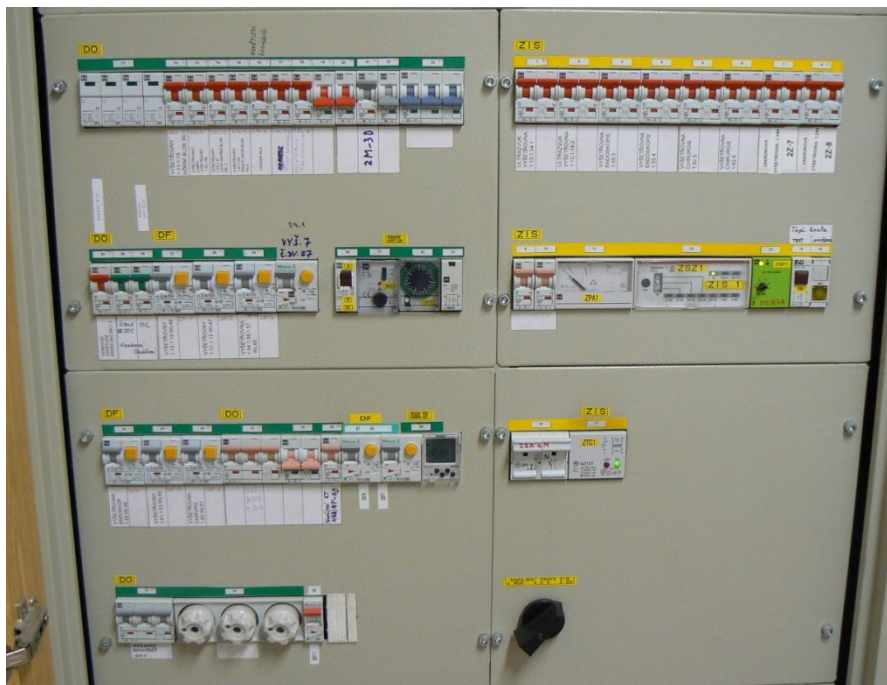
Zdravotnická izolovaná soustava se využívá pouze pro napájení zdravotnické techniky, tedy v místnostech pro lékařské účely. Je tvořena oddělovacím transformátorem, který je napájen buďto z DO, nebo VDO. Její smysl spočívá v tom, že u přístrojů důležitých pro život pacienta dovoluje jejich chod i při první poruše, tedy při spojení krajního vodiče s neživou částí. V takovémto případě se aktivuje akustická a optická signalizace, ale přístroj zůstává funkční. Prakticky jde o zvýšení bezpečnosti pacienta připojeného na zdravotnický přístroj, nebo v dosahu elektrického zařízení. V případě dotyku s živou částí nedojde díky odděleným zemím, tedy principu oddělovacího transformátoru k průchodu elektrického proudu tělem člověka. Pro barevné odlišení od ostatních obvodů se využívá žlutá barva.

2.1.5 Shrnutí

Takto dělené napájecí obvody jsou jasně definované a oddělitelné. Právě tento parametr je velice důležitý z provozního hlediska. Samostatně vedená kabeláž MDO, DO a VDO se dá jasně identifikovat, je možné dodržet vzájemné oddělení těchto obvodů například ve výkopech, ve stupačkách nebo v rozvaděčích. Jednotlivé části, jako je transformátor, nebo pole hlavního rozvaděče je možné oddělit protipožárními úseky atd. Zároveň je možné samostatně provádět měření na jednotlivých kabelech a tím zjistit nejen jejich stav s pohledu revizí páteřních napájecích sítí, ale především máme možnost dlouhodobě monitorovat parametry DO.

Právě toto považují za stěžejní problém, který si vyžaduje značnou pozornost. Jedině dlouhodobým monitorováním můžeme ověřit kapacitní možnosti náhradních zdrojů, případně sledovat kolísání zátěže v průběhu dne atd. Bez těchto údajů se nedá s jistotou tvrdit, že zálohovací systémy jsou schopny bezpečně převzít zálohovanou zátěž. Přetížení záložního zdroje a jeho selhání je ve zdravotnickém zařízení naprosto nemyslitelné.

Na obrázku 2.1 je rozvaděč s barevným rozdělením obvodů DO a VDO. Na první pohled jsou všechny obvody přehledně popsány, očíslovány a jasně identifikovatelné.



Obr. 2.1 Rozvaděč zdravotnického pracoviště

2.2 Rozdělení napájení dle ČSN 33 2000-7-710 [6]

V této normě se již nehovoří o důležitých, nebo méně důležitých obvodech, ale je zde použita zcela nová terminologie a způsob rozdělení napájecích obvodů. Hovoříme zde o základním napájení a bezpečnostním napájení. Nově jsou definovány skupiny zdravotnických prostor, požadavky na náhradní zdroje, způsoby přepínání zdrojů, nebo i požadavky na tvorbu projektové dokumentace.

2.2.1 Skupiny zdravotnických prostor

skupina 0 článek 710.3.5 ČSN 33 2000-7-710[6] - zdravotnický prostor, kde se nepředpokládá použití žádných příložných částí a kde porucha (zkrat) zdroje nemůže způsobit ohrožení života

skupina 1 článek 710.3.6 ČSN 33 2000-7-710[6] - zdravotnický prostor, kde při první závadě nebo při přerušení základního napájení je možné připustit přerušení provozu (funkce) zdravotnických elektrických přístrojů, aniž by došlo k ohrožení pacienta. V tomto zdravotnickém prostoru se předpokládá použití příložných částí:

- zevně
- uvnitř těla, ale ne v místech, která jsou vyhrazena skupině 2.

skupina 2 článek 710.3.7 ČSN 33 2000-7-710[6] - zdravotnický prostor, kde se předpokládá použití aplikovaných částí:

- pro intrakardiální použití; nebo
- pro náročná ošetření, nebo chirurgické zákroky, kde výpadky (přerušení) napájení mohou ohrozit pacienty

2.2.2 Bezpečnostní zdroje

Všeobecné požadavky na bezpečnostní zdroje pro zdravotnické prostory skupiny 1 a 2 jsou podrobně popsány v kapitole 710.556 ČSN 33 2000-7-710[6], viz. tabulka 2.1.

tabulka 2.1: Třídění zdrojů - příloha A ČSN 33 2000-7-710 [6]

Třída 0 (bez přerušení)	Napájení zajištěno automaticky bez přerušení
Třída 0,15 (velmi krátké přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 0,15 s
Třída 0,5 (krátké přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 0,5 s
Třída 5 (normální přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 5 s
Třída 15 (střední přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 15 s
Třída >15 (dlouhé přerušení)	Napájení zajištěno automaticky za více než 15 s

kapitola 710.556.5.2.1 ČSN 33 2000-7-710 [6] Napájecí zdroje s dobou přepnutí do 0,5 sekundy včetně

V případě výpadku na jednom, či více fázových vodičích v rozváděči se musí použít bezpečnostní napájení, které musí zajistit napájení osvětlení operačních stolů a ostatního nezbytného osvětlení, jako jsou například endoskopy, minimálně po dobu 3 hodin, obnovení napětí musí proběhnout do 0,5 sekundy.

kapitola 710.556.5.2.2 ČSN 33 2000-7-710 [6] Napájecí zdroje s dobou přepnutí do 15 sekund včetně

Elektrické zařízení podle článku 710.556.7.5 (Bezpečnostní osvětlení) a 710.556.8 (Ostatní zařízení) musí být připojeno do 15 s na bezpečnostní zdroj schopný dodávat energii minimálně po dobu 24 hodin, když se napětí na jednom nebo více napájecích vodičích hlavního rozváděče budovy pro bezpečnostní účely sníží na méně než 90% jmenovité hodnoty na dobu delší než 3 s.

kapitola 710.556.5.2.3 ČSN 33 2000-7-710 [6] Napájecí zdroje s dobou přepnutí nad 15 sekund

Napájení pro ostatní elektrická zařízení zdravotnického vybavení, která nespádají do požadavků článků 710.556.5.2.2.1 a 710.556.2.2.2 a jsou požadována pro zdravotnické služby, mohou být připojena k bezpečnostnímu napájení automaticky, nebo ručně. Tento bezpečnostní

zdroj musí být schopen dodávat energii minimálně po dobu 24 hodin. Těmito elektrickými zařízeními mohou být:

- sterilizační přístroje
- technické vybavení budov, například topení nebo klimatizace, větrání, obsluha budovy a zařízení pro likvidaci odpadků
- chladicí zařízení
- vybavení kuchyní
- nabíječky akumulátorů.

2.2.3 Shrnutí

Tato norma zavádí zcela nový pohled na způsob zálohování zdravotnických napájecích systémů. Především se snaží o decentralizaci přepínání mezi hlavním a bezpečnostním napájením. Z obsahu normy vyplývá, že v běžném provozu má být napájení realizováno pomocí kabeláže hlavního napájení. Teprve při výpadku, nebo při poklesu napětí v libovolné z fází na 90% a dobu delší než 0,5 sekundy, má dojít k automatickému přepnutí na síť pro bezpečnostní účely. Automatické přepínání je požadováno v hlavním rozvaděči budovy, nebo v rozvaděči oddělení.

- norma neobsahuje žádný výkres, nebo popis přepínání
- není jasné jak sledovat parametry kabeláže záložního napájení, která je při běžném provozu pouze nachystána převzít zátěž. Poškození, respektive nefunkčnost záložního přívodu musí být nějakým způsobem vyhodnoceno, aby nedošlo k přepnutí na nefungující záložní napájení. Způsob řešení norma neuvádí.
- sloučení hlavního a záložního napájení znamená zvýšený požadavek na průřez kabeláže hlavního napájení a především znemožňuje samostatně sledovat zatížení záložního napájení

Nově se doporučuje napájení ze záložního zdroje, nebo alespoň možnost ručního přepnutí i u zařízení, jako jsou sterilizátory, nebo zařízení na likvidaci odpadu, a mnohá další. To ovšem reprezentuje obrovskou zátěž nouzových zdrojů, kterou je nutné rezervovat. Požadavky na náhradní zdroje napájení jsou velmi nejasně formulovány. Například doba chodu dieselagregátu 24 hodin

- požadavky na naftové hospodářství náhradního zdroje nejsou uvedeny
- není jasné, jestli je možné průběžné doplnění nafty do provozní nádrže, nebo jestli náhradní zdroj musí 24 hodin běžet bez zásahu obsluhy. To by prakticky znamenalo instalaci naftového hospodářství, jehož pořizovací cena je srovnatelná s cenou dieselagregátu. Jako příklad uvedu zdroj 1000 kVA instalovaný v trafostanici TS2. Při plné zátěži má uvedenu spotřebu 218 l/h. To je pro představu více než barel nafty. Pokrytí provozu na 24 hodin tedy reprezentuje více než 24 barelů. Případná úprava stávajících náhradních zdrojů má zásadní vliv i na posouzení požárně bezpečnostního řešení stavby. Jinak řečeno instalovat nové naftové hospodářství k dieselagregátu, který je umístěn v podzemí zdravotnického zařízení je technicky velmi problematické.

Způsob rozlišení jednotlivých napájecích obvodů není uveden. Norma nerespektuje stávající systém barevného značení a nový neuvádí.

2.3 Porovnání norem

Původní ČSN 332140 [2], s ohledem na dobu kdy vznikla, nepočítá s rozvojem výpočetní techniky a jejím širokým využitím ve zdravotnické technice. Modernizace přístrojové techniky spolu s vývojem lékařských metod, klade nové nároky na způsoby napájení zdravotnických pracovišť. Díky tomu se některé požadavky z praxe posunuly mimo rámec vyhrazený normou. Především požadavky na nepřetržité napájení, nebo rychlost přepnutí náhradního zdroje jsou již prakticky nepoužitelné. Norma ovšem velmi jasně popisuje rozdělení napájecích obvodů a naprosto jednoznačně stanovuje jejich rozlišení.

Nová ČSN 33 2000-7-710 [6] zavádí zcela nový popis a rozdělení napájecích obvodů. Především decentralizace přepínání mezi základním a bezpečnostním napájením je mnohem složitější, než je původní systém. Zavádí do napájecích sítí velké množství elektromechanických prvků pro automatické přepínání. Jejich použití sebou nese riziko zvýšeného výskytu poruch a tudíž i zvýšené náklady na testování, provoz a údržbu. Způsob provedení přepínání zátěží v normě není uveden. Stejně tak chybí i barevné značení napájecích obvodů, které je pro zdravotnický personál naprosto nezbytné. V textu normy se vyskytuje řada chyb a nejasností, které jsem konzultoval se spoluautorem normy ing. Dvořáčkem, ale k jejich oficiálnímu objasnění zatím nedošlo. Velice kladně hodnotím část popisující požadavky na schémata a dokumentaci, což je v praxi velmi podstatné a nyní jsou požadavky provozovatele zakotveny přímo v normě. Celkově respektuje moderní systém harmonizovaných norem, přináší nové požadavky a pomůcky pro provozovatele. Důležité části ale nejsou kompletně vysvětleny, nerespektuje stávající systém zdravotnických provozů a neobsahuje vysvětlující výkresovou dokumentaci.

Po zániku platnosti původní ČSN 332140 [2], je vzhledem k zásadním koncepčním rozdílům obou dokumentů velmi problematické skloubení nové a stávající technologie. Například rekonstrukce jednoho patra budovy, nebo implementace nové budovy do stávajícího komplexu budov připojených k jedné trafostanici a jednomu dieselaagregátu, tedy náhradnímu zdroji napájení.

3 MONITORING NAPÁJECÍCH SÍTÍ

Jak jsem již dříve uvedl monitorování parametrů napájecích sítí je velmi důležité, a zaměřím li se na zdravotnické provozy, je téměř nepostradatelné. Dostupné přístroje zaměřené na kvalitu napájecího napětí vychází ze stejných požadavků na dodávku elektrické energie dle ČSN EN 50160 [1], a zároveň využívají metod mezinárodního standardu IEC 61000-4-30 [5]. Jejich parametry jsou tudíž velmi podobné ve vztahu k měřeným veličinám, ale mohou se lišit v přesnosti měření a v mnoha dalších parametrech zaměřených na konkrétní způsob využití.

Vzhledem k tomu, že ve své praxi používám přístrojové vybavení od tuzemského výrobce měřících přístrojů, firmy MEGa - Měřicí Energetické Aparáty, s. r. o., provedu popis monitoringu na jeho přístrojích. K demonstraci výstupů měřících přístrojů využívám skutečně naměřená data ve fakultní nemocnici, tedy z reálného prostředí, zachycující testování a chod napájecích systémů nemocnice.

V následující části uvádím základní vlastnosti použitých přístrojů a některé uživatelsky důležité vlastnosti, které jsou podstatné při výběru vhodného přístroje.

3.1 Princip měření PQ monitoru [14]

Základem měření čtyř napětí a čtyř proudů je jejich vzorkování frekvencí 5120 Hz. V průběhu časového okna délky 200 ms se navzorkuje 1 024 hodnot s rozlišením 14 bitů. Z nich se po transformaci do frekvenční oblasti vypočítají harmonické složky s krokem 5 Hz. Velikost napětí U_1 až U_4 , proudů I_1 až I_4 a „řídících signálů“ (HDO – hromadné dálkové ovládání) se vypočítává z absolutních hodnot úplného spektra. Činné a jalové výkony jednotlivých složek, stejně jako nesymetrie, jsou počítány z komplexních složek spektra.

Údaje z kanálů U_1 , U_2 a U_3 pro vyhodnocení událostí a míhání (flickeru) na napětích jsou zpracovávány v časové oblasti. Každých 10 ms se počítá kvadrát skutečné efektivní hodnoty za dobu uplynulé periody. Z dat kanálu U_1 se počítá frekvence.

Nedestruktivní datová paměť typu flash o kapacitě 2 MB (4 MB je option) je rozdělena do pěti kruhově organizovaných oblastí. První oblast je určena pro záznam času, efektivních hodnot měřených napětí, proudů a výkonů v komplexním tvaru. Do druhé oblasti se ukládají podrobné údaje o kvalitě napětí uplynulého týdne. Třetí oblast obsahuje unifikované údaje s přehledem událostí podle metodiky IEC 61000-4-30 [5] a čtvrtá oblast podrobný záznam průběhů efektivních hodnot půlperiod napětí U_1 , U_2 , U_3 , U_4 a proudů I_1 , I_2 , I_3 , I_4 . Pátá oblast dat zahrnuje komprimované týdenní údaje o kvalitě. Poměry rozsahů jednotlivých oblastí datové paměti lze podle potřeby uživatele navzájem měnit.

3.1.1 Měření proudů [11], [12]

K měření proudů využívám buďto pevně instalované měřicí transformátory, nebo ohebné snímače střídavého proudu AMOS PQ [11]. Jedná se vlastně o Rogowského cívku, která je známa již od roku 1912. Cívka je navinuta na nemagnetickém a elektricky nevodivém jádře, které zároveň svými mechanickými vlastnostmi umožňuje flexibilitu cívky. Princip snímání je

stejný jako u proudových transformátorů. Vazba mezi měřícím proudem a měřeným obvodem je induktivní. Tím, že je jádro z nemagnetického materiálu, nedochází k nasycení jádra a tudíž její výstup zůstává lineární. Na svém výstupu má ale mnohem menší úroveň signálu než proudový transformátor. Její využití v měřící technice bylo po dlouhou dobu limitováno citlivostí přístrojů.

Rogowského cívka umožňuje měření velkého rozsahu proudů od jednotek mA do MA a frekvencí od desetin Hz do jednotek MHz. Výstup cívky mohou vyjádřit pomocí vzorců (3.1) a (3.2):

$$u = M \cdot \frac{di}{dt} \quad (3.1)$$

M - vzájemná indukčnost (H)

$\frac{di}{dt}$ - změna proudu v čase

Pokud známe rozměry jádra cívky, můžeme vypočítat vzájemnou indukčnost:

$$M = \frac{\mu_0}{2\pi} nW \cdot \ln \frac{b}{a} \quad (3.2)$$

M - vzájemná indukčnost (H)

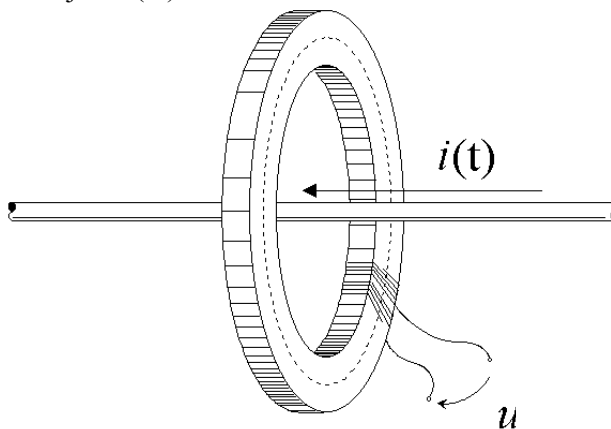
μ_0 - permeabilita vzduchu ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{Hm}^{-1}$)

n - počet závitů cívky

W - tloušťka jádra (m)

a - vnitřní poloměr jádra (m)

b - vnější poloměr jádra (m)



Obr. 3.1 Rogowského cívka [13]

Použitý aktivní měřicí ohebný snímač střídavého proudu AMOS PQ [11] je určen pro měření střídavých proudů v distribučních nn sítích PQ monitoru řady MEG3X. S výhodou jej lze použít k provozním měřením střídavých proudů technických kmitočtů v prostorově úsporných nn rozváděcích a proudů protékajících vodiči nestandardních průřezů. Kmitočtový rozsah snímače dovoluje měření i silně tvarově zkresleného proudu. Snímač AMOS PQ [11] převádí střídavý proud na úměrný napěťový signál. Měřicí rozsah proudu je volitelný čtyřpolohovým přepínačem, jehož poloha se nastavuje pomocí šroubováku. Připojení k měřicímu záznamníku

se standardně provádí konektorem. Přesnost měření závisí na umístění uzávěru smyčky snímače – je nejlepší při umístění uzávěru nejdále od vodiče proudu. Proud procházející vodičem umístěným mimo uzavřený snímač může ovlivnit výsledek měření, zejména nachází-li se v blízkosti uzávěru snímače. Při měření proudů musí být oba díly uzávěru úplně zasunuty. Napájení snímače AMOS PQ [11] je odvozeno od napájecího napětí PQ monitoru a je signalizováno přerušovaným svitem LED diody RUN.

3.2 Výběr vhodného přístroje

Vzhledem k velkému množství parametrů jednotlivých přístrojů může být výběr odpovídajícího přístroje poněkud složitý. Proto při volbě přístroje doporučuji uvědomit si několik hlavních kritérií, a to:

- kde budu měření provádět, v jakém prostředí?
- měřím na jednom místě, nebo budu přístroj přenášet?
- mám v místě měření zdroj nepřetržitého napájení? Respektive po jakou dobu přístroj měří bez napájení a jak to ovlivní jeho přesnost?
- jak dlouhý záznam měření je přístroj schopen uchovat v paměti, respektive jak dlouhou dobu potřebuji a s jakým vzorkováním. V praxi se většinou jedná o dobu jednoho týdne, delší záznam vyžaduje větší paměť což ovlivňuje cenu přístroje.
- v jakých podmínkách budu měřit - kategorie měření dle ČSN EN 61010 [4]
- jaké poskytuje výrobce záruky, možnosti servisu, technickou podporu, inovace SW?
- je přístroj a jeho výstupy kompatibilní například s přístroji dodavatele elektrické energie? Z praxe mohu říci, že to usnadňuje vzájemnou komunikaci a uznávání pravdivosti naměřených dat.
- dalším důležitým kritériem přímo nesouvisejícím s měřicími parametry je způsob ovládání a zobrazování. Jedná se tedy o přístroje s vlastním displejem a nebo budu připojovat přenosné PC? V praxi se mi mnohokrát osvědčilo použití notebooku, především kvůli komfortu ovládání, zapisování parametrů před spuštěním měření, zálohováním dat a v neposlední řadě v kvalitě zobrazování naměřených průběhů.
- Velmi důležitým kritériem jsou i možnosti zpracování naměřených dat do měřících protokolů prostřednictvím uživatelsky dobře ovladatelného SW.

Správná volba přístroje je důležitá nejen kvůli značným pořizovacím nákladům, ale především kvůli využitelnosti naměřených dat. Musím tedy vědět co chci měřit, jak využiji zjištěné údaje a kde budu měřit. Nesprávná volba přístroje může v konečném důsledku zkreslit výsledky měření, nebo potřebné údaje vůbec nezjistím. Proto je vhodné se předem obrátit na technickou podporu výrobce a případné nejasnosti konzultovat.

3.2.1 Základní popis univerzálního přístroje MEG 40+ [8]

Universal energy meter MEG40+, viz. obrázek 3.2 provádí současně funkce elektroměru a funkce monitoru. Ve funkci elektroměru má pro každou fázi šestici registrů energií. Ve funkci monitoru dlouhodobě zaznamenává průběhy napětí, proudů a výkonů a dle standardu kvality

napětí ČSN EN 50160 ed. 3 [1] registruje události na napětí a vyhodnocuje odchylky napětí ve třídě S. Hodnoty energií i hodnoty zaznamenávaných elektrických veličin jsou zobrazovány na displeji. Přístroj MEg40+ je určen pro měření na hladině nn, vn i vvn.

Při měření na hladině nn je možné vedle základního provedení použít i provedení MEg40+/S1, které používá k nepřímému měření proudů Smart přístrojové transformátory PTD s dělenými jádry. Provedení MEg40+/S3 využívá k měření proudů ohebné proudové senzory AMOSm, toto provedení lze instalovat bez přerušení dodávky elektřiny technologií PPN, tedy práce pod napětím.

Universal energy meter MEg40+ je přístroj měřící kategorie IV, je určen pro instalaci v nejištěných obvodech nn stanic a nahrazuje klasické ručkové a registrační přístroje i čtyřkvadrantový elektroměr.

Všechna změřená data uchovává MEg40+ ve FLASH datové paměti pro jejich další zpracování v PC nebo PDA a archivaci v databázových prostředcích. Interní datová paměť s kapacitou 4 MB může být nahrazena vyjímatelnou paměťovou kartou CARD 16 MB speciální konstrukce, která umožní rychlý, na personál a technické prostředky nenáročný přenos dat do informačních systémů. Standardní komunikační rozhraní přístroje MEg40+ je USB 2.0. Pro integraci přístrojů MEg40+ do měřicích systémů se vyrábí i provedení s rozhraním RS232 nebo rozhraním RS485. K přístroji MEg40+ vyrobenému s rozhraním USB 2.0 lze i dodatečně připojit konvertor USBhost / RS485.

Měřicí režimy a převodní konstanty prvků měřicího řetězce lze programovat pomocí klávesnice přístroje nebo komfortněji pomocí PC. Uživatelským programem přístroje MEg40+ se v PC uskutečňuje vyhodnocení dat jednoho přístroje. Data změřená více přístroji MEg40+ a archivovaná v databázi, lze zpracovávat systémovým programovým prostředkem WebDatOr.



Obr. 3.2 Univerzální měřící přístroj MEg40+ [8]

3.2.2 Základní popis PQ monitoru MEg 30 [7][14]

Monitor PQ, viz. obrázek 3.3, je multifunkční měřicí přístroj pro měření až čtyř napětí a čtyř proudů, činných i jalových výkonů a energií v třífázových čtyřvodičových i pětivodičových sítích nn i v sítích vn a vvn a pro dlouhodobý záznam jejich hodnot. Zaznamenává časový průběh efektivních hodnot uvedených veličin.

V souladu s normou ČSN EN 50160 ed. 3[1] a podle metod mezinárodního standardu IEC 61000-4-30 [5] analyzuje všechny parametry kvality napětí U_1 , U_2 a U_3 . Z naměřených hodnot sledovaných proudů se zjišťují příčiny zhoršení kvality elektrické energie. Přístroj registruje události (poklesy, překročení napětí a přerušení napětí), přičemž zaznamenává nejen charakteristiky událostí na napětích stanovené normou, ale i průběhy tří napětí a proudů na počátku a na konci každé události, tzv. počáteční a koncový detail. Počáteční detail události zahrnuje i časový úsek, který události předchází, a koncový detail obsahuje i časový úsek, který po události následuje.

Monitor PQ je vybaven galvanicky odděleným synchronizačním vstupem (SYNC), změna jehož stavu může být také registrována jako událost. To umožňuje externí synchronizaci záznamu průběhů všech napětí i všech proudů a vzájemnou synchronizaci více monitorů PQ. Na výstupu tohoto přístroje je přepínací kontakt polarizovaného relé s programovatelným přiřazením významu signalizace.

Monitor PQ je k dispozici v těchto verzích:

v přenosném provedení MEg 30 pro síť nn, MEg 31 pro síť vn, s ohebnými snímači proudu AMOS PQ [11](30 – 100 – 300 – 1 000 A) a měřicími klešťovými proudovými transformátory MT PQ (1 – 5 – 30 – 10 A),

pro pevnou montáž MEg 32 pro síť nn, MEg 33 pro síť vn, s proudovými vstupy 5 A, 1 A nebo se speciálním proudovým vstupem pro transformátor MEgMT s děleným jádrem.

Všechny typy monitorů PQ pro měření v sítích nn jsou napájeny z třífázové sítě z měřených napětí U_1 , U_2 a U_3 . Pro zamezení snížení přesnosti a věrohodnosti měřených parametrů kvality napětí se u monitorů verzí pro měření v sítích vn s různorodými měřicími transformátory napětí používá jednofázové externí napájení.

Každý monitor PQ je vybaven vnitřním záložním akumulátorem, který umožní jeho neomezený provoz po dobu až 5 min.

Základem všech verzí monitoru PQ je signálový procesor, kterým lze po výpočtu také registrovat a analyzovat sdružená napětí. Díky rozsáhlé nedestruktivní datové paměti je možná i jeho dlouhodobá (déle než jeden rok) autonomní činnost. Podstatnou výhodou zmiňovaného monitoru je paralelní a kontinuální činnost všech měřících, vizualizačních i komunikačních funkcí. Vysokou přesnost a nezávislost na provozních podmínkách zaručuje kvalitní A/D převodník s minimalizovaným rozsahem analogových obvodů a výpočetní korekcí chyb celého měřicího řetězce.

Monitor PQ lze prostřednictvím komunikačních rozhraní použít i jako inteligentní periferní jednotku rozsáhlých systémů SCADA i energetických systémů průmyslových podniků a aglomerací.

Stejně jako všechny dosud vyráběné měřicí přístroje MEG umožňuje i monitor PQ dálkovou parametrizaci měřicích funkcí, dálkové přeprogramování skladby těchto funkcí podle potřeby uživatele, popř. dálkové programování i postupně nově vyvíjených funkcí.



Obr. 3.3 PQ monitor MEG 30 [7]

3.2.3 Základní popis PQ monitoru MEG 38 [9]

Přenosná souprava PQ monitoru MEG38 na obrázku 3.4, je určena k měření a záznamu čtyř napětí a čtyř proudů, činných a jalových výkonů i energií v trojfázových sítích mn, vn i vvn. Na napěťových vstupech U1, U2 a U3 v souladu s normou ČSN EN 50160, ed. 3 [1] a měřicími metodami třídy S standardu ČSN EN 61000-4-30 ed. 2 [5] analyzuje parametry kvality napětí. Ve funkci měření kvality i funkci záznamník vyhodnocuje všechny veličiny bez mezer a přerušení. Soupravu MEG38 lze použít i pro oscilografický záznam měřených veličin.

Souprava PQ monitoru MEG38 se skládá ze tří jednotek. Měřicí jednotka MEG38/M s komunikací USB 2.0 a galvanicky oddělenou komunikací RS485 má automatickou identifikaci připojených proudových snímačů. Je možné volit mezi ohebnými senzory AMOSm a klešťovými transformátory MT-ChA, jejichž měřicí rozsahy jsou programově nastavitelné. Jednotka MEG38/M je v celoplastovém, vodotěsném a izolačním pouzdře opatřeném polyuretanovým náplekem pro zvýšení odolnosti vůči mechanickým nárazům. Jednotka

MEg38/M se vyznačuje malými rozměry při splnění požadavků měřicí kategorie IV a zesílené izolace. To spolu se senzory AMOSm nebo klešťovými transformátory MT-ChA umožňuje přímé měření i na živých částech v moderních prostorově úsporných nn skříních. Pro měření sekundárních proudů přístrojových proudových transformátorů se použijí klešťové transformátory MT-ChA. Napájení měřicí jednotky MEg38/M je určen nezálohovaný zdroj MEg38/Z s napětím 12 VDC nebo při potřebě měření i při přerušení napětí trojfázový zdroj zajištěného napájení MEg38/N. Součástí jednotky MEg38/N je i GPRS dálková komunikace, příjem časového signálu GPS, galvanicky oddělená technologická komunikace RS485 a vstupní i výstupní dvoustavový signál. V prostorách s nedostatečnou intenzitou signálu GSM nebo GPS je možné umístit napájecí jednotku MEg38/N pomocí kabelového prodloužení na vhodné místo. Prostřednictvím technologické komunikace RS485 lze soupravu MEg38 nebo samostatně jednotku MEg38/M připojit k místnímu informačnímu systému.



Obr. 3.4 PQ monitor MEg 38 [9]

3.2.4 Základní popis přístroje MEg10 [10]

Trojfázový statistický voltmetr událostí MEg 10 [10], viz obrázek 3.5, je určen pro měření fázových napětí v síti nn a fázových nebo sdružených napětí v sítích vn a vvn. Měřená napětí zobrazuje na svém displeji ve voltech nebo v procentech jmenovité hodnoty, umožňuje také zobrazování odchylky od jmenovité hodnoty v procentech.

Kromě zobrazování měřených napětí voltmetr MEg 10[10] registruje všechny události na napětích tj. poklesy napětí, dočasná přepětí, přerušení a výpadky. Dále vyhodnocuje hodinové histogramy měřených napětí a jejich další statistiky.

Voltmetr MEg10 [10] je vhodný k registraci kvality a kontinuity předávané elektrické energie a k ohodnocení ztrát přenosem. Je určen pro měření na předávacích místech a v bodech napájejících citlivé technologie. Záznam událostí je v souladu s normou ČSN EN 50 160 [1].

Voltmetr MEg 10 [10] je konstruován pro zabudování do panelů rozvaděčů

v průmyslovém prostředí, vyznačujícím se širokým rozsahem pracovních teplot, občasným výskytem vysoké vlhkosti a možností vzniku přepětí.



Obr. 3.5 Statický voltmetr událostí MEG 10 [10]

3.2.5 Přehled vybraných přístrojů a základních funkcí

tabulka 3.2.5: Parametry přístrojů [7] [8] [9] [10] [11] [14]

		MEg37	MEg38 C/A	MEg38 C/S	MEg39 /A	MEg40 +	MEg44 PAN	MEg70	MEg71 MEgML 71
O B E C N Ě	Vlastnosti								
	Provedení	přenosný	přenosný	přenosný	DIN	panelový	panelový	speciál	speciál
	Napěťová hladina	nn	nn, vn, vvn	nn, vn, vvn	vn, vvn	nn	nn	nn	nn
	Přesnost měření dle EN 50160, ed.3	S	A	S	A	S	S	S	S
	Třída přesnosti na napětí (%)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,2	0,2	0,1	0,2
	Třída přesnosti na proudu (%)	0,5	0,5	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5
	Kategorie přepětí	CAT IV	CAT IV	CAT IV	CAT IV	CAT IV	CAT IV	CAT IV	CAT IV
	Krytí	IP65	IP65	IP65	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
	Napájecí napětí vstupu	230V	57V/230V	57V/230V	12V/230 V	230V	230V	12V	12V
	Jmenovitá hodnota proudu vstupu	* 1)	* 1)	* 1)	1A/5A/* 2)	1A/5A/*3)	1A/5A/* 2)	30A- 1000A	30A - 630A
	Počet vzorků za periodu	128	256	256	256	64	256	64	64
	Počet kanálů napětí	4	4	4	3	3	3	1	3
	Počet kanálů proudu	28	4	4	3	3	3	1	3
	Velikost paměti	512MB	512MB	512MB	512MB	4MB/16 MB	512MB	4MB	4MB
Z Á Z N A M Ě N Í K	Záznamník (interval agregace od 1 s do ¼ h dle parametrizace měření)	•	•	•	•	•	•	•	•
	Napětí (průměr, min., max.)	•	•	•	•	•	•	•	•
	Proudy (průměr, max.)	•	•	•	•	•	•	•	•
	Stejnoseměrná složka napětí U_{SS}	•	•	•	•	-	•	-	-
	Harmonické složky napětí a proudu	63	125	125	125	-	125	-	-
	Činný výkon (průměr, min., max.)	•	•	•	•	•	•	•	•
	Jalový výkon (průměr, min., max.)	•	•	•	•	•	•	•	•
	Zdánlivý výkon (průměr, min., max.)	•	•	•	•	-	•	-	-
	Zdánlivý výkon 1.H (průměr, min., max.)	•	•	•	•	-	•	-	-
	Výkon nesymetrie 1.H (průměr, min., max.)	•	•	•	•	-	•	-	-
Účinník $\cos \phi$	•	•	•	•	-	•	-	-	
UDÁLOSTI	Měření události na napětí a proudech; EN 50160, ed.3; IEC 61000-4-30, ed. 3	•	•	•	•	•	•	•	•

	Oscilogram průběhů napětí a proudů při události s volitelným pretrigerem a posttrigerem	•	•	•	•	-	•	-	-
	Harmonická napětí a proudy při události	•	•	•	•	-	•	-	-
KVALITA	Měření kvality napětí (přednastavený interval agregace 10 min); EN 50160, ed.3; IEC 61000-4-30, ed. 3	•	•	•	•	-	•	-	-
	USB	•	•	•	•	opt.	•	opt.	opt.
ROZHRANÍ	RS 485	-	-	-	•	opt.	•	•	•
	Ethernet	•	opt.	opt.	•	opt.	•	opt.	opt.
	Převodník USB host/RS 485	-	-	-	-	opt.	-	-	-
	GSM	-	opt.	opt.	opt.	opt.	opt.	opt.	opt.
PROTOKOL	Modbus RTU	•	•	opt.	•	•	•	•	•
	ModBus TCP	•	•	-	•	•	•	•	•
	IEC 60870-5-104	-	•	•	-	-	-	-	-

*1) Ohebný snímač 30A - 3000A; Kleště 1A, 5A; Kleště 10A, 50A; Toroid 1A,5A; Toroid 10A, 50A

*2) Toroid 1A - 50A; Dělený transformátor 100A - 900A

*3) Ohebný snímač 30A - 3000A; Dělený transformátor 100A - 900A

4 ZPĚTNÁ ANALÝZA NEŽÁDOUCÍCH UDÁLOSTÍ

Postupná modernizace, skloubení starých a nových technologií a modernizace norem mne v průběhu mé praxe postavily před nejen jeden technický problém. V následující části uvádím několik zajímavých možností, jak využít měřicí techniku, respektive jak vyhodnotit naměřená data. Právě možnost vyhodnocovat uložené data z paměti měřicího přístroje i relativně dlouhou dobu po události je neocenitelná vlastnost této techniky. Většina nežádoucích událostí proběhne neplánovaně, v nepřítomnosti obsluhy a především velmi rychle. Grafické výstupy z měřicích přístrojů jsou díky společné časové ose srozumitelné a vzájemně porovnatelné.

4.1 Statistika událostí na napětí z distribuční sítě [15]

Provozní požadavky na způsob, respektive rychlost přepínání náhradních zdrojů mne vedly k dlouhodobému sledování a vyhodnocování výpadků napájení z distribuční sítě. Mým cílem je optimální nastavení automatiky náhradních, respektive bezpečnostních zdrojů, což vede ke snížení počtu výpadků napájení a částečné eliminaci jejich nežádoucího dopadu na zdravotnické zařízení. Zaměřím-li se na popis podle ČSN 33 2000-7-710 [6], je záloha "hlavního" napájení při poklesech, nebo výpadcích zajištěna pomocí "bezpečnostních zdrojů". Jejich popis je v článku 710.556 [6]. Norma dále uvádí, že síť pro bezpečnostní účely musí automaticky převzít napájení, jestliže se napětí na jednom nebo více napájecích vodičích hlavního rozvaděče budovy s hlavním napájením sníží na méně než 90% jmenovité hodnoty napětí a toto trvá déle než 0,5 sekundy. Klasifikace bezpečnostních obvodů pro zdravotnické prostory je provedena v příloze A ČSN 33 2000-7-710 [6], viz. tabulka 2.1. Požadavky na bezpečnostní zdroje jsou dále rozděleny do skupin:

- ~ s dobou přepnutí do 0,5 sekundy včetně a dobou zálohování minimálně 3 hodin
- ~ s dobou přepnutí do 15 sekund včetně a dobou zálohování minimálně 24 hodin
- ~ s dobou přepnutí nad 15 sekund a dobou zálohování minimálně 24 hodin

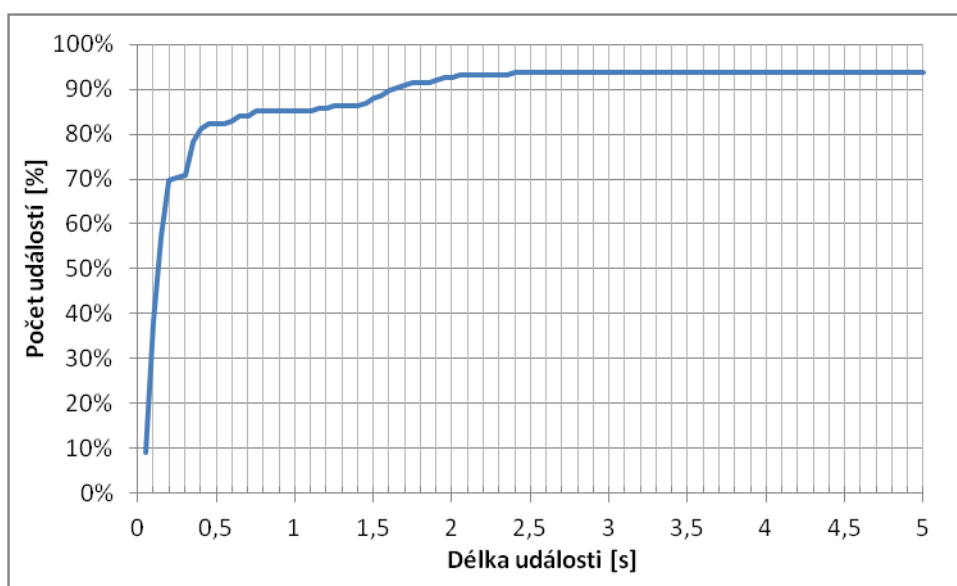
Ověření skutečných provozních hodnot, ať už jako požadavek normy, nebo jako dílčí požadavek zdravotnické technologie, by nebylo možné bez trvale, nebo alespoň dlouhodobě instalované měřicí techniky, která je schopna nežádoucí události zaznamenávat a případně je i vyhodnocovat.

Od května 2009 do července 2012 jsem prováděl dlouhodobé sledování událostí na napětí pomocí přístroje MEG10 [10], který je instalován na přívodu z distribuční sítě, na straně vysokého napětí.

tabulka 4.1: Rozdělení poklesů na napětí podle ČSN EN 50160 ed. 3[1]

Zbytkové napětí u [%]	Doba trvání události t [ms]				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$90 > u \geq 80$	43	5	5	2	0
$80 > u \geq 70$	23	3	0	1	0
$70 > u \geq 40$	43	4	0	1	0
$40 > u \geq 5$	13	10	0	10	1
$5 > u$	0	0	0	1	0

Výpis zjištěných událostí je uveden v příloze č. 2, a přehledně zpracován v tabulce 4.1, která vyjadřuje celkový přehled poklesů napětí řazených podle ČSN EN 50160 [1]. Celkový počet událostí v jednotlivých sdružených napětích je prakticky shodný: L12 – 127 událostí, L23 – 128 událostí a L31 – 132 událostí. Je vidět, že co se týče doby trvání, tak nejvíce poklesů je do 200ms, potom následují poklesy od 200ms do 500ms a poslední větší skupinu představuje rozsah 1s až 5s. Plánované technologické výpadky jsem vynechal.

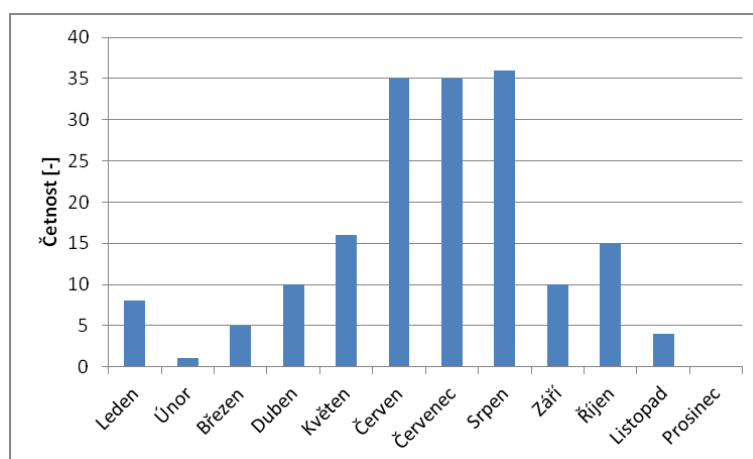


Obr. 4.1 Kumulativní součet událostí na VN v závislosti na délce [15]

Obrázek 4.1 ukazuje kumulativní součet událostí v závislosti na jejich délce. Z grafu lze vyčíst, že cca 85% událostí má délku trvání do 1s a do 2,5s je to již téměř 94% všech událostí. Tomuto je potřeba přizpůsobit zpoždění startu záložního napájení důležitých obvodů, tak aby nedocházelo k bezdůvodnému prodloužení přerušení napájení vlivem přepnutí z energetické sítě na záložní zdroj a zpět. Jinak řečeno přepnutí na dieselaagregát v praxi reprezentuje dva po sobě jdoucí výpadky napájení, jejichž vliv a celková délka převyšují délku většiny jednotlivých událostí. Tyto statistické údaje odpovídají i požadavku normy, kdy k přepnutí na bezpečnostní zdroj musí dojít při poklesu na 90% jmenovité hodnoty a trvajícím déle než 0,5 sekundy.

Mohu tedy říci, že mé závěry byly správné, a nyní i to, že korespondují s požadavkem normy.

Dalším zajímavým výsledkem zpracování naměřených dat, je četnost výskytu událostí pro jednotlivé měsíce v roce, viz obrázek 4.2. Četnost je výrazně vyšší v letních měsících od června do srpna. Zřejmě v souvislosti se zvýšeným výskytem atmosférických poruch.



Obr. 4.2 Četnost výskytu událostí pro jednotlivé měsíce v roce [15]

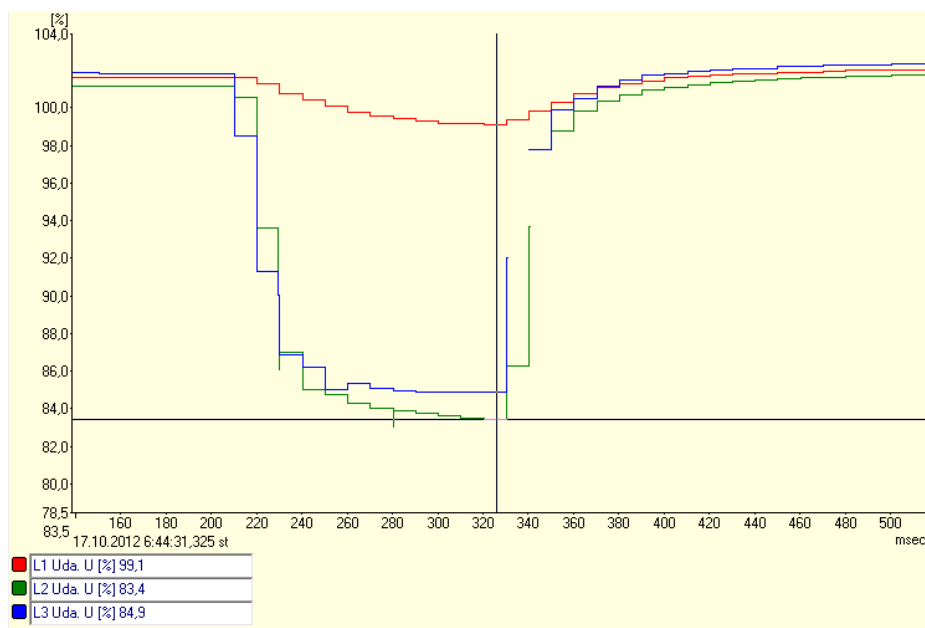
4.2 Nežádoucí událost v napájecí síti [15]

Jednotlivé nežádoucí události se dají s pomocí pevně instalovaných měřících přístrojů zpětně dohledat a zjistit, jakým způsobem se porucha šířila, kde vznikla, nebo jak dlouhou dobu trvala. Průběh nežádoucí události například ukáže jestli se jednalo o poruchu, která může ovlivnit přístrojovou techniku, nebo spustí automatiku náhradních zdrojů. Při porovnání s měřením na vstupu do areálu, tedy na straně VN, snadno ověřím, jestli se jedná o poruchu z distribuční sítě, nebo se jedná o poruchu na vlastním zařízení. Každá takováto událost spustí řadu automatických systémů, jejichž správná funkce se dá ověřit a doložit grafickým výstupem z měřícího přístroje.

Na poklesu napětí ze 17.11.2012 si ukážeme jeho šíření v síti [15]. Pokles pochází z distribuční sítě, má hloubku cca 84% a doba poklesu činí asi 110ms. Výsledky z měřících přístrojů jsou v tabulce 4.2. Obrázek 4.3 potom ukazuje detail této události zaznamenaný PQ monitorem MEG30, který byl instalován v místě TS3 pole 3.

tabulka 4.2: Záznam poklesu napětí v síti fakultní nemocnice ze 17.11.2012 [15]

Místo měření	Začátek	Doba [ms]	Min U [%]
TS1 spojka 22 kV	6:44:54,920	0,120	83,7
TS1_DO_náhradní_zdroj	6:45:19,330	0,120	83,6
TS1_Trafo2	6:44:56,480	0,120	83,4
TS1_Trafo 1	6:44:49,960	0,120	84,2
TS2_TM1	6:43:58,130	0,120	84
TS2_TM2	6:44:03,300	0,120	84,5
TS4_HR1	6:44:36,180	0,110	83,7
TS4_HR2	6:44:36,900	0,110	83,8
TS4_HR3	6:44:36,100	0,110	83,7
TS4_HR4	6:44:36,640	0,120	83,8
TS3_DO	6:44:16,410	0,120	82,8
TS3	6:44:02,260	0,120	83,1
TS3_pole3	6:44:31,230	0,110	83,4



Obr. 4.3 Detail události ze 17.11.2012 - výstup z MEG30 [15]

Z naměřených hodnot vyplývá, že parametry poklesu napětí nesplňují požadavek na přepnutí zdrojů, a nemuselo tedy dojít ke startu diesलगregátů.

4.3 Plánovaná zkouška náhradních zdrojů napájení [15]

Fakultní nemocnice Olomouc je dlouhodobě vybavena univerzálními monitory MEg40+ [8] ve všech čtyřech trafostanicích. Přístroje jsou instalovány na vývodech NN z trafostanic. Měření jsem doplnil výše zmíněným záznamovým voltmetrem MEg10[10] na přívodu z distribuční sítě a přenosným monitorem kvality napětí MEg30 [7]. Všechny tyto přístroje zaznamenávají mimo jiné události na napětí a za dobu měření vzniklo i několik záznamů z plánovaných zkoušek náhradních zdrojů. Příklad záznamů v jednotlivých místech měření v areálu ze dne 11.10.2012 je v tabulce 4.3.

tabulka 4.3: Záznam zkoušky náhradních zdrojů z 11.10.2012 [15]

Místo měření	Začátek	Doba	Min U [%]
TS1 spojka 22 kV	13:31:23,110	05:45,580	0
TS1_DO_náhradní_zdroj	13:31:38,540	00:23,460	0
	13:46:48,400	00:02,960	0
TS1_Trafo 2	13:31:24,000	05:47,300	0
TS1_Trafo 1	13:31:18,180	05:46,820	0
TS2_TM1	13:30:26,370	05:45,850	0
TS2_TM2	13:30:31,510	05:46,000	0
TS4_HR1	13:31:04,400	05:46,600	0
TS4_HR2	13:31:05,100	05:46,900	0
TS4_HR3	13:31:04,330	05:46,670	0
TS4_HR4	13:31:04,860	05:47,140	0
TS3_DO	13:29:54,560	00:18,440	0
	13:44:41,820	00:03,180	0
TS3	13:29:46,180	11:41,820	0
TS3_pole3	13:30:13,930	11:51,690	0
	13:42:25,710	00:00,020	78,7

Během zkoušky jsem nechal odpojit napájení z distribuční sítě a napětí ve všech stanicích v areálu tedy pokleslo na nulu. Měření v místě záložního zdroje (TS1_DO_náhradní_zdroj) ukazuje, že dieselagregát převzal napájení důležitých obvodů za 23,46s od přerušení. Následná událost na napětí ukazuje přerušení napájení na 2,96s, které vzniklo vlivem manipulace při přepojování napájení zpět na distribuční síť.

Měření v místě TS3_DO (a v místech následujících) ukazuje stejnou situaci v jiné části areálu, která je napájena z jiného distribučního transformátoru. Náhradní zdroj převzal napájení za 18,44s od přerušení a následující událost ukazuje 3,18s manipulačního času pro přepojení zpět na distribuční soustavu.

Monitoring silových rozvodů v nemocnici při zkoušce potvrdil správnou funkci náhradních zdrojů třídy >15. Dále díky dlouhodobému sledování událostí v síti bylo možné

posoudit požadavek normy na start náhradního zdroje pouze při událostech delších než 0,5s. Z grafu na obrázku 4.1 je vidět, že se tímto opatřením eliminuje přes 80% možných zbytečných náběhů zdroje.

4.4 PQ monitor - přetížení náhradního zdroje

Nyní si ukážeme některé z možností PQ monitoru firmy MeGA. Použiji k tomu mnou naměřená data ve fakultní nemocnici, a sice v trafostanici TS3, která napájí řadu budov, především ale Dětskou kliniku, Ortopedickou kliniku, Klinikou ústní čelistní a obličejové chirurgie a další, viz. příloha č.1. Zvolený soubor monitoruje zkoušku náhradního zdroje napájení, který je v tomto případě tvořen dieselagregátem. Jedná se tedy o důležité obvody - DO.

Na obr. 4.4 je výstup ze záznamníku PQ monitoru, kde je zapsán přehled nejdůležitějších údajů z naměřených hodnot. Podle potřeby mohu volit, které průběhy chci znázornit v grafu. Na obr. 4.5 a 4.6 je zobrazen graf naměřených hodnot, do kterého jsem kvůli názornosti zadal průběhy napětí i proudů. Je velice dobře patrné, jak test probíhá. Nejdříve monitorujeme napájecí napětí z distribuční sítě (šipka č.1), po nuceném odpojení od sítě VN reaguje automatika na ztrátu napětí na vstupu trafostanice. V tomto okamžiku se spouští odpočítávání, respektive nutná prodleva, po níž startuje dieselagregát(šipka č.2). Po patnácti minutách ručně obnovujeme dodávku napájecího napětí z distribuční sítě, na což opět reaguje automatika a po krátké prodlevě přepne na základní zdroj napájení (šipka č.4). Chod dieselagregátu je kvůli chlazení zastaven až po třech minutách. Prodlevy na začátku a na konci výpadku chrání náhradní zdroj, a brání rychlému několikanásobnému startování zdroje a také jak již bylo řečeno i zbytečným startům. Rychlé přepínání v tak rozsáhlé síti jako je ve fakultní nemocnici působí přímo destruktivním způsobem. To je ovšem problematika vyžadující samostatné zpracování.

Samotný průběh startu dieselagregátu je v detailu na obr. 4.6, kde je červenou šipkou č.3 označené místo, kdy byl náhradní zdroj při startu přetížen, a jak reagoval. Přetížení motoru vede nejdříve ke ztrátě otáček, což vede nejen k poklesu napětí, ale i ke kolísání frekvence, a v konečném důsledku i k odstavení dieselagregátu. Většina zjištěných údajů by bez vhodného měření byla jen těžko zjištělná. Díky včasnému odhalení problému jsem provedl preventivní opatření vedoucí ke snížení zátěže náhradního zdroje a tím jsem předešel jeho kolapsu.

Velmi zajímavý je graf na obr. 4.7, který zobrazuje všechny zjištěné události v závislosti na odolnosti elektronických zařízení. Ty které představují riziko, jsou zobrazeny mimo střední pás grafu. Dvě takovéto události jsou ve spodní části grafu a jsou označeny šipkou. Jejich detail se zobrazí po kliknutí na vybraný bod.

Souhrnné výsledky VDO 608 kVA [VDO2d:PQ:PQ1]

CSN EN 50160 | Záznamník | Události U | Hlavička | Graf | Export TXT

Text

DOBA	Od	Do	L PF	
Doba zpracování	8/13/2009 1:16:57 PM	8/13/2009 1:48:21 PM		
Pro dry týdne	Všechny			
Pro hodiny dne	Všechny			

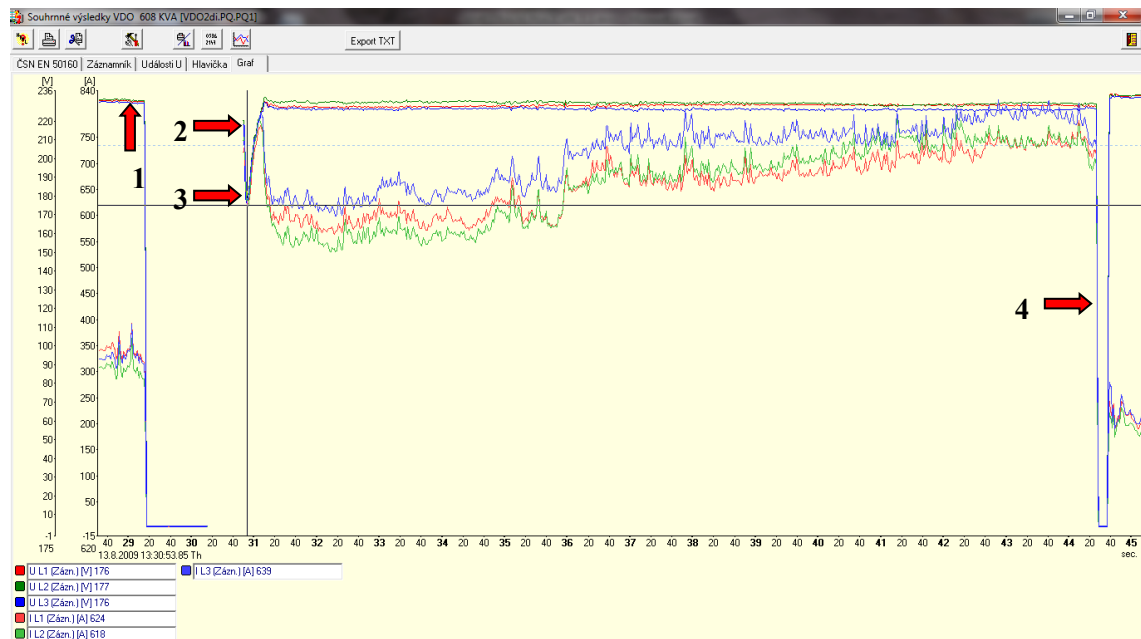
NAPĚTÍ	L 1 [V]	L 2 [V]	L 3 [V]	
Průměr	229.2	230.2	228.0	
Maximum	234.6	234.5	233.7	
Kdy	8/13/2009 1:44:40 PM	8/13/2009 1:46:08 PM	8/13/2009 1:44:40 PM	
Minimum	155.2	156.2	155.3	
Kdy	8/13/2009 1:44:37 PM	8/13/2009 1:44:37 PM	8/13/2009 1:44:37 PM	

PROUD	L 1 [A]	L 2 [A]	L 3 [A]	
Průměr	507.90	498.20	536.10	
Maximum	789.50	806.50	833.50	
Kdy	8/13/2009 1:44:09 PM	8/13/2009 1:42:00 PM	8/13/2009 1:43:40 PM	
1/4 hod. max.	624.10	623.60	675.50	
Kdy	8/13/2009 1:45:38 PM	8/13/2009 1:45:38 PM	8/13/2009 1:45:38 PM	

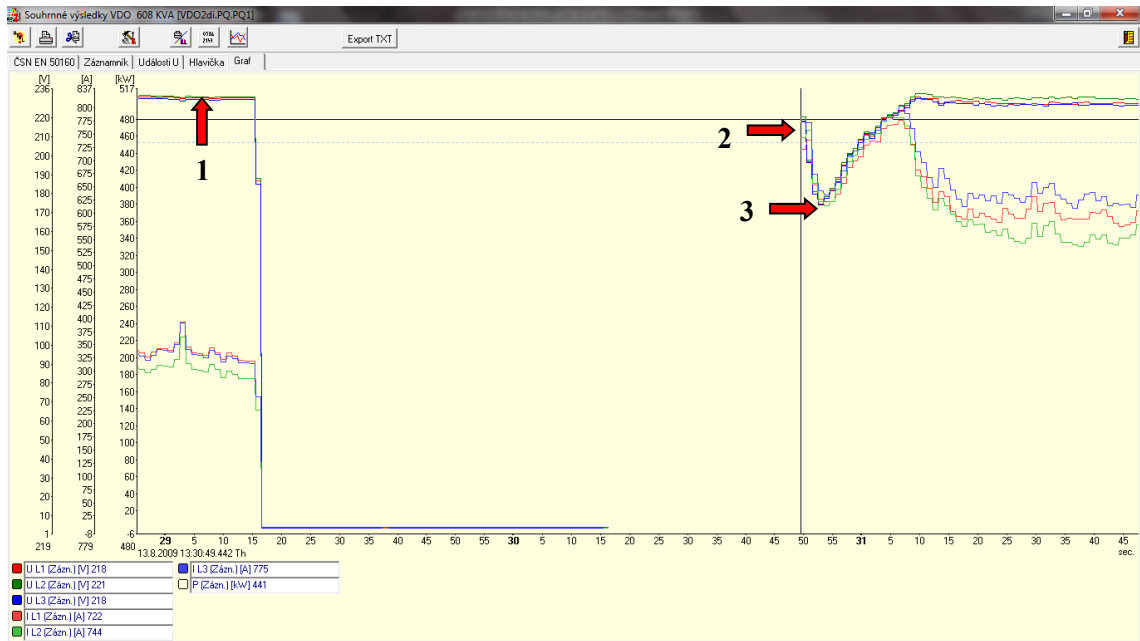
ČINNÝ VÝKON	L 1 [kW]	L 2 [kW]	L 3 [kW]	Vývod [kW]
Průměr	96.63	95.98	97.81	290.43
Maximum	167.70	174.44	170.41	508.38
Kdy	8/13/2009 1:44:09 PM	8/13/2009 1:42:00 PM	8/13/2009 1:43:40 PM	8/13/2009 1:44:09 PM
1/4 hod. max.	132.42	135.52	139.20	407.15
Kdy	8/13/2009 1:45:38 PM	8/13/2009 1:45:38 PM	8/13/2009 1:45:38 PM	8/13/2009 1:45:38 PM

JALOVÝ VÝKON	L 1 [kVA]	L 2 [kVA]	L 3 [kVA]	Vývod [kVA]
Průměr	43.89	37.43	49.92	131.19
Maximum	100.76	83.85	111.99	296.60
Kdy	8/13/2009 1:31:06 PM	8/13/2009 1:31:06 PM	8/13/2009 1:31:06 PM	8/13/2009 1:31:06 PM
1/4 hod. max.	49.57	43.40	61.10	153.95

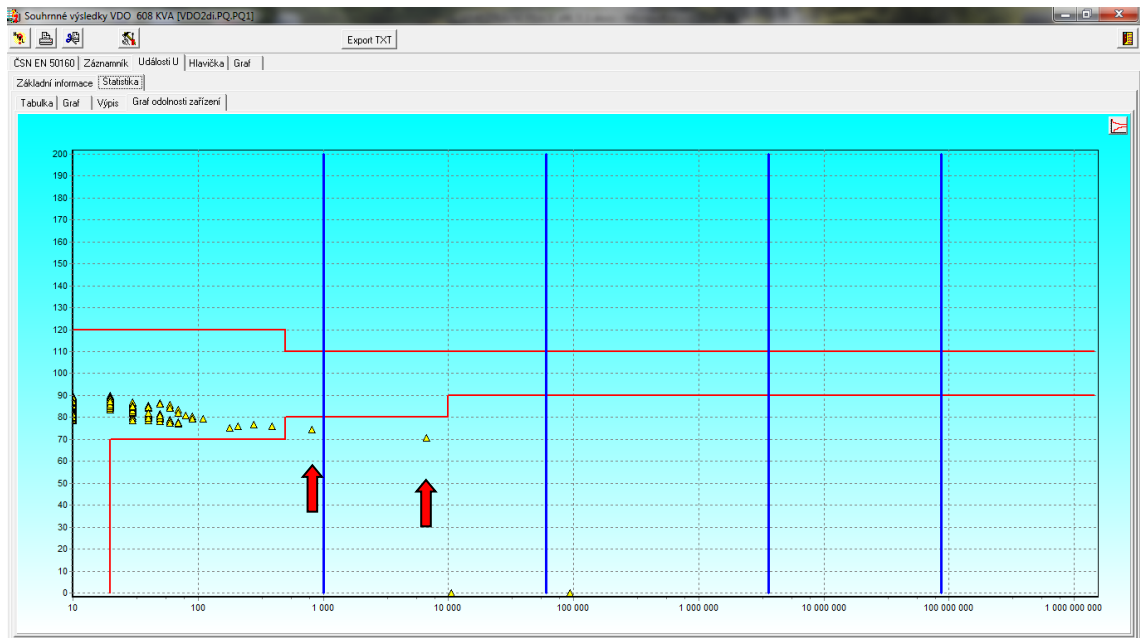
Obr. 4.4 Výstup ze záznamníku naměřených hodnot



Obr. 4.5 Průběh napětí a proudů při zkoušce náhradního zdroje



Obr. 4.6 Detail náběhu náhradního zdroje

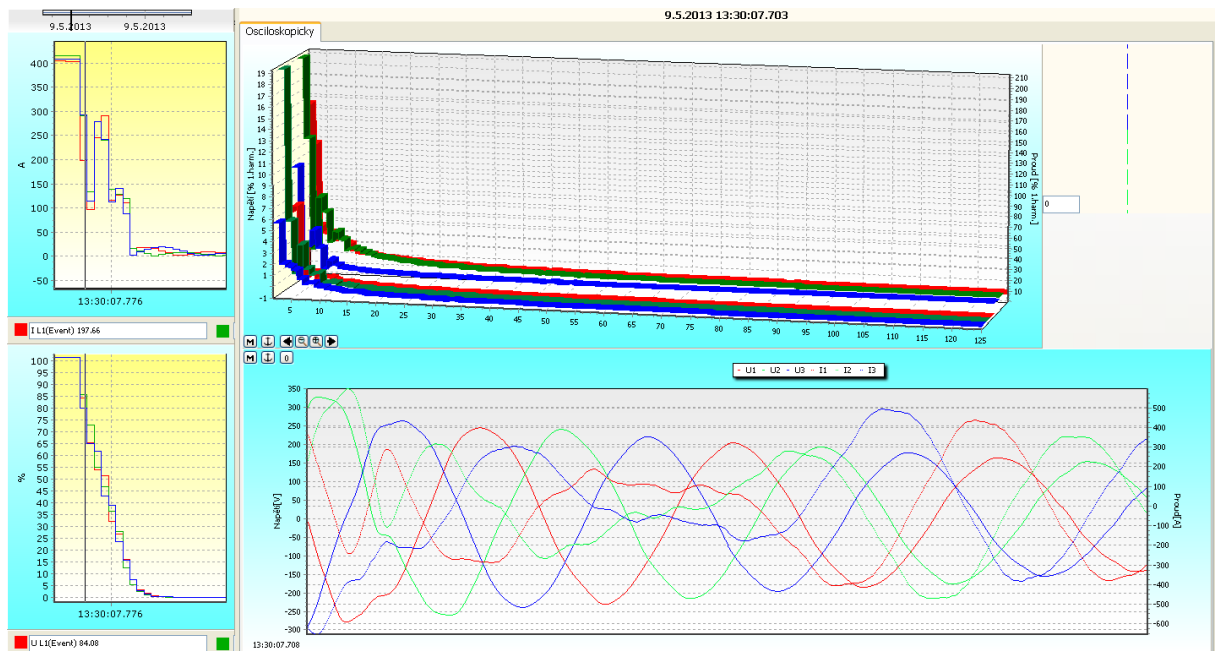


Obr. 4.7 Statistika událostí - graf odolnosti zařízení

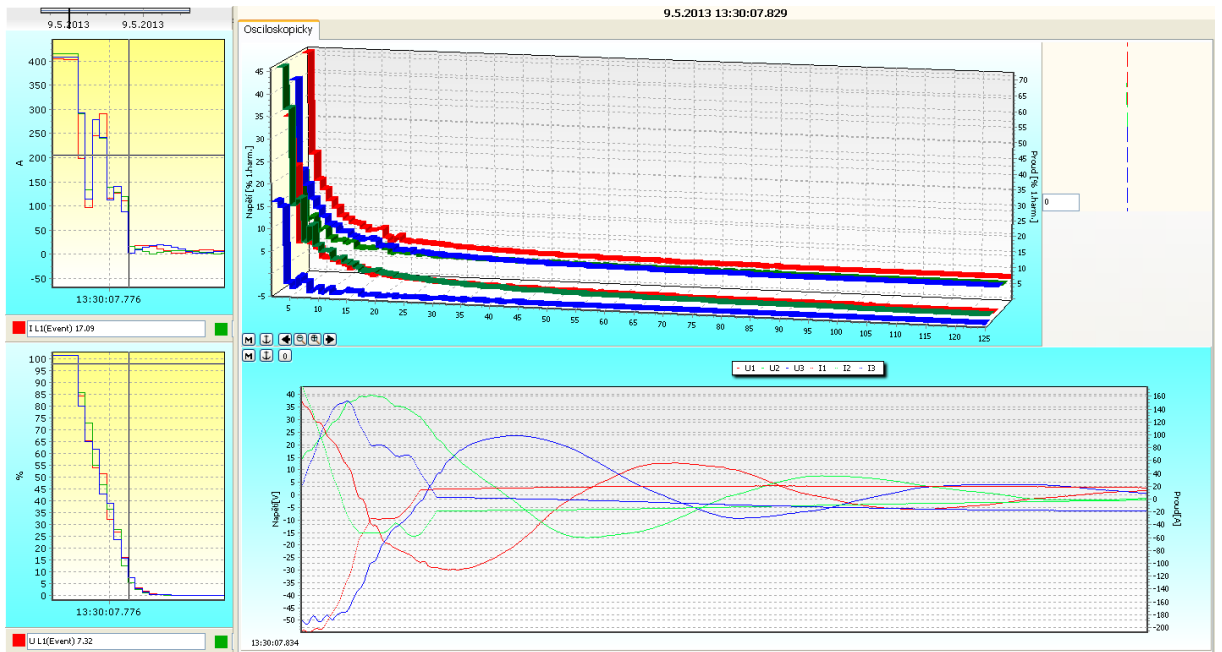
4.5 Přepínání zdrojů - MEg 38

Při vypnutí zařízení s točivými stroji (motory) nedojde k okamžitému poklesu napětí na nulu. V důsledku doběhu těchto strojů dojde ke změně jejich kinetické energie v energii elektrickou s klesajícím napětím směrem k nule. Tento pokles napětí závisí na strojích a energii na hřídeli strojů a má různou délku poklesu napětí k nule. V případě velkých a těžkých strojů bývá delší. Měření probíhalo v rozvaděči, ze kterého je napojena mimo jiné i chladicí stanice. Toto zařízení slouží jako součást vzduchotechniky k ochlazování budov. Součástí chladicí stanice jsou dva dvojité kompresory, jejichž maximální příkon uvedený na štítku je 113/98 kW a u druhého stroje 76/76 kW. Vliv doběhu těchto kompresorů je patrný z obrázku 4.8. Konec události je na obrázku 4.9. Jde o výstup z měřicího přístroje, tedy pohled na monitor počítače. Na obrázku 4.10. je improvizované měřící pracoviště v trafostanici TS4.

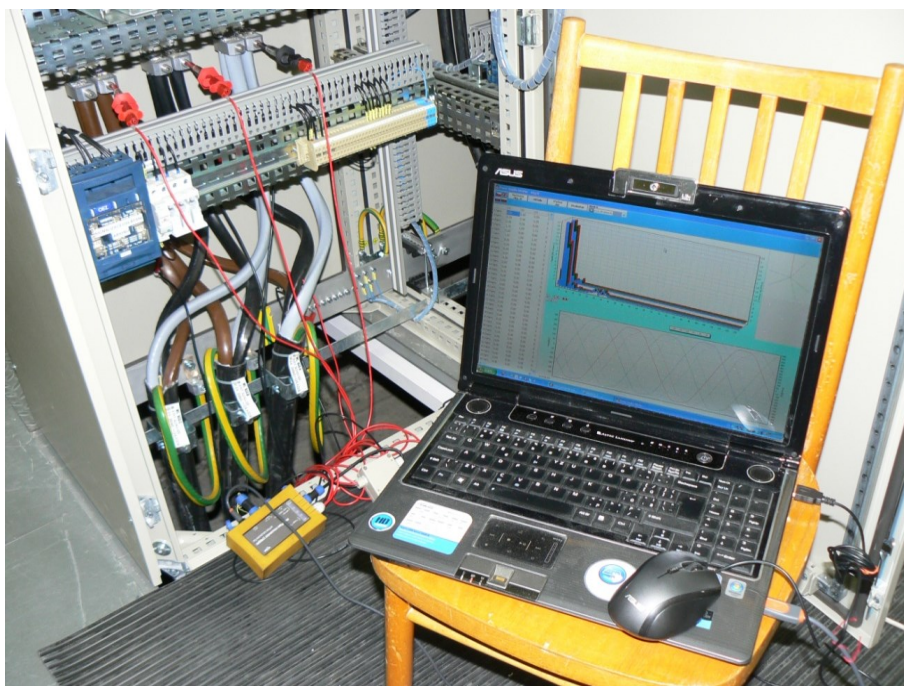
Pokud dojde k obnovení napětí v našem případě v čase do 50 milisekund a „trefíme se“ do protifáze, dojde k velkému proudovému rázu a možnému vybavení jističích prvků. Abychom předešly těmto nežádoucím událostem, je nutné provádět měření v místech, kde se nachází podobné točivé stroje, a především v místech automatického přepínání zdrojů. Na základě těchto měření je vhodné nastavit prodlevu přepínání větší než je doba „doběhu napětí“.



Obr. 4.8 Osciloskopický záznam začátku události



Obr. 4.9 Osciloskopický záznam konce události



Obr. 4.10 Pohled na měřicí pracoviště v terénu - TS4

4.6 Přínos monitoringu napájecích sítí [15]

Měření ve vybraných bodech rozvodů se tedy ukazuje jako užitečný nástroj pro posouzení funkčnosti náhradních zdrojů a to především při skutečných výpadcích, kdy může dojít ke škodám na zdraví či majetku. Dlouhodobé statistické údaje lze dále použít pro konfrontaci a případné upřesnění požadavků norem na sledované obvody, nebo kontrole deklarovaných parametrů náhradních zdrojů. V praxi využívám přenosný PQ monitor, jako pomůcku pro monitorování vybrané dílčí části napájecích obvodů. Výsledky měření v místě, kde se například plánuje rekonstrukce, nebo výstavba nového objektu, jsou žádaným podkladem pro projektanty. Při vhodném a periodickém vyhodnocení lze další uplatnění nalézt pro diagnostiku měřených obvodů, což nabízí možnost odhalení případné poruchy silových obvodů před tím, než může mít nějaké negativní dopady na provoz areálu. V opačném případě, kdy už k nějaké události došlo, lze provést zpětnou analýzu naměřených dat a odhalit tak původce poruchy.

4.6.1 Praktická instalace měřících přístrojů

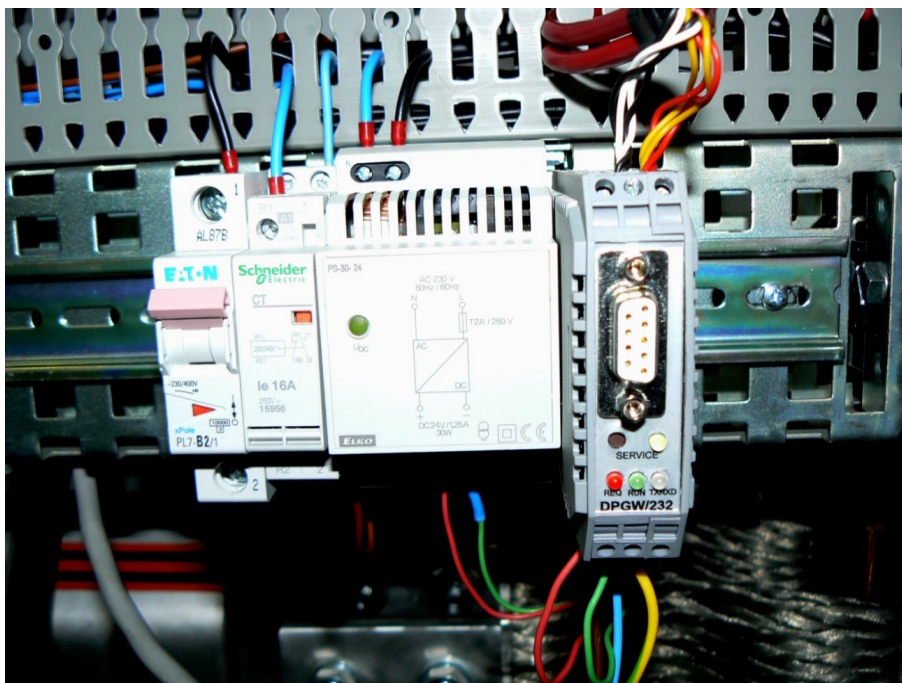
Instalace měřícího přístroje ve zdravotnickém provozu musí většinou proběhnout pod napětím, což klade zvýšené nároky na dodržování bezpečnosti práce. Způsob měření napětí je na obrázku 4.11. Měřící svorky jsou vybaveny pojistkami pro ochranu měřícího přístroje.



Obr. 4.11 Měření napětí

Měřící přístroje MEg 40+ jsou instalovány v celém areálu, jehož rozloha je patrná z obrázku v příloze číslo 1. Proto se ke sledování základních údajů, jako je napětí a proud využívá vzdálený

odečet prostřednictvím vizualizace do systému HONEYWELL. Na obrázku 4.12 vidíme komunikační převodník. Na obrázku 4.13 a 4.14 je instalace MEg 40+ v rozvaděči.



Obr. 4.12 Komunikační převodník



Obr. 4.13 Instalace MEg40+ v rozvaděči



Obr. 4.14 Instalace MEg40+

5 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce je představení struktury napájecích sítí určených pro zdravotnické provozy. Jejich popis s pomocí platných norem, a porovnání koncepce napájecích systémů s ohledem na ČSN 332140 [2] a ČSN 33 2000-7-710 [6].

Právě požadavky modernizované normy vyžadují mnohem podrobnější sledování vlastností napájecích systémů, zjišťování jejich parametrů, provádění kontrolních měření. K těmto účelům využívám moderní monitorovací systémy, určené ke sledování kvality napájení. Na několika příkladech z praxe uvádím, jak monitoring využít ve zdravotnictví, jaké výstupy z měření je možné získat a jak důležité informace to pro provozovatele jsou. Zároveň uvádím několik kritérií pro výběr vhodného měřicího přístroje, která vychází z praktického využití ve zdravotnických provozech.

Výsledky několikaletého sledování kvality dodávané energie z distribuční sítě jsem po vyhodnocení použil k určení optimálních reakčních časů nouzových zdrojů napájení. Mé závěry se shodují s požadavkem normy ČSN 33 2000-7-710 [6] na přepínání zdrojů. Výsledky tohoto pozorování jsem jako spoluautor odborného článku publikoval v časopise Energetika [15].

S ohledem na vývoj zdravotnické technologie a na požadavky nově přichozích norem je zřejmé, že se bez monitoringu napájecích sítí neobejde žádné zdravotnické pracoviště.

Literatura

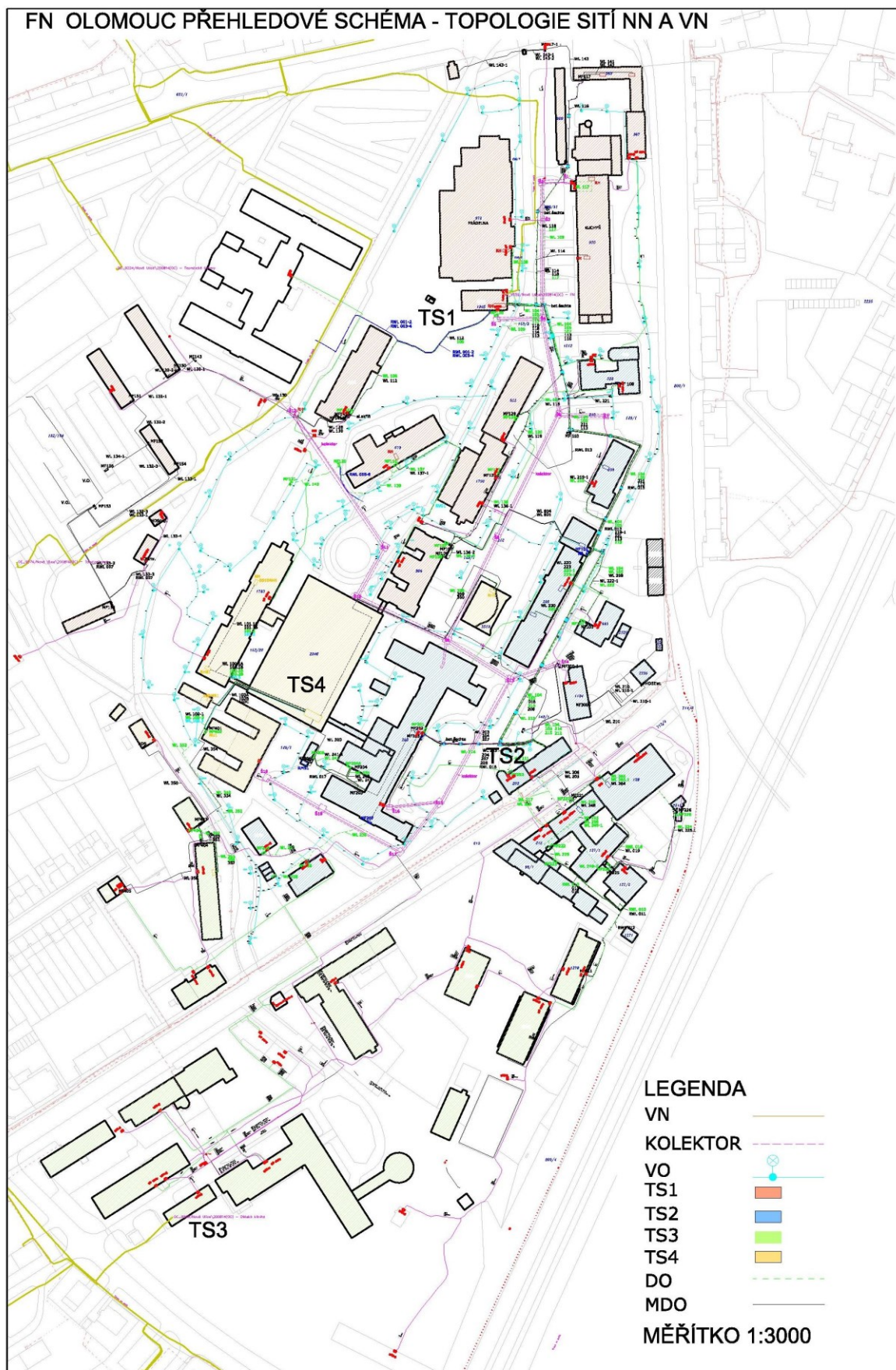
- [1] ČSN EN 50160 ed.3 *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [2] ČSN 332140 *Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely*. Praha: Vydavatelství norem, s účinností od 1.9.1987. Nahrazuje ČSN 332140 z 27.12.1983.
- [3] TNI 332140 *Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely-Komentář k ČSN 332140*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [4] ČSN EN 61010-1 *Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení - Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2003
- [5] ČSN EN 61000-4-30 (33 3432) *Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-30: Zkušební a měřicí technika – Metody měření kvality energie*. Praha: Český normalizační institut, 2003. Včetně OPRAVY 1 z 2006-08.
- [6] ČSN 33 2000-7-710 *Elektrická instalace nízkého napětí-Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech-Zdravotnické prostory*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Leden 2013
- [7] MEG 30, PQ Monitor, *Uživatelská příručka*. MEgA - Měřicí Energetické Aparáty, a.s., Dostupné 9.5.2013 z: <http://e-mega.cz/meg-30>
- [8] MEG 40+, Universal energy meter, *Uživatelská příručka*. MEgA - Měřicí Energetické Aparáty, a.s., Dostupné 9.5.2013 z: <http://www.e-mega.cz/meg-40plus>
- [9] MEG 38, Přenosná souprava PQ monitoru, *Uživatelská příručka*. MEgA - Měřicí Energetické Aparáty, a.s., Dostupné 9.5.2013 z: <http://www.e-mega.cz/meg-38>
- [10] MEG 10, Trojfázový statický voltmetr událostí, *Uživatelská příručka*. MEgA - Měřicí Energetické Aparáty, a.s., Dostupné 9.5.2013 z: http://www.e-mega.cz/doc/meg10_mail.pdf
- [11] AMOS PQ, Aktivní měřicí ohebný snímač střídavého proudu, *Uživatelská příručka*. MEgA - Měřicí Energetické Aparáty, a.s., Dostupné 9.5.2013 z: http://www.e-mega.cz/doc/amospq_mail.pdf
- [12] MUSIL, M. Využití Rogowskiho cívky při měření proudu a analýza dosažených parametrů, *Bakalářská práce*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2006. 36s. Vedoucí bakalářské práce byl ing. Pavel Mlejnek, Dostupné 9.5.2013 z: http://measure.feld.cvut.cz/cs/system/files/files/cs/vyuka/zaverecne_prace/BP_2007_Musil_Marek_locked.pdf

- [13] TemPower 2, Vzduchový jistič TERASAKI, *Katalogová informace*. LOVATO Electric s.r.o., Dostupné 9.5.2013 z: <http://www.lovato.cz/katalog/Ostatni/clanky/TP2.pdf>
- [14] POSPÍCHAL, Ladislav. Monitor PQ pro měření kvality a kontinuity elektrické energie. *ELEKTRO: odborný časopis pro elektrotechniku*. 2004, roč. 2004, č. 8. Dostupné 17.4.2013 z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25968
- [15] ZBOŘIL, Patrik a Jan SOUČEK. Monitoring napájecích sítí ve zdravotnictví - přepínání zdrojů. *Energetika: Odborný měsíčník pro elektrárství, teplárství a použití energie*. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, 2013, roč. 63, č. 3, s. 156-158. ISSN 0375-8842. DOI: ISSN 0375-8842.
- [16] Geodetické zaměření inženýrských sítí FN Olomouc, *Neveřejná elektronická dokumentace*. Fakultní Nemocnice Olomouc, Dostupné 9.5.2013 z: Archiv odd. Energetiky FN Olomouc

Seznam příloh

Příloha 1. Přehledové schéma topologie sítě fakultní nemocnici

Příloha 2. Výpis událostí na VN - měřeno přístrojem MEG 10 [10]



Příloha číslo 2.: Výpis událostí na VN - měřeno přístrojem MEG 10 [10]

Začátek události	Čas konce	Doba trvání	Typ události	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3
1.5.2009 3:59:54,05	59:54,2	0,15s	pokles	19.1 kV	Bez u.	19.7 kV
19.5.2009 4:31:48,92	31:49,1	0,20s	pokles	Bez u.	13 kV	12.1 kV
7.6.2009 20:28:16,70	28:16,8	0,09s	pokles	15 kV	15.6 kV	15.7 kV
7.6.2009 20:33:37,01	33:37,1	0,09s	pokles	12.9 kV	13.4 kV	13.5 kV
8.6.2009 15:30:00,30	30:00,5	0,22s	pokles	8.72 kV	17 kV	Bez u.
8.6.2009 15:30:01,02	30:01,3	0,32s	pokles	13.8 kV	14.6 kV	13.4 kV
8.6.2009 15:30:02,04	30:02,4	0,32s	pokles	12.6 kV	18.4 kV	Bez u.
8.6.2009 15:30:42,19	30:42,6	0,41s	pokles	24.2 kV	7.12 kV	17.7 kV
8.6.2009 15:36:58,72	36:58,8	0,11s	pokles	17.9 kV	Bez u.	3.56 kV
8.6.2009 15:49:01,62	49:01,7	0,11s	pokles	17.7 kV	19.5 kV	3.67 kV
8.6.2009 15:49:54,99	49:55,1	0,11s	pokles	17.2 kV	19.5 kV	3.56 kV
8.6.2009 16:42:53,85	42:53,9	0,07s	pokles	17.1 kV	19.5 kV	3.44 kV
21.6.2009 3:35:57,41	35:57,5	0,13s	pokles	13.9 kV	12.5 kV	Bez u.
22.6.2009 3:06:00,63	06:00,8	0,15s	pokles	Bez u.	17.4 kV	17 kV
29.6.2009 13:37:05,47	37:05,6	0,09s	pokles	10.8 kV	11.5 kV	11.4 kV
29.6.2009 13:37:05,59	37:07,0	1,41s	pokles	6.66 kV	7.12 kV	7 kV
29.6.2009 17:07:46,25	07:46,3	0,09s	pokles	18.1 kV	18.3 kV	18 kV
30.6.2009 14:19:38,54	19:38,6	0,08s	pokles	Bez u.	17 kV	Bez u.
1.7.2009 11:22:00,39	22:00,4	0,04s	pokles	19.4 kV	Bez u.	Bez u.
1.7.2009 11:22:03,71	22:03,7	0,04s	pokles	19.4 kV	Bez u.	Bez u.
3.7.2009 12:52:56,39	52:56,4	0,06s	pokles	19.4 kV	19.4 kV	19.5 kV
3.7.2009 12:58:06,18	58:06,3	0,08s	pokles	19.4 kV	19.4 kV	19.5 kV
3.7.2009 14:03:16,75	03:16,9	0,14s	pokles	Bez u.	13.8 kV	12.7 kV
3.7.2009 17:01:48,17	01:48,2	0,07s	pokles	19.5 kV	19.4 kV	19.6 kV
11.7.2009 3:37:04,29	37:04,5	0,19s	pokles	Bez u.	14.6 kV	13.5 kV
11.7.2009 3:53:37,35	53:37,5	0,14s	pokles	14.8 kV	13.5 kV	Bez u.
14.7.2009 18:16:48,82	16:49,0	0,19s	pokles	13.4 kV	13.1 kV	Bez u.
14.7.2009 18:16:49,45	16:49,5	0,07s	pokles	19.4 kV	18.6 kV	Bez u.
14.7.2009 18:16:49,73	16:51,0	1,24s	pokles	13.1 kV	12.4 kV	9.87 kV
14.7.2009 18:33:44,37	33:44,4	0,07s	pokles	16.3 kV	16.6 kV	Bez u.
14.7.2009 18:49:33,91	49:34,0	0,06s	pokles	17.1 kV	17.3 kV	Bez u.
14.7.2009 19:07:46,45	07:46,5	0,06s	pokles	16.3 kV	16.5 kV	Bez u.
15.7.2009 19:00:50,36	00:50,8	0,43s	pokles	19.7 kV	19.7 kV	Bez u.
15.7.2009 19:04:15,14	04:15,8	0,63s	pokles	19.3 kV	19.3 kV	19.4 kV
15.7.2009 19:05:54,34	05:55,0	0,63s	pokles	19.3 kV	19.3 kV	19.4 kV
15.7.2009 19:10:42,02	10:42,1	0,04s	pokles	19.6 kV	19.6 kV	19.7 kV
20.7.2009 6:16:21,50	16:21,7	0,16s	pokles	13.4 kV	12.6 kV	Bez u.
23.7.2009 22:32:39,43	32:39,5	0,05s	pokles	15.6 kV	Bez u.	15.7 kV

Začátek události	Čas konce	Doba trvání	Typ události	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3
6.8.2009 4:20:45,55	20:45,6	0,08s	pokles	Bez u.	16.8 kV	13.7 kV
6.8.2009 4:20:45,97	20:46,1	0,09s	pokles	Bez u.	17 kV	15 kV
6.8.2009 4:20:46,61	20:46,6	0,04s	pokles	Bez u.	19.1 kV	17.2 kV
10.8.2009 7:57:48,18	57:48,3	0,11s	pokles	17.2 kV	Bez u.	17.1 kV
17.8.2009 20:47:09,36	47:09,4	0,08s	pokles	18.8 kV	Bez u.	19.1 kV
17.8.2009 20:47:09,78	47:09,9	0,08s	pokles	Bez u.	18.9 kV	19.2 kV
9.9.2009 5:57:14,84	57:15,0	0,18s	pokles	13.7 kV	12.7 kV	Bez u.
12.9.2009 16:09:41,0	09:41,1	0,10s	pokles	17.7 kV	Bez u.	11.6 kV
4.10.2009 6:46:52,35	46:52,5	0,19s	pokles	15.5 kV	14.9 kV	Bez u.
15.10.2009 7:44:44,84	44:44,9	0,07s	pokles	Bez u.	19.3 kV	Bez u.
15.10.2009 12:59:38,47	59:38,5	0,06s	pokles	Bez u.	Bez u.	19.1 kV
15.10.2009 12:59:42,57	59:42,6	0,06s	pokles	Bez u.	Bez u.	19.2 kV
15.10.2009 13:03:07,32	03:07,4	0,05s	pokles	Bez u.	Bez u.	19.2 kV
15.10.2009 13:03:11,10	03:11,1	0,05s	pokles	Bez u.	Bez u.	19.1 kV
15.10.2009 13:29:55,13	29:55,2	0,05s	pokles	Bez u.	19.2 kV	Bez u.
15.10.2009 13:29:58,91	29:58,9	0,04s	pokles	Bez u.	19.2 kV	Bez u.
15.10.2009 13:32:44,71	32:44,8	0,05s	pokles	Bez u.	18.9 kV	Bez u.
15.10.2009 14:35:33,88	35:34,0	0,14s	pokles	19.6 kV	Bez u.	15.6 kV
15.10.2009 14:35:34,47	35:34,8	0,29s	pokles	Bez u.	Bez u.	16.6 kV
16.11.2009 8:54:22,17	54:22,3	0,10s	pokles	10.1 kV	10.6 kV	10.6 kV
16.11.2009 8:54:23,17	54:23,3	0,10s	pokles	9.99 kV	10.6 kV	10.6 kV
16.11.2009 9:02:04,39	02:04,5	0,11s	pokles	10.1 kV	10.7 kV	10.7 kV
16.11.2009 9:02:05,40	02:05,5	0,10s	pokles	10.1 kV	10.6 kV	10.6 kV
9.1.2010 0:50:56,95	50:57,1	0,16s	pokles	Bez u.	18.1 kV	17.2 kV
9.1.2010 0:50:57,63	50:57,8	0,17s	pokles	16.6 kV	17.6 kV	10.9 kV
9.1.2010 1:06:20,86	06:21,0	0,16s	pokles	10.6 kV	10.8 kV	11.6 kV
9.1.2010 1:16:24,16	16:24,3	0,16s	pokles	19.4 kV	12.7 kV	16.9 kV
9.1.2010 18:28:19,70	28:19,8	0,14s	pokles	18.1 kV	17.3 kV	Bez u.
9.1.2010 18:28:19,94	28:21,5	1,60s	pokles	Bez u.	17.3 kV	16.5 kV
9.1.2010 18:30:49,78	30:51,3	1,54s	pokles	Bez u.	18.3 kV	17.7 kV
19.1.2010 0:12:05,76	12:05,8	0,02s	pokles	Bez u.	Bez u.	19.7 kV
19.3.2010 8:02:22,17	02:22,3	0,09s	pokles	19.7 kV	4.02 kV	17.2 kV
27.3.2010 0:07:24,71	14:31,0	7min 6,29s	pokles	9.07 kV	6.77 kV	7.58 kV
27.3.2010 0:26:29,94	30:08,0	3min 38,06s	pokles	3.21 kV	3.1 kV	3.1 kV
5.4.2010 8:17:36,76	17:36,9	0,14s	pokles	Bez u.	19.3 kV	19.2 kV
26.4.2010 5:31:27,60	31:27,8	0,17s	pokles	Bez u.	16.5 kV	16.4 kV
28.4.2010 8:52:44,63	02:48,0	10min 3,37s	pokles	7.23 kV	9.76 kV	9.76 kV
29.4.2010 5:46:57,56	46:57,7	0,14s	pokles	16.9 kV	Bez u.	17.6 kV

Začátek události	Čas konce	Doba trvání	Typ události	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3
29.4.2010 12:30:42,16	30:42,2	0,09s	pokles	18.7 kV	Bez u.	13.9 kV
29.4.2010 12:30:43,76	30:43,8	0,09s	pokles	18.9 kV	Bez u.	13.8 kV
29.4.2010 12:31:03,76	31:03,9	0,11s	pokles	18.7 kV	Bez u.	13.9 kV
5.5.2010 7:45:20,64	45:23,0	2,36s	pokles	5.17 kV	9.07 kV	4.48 kV
24.5.2010 16:28:02,63	28:02,9	0,31s	pokles	16 kV	16.2 kV	4.36 kV
24.5.2010 16:28:33,07	28:33,4	0,32s	pokles	14.8 kV	15.3 kV	3.79 kV
24.5.2010 17:30:48,20	30:48,3	0,11s	pokles	15.5 kV	16.4 kV	4.82 kV
24.5.2010 17:34:00,58	34:00,7	0,10s	pokles	15 kV	15 kV	4.13 kV
24.5.2010 18:56:58,71	56:58,8	0,12s	pokles	15.5 kV	16.5 kV	4.02 kV
8.6.2010 11:50:07,42	50:07,4	0,03s	pokles	Bez u.	19.6 kV	Bez u.
12.6.2010 21:14:38,85	14:39,2	0,39s	pokles	18.1 kV	Bez u.	Bez u.
12.6.2010 21:19:40,26	19:41,0	0,73s	pokles	18 kV	Bez u.	Bez u.
12.6.2010 21:21:19,78	21:20,2	0,38s	pokles	Bez u.	18.3 kV	Bez u.
13.6.2010 0:13:09,88	13:10,6	0,75s	pokles	Bez u.	18.6 kV	Bez u.
13.6.2010 0:24:08,38	24:08,7	0,37s	pokles	17.6 kV	Bez u.	Bez u.
13.6.2010 2:52:47,53	52:47,9	0,37s	pokles	17.6 kV	Bez u.	Bez u.
17.6.2010 8:31:09,41	31:11,0	1,59s	pokles	5.28 kV	5.51 kV	5.62 kV
25.6.2010 12:07:31,07	07:31,2	0,10s	pokles	16.2 kV	19.4 kV	Bez u.
17.7.2010 22:56:44,81	56:44,9	0,07s	pokles	18.6 kV	18.7 kV	Bez u.
23.7.2010 12:52:22,23	52:22,3	0,08s	pokles	3.1 kV	2.75 kV	3.1 kV
24.7.2010 1:11:07,78	11:07,8	0,06s	pokles	16.6 kV	Bez u.	16.9 kV
4.8.2010 14:17:14,24	17:14,4	0,12s	pokles	17.6 kV	Bez u.	17.6 kV
14.8.2010 1:56:33,25	56:33,3	0,10s	pokles	16.5 kV	17 kV	17.4 kV
14.8.2010 2:09:10,79	09:10,9	0,07s	pokles	18.9 kV	19.2 kV	19.2 kV
14.8.2010 2:18:11,77	18:11,8	0,06s	pokles	Bez u.	19.4 kV	Bez u.
14.8.2010 2:29:21,92	29:23,6	1,65s	pokles	19.4 kV	Bez u.	Bez u.
14.8.2010 2:29:23,59	43:17,0	13min53,41s	pokles	5.85 kV	7.23 kV	5.39 kV
15.8.2010 11:39:13,73	39:13,8	0,11s	pokles	14.2 kV	18.4 kV	19.1 kV
21.8.2010 5:05:36,80	05:36,9	0,11s	pokles	Bez u.	14.2 kV	12.4 kV
22.8.2010 9:39:10,31	39:10,4	0,12s	pokles	17 kV	Bez u.	16.8 kV
30.8.2010 6:11:19,79	11:19,9	0,09s	pokles	13.8 kV	Bez u.	15.2 kV
14.9.2010 6:09:29,33	09:29,5	0,16s	pokles	13.4 kV	Bez u.	14.1 kV
16.9.2010 6:24:35,50	24:37,0	1,50s	pokles	8.84 kV	4.59 kV	4.02 kV
5.10.2010 13:11:28,21	11:28,4	0,19s	pokles	Bez u.	13.8 kV	12.9 kV
28.10.2010 13:21:47,97	21:48,0	0,08s	pokles	17.3 kV	Bez u.	17 kV
28.10.2010 14:51:02,06	51:02,1	0,07s	pokles	17.1 kV	Bez u.	16.9 kV
3.3.2011 10:23:06,67	28:25,0	5 min 18,33s	pokles	5.74 kV	0.6 kV	4.94 kV
3.3.2011 10:43:19,18	41:15,0	57min 55,82s	pokles	6.08 kV	4.59 kV	4.48 kV

Začátek události	Čas konce	Doba trvání	Typ události	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3
30.4.2011 16:24:05,86	24:07,0	1,14s	pokles	8.15 kV	8.61 kV	8.38 kV
30.4.2011 16:36:18,48	36:18,6	0,11s	pokles	Bez u.	18.5 kV	Bez u.
1.5.2011 5:19:17,70	19:17,9	0,17s	pokles	14.1 kV	13 kV	Bez u.
17.6.2011 21:08:05,22	08:05,5	0,32s	pokles	17.2 kV	Bez u.	5.28 kV
17.6.2011 21:08:06,46	08:06,8	0,31s	pokles	17.7 kV	19.7 kV	4.36 kV
29.6.2011 16:41:09,70	41:09,7	0,02s	pokles	Bez u.	19.7 kV	Bez u.
10.7.2011 4:05:28,97	05:29,0	0,07s	pokles	16.6 kV	Bez u.	16.5 kV
10.7.2011 4:15:17,45	15:17,5	0,07s	pokles	19.3 kV	19.4 kV	19.4 kV
10.7.2011 5:10:52,74	10:52,9	0,16s	pokles	13.4 kV	13.7 kV	13.1 kV
14.7.2011 5:30:34,35	30:34,4	0,10s	pokles	19.1 kV	18.8 kV	Bez u.
14.7.2011 22:26:28,29	26:28,3	0,02s	pokles	19.7 kV	Bez u.	Bez u.
14.7.2011 23:20:28,03	20:28,2	0,16s	pokles	18.9 kV	19.3 kV	16.2 kV
16.7.2011 10:10:21,70	18:09,0	6 hod7 min 47,30s	pokles	10.2 kV	8.26 kV	10.3 kV
17.7.2011 8:23:29,85	23:30,2	0,33s	pokles	11.8 kV	18.1 kV	Bez u.
24.7.2011 5:01:22,98	01:23,1	0,14s	pokles	Bez u.	16 kV	15.2 kV
1.8.2011 15:59:53,36	59:53,4	0,03s	pokles	Bez u.	19.6 kV	19.6 kV
3.8.2011 4:27:34,57	27:34,7	0,09s	pokles	18.5 kV	Bez u.	18.6 kV
4.8.2011 7:11:58,55	11:58,6	0,10s	pokles	17.8 kV	Bez u.	17.7 kV
8.8.2011 5:31:40,01	31:40,2	0,15s	pokles	Bez u.	14.6 kV	13.3 kV
11.8.2011 21:08:55,18	08:55,3	0,17s	pokles	Bez u.	14.1 kV	14.1 kV
12.8.2011 3:51:34,46	51:34,6	0,17s	pokles	Bez u.	14.5 kV	13.9 kV
12.8.2011 3:51:35,09	51:37,0	1,91s	přerušeni	0.1 kV	0.1 kV	0.1 kV
12.8.2011 3:53:13,21	53:13,4	0,16s	pokles	Bez u.	14 kV	14.5 kV
12.8.2011 3:58:38,43	58:38,6	0,17s	pokles	Bez u.	13.2 kV	14.1 kV
12.8.2011 19:37:05,28	37:07,0	1,72s	pokles	8.95 kV	5.05 kV	4.71 kV
13.8.2011 19:41:41,14	41:43,0	1,86s	pokles	9.18 kV	4.71 kV	4.71 kV
14.8.2011 5:27:21,63	27:21,8	0,14s	pokles	Bez u.	15.4 kV	14.5 kV
17.8.2011 12:14:44,92	14:45,0	0,09s	pokles	Bez u.	18.9 kV	18.5 kV
19.8.2011 13:41:15,66	41:15,7	0,06s	pokles	Bez u.	17.9 kV	Bez u.
20.8.2011 10:19:43,13	20:01,0	7 hod 17,87s	pokles	9.53 kV	7.92 kV	10.9 kV
22.8.2011 22:53:31,33	53:31,5	0,14s	pokles	Bez u.	19.1 kV	18.4 kV
23.8.2011 0:04:09,10	04:09,2	0,14s	pokles	Bez u.	18.9 kV	18.4 kV
25.8.2011 2:09:30,34	09:32,0	1,66s	pokles	3.44 kV	3.9 kV	3.67 kV
25.8.2011 2:17:27,50	17:29,0	1,50s	pokles	3.21 kV	3.79 kV	3.9 kV
28.8.2011 5:09:39,54	09:39,6	0,06s	pokles	18.6 kV	Bez u.	18.7 kV
6.9.2011 15:33:18,46	33:18,6	0,14s	pokles	Bez u.	18.5 kV	17.9 kV
17.9.2011 10:09:30,16	24:32,0	6 hod15 min 1,84s	pokles	10.4 kV	8.84 kV	10.7 kV

Začátek události	Čas konce	Doba trvání	Typ události	Fáze 1	Fáze 2	Fáze 3
21.9.2011 10:44:32,15	44:49,0	16,85s	pokles	9.99 kV	8.95 kV	7 kV
21.9.2011 10:57:22,97	57:25,0	2,03s	pokles	9.3 kV	7.58 kV	6.66 kV
28.9.2011 6:42:49,79	42:50,0	0,17s	pokles	15.4 kV	Bez u.	16.4 kV
30.9.2011 9:24:05,55	24:05,7	0,14s	pokles	14.1 kV	13.9 kV	Bez u.
27.10.2011 18:02:44,90	02:45,1	0,17s	pokles	17.2 kV	17.1 kV	17.1 kV
15.2.2012 22:19:42,26	19:42,3	0,08s	pokles	19.5 kV	19.5 kV	19.6 kV
12.4.2012 12:30:47,59	43:52,0	13 min 4,41s	pokles	9.41 kV	9.07 kV	11.1 kV
13.5.2012 9:39:48,45	39:48,5	0,10s	pokles	17.3 kV	Bez u.	11.1 kV
13.5.2012 10:36:20,59	36:20,7	0,10s	pokles	9.07 kV	5.17 kV	9.3 kV
13.5.2012 10:54:01,52	54:01,6	0,13s	pokles	17 kV	Bez u.	7.46 kV
13.5.2012 11:24:36,25	24:36,4	0,12s	pokles	17.8 kV	Bez u.	4.02 kV
13.5.2012 12:14:26,13	14:26,2	0,12s	pokles	17 kV	18.7 kV	4.02 kV
24.5.2012 13:02:51,55	02:51,9	0,31s	pokles	19.4 kV	Bez u.	Bez u.
28.5.2012 11:53:57,72	53:58,1	0,38s	pokles	18.4 kV	Bez u.	Bez u.
6.6.2012 3:13:50,66	13:50,7	0,06s	pokles	Bez u.	19.1 kV	19.2 kV
12.6.2012 3:14:58,21	14:58,3	0,05s	pokles	19.4 kV	Bez u.	19.4 kV
18.6.2012 19:52:33,80	52:34,1	0,32s	pokles	16.4 kV	18.8 kV	4.48 kV
18.6.2012 19:52:35,20	52:35,5	0,31s	pokles	16.4 kV	17.9 kV	1.95 kV
20.6.2012 4:16:13,40	16:13,5	0,13s	pokles	15.2 kV	Bez u.	15.7 kV
30.6.2012 14:04:05,14	04:05,2	0,06s	pokles	Bez u.	Bez u.	19.5 kV
30.6.2012 14:27:35,71	27:36,3	0,59s	pokles	19.2 kV	Bez u.	Bez u.
6.7.2012 20:29:16,46	29:16,8	0,31s	pokles	4.82 kV	16.3 kV	19.2 kV
6.7.2012 20:29:18,40	29:18,7	0,32s	pokles	3.44 kV	17.1 kV	18.8 kV
6.7.2012 20:36:45,33	36:45,6	0,32s	pokles	13.4 kV	14.8 kV	13.9 kV