

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

**Návrh metodiky testování možností elektroměrů
podle ČSN EN 50160**

**Design Methodology for Testing the Possibility of
Electricity Meters According to EN 50160**

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Dostal**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2612R041 Řídicí a informační systémy

Téma: **Návrh metodiky testování možností elektroměrů podle ČSN EN 50160**
Design Methodology for Testing the Possibility of Electricity Meters
according to EN 50160

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je prozkoumat současné možnosti elektroměrů s ohledem na měření kvality elektřiny, navrhnout a ověřit metodu testování zvolených parametrů.

1. Prostudování měření a vyhodnocení parametrů kvality elektřiny dle platných norem.
2. Provedení rešerše vlastností elektroměrů s ohledem na měření parametrů kvality.
3. Vytvoření metodiky testování elektroměrů pro měření parametrů kvality dle hodnocení v ČSN EN 50160.
4. Provedení praktických testů vybraných parametrů kvality na několika elektroměrech.
5. Vyhodnocení výsledků z elektroměrů vzhledem k testovacím průběhům napětí.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN EN 50160 ed. 3. (330122). *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí*. CENELEC. překlad: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 32 s.
- [2] CHATTOPADHYAY, Surajit, Madhuchhanda MITRA a Samarjit SENGUPTA. *Electric power quality*. New York: Springer Verlag, c2011. Power systems. ISBN 9400706340.
- [3] HAASZ, Vladimír, Jan HOLUB, Michal JANOŠEK, Petr KAŠPAR a Vojtěch PETRUCHA. *Elektrická měření: přístroje a metody*. 3. přepracované vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2018. ISBN 978-80-01-06412-2.
- [4] Firemní dokumentace k použitým elektroměrům.

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Richard Velička, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Návrh metodiky testování možností elektroměrů podle ČSN EN 50160“ vypracoval samostatně, za použití uvedené literatury a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Ostravě: 26. března 2019



.....
podpis studenta

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Richardu Veličkovi, Ph.D., za metodické vedení, cenné rady a připomínky při psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce pojednává o elektroměrech a jejich možnostech měřit kvalitu elektřiny a návrhu metody testování zvolených parametrů. Popisuje charakteristiky nízkého napětí dodávané z veřejných distribučních sítí a jejich meze podle kterých se kvalita elektřiny určuje. Poté provádí průzkum vlastností elektroměrů s ohledem na měření parametrů kvality a vytváří pro vybrané přístroje metodiku testování dle platných norem. Dále tato práce popisuje provedení praktických testů a na závěr této práce je shrnuto vyhodnocení dosažených výsledků.

Klíčová slova

Kvalita elektřiny; měření parametrů kvality; měření napětí; elektroměr; napěťové události; přepětí; podpětí; přerušení napětí

Abstract

This bachelor thesis examines electricity meters and their ability to measure the quality of electricity. Also, it observes a proposal of a method for testing selected parameters. Moreover, it describes the characteristics of a low voltage supplied from public distribution networks and their limits according to which the quality of electricity is determined. Afterwards, there are the electricity meter's properties considering the measurement of quality parameters investigated and a methodology of testing according to valid standards for selected instruments is developed. Furthermore, this work describes the implementation of practical tests and in the conclusion of this work evaluation of the results.

Keywords

Power quality; measurement of quality parameters; voltage measurement; electricity meter; voltage events; voltage swell; voltage sags; voltage interruption

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	10
Seznam grafů	10
Úvod	11
1. Parametry kvality elektřiny	12
1.1. Popis charakteristik napětí dodávané z veřejných DS.....	12
1.1.1. Síťový kmitočet	12
1.1.2. Odchylky napájecího napětí.....	13
1.1.3. Rychlé změny napětí	13
1.1.4. Nesymetrie napájecího napětí	14
1.1.5. Harmonická napětí.....	14
1.1.6. Meziharmonická napětí	15
1.1.7. Úrovně napětí signálů v napájecím napětí	15
1.1.8. Přerušení napájecího napětí	16
1.1.9. Poklesy/dočasné zvýšení napětí napájecího napětí	16
1.1.10. Dočasná zvýšení napětí.....	18
2. Výběr přístrojů	19
2.1. Zdroj napětí AGILENT (HP) 6834B	19
2.2. Vybrané elektroměry a jejich technické specifikace	21
2.2.1. Elektroměr Itron SL7000.....	21
2.2.2. Elektroměr Landis+Gyr ZMD410	22
2.2.3. Elektroměr Satec EM720.....	23
2.3. OBIS kódy.....	24
2.3.1. Struktura OBIS kódů	24
3. Testování přístrojů	25
3.1. Schémata zapojení	25
3.2. Shrnutí nastavených parametrů.....	26
3.3. Programování testovacího signálu	27
3.4. Vyčítání dat z elektroměrů	31
3.4.1. Itron SL7000 a L+G ZMD410.....	31
3.4.2. Satec EM720	32
4. Vyhodnocení výsledků	33
4.1. Itron SL7000	33

4.1.1.	Přerušení napětí Itrón SL7000	34
4.1.2.	Podpětí Itrón SL7000.....	35
4.1.3.	Přepětí Itrón SL7000	36
4.2.	Satec EM720	37
4.2.1.	Přerušení napětí Satec EM720.....	37
4.2.2.	Podpětí napětí Satec EM720.....	38
4.2.3.	Přepětí napětí Satec EM720.....	39
4.3.	Landis+Gyr ZMD410.....	40
4.4.	Shrnutí výsledků.....	41
Závěr	42
Literatura	43

Seznam použitých symbolů a zkratek

ČSN	označení českých technických norem
DLMS	Device Language Message Specification
DS	distribuční síť
EN	označení evropských technických norem
GPIB	General Purpose Interface Bus
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Groupe Spécial Mobile
GUI	Grafické uživatelské rozhraní
HP	Hewlett-Packard
I_{\max}	proud maximální
I_n	proud jmenovitý
IEC	mezinárodní technická norma
L+G	elektroměr Landis+Gyr
nn	nízké napětí
OBIS	OBject Identification Systém
OD	oddělovací transformátor
vn	vysoké napětí
vvn	velmi vysoké napětí
P_{st}	krátkodobá míra vjemu flikru
P_{lt}	dlouhodobá míra vjemu flikru
PC	Personal computer
PLC	Power Line Communication
RMS	efektivní hodnota
t	čas
THD	činitel celkového harmonického zkreslení
U_n	napětí jmenovité
U_h	napětí harmonické
USB	Universal Serial Bus

Seznam obrázků

Obr. 1. Úrovně napětí na kmitočtech signálů v procentech ve veřejných distribučních sítích	15
Obr. 2. Čelní panel zdroje napětí Agilent 6834B.....	19
Obr. 3. Itrón SL7000	21
Obr. 4. L+G ZMD410	22
Obr. 5. Satec EM720.....	23
Obr. 6. Struktura OBIS kódu s oddělovači	24
Obr. 7. Schéma zapojení elektroměrů Itrón SL7000 a L+G ZMD410.....	25
Obr. 8. Schéma zapojení elektroměru Satec EM720	26
Obr. 9. Software AC Source GUI.....	27
Obr. 10. Část tabulky se vstupními hodnotami pro nastavení testovacího průběhu	29
Obr. 11. Grafické zobrazení testovacího průběhu	30
Obr. 12. Itrón Sparklet GSM modul pro Itrón SL7000.....	31
Obr. 13. CU-P42 GSM modul pro L+G ZMD410.....	31
Obr. 14. Software PAS – Výběr souboru s načtenými daty Satec EM720.....	32
Obr. 15. Ukázka výstupních dat z elektroměru L+G ZMD410	40

Seznam tabulek

Tab. 1. Úrovně jednotlivých harmonických napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řády harmonických až do 25.....	14
Tab. 2. Klasifikace poklesů napětí podle zbytkového napětí a doby trvání	17
Tab. 3. Klasifikace přechodných zvýšení napětí podle maximálního napětí a doby trvání.....	18
Tab. 4. Parametry zdroje napětí Agilent (HP) 6834B [6]	20
Tab. 5. Nastavené parametry elektroměrů	26
Tab. 6. Mezní úrovně napětí pro Itrón SL7000 a L+G ZMD410.....	28
Tab. 7. Hodnoty pro testovací signál (230 V).....	28
Tab. 8. Mezní úrovně napětí pro Satec EM720	28
Tab. 9. Hodnoty pro testovací signál (57,7 V).....	28
Tab. 10. Porovnání hodnot přerušení Itrón SL7000.....	34
Tab. 11. Porovnání hodnot podpětí Itrón SL7000	35
Tab. 12. Porovnání hodnot přepětí Itrón SL7000	36
Tab. 13. Porovnání hodnot přerušení Satec EM720	37
Tab. 14. Porovnání hodnot přerušení Satec EM720	38
Tab. 15. Porovnání hodnot přerušení Satec EM720	39
Tab. 16. Seznam vybraných událostí pro L+G ZMD410.....	40

Seznam grafů

Graf. 1. Grafické porovnání hodnot přerušení Itrón SL7000	34
Graf. 2. Grafické porovnání hodnot podpětí Itrón SL7000.....	35
Graf. 3. Grafické porovnání hodnot přepětí Itrón SL7000.....	36
Graf. 4. Grafické porovnání hodnot přerušení Satec EM720.....	37
Graf. 5. Grafické porovnání hodnot podpětí Satec EM720.....	38
Graf. 6. Grafické porovnání hodnot přepětí Satec EM720	39

Úvod

V dnešní době, kdy je kvalita elektřiny vystavena přísným podmínkám, je pro distributora úkolem dodávat každému uživateli připojenému k veřejné distribuční síti elektřinu v odpovídající kvalitě. Jelikož se elektřina dostává k zákazníkovi prostřednictvím rozsáhlé distribuční sítě, která podléhá jistému opotřebení, vlivu počasí, lidskému zásahu nebo zvířatům, nemusí se k němu dostat v náležitě kvalitě. Proto se tato kvalita posuzuje podle daných parametrů.

Cílem této bakalářské práce je prozkoumat současné možnosti elektroměrů, které by byly schopné mimo jiné také měřit kvalitu elektřiny, dále navrhnout a aplikovat metodu testování zvolených parametrů napětí, vyčíst data z přístrojů a vyhodnotit jejich naměřené hodnoty.

Nejprve tato práce popisuje parametry kvality elektřiny, které jsou popsány v normě ČSN EN 50160 [1]. K testovaným parametrům napájecího napětí byly vybrány přerušeni (5 %), pokles (90 %) a zvýšení (110 %) napětí a meze k těmto parametrům jsou převzaty z normy.

Druhá kapitola se zaměřuje na použité přístroje. Jako zdroj napětí byl použit třífázový programovatelný Agilent (HP) 6834B a tři elektroměry, které budou vyhodnocovat testovací signál – Itron SL7000, Landis+Gyr ZMD410 a Satec EM720. K přístrojům jsou zde také popsány jednotlivé specifikace zveřejněné jejich výrobcem, např. provozní napětí, přesnost přístroje nebo možnosti komunikace.

Třetí kapitola se věnuje samotnému testování přístrojů. Nejprve je zde popsáno schéma zapojení, které je realizováno ve dvou variantách. Programování testovacího signálu je provedeno pomocí tabulkového zadávání dat do příslušných sloupců počítačového programu AC Source GUI. K elektroměrům Itron SL7000 a Landis+Gyr ZMD410 jsou zde připojeny GSM moduly, které slouží k vzdálenému vyčítání dat, kdežto u Satecu to je programem PAS pomocí USB.

Poslední kapitola zpracovává naměřená data pomocí aplikace Excel. Data jsou vyobrazena v tabulkách a grafech.

„Příloha A“ obsahuje datový nosič CD, na kterém je uložena tato bakalářská práce, společně s datashety použitých přístrojů a soubory s vyčtenými daty ve formátu .xls.

1. Parametry kvality elektřiny

Tato kapitola popisuje hlavní charakteristiky napětí a jejich mezní hodnoty parametrů za normálních podmínek v místech připojení uživatelů z veřejných distribučních sítí (DS) nízkého napětí (nn), které jsou popsány v normě ČSN EN 50160 [1].

1.1. Popis charakteristik napětí dodávané z veřejných DS

Charakteristiky napětí, jež jsou popsány v normě ČSN EN 50160 [1] popisují kvalitu napětí, která je určena následujícími parametry:

- síťový kmitočet
- odchylky napájecího napětí
- rychlé změny napětí
- nesymetrie napájecího napětí
- harmonická napětí
- meziharmonická napětí
- úrovně napětí signálů v napájecím napětí
- přerušení napájecího napětí
- poklesy/dočasné zvýšení napětí napájecího napětí
- dočasná zvýšení napětí

1.1.1. Síťový kmitočet

Jmenovitý kmitočet napájecího napětí je 50 Hz. Za normálních provozních podmínek musí být střední hodnota kmitočtu základní harmonické měřena v intervalu 10 s v následujících mezích

- u systému se synchronním připojením k propojenému systému

50 Hz \pm 1 %	(tj. 49,5 Hz...50,5 Hz)	během 99,5 % roku
-----------------	-------------------------	-------------------

50 Hz + 4 %/-6 %	(tj. 47 Hz...52 Hz)	po 100 % času
------------------	---------------------	---------------

- u systému bez synchronních připojení k propojenému systému (tj. ostrovní napájecí systémy)

50 Hz \pm 2 %	(tj. 49 Hz...51 Hz)	během 95 % týdne
-----------------	---------------------	------------------

50 Hz \pm 15 %	(tj. 42,5 Hz...57,5 Hz)	po 100 % času
------------------	-------------------------	---------------

1.1.2. Odchyly napájecího napětí

Za normálních provozních podmínek, kromě období s přerušením, odchylna napájecího napětí nemá přesáhnout $\pm 10\%$ jmenovitého napětí U_n .

V případech, kdy elektrické napájení v sítích není připojeno k přenosným sítím nebo pro speciální dálkově ovládané uživatele, nemají odchyly napájecího napětí přesáhnout $+10\%/-15\%$ U_n . Uživatelé sítě mají být o těchto podmínkách informováni.

1.1.3. Rychlé změny napětí

Rychlé změny napájecího napětí jsou většinou způsobeny buď změnami zátěže v instalacích uživatelů, spínáním v síti, nebo poruchami.

1.1.3.1. Velikost rychlých změn napětí

Když napětí během změny překročí pokles napětí a/nebo práh přepětí, událost je klasifikována jako pokles napětí a/nebo dočasné zvýšení napětí lépe než rychlá změna napětí.

1.1.3.2. Míra vjemu flikru

Intenzita nepříjemnosti flikru definovaná následujícími veličinami:

- krátkodobá míra vjemu flikru P_{st} (short term flicker severity) je měřena po dobu deset minut
- dlouhodobá míra vjemu flikru P_{lt} (long term flicker severity) je vypočítána z posloupnosti dvanácti hodnot P_{st} po dobu dvouhodinového intervalu použitím následujícího vztahu:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st_i}^3}{12}} \quad (1)$$

Kde: P_{st} - krátkodobá míra vjemu flikru, založená na době vyhodnocení 10 min.

P_{lt} - dlouhodobá míra vjemu flikru

Za normálních provozních podmínek musí být 95 % času, v libovolném týdenním období, dlouhodobá míra vjemu flikru $P_{lt} \leq 1$.

Reakce na flikr je subjektivní a může se měnit v závislosti na příčině flikru a na délce doby, po kterou se vyskytuje. V některých případech způsobuje $P_{lt} = 1$ obtíže, zatímco v jiných případech vyšší hladina P_{lt} obtíže nevyvolává.

1.1.4. Nesymetrie napájecího napětí

Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky (základní) napájecího napětí v rozsahu 0 až 2 % sousledné složky.

V některých oblastech, v nichž jsou instalace odběratelů částečně připojeny jednofázově nebo dvoufázově se vyskytují v odběrných místech nesymetrie až do asi 3 %.

V této evropské normě jsou uvedeny hodnoty pouze pro zpětnou složku, protože tato složka je rozhodující pro možné rušení spotřebičů připojených do sítě.

1.1.5. Harmonická napětí

Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot napětí každé harmonické menší nebo rovno hodnotě uvedené v Tab. 1. U jednotlivých harmonických mohou rezonance způsobit napětí vyšší.

Mimo jiné celkový činitel harmonického zkreslení THD napájecího napětí (zahrnující všechny harmonické až do řádu 40) musí být menší nebo roven 8 %.

Omezení do řádu 40 je dohodnuté.

Tab. 1. Úrovně jednotlivých harmonických napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řády harmonických až do 25

Liché harmonické				Sudé harmonické	
Ne násobky 3		Násobky 3		Řád harmonické h	Harmonické napětí (U_h)
Řád harmonické h	Harmonické napětí (U_h)	Řád harmonické h	Harmonické napětí (U_h)		
5	6 %	3	5 %	2	2 %
7	5 %	9	1,5 %	4	1 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6...24	0,5 %
13	3 %	21	0,5 %		
17	2 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

POZNÁMKA Úrovně pro harmonické vyšších řádů než 25 se neuvádějí, jelikož jsou obvykle malé, avšak vlivem rezonančních jevů obtížně předvídatelné.

1.1.6. Meziharmonická napětí

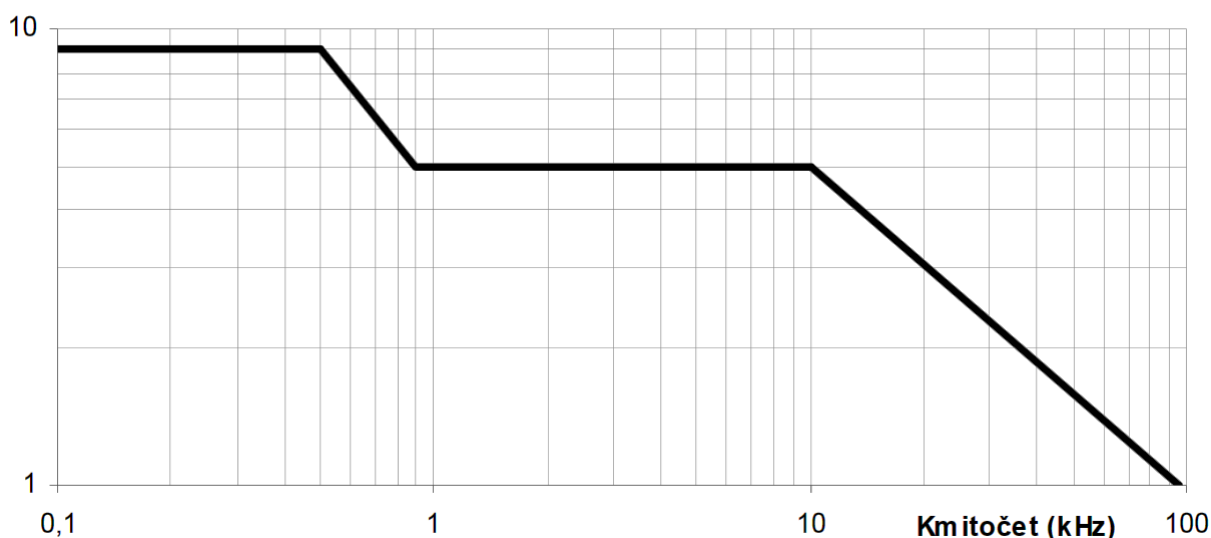
S rozvojem používání měničů kmitočtu a podobných zařízení hladina meziharmonických narůstá. Hodnoty jsou v současné době předmětem dalších studií.

V určitých případech způsobují meziharmonické i nízkých úrovní flickr nebo rušení v systémech hromadného dálkového ovládání.

1.1.7. Úrovně napětí signálů v napájecím napětí

V některých zemích provozovatelé distribučních sítí využívají veřejnou distribuční síť k přenosu informací. Střední hodnota napětí signálu měřeného po dobu tří sekund musí být v 99 % dne menší nebo rovna hodnotám daným v *Obr. 1*.

Úroveň napětí (%)



Obr. 1. Úrovně napětí na kmitočtech signálů v procentech ve veřejných distribučních sítích

V instalacích odběratelů se mohou používat pro přenosy informací po vedeních nosné signály s kmitočtovým rozsahem od 95 kHz do 148,5 kHz. I když použití veřejné distribuční sítě pro přenos signálů mezi uživateli není dovoleno, musí se ve veřejné distribuční síti brát v úvahu výskyt napětí na těchto kmitočtech až do hodnoty 1,4 V efektivní. Vzhledem k možnosti vzájemného ovlivňování sousedících sdělovacích zařízení bude uživatel muset použít ochranná opatření nebo vhodnou imunitu své instalace proti vlivu těchto signálů.

V případech PLC (*Power Line Communication*) se používají v některých sítích také kmitočty nad 148,5 kHz.

1.1.8. Přerušeni napájecího napětí

Přerušeni jsou podle svojí povahy velmi nepředvídatelná a různá od místa k místu a vzhledem k času. Pro celou dobu není možné stanovit reprezentativní statistické výsledky měření četnosti přerušeni reprezentující všechny evropské sítě. Odkazy na aktuální hodnoty zaznamenané v evropských sítích týkající se přerušeni jsou uvedeny v příloze B.

1.1.9. Poklesy/dočasné zvýšení napětí napájecího napětí

Poklesy napětí jsou obecně způsobeny poruchami v instalacích uživatelů nebo ve veřejné distribuční síti.

Dočasná zvýšení napětí jsou obecně způsobena provozním spínáním, odpojením zátěže atd.

Oba jevy jsou nepředvídatelné a mají převážně náhodný charakter. Jejich četnost výskytu za rok se značně mění podle typu napájecí sítě a místa sledování. Mimoto může být jejich rozložení během roku velmi nepravidelné.

1.1.9.1. Měření a zjištění poklesu/dočasného zvýšení napětí

Poklesy/dočasné zvýšení napětí napájecího napětí se měří a zjišťují podle EN 61000-4-30, jako referenční se užije jmenovité napájecí napětí sítě. Charakteristiky poklesů/dočasných zvýšení napětí podle této normy jsou zbytková napětí (maximální efektivní hodnota napětí pro dočasné zvýšení napětí) a doba.

V sítích pro čtyřvodičové soustavy se uvažuje s fázovým napětím, ve trojfázových třívodičových soustavách se uvažuje se sdruženým napětím, v případě jednofázového připojení se musí uvažovat napájecí napětí (sdružené nebo fázové podle připojení uživatele sítě).

Obecně je prahová hodnota poklesu napětí rovna 90 % jmenovitého napětí, prahová hodnota přechodného přepětí je rovna 110 % jmenovitého napětí. Zpoždování je typicky 2 %; odkaz na hystereze je uveden v 5.4.2.1 EN 61000-4-30.

U více fázových měření se doporučuje, aby byl detekován a uložen počet fází ovlivněných každou událostí.

1.1.9.2. Vyhodnocení poklesů napětí

Poklesy napětí se musí vyhodnotit podle EN 61000-4-30. Následná úprava je zaměřena na vyhodnocení poklesů v závislosti na účelu vyhodnocení.

Obvykle v nn sítích:

- uvažujeme-li trojfázovou soustavu, musí se použít vícefázová agregace, vícefázová agregace vytváří ekvivalentní jev charakterizovaný jednou dobou trvání a jedním zbytkovým napětím;

- používá se časová agregace; která sestává z definování ekvivalentního jevu, v případě posloupných jevů může metoda vycházet ze zamýšleného užití dat; některé odkazy na pravidla jsou uvedeny v IEC/TR 61000-2-8.

1.1.9.3. Klasifikace poklesů napětí

Jsou-li shromážděny statistické údaje, musí se poklesy napětí klasifikovat podle následující tabulky. Čísla vložené do kolonek se týkají počtu ekvivalentních událostí (jak je definováno v 4.3.2.3).

U stávajících měřicích přístrojů a/nebo systémů pro monitorování je použití Tab. 2. doporučeno.

Tab. 2. Klasifikace poklesů napětí podle zbytkového napětí a doby trvání

Zbytkové napětí u (%)	Doba trvání t (ms)				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\ 000$	$1\ 000 < t \leq 5\ 000$	$5\ 000 < t \leq 60\ 000$
$90 > u \geq 80$	CELL A1	CELL A2	CELL A3	CELL A4	CELL A5
$80 > u \geq 70$	CELL B1	CELL B2	CELL B3	CELL B4	CELL B5
$70 > u \geq 40$	CELL C1	CELL C2	CELL C3	CELL C4	CELL C5
$40 > u \geq 5$	CELL D1	CELL D2	CELL D3	CELL D4	CELL D5
$5 > u$	CELL X1	CELL X2	CELL X3	CELL X4	CELL X5

Poklesy napětí jsou svojí povahou velmi nepředvídatelné a jsou proměnlivé podle místa a v čase. Kromě toho může být jejich rozložení během roku velmi nepravidelné. V současnosti není možné stanovit reprezentativní statistické výsledky měření četnosti poklesů napětí ve všech evropských sítích. Odkazy na aktuální hodnoty zaznamenané v evropských sítích týkající se poklesů jsou uvedeny v příloze B.

Je třeba poznamenat, že v závislosti na přijatých metodách měření se mají uvažovat nejistoty působící výsledky, toto je zejména důležité u kratších jevů. Nejistoty měření jsou uvedeny v EN 61000-4-30.

1.1.9.4. Vyhodnocení přechodných zvýšení napětí

Přechodná zvýšení napětí se musí vyhodnotit podle EN 61000-4-30. Následná úprava je zaměřena na vyhodnocení poklesů v závislosti na důležitosti případu.

Obvykle v nn sítích:

- uvažujeme-li trojfázovou soustavu, musí se použít vícefázová agregace; vícefázová agregace vytváří ekvivalentní jev charakterizovaný jednou dobou trvání a jedním zbytkovým napětím;
- používá se časová agregace; která sestává z definování ekvivalentního jevu, v případě posloupných jevů může metoda vycházet ze zamýšleného užití dat; některé odkazy na pravidla jsou uvedeny v IEC/TR 61000-2-8.

1.1.9.5. Klasifikace přechodných zvýšení napětí

Jsou-li shromážděny statistické údaje, musí se přechodná zvýšení napětí klasifikovat podle následující tabulky. Obrázky vložené do kolonek se týkají počtu ekvivalentních událostí.

U stávajících měřicích přístrojů a/nebo systémů pro monitorování se doporučuje použít Tab. 3.

Tab. 3. Klasifikace přechodných zvýšení napětí podle maximálního napětí a doby trvání

Přechodné zvýšení napětí u (%)	Doba trvání t (ms)		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$u \geq 120$	CELL S1	CELL S2	CELL S3
$120 > u > 110$	CELL T1	CELL T2	CELL T3

Poruchy v distribuční síti nebo v instalaci uživatele mají typicky přechodný charakter zvýšení napětí o síťovém kmitočtu mezi fázovými vodiči a zemí; takováto zvýšení napětí zmizí, je-li porucha odstraněna. Některé směrné hodnoty jsou uvedeny v příloze B.

Pro ohodnocení přechodného zvýšení napětí mezi živými vodiči a zemí jsou uvedeny odkazy v IEC 60364-4-44.

1.1.10. Dočasná zvýšení napětí

Dočasná zvýšení napětí v předacích místech jsou obecně způsobena atmosférickým přepětím (indukovaným přepětím) nebo spínáním v soustavě.

Doba čela může zahrnovat široký rozsah od milisekund po méně než mikrosekundu. Nicméně z fyzikálních důvodů přechodná zvýšení napětí s dlouhou dobou trvání mají mnohem nižší amplitudy. Proto náhodný výskyt vysokých amplitud a dlouhé doby čela je velmi nepravděpodobný.

Energie přechodných zvýšení napětí se značně mění podle jejich původu. Indukované přepětí způsobené bleskem má obvykle vyšší vrcholovou hodnotu, ale nižší energii než přepětí způsobené spínáním, způsobeno obvykle delší dobou trvání takovýchto spínacích přepětí.

Instalace nn a spotřebiče konečných uživatelů jsou navrženy na výdržná přechodná zvýšení napětí podle EN 60664-1, která odpovídají výdržným přechodným zvýšení napětím v naprosté většině situací. Je-li to nutné, mají se v závislosti na skutečné situaci umístit přepět'ové ochrany podle IEC 60364-5-53. Tím budou pokryta indukovaná přepětí vyvolaná jak blesky, tak i spínacími manipulacemi.

2. Výběr přístrojů

V této kapitole se bude práce blíže věnovat zdroji napětí AGILENT (HP) 6834B a elektroměrům Itron SL7000, Landis+Gyr ZMD410 a Satec EM720, které jsou vybrány s ohledem na možnost měření některých parametrů kvality elektřiny. Dále jsou zde vysvětleny OBIS kódy a jejich struktura.

2.1. Zdroj napětí AGILENT (HP) 6834B

Tento spínaný napájecí zdroj / analyzátor umožňuje přesné řízení, měření a analýzu tří nebo jednofázového výstupu střídavého napětí. Dovede také generovat harmonické složky a tím průběh deformovat nebo také simulovat poruchy napětí, např.: podpětí, přepětí, přerušení atd.

Zdroj se ovládá pomocí ovládacího panelu na čele přístroje (viz. Obr.3.) nebo připojením k počítači pomocí sběrnice GPIB a RS232.



Obr. 2. Čelní panel zdroje napětí Agilent 6834B

Klíčové vlastnosti

- sinusový, obdélníkový a až 12 uživatelsky vymezených průběhů
- řízení napětí a frekvence
- programovatelné napětí, mezní hodnota proudu, frekvence, fáze a zkreslení
- nezávislé řízení fází ve třífázovém režimu
- simulace rušení napájecího vedení (pokles, přepětí, přerušení...)
- harmonická analýza napětí a proudu velikosti a fáze s výsledky až do 50. harmonické
- THD (total harmonic distortion) měření napětí a proudu
- uživatelsky definovaný stav při zapnutí

Tab. 4. Parametry zdroje napětí Agilent (HP) 6834B [6]

Fáze	3	1
Maximální rozsahy výstupu	150 V nízký rozsah 300 V vysoký rozsah	
RMS napětí		
Výkon	1,5 kVA/fáze	4,5 kVA
RMS proud	10 A nízký rozsah 5 A vysoký rozsah	30 A nízký rozsah 15 A vysoký rozsah
Špičkový proud	40 A nízký rozsah 20 A vysoký rozsah	120 A nízký rozsah 60 A vysoký rozsah
Crest faktor	4	4
Frekvenční rozsah výstupu	45 Hz – 5 kHz	
Zvlnění a šum konstantního napětí	- 60 dB (20 kHz – 10 MHz)	
Regulace zátěže	0,5 %	
Linková regulace	0,1 %	
Maximální harmonické zkreslení	1 % (45 Hz – 1 kHz) 1 % + 1 %/kHz (>1 kHz – 5 kHz)	
Programová přesnost (@25°C±5°C)		
RMS napětí	0,15 % + 0,3 V (45 – 100 Hz) 0,5 % + 0,3 V (>100 – 500 Hz) 1 % + 0,3 V (>500 – 5 kHz)	
Frekvence	0,01 % + 10 μHz	
Fáze (třífázový mód)	0,1° (45 – 100 Hz) 1° (>100 – 1 kHz) 1° + 1%/kHz (>1k – 5 kHz)	N/A
Přesnost měření (@25°C±5°C)		
RMS napětí	0,05 % + 250 mV (45 Hz – 1 kHz) 0,05 % + 0,1%/kHz + 250 mV (>1 kHz – 5 kHz)	
RMS proud	0,1 % + 25 mA	0,1 % + 50 mA
Frekvence	0,01 % + 0,01 Hz	0,01 % + 0,01 Hz
Výkon (VA)	0,15 % + 3 VA	0,15 % + 5 VA
Výkon (W)	0,15 % + 3 W	0,15 % + 5 W
Účinnost	0,01	0,01

2.2. Vybrané elektroměry a jejich technické specifikace

V této kapitole jsou vypsány vybrané elektroměry a jejich vlastnosti poskytnuté výrobcem. Všechny tři elektroměry jsou schopny zaznamenat a uložit vznik události těchto parametrů – přepětí, podpětí a přerušení. Standardně se tyto hodnoty ukládají do registrů v OBIS kódu, který slouží k jednoduššímu vyčítání dat.

2.2.1. Elektroměr Itron SL7000



Obr. 3. Itron SL7000

Rozsahy:	napětí	od 3 × 58/100 V až do 3 × 240/415 V automaticky stavitelné
	přímé připojení	$I_n = 5 \text{ A}$, $I_{\max} = 120 \text{ A}$
	převodové připojení	$I_n = 1 \text{ A}$, $I_{\max} = 10 \text{ A}$
Druh sítě:	přímé připojení	4-vodičové zapojení, plně funkční také ve 3-vodičové zapojení bez nulového vodiče
	převodové připojení	3 a 4-vodičové plně nastavitelné zapojení
Přesnost:	přímé připojení	třída 1 (IEC 61036), přesnost bez ovlivnění odpovídá třídě 0,5S
	převodové připojení	třída 0,5S (IEC 60867) & třída 1 (IEC 61036)
Frekvence	50 nebo 60 Hz	
Měření kvality	pokles, vzestup a výpadek napětí na fázi (včetně doby trvání a naměřeného napětí)	
Teplotní rozsah	-40 °C až +70 °C	
Komunikace	optické rozhraní (IEC 31107), RS232C a/nebo RS485, GSM/GPRS	

2.2.2. Elektroměr Landis+Gyr ZMD410



Obr. 4. L+G ZMD410

Rozsahy:	napětí	3 × 58/100...69/120 V	
		3 × 110/190...133/230 V	
		3 × 220/380...240/415 V	
		3 × 58/100...240/415 V širokorozsahový elektroměr	
	proud	$I_n = 1, 2, 5, 5\ 1$ A	
		$I_{max} =$ měřicí rozsah 1, 2, 5 A	200 % I_n
		měřicí rozsah 5 1 A	6 A
		termický 1 A	2,4 A
		termický 2, 5, 5 1 A	12 A
Přesnost:	činná energie podle IEC 62053-21	třída 1	
Frekvence	50 nebo 60 Hz		
Měření kvality	pokles, vzestup a výpadek napětí na fázi (informaci o možnosti záznamu doby trvání a naměřeného napětí výrobce neuvádí)		
Teplotní rozsah	-25 °C až +70 °C		
Komunikace	optické rozhraní (IEC 62056-21), GSM/GPRS		

2.2.3. Elektroměr Satec EM720



Obr. 5. Satec EM720

Rozsahy:	napětí (57,73...120 V)	$3 \times 57,73/100 \text{ V}$	$3 \times 63/110 \text{ V}$	$3 \times 69/120 \text{ V}$
		$3 \times 57,73 \text{ V}$	$3 \times 63 \text{ V}$	$3 \times 69 \text{ V}$
	proud ($I_n = 1 \text{ A}$)	$I_{\max} = 2 \times I_n$		
Přesnost:	činná energie podle IEC 62053-22	třída 0,2S		
Frekvence	50/60 Hz			
Měření kvality	pokles, vzestup a výpadek napětí na fázi (včetně doby trvání a naměřeného napětí)			
Teplotní rozsah	-25 °C až +60 °C			
Komunikace	optické rozhraní (IEC 62056-21), RS-232, RS485, GSM/GPRS			

2.3. OBIS kódy

OBIS kódy (Object Identification System) jsou popsány v normě IEC 62056-61 a slouží k identifikaci datových objektů pro inteligentní měření a zpracování naměřených hodnot ze zařízení, která dokáží měřit elektřinu. O definici a udržování seznamu platných kódů OBIS se stará sdružení uživatelů DLMS (Device Language Message Specification). Samotná výměna dat je jednodušší díky pevně definované struktuře kódu, ze kterého lze poté vyčíst jednotlivé parametry a veličiny.

2.3.1. Struktura OBIS kódů

Kód je sestaven ze šesti identifikátorů skupin (A-F), které definují přesný význam dat. Každá skupina je v řetězci oddělena symbolem z důvodu správného zařazení do skupin. Může se také vyskytnout tzv. zredukovaný kód, který obsahuje pouze skupiny C, D a E.

$$A - B : C . D . E * F$$

Obr. 6. Struktura OBIS kódu s oddělovači

Skupina A – definuje měřená data (abstraktní, elektrická, plynová, tepelná nebo vodní)

Skupina B – definuje číslo datového kanálu

Skupina C – definuje abstraktní nebo fyzikální veličinu (např.: napětí, proud...)

Skupina D – definuje typy nebo výsledky měření fyzikálních veličin podle určených skupin A a C

Skupina E – definuje další zpracování výsledků identifikovaných hodnotami A až D podle použitých tarifů

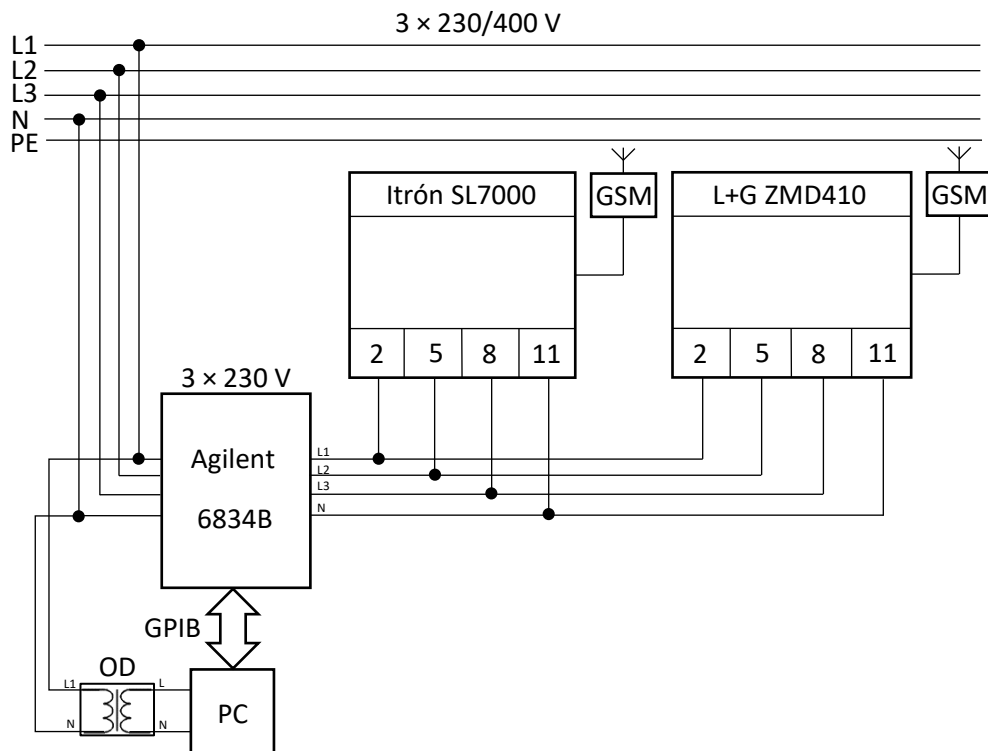
Skupina F – označuje další rozdělení výsledků, definuje ukládání dat v závislosti na různém fakturačním období

3. Testování přístrojů

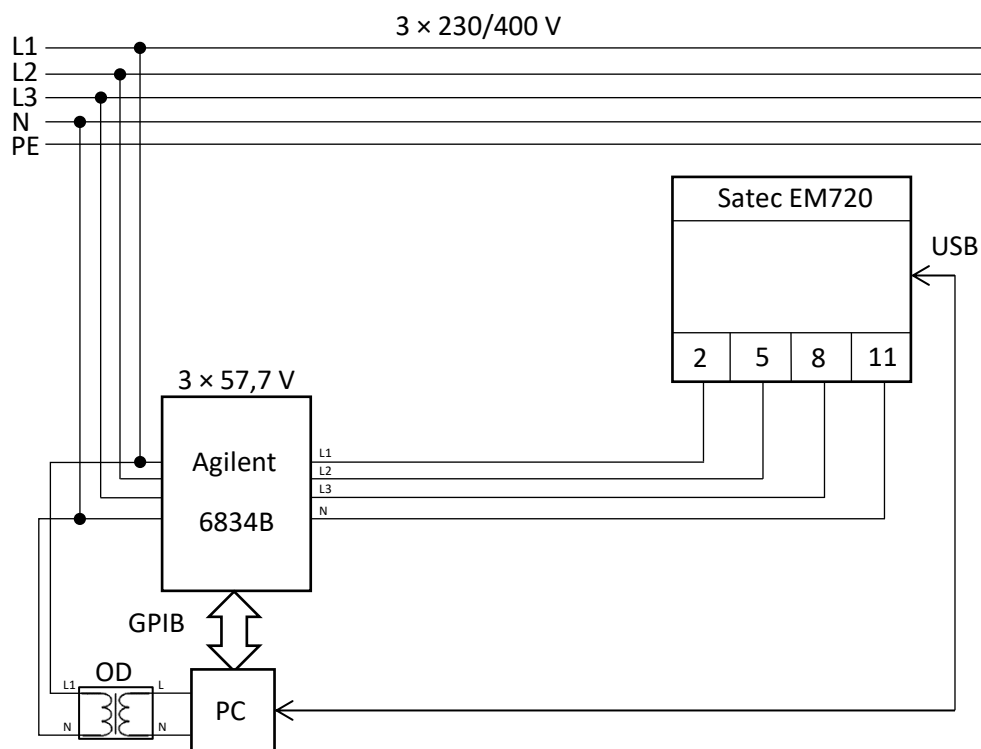
Testování parametrů probíhalo v laboratoři, která se nachází na Fakultě elektrotechniky a informatiky Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Cílem bylo otestovat elektroměry a jejich možnosti zaznamenávat vybrané parametry kvality napětí.

3.1. Schémata zapojení

Schémat zapojení jsou realizována ve dvou provedeních z důvodu různého pracovního napětí elektroměrů. Proto se měření musí provést dvakrát. Přístroje jsou sice osazeny záložními bateriemi, které zabraňují chybným měřením (např. špatně zaznamenaná hladina napětí), kdy se přístroj dostane pod provozní napětí elektroměru, ty se ovšem vlivem stáří staly nefunkčními. Proto jsou elektroměry zapojeny na všechny tři fáze, přičemž první (na elektroměru svorka č. 2) slouží pro testování a zbývající dvě (svorka č. 5 a 8) k napájení – 230 V pro zapojení na obr. 7. a 57,7 V pro zapojení na obr. 8. Nulový vodič se připojí na svorku č. 11.



Obr. 7. Schéma zapojení elektroměrů Itron SL7000 a L+G ZMD410



Obr. 8. Schéma zapojení elektroměru Satec EM720

3.2. Shrnutí nastavených parametrů

Tab. 5. Nastavené parametry elektroměrů

	Itrón SL7000	L+G ZMD410	Satec EM720
Použité napětí	3 × 230 V	3 × 230 V	3 × 57,7 V
Komunikace	Itrón Sparklet gsm	CU-P42 gsm	USB
Přepětí (Low/High*)	108/110 %	110 %	110 %
Podpětí (Low/High*)	90/92 %	90 %	90 %
Přerušení (Low/High*)	5/7 %	10 %	5 %

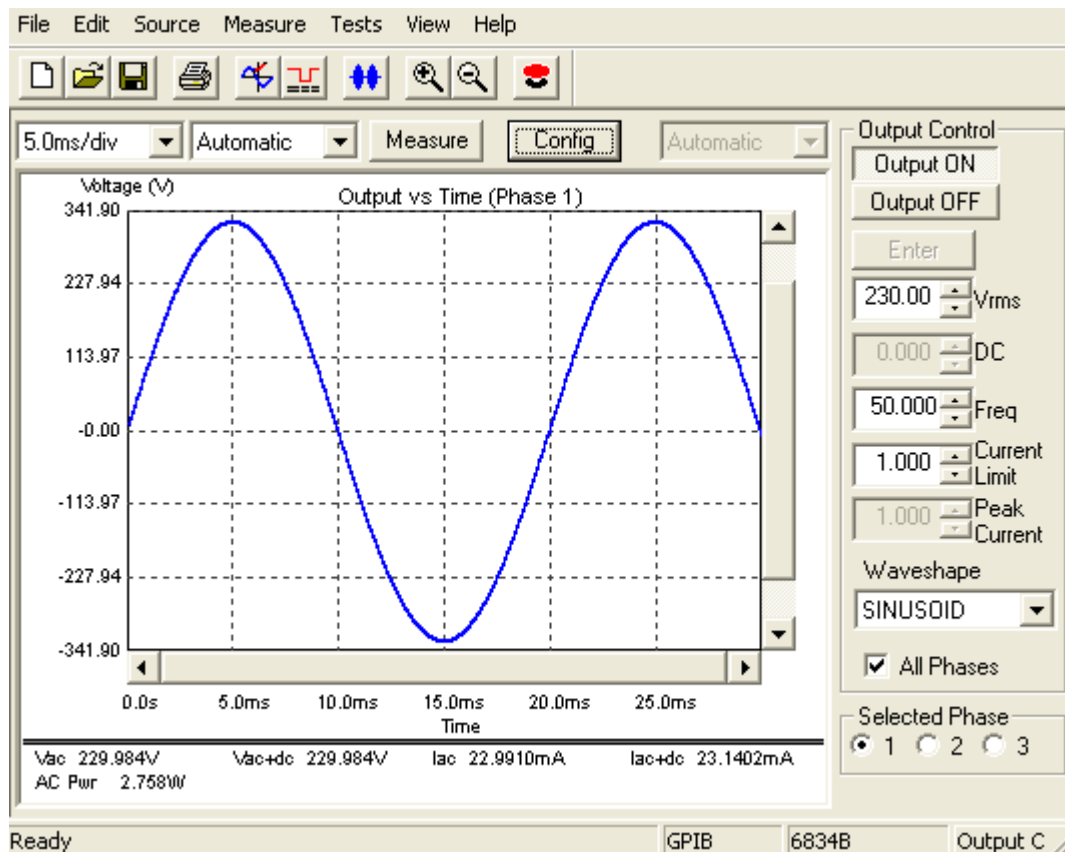
***Low/High** – Naprogramovat dva srovnávací prahy (horní a dolní) umožňuje pouze Itrón SL7000 a je zde proto, aby nevznikly falešné indikace událostí přepětí, podpětí nebo přerušení.

Nastavení mezních hodnot je zvoleno podle normy. Pro elektroměr L+G, kterému při parametrizaci nebylo možné upravit procentuální hodnotu přerušení, zůstal na 10 %.

3.3. Programování testovacího signálu

Pro naprogramování testovacích průběhů byl zvolen zdroj napětí Agilent (HP) 6834B a jeho software AC Source GUI, který slouží jako vzdálené a intuitivnější ovládání pomocí počítače připojeného ke zdroji GPIB rozhraním.

Ve výchozím okně můžete vidět základní možnosti nastavení výstupního signálu (např.: efektivní hodnota napětí, fáze, omezení proudu, nastavení zobrazení grafu). Složitější funkce jsou ukryty ve vrchním panelu.



Obr. 9. Software AC Source GUI

Samotné nastavování požadovaných průběhů se provádí jednoduše přes funkci Transient, která funguje na principu tabulkového zadávání dat. Pro zadávání hodnot do tabulky je nutné mít zdroj napětí zapnutý.

Hodnoty pro testovací signál byly zvoleny tak, aby otestovaly nejen hranice mezi daných parametrů napětí, ale také jejich širší rozsah. Dále je signál navržen tak, aby u každého zkoumaného parametru nastalo právě deset událostí. To je proto že elektroměr Itron má registry pouze pro 10 událostí od každého parametru, které se cyklicky přepisují starší data novými informacemi.

Tab. 6. Mezní úrovně napětí pro Itron SL7000 a L+G ZMD410

230 V		
Přerušení	Pokles	Přepětí
5 %	90 %	110 %
11,5 V	207 V	253 V

Tab. 7. Hodnoty pro testovací signál (230 V)

Nastavené hodnoty					
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,5	0	0,5	80	0,5	255
1	0	1	80	1	255
5	0	5	80	5	255
10	0	10	80	10	255
0,5	5	0,5	160	0,5	260
1	5	1	160	1	260
5	5	5	160	5	260
10	5	10	160	10	260
1	10	1	205	1	265
5	10	5	205	5	265

Tab. 8. Mezní úrovně napětí pro Satec EM720

57,7 V		
Přerušení	Pokles	Přepětí
5 %	90 %	110 %
2,9 V	51,9 V	63,5 V

Tab. 9. Hodnoty pro testovací signál (57,7 V)

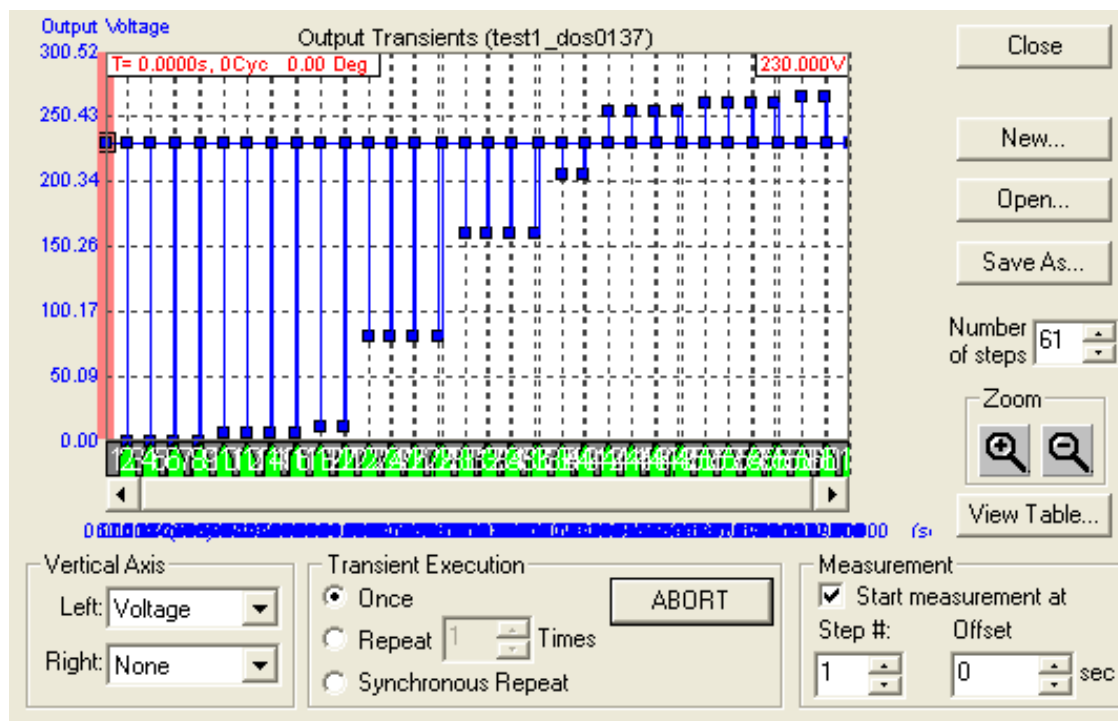
Nastavené hodnoty					
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,5	0	0,5	20	0,5	65
1	0	1	20	1	65
5	0	5	20	5	65
10	0	10	20	10	65
0,5	1,5	0,5	40	0,5	70
1	1,5	1	40	1	70
5	1,5	5	40	5	70
10	1,5	10	40	10	70
1	2,5	1	55	1	75
5	2,5	5	55	5	75

Nejprve bylo třeba nastavit počet kroků – v našem případě je to 61. Poté přejdeme do tabulkového editoru pomocí tlačítka View Table. První sloupec nazvaný Elapsed Time (Uplynulý čas) se nám automaticky mění při zadávání hodnot druhého sloupce Step Duration (Trvání kroku). Do sloupce s názvem Volts zadáváme požadovanou hladinu napětí v daném kroku. Sloupce V Slew a Freq Slew představují rychlost přechodu dané veličiny z jednoho kroku na druhý za sekundu. Je zde přednastavena nejnižší možná hodnota, což nám vyhovuje.

Step#	Elapsed Time (s)	Step Duration (s)	Volts (V)	V Slew (V/s)	Freq (Hz)	Freq Slew (Hz/s)
1	0	60	230	9.9e+037	50	9.9e+037
2	60	0.5	0	9.9e+037	50	9.9e+037
3	60.5	60	230	9.9e+037	50	9.9e+037
4	120.5	1	0	9.9e+037	50	9.9e+037
5	121.5	60	230	9.9e+037	50	9.9e+037
6	181.5	5	0	9.9e+037	50	9.9e+037
7	186.5	60	230	9.9e+037	50	9.9e+037
8	246.5	10	0	9.9e+037	50	9.9e+037
9	256.5	60	230	9.9e+037	50	9.9e+037
10	316.5	0.5	5	9.9e+037	50	9.9e+037
11	317	60	230	9.9e+037	50	9.9e+037
12	377	1	5	9.9e+037	50	9.9e+037
13	378	60	230	9.9e+037	50	9.9e+037

Obr. 10. Část tabulky se vstupními hodnotami pro nastavení testovacího průběhu

Po zadání všech hodnot do tabulky se nám vygeneruje do grafu výsledná grafická podoba signálu. Program také umožňuje uložení naprogramovaného signálu pro případné pozdější použití. V možnostech Transient Execution byla nastavena varianta „Once“, která nám zajistí, aby se po skončení vysílání vypnulo. Při stisku tlačítka Start transmission (Spuštění přenosu) se signál nahraje do zdroje napětí a elektroměry se začnou testovat.



Obr. 11. Grafické zobrazení testovacího průběhu

3.4. Vyčítání dat z elektroměrů

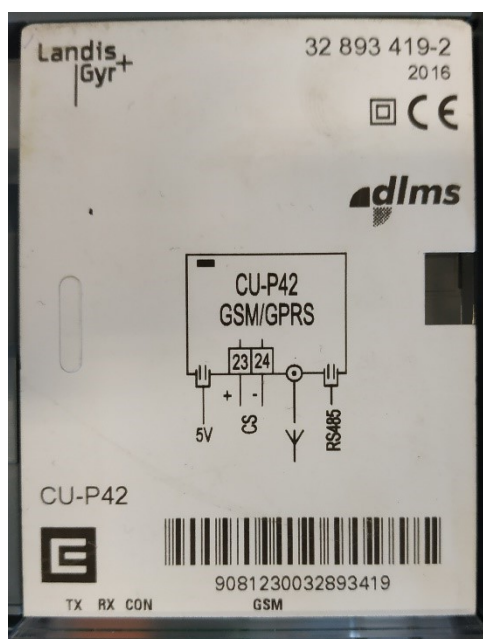
3.4.1. Itrón SL7000 a L+G ZMD410

Vyčtení dat z těchto elektroměrů je provedeno pomocí připojených GSM modulů, které jsou zapůjčeny od firmy ČEZ Distribuce, a. s. Surová data se odešlou do ČEZu, zpracují a pošlou se zpět prostřednictvím e-mailu ve formátu .xlsx.

Odečet se musí provádět při připojených elektroměrech k napájení, v nejlepším případě hned po provedení měření, bez vypnutí přístrojů, jinak se budou dále prepisovat registry událostí a naměřená data se znehodnotí. To se děje proto, že elektroměr může zaznamenat pouze 10 událostí včetně časového razítka, délky události a dosažené hladiny napětí, poté staré hodnoty začne cyklicky prepisovat novými.



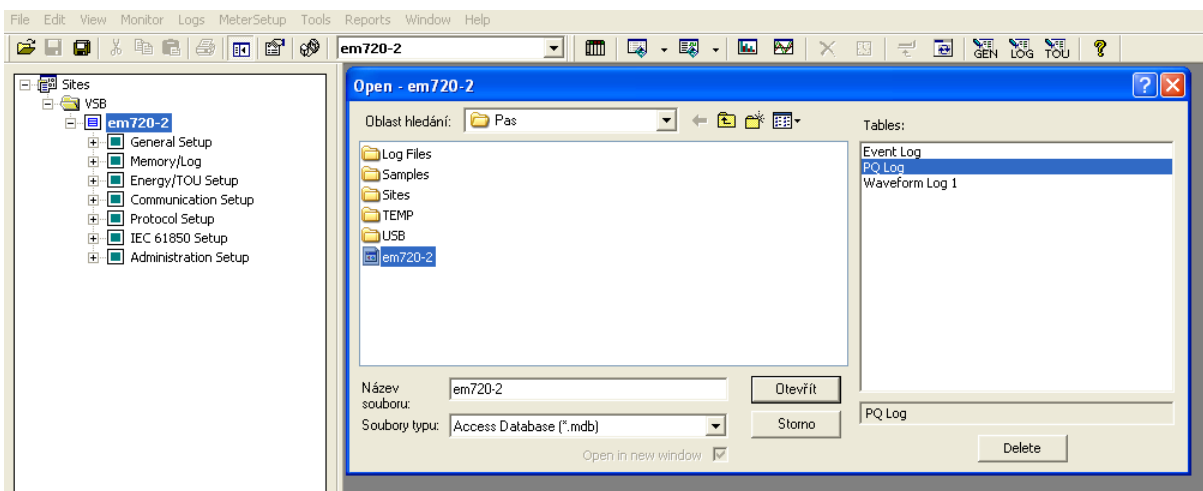
Obr. 12. Itrón Sparklet GSM modul pro Itrón SL7000



Obr. 13. CU-P42 GSM modul pro L+G ZMD410

3.4.2. Satec EM720

V tomto případě je vyčítání dat jednodušší, protože jsou data k dispozici ihned po dokončení měření. Stačí mít elektroměr připojený přes USB port k počítači a pomocí softwaru PAS se mohou data exportovat, v tomto případě do tabulkového procesoru Excel.



Obr. 14. Software PAS – Výběr souboru s načtenými daty Satec EM720

4. Vyhodnocení výsledků

Z naměřených dat všech elektroměrů bylo provedeno vyhodnocení výsledků, které bylo realizováno v tabulkovém procesoru MS Excel. Naměřené hodnoty jsou zde porovnány v tabulkách a grafech.

4.1. Itrón SL7000

Tento elektroměr dokázal zachytit všechny nastavené události testovaných parametrů napětí, společně s dobou trvání, naměřenou hladinou napětí a časovým razítkem. Pomocí těchto informací bylo možné sestavit porovnání nastavených a naměřených hodnot formou číselných dat v tabulkách a grafického porovnání v grafech.

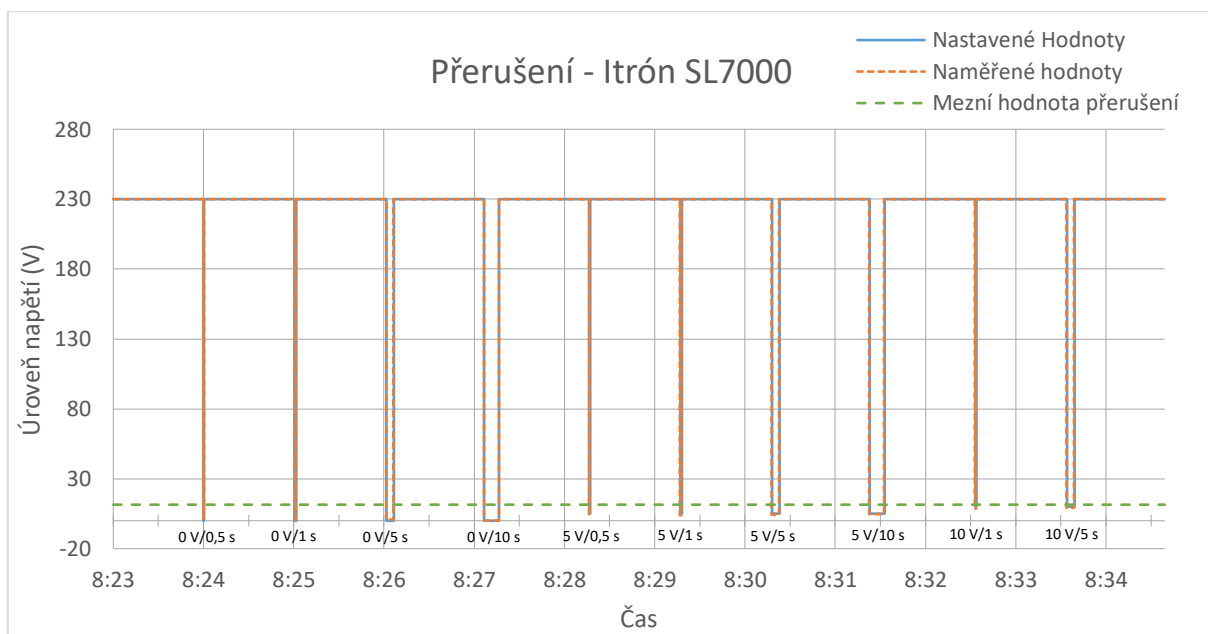
Vyčtená data po přesunu do Excelu obsahovala v buňkách s hodnotami znaky jednotek, tudíž se pro další práci museli odstranit. Pro univerzálnost se znaky nesmazali ručně ale pomocí excelovských funkcí. Takže při použití nových naměřených hodnot stačilo tabulku s daty vložit na správné místo a grafy si samy načetly nová data pro zobrazení křivek k porovnání.

Naměřené doby trvání u všech parametrů napětí se liší oproti nastaveným hodnotám v řádech setin sekundy. Největší časový rozdíl nastal u přerušení s nastavenou hodnotou 5 s, kdy byla naměřená hodnota 4,92 s, takže rozdíl činí 0,08 s. Největší rozdíl v naměřeném napětí byl 1,6 V při nastavených 0 V.

4.1.1. Přerušeni napětí Itrón SL7000

Tab. 10. Porovnání hodnot přerušeni Itrón SL7000

Nastavené hodnoty		Naměřené hodnoty	
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,50	0,00	0,48	1,20
1,00	0,00	0,96	0,70
5,00	0,00	4,92	0,70
10,00	0,00	9,94	0,10
0,50	5,00	0,44	4,10
1,00	5,00	0,96	4,00
5,00	5,00	4,96	4,30
10,00	5,00	9,98	4,50
1,00	10,00	0,96	8,40
5,00	10,00	4,96	9,20

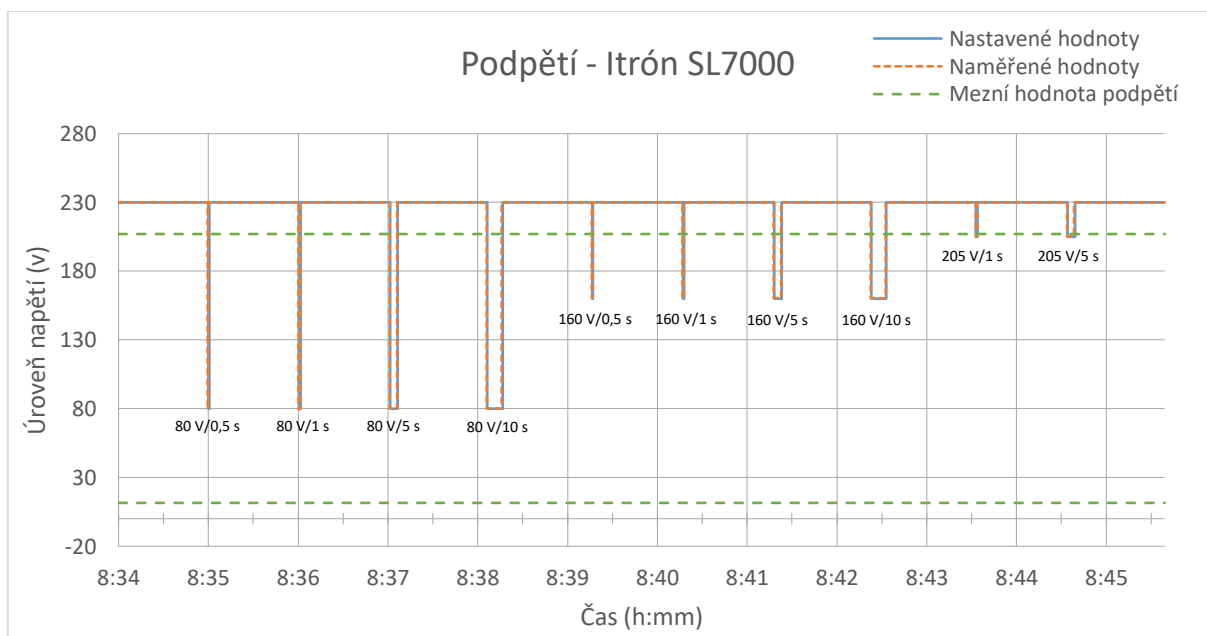


Graf. 1. Grafické porovnání hodnot přerušeni Itrón SL7000

4.1.2. Podpětí Itrón SL7000

Tab. 11. Porovnání hodnot podpětí Itrón SL7000

Nastavené hodnoty		Naměřené hodnoty	
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,50	80,00	0,52	79,60
1,00	80,00	1,00	79,80
5,00	80,00	5,00	80,00
10,00	80,00	10,02	80,00
0,50	160,00	0,52	160,90
1,00	160,00	1,01	160,50
5,00	160,00	5,01	160,30
10,00	160,00	10,03	160,20
1,00	205,00	0,97	205,50
5,00	205,00	4,93	205,30

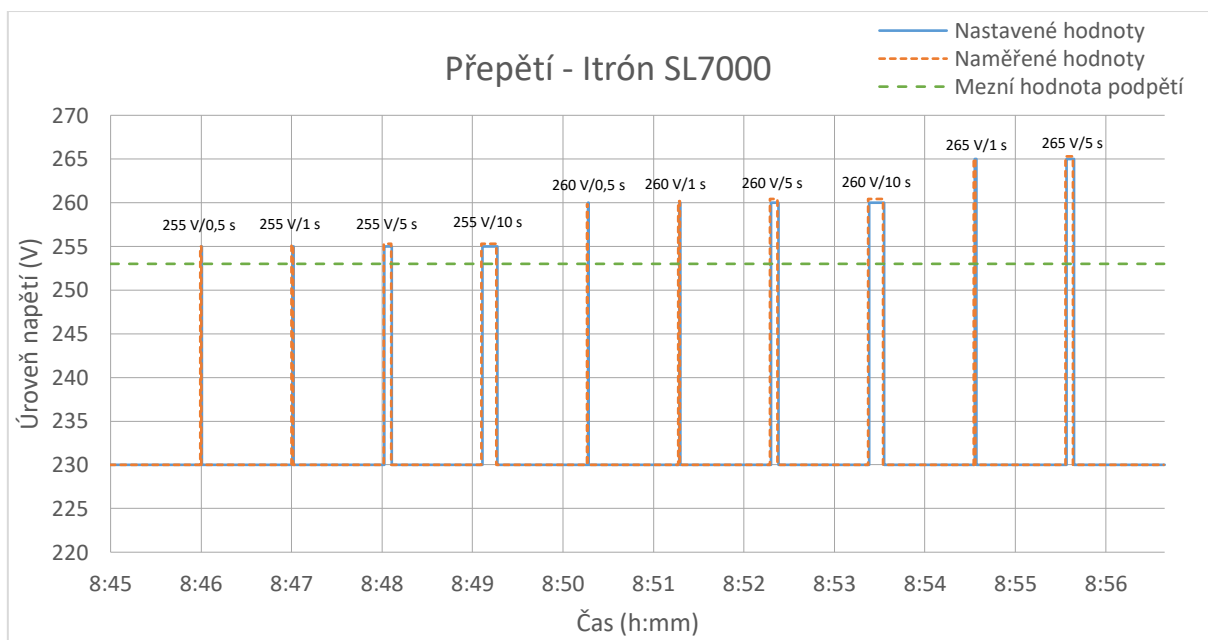


Graf. 2. Grafické porovnání hodnot podpětí Itrón SL7000

4.1.3. Přepětí Itron SL7000

Tab. 12. Porovnání hodnot přepětí Itron SL7000

Nastavené hodnoty		Naměřené hodnoty	
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,50	255,00	0,44	255,00
1,00	255,00	0,97	255,20
5,00	255,00	4,97	255,30
10,00	255,00	9,99	255,30
0,50	260,00	0,48	259,80
1,00	260,00	0,97	260,20
5,00	260,00	4,97	260,40
10,00	260,00	9,99	260,40
1,00	265,00	1,01	265,00
5,00	265,00	4,97	265,30



Graf. 3. Grafické porovnání hodnot přepětí Itron SL7000

4.2. Satec EM720

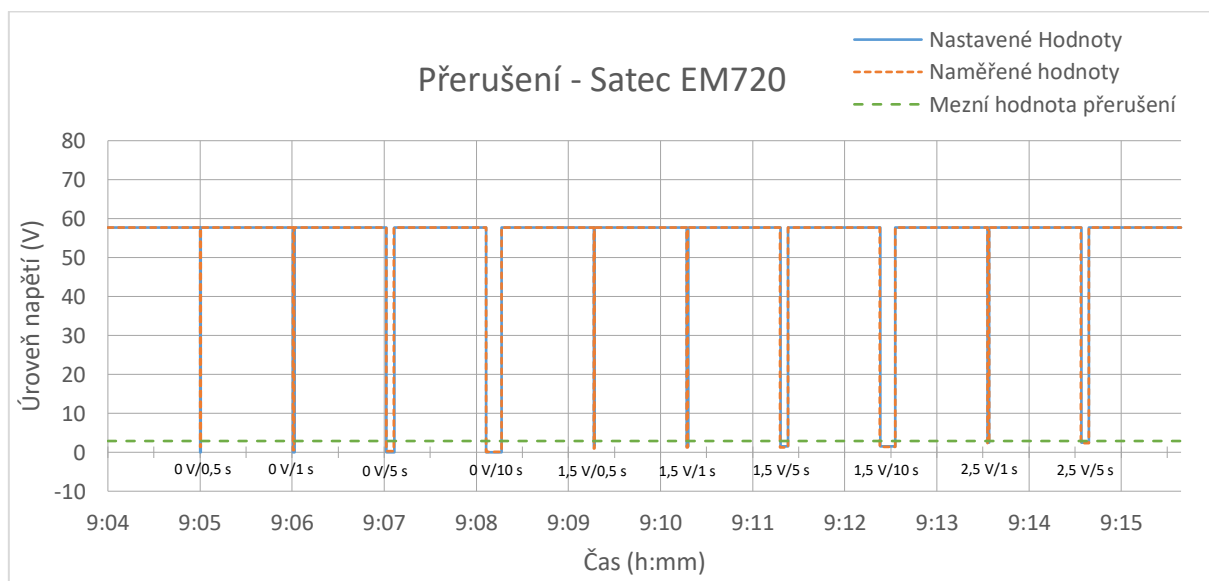
Při zpracování hodnot tohoto elektroměru se postupovalo lépe oproti elektroměru Itrón. Bylo to proto, že vyčtená data po přesunu do MS Excel neobsahovala v buňkách s naměřenými hodnotami další znaky, které by se museli odstranit, aby bylo možné s daty dále pracovat.

Naměřené doby trvání se liší oproti nastaveným hodnotám v desetínách sekundy. Největší časový rozdíl nastal u všech testovaných parametrů, kdy rozdíl činil 0,1 s. Největší rozdíl v naměřeném napětí byl 1,4 V při nastavených 0 V při testování přerušení.

4.2.1. Přerušení napětí Satec EM720

Tab. 13. Porovnání hodnot přerušení Satec EM720

Nastavené hodnoty		Naměřené hodnoty	
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,50	0,00	0,44	1,40
1,00	0,00	1,00	0,50
5,00	0,00	4,97	0,30
10,00	0,00	9,99	0,10
0,50	1,50	0,48	1,00
1,00	1,50	0,98	1,20
5,00	1,50	5,00	1,20
10,00	1,50	10,10	1,40
1,00	2,50	0,96	2,30
5,00	2,50	4,94	2,40

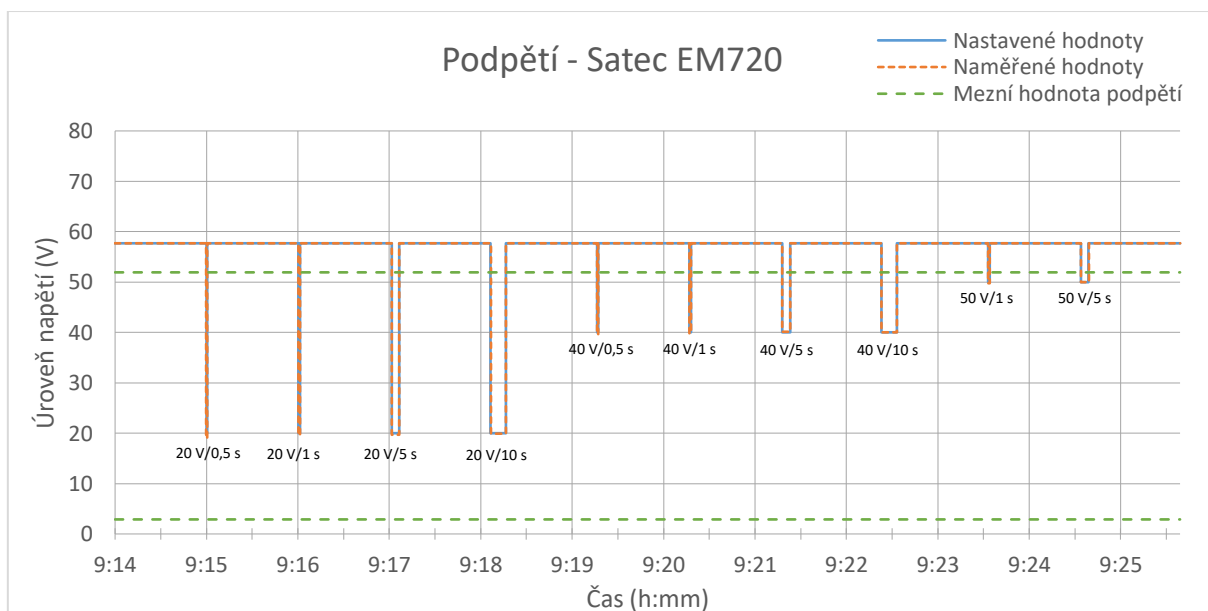


Graf. 4. Grafické porovnání hodnot přerušení Satec EM720

4.2.2. Podpětí napětí Satec EM720

Tab. 14. Porovnání hodnot přerušení Satec EM720

Nastavené hodnoty		Naměřené hodnoty	
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,50	20,00	0,51	19,00
1,00	20,00	1,10	19,60
5,00	20,00	5,10	19,70
10,00	20,00	9,97	19,90
0,50	40,00	0,52	39,60
1,00	40,00	0,99	39,80
5,00	40,00	4,96	40,10
10,00	40,00	10,02	40,00
1,00	50,00	1,00	49,80
5,00	50,00	5,09	50,00

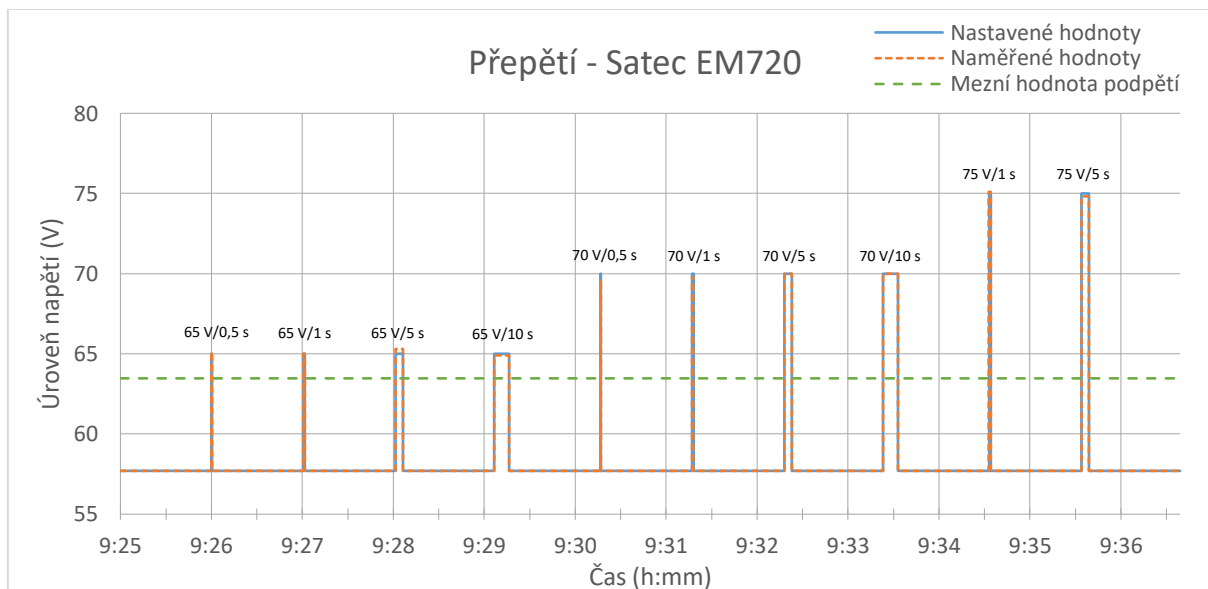


Graf. 5. Grafické porovnání hodnot podpětí Satec EM720

4.2.3. Přepětí napětí Satec EM720

Tab. 15. Porovnání hodnot přerušení Satec EM720

Nastavené hodnoty		Naměřené hodnoty	
Čas (s)	Napětí (V)	Čas (s)	Napětí (V)
0,50	65,00	0,44	65,10
1,00	65,00	0,98	65,00
5,00	65,00	4,95	65,30
10,00	65,00	9,98	64,90
0,50	70,00	0,48	69,60
1,00	70,00	0,99	69,80
5,00	70,00	4,99	70,00
10,00	70,00	9,99	70,00
1,00	75,00	1,10	75,10
5,00	75,00	5,00	74,80



Graf. 6. Grafické porovnání hodnot přepětí Satec EM720

4.3. Landis+Gyr ZMD410

Pro tento elektroměr je primární funkcí měření spotřeby elektřiny, nicméně se podařilo aplikovat metodu testování parametrů kvality. Po praktických testech se provedlo vyčtení zaznamenaných dat (Obr. 15.), ze kterých je zřejmé že přístroj dokáže události zaznamenat a určit správný parametr napětí, bohužel neukládá podrobnější data o délce trvání nebo velikosti amplitudy. Proto nebylo možné data vyhodnotit jako u předešlých elektroměrů. Podle seznamu událostí (tab. 16.), který je k dispozici v manuálu přístroje poskytnutý výrobcem, je možné tyto události identifikovat podle přiřazeného čísla.

Tab. 16. Seznam vybraných událostí pro L+G ZMD410

Číslo	Událost
17	Podpětí fáze L1
20	Přepětí fáze L1
49	Přerušení fáze L1

0-0:1.0.0 Clock	0-0:96.240.12;19 [hex] EDIS status	0-0:96.240.12;2 Event numb	0-0:96.240.12;12 [hex] Event status	0-0:97.97.0 [hex] Error code	1-1:1.8.0 [kWh] Active energy import +A (QI+QI)
2019-03-14 14:31:39	00000000	20	4000300000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:32:39	00000000	20	4000080000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:33:09	00000000	20	4000300000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:37:09	00000000	17	4000010000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:37:39	00000000	17	4000060000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:38:39	00000000	17	4000010000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:39:09	00000000	17	4000060000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:51:20	00800000	20	4000080000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 14:51:50	00000000	20	4000300000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:10:33	00800000	20	4000080000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:11:03	00000000	20	4000300000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:12:03	00000000	20	4000080000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:12:33	00000000	20	4000300000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:16:33	00800000	17	4000010000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:17:03	00000000	17	4000060000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:22:33	00000000	17	4000010000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:23:03	00000000	17	4000060000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:24:03	00000000	17	4000010000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:24:33	00000000	17	4000060000000400001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:25:05	00000000	49	4000000000000500001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:25:38	00080000	49	4000000000000600001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:26:34	00000000	49	4000000000000500001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:27:08	00080000	49	4000000000000600001000000000	00000000	1865,9063
2019-03-14 15:39:55	00800000	49	4000000000000100001000000000	00000000	1865,9063

Obr. 15. Ukázka výstupních dat z elektroměru L+G ZMD410

4.4. Shrnutí výsledků

Pro vyhodnocení naměřených dat byl vytvořen sešit v aplikaci MS Excel, který zedituje vložené tabulky s vyčteními hodnotami a vygeneruje srovnávací grafy a tabulky. Po zpracování naměřených dat bylo možné zjistit největší chyby pro jednotlivé elektroměry. U Itrónu SL7000 je největší naměřený rozdíl napětí oproti nastavené hodnotě 1,6 V a rozdíl doby trvání události 0,08 s, kdežto u elektroměru Satec jsou rozdíly 1,4 V a 0,1 s. Z naměřených dat je zřejmé, že elektroměry Itrón SL7000 a Satec EM720 jsou vhodné pro měření parametrů kvality napětí, konkrétně pro přerušení, podpětí a přepětí, i když je to jejich sekundární funkce. Elektroměr Landis+Gyr ZMD410 události zaznamenal bez dalších informací, proto by se dal použít pouze pro indikaci vzniku událostí.

Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh metodiky a testování možností měření parametrů kvality elektřiny pro vybrané elektroměry podle ČSN EN 50160 ed. 3, kde jsou přesně vymezené meze a hodnoty, které by měli být distributory elektřiny dodržovány a jsou považovány za běžný provozní stav. Některé elektroměry, i když to není jejich primární funkcí, dokáží tyto parametry zaznamenat a uložit do svých registrů, ze kterých je lze následně vyčíst.

Nejprve jsou v této práci popsány jednotlivé charakteristiky napájecího napětí dodávané z veřejných distribučních sítí nízkého napětí. Vybranými parametry kvality napětí, se kterými se dále pracovalo jsou přerušeni napájecího napětí, poklesy napájecího napětí a zvýšení napájecího napětí. Tyto parametry se testovaly na těchto třech elektroměrech – Itron SL7000, Landis+Gyr ZMD410 a Satec EM720.

U elektroměrů Itron a L+G je použit pro vyčítání dat GSM modul, který byl zapůjčen z firmy ČEZ Distribuce. Odečítání se provádělo při zapnutých elektroměrech, kdy se data poslali do ČEZu a odtud poté v excelovském souboru zpět. Vyčítání dat ze Satecu bylo provedeno pomocí softwaru PAS V1.4.17, přes USB ve formátu CSV. Dále byl pro zpracování naměřených dat vytvořen sešit v aplikaci MS excel, v němž jsou vyhotoveny porovnávací grafy a tabulky, ze kterých je zřejmé že elektroměry Itron a Satec jsou vhodné pro měření parametrů kvality napětí, zatímco Landis+Gyr události zaznamenal bez dalších informací, proto by se dal použít pouze pro indikaci vzniku událostí.

Díky této práci bylo ověřeno, které elektroměry a jakým způsobem mají možnost aplikovat měření parametrů kvality napětí. Dále by se tato práce dala rozšířit o další elektroměr, např. Landis+Gyr řady ZMQ, který umožňuje pokročilejší funkce měření kvality a mohl by se porovnat s již testovaným L+G ZMD. Také je možné realizovat měření událostí s jinou délkou trvání v návaznosti na tabulky uvedené v první kapitole (tab. 2. a tab. 3.), které jsou z normy ČSN EN 50160.

Literatura

- [1] ČSN EN 50160 (330122). *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí*. Ed. 3. CENELEC. překlad: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 32 s.
- [2] ČSN EN 61000-4-30 (333432). *Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-30: Zkušební a měřicí technika - Metody měření kvality energie*. Ed. 3. CENELEC. překlad: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017, 68 s.
- [3] CHATTOPADHYAY, Surajit, Madhuchhanda MITRA a Samarjit SENGUPTA. *Electric power quality*. New York: Springer Verlag, c2011. Power systems. ISBN 9400706340.
- [4] HAASZ, Vladimír, Jan HOLUB, Michal JANOŠEK, Petr KAŠPAR a Vojtěch PETRUCHA. *Elektrická měření: přístroje a metody*. 3. přepracované vydání. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2018. ISBN 978-80-01-06412-2.
- [5] Firemní dokumentace k použitým elektroměrům.
- [6] User's Guide AC Power Solutions Agilent Models 6814B, 6834B, and 6843A. In: *Agilent: the Power Solutions Systems* [online]. <http://ridl.cfd.rit.edu/products/manuals/Agilent/power%20supplies/CD1/Model/6814usra.pdf>
- [7] Manuál přístroje : Itron SL7000 [elektronický text], https://www.elektromery.com/files/prod_files/sl7000.pdf
- [8] Manuál přístroje : Satec EM720 [elektronický text], <https://www.satec-global.com/sites/default/files/EM720-Operation-Manual.pdf>
- [9] Manuál přístroje : Landis+Gyr ZMD410 [elektronický text], https://www.plcsystems.ru/catalog/asc/doc/EM720_Installation.pdf