

**PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ
LOKÁLNÍ DISTRIBUTIVNÍ SOUSTAVY**

BorsodChem MCHZ, s.r.o.

Příloha 3

**Kvalita napětí v LDS,
způsoby jejího zjišťování a hodnocení**

V Ostravě, červen 2013

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	ROZSAH PLATNOSTI	3
3	KVALITA ELEKTRINY	3
3.1	CHARAKTERISTIKY NAPĚTÍ ELEKTRINY DODÁVANÉ Z LDS	3
3.2	CHARAKTERISTIKY ELEKTRINY DODÁVANÉ Z DS.....	4
3.2.1	KMITOČET SÍTĚ	4
3.2.2	VELIKOST A ODCHYLKY NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ.....	4
3.2.3	RYCHLÉ ZMĚNY NAPĚTÍ.....	4
3.3	CHARAKTERISTIKY ELEKTRINY DODÁVANÉ REGIONÁLNÍMI VÝROBCI.....	7
4	ZPŮSOBY HODNOCENÍ PARAMETRŮ KVALITY	7
5	POŽADAVKY NA PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ PARAMETRŮ KVALITY	7
6	SPECIFIKACE METOD MĚŘENÍ A ZKOUŠEK PŘESNOSTI	8
6.1	MĚŘICÍ INTERVALY	8
6.2	ČASOVÁ AGREGACE MĚŘENÍ.....	8
6.3	ZKOUŠKY PŘESNOSTI.....	9
6.4	FREKVENCE.....	9
6.5	VELIKOST NAPĚTÍ.....	10
6.6	FLIKR.....	10
6.7	POKLESY A ZVÝŠENÍ NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ.....	10
6.8	PŘERUŠENÍ NAPÁJENÍ	11
6.9	NESYMETRIE NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ	11
6.10	HARMONICKÉ	12
6.11	MEZIHARMONICKÉ	12
6.12	SIGNÁLY PO SÍTI	12
7	TECHNICKÉ PARAMETRY	12
7.1	PRACOVNÍ ROZSAHY A PROSTŘEDÍ	12
7.2	NAPĚŤOVÉ VSTUPY.....	14
7.3	PROUDOVÉ VSTUPY	14
7.4	DIGITÁLNÍ VSTUPY	14
7.5	DIGITÁLNÍ VÝSTUPY	14
7.6	SOFTWARE.....	14
8	MĚŘENÍ PARAMETRŮ KVALITY A SMLUVNÍ VZTAHY	144
8.1	VŠEOBECNÉ.....	144
8.2	ZVLÁŠTNÍ UJEDNÁNÍ	155
8.2.1	FREKVENCE SÍTĚ	155
8.2.2	NAPÁJECÍ NAPĚTÍ.....	166
8.2.3	FLIKR.....	166
8.2.4	POKLESY/ZVÝŠENÍ NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ.....	166
8.2.5	PŘERUŠENÍ NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ.....	17
8.2.6	NESYMETRIE NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ	17
8.2.7	HARMONICKÉ NAPĚTÍ.....	17
8.2.8	MEZIHARMONICKÉ NAPĚTÍ.....	177
8.2.9	SIGNÁLNÍ NAPĚTÍ V NAPÁJECÍM NAPĚTÍ.....	18

1 ÚVOD

Tato část **PPLDS** vychází z **EZ** [L1] a z Vyhlášky **ERÚ** v platném znění o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice [L3], které mj. ukládají **PPLDS** definovat kvalitu elektřiny, stanovit její parametry a podmínky jejího dodržování uživateli **LDS**.

Cílem je definovat kvalitu elektřiny, která je jedním ze standardů kvality dodávek a služeb v elektroenergetice, a to stanovením řady parametrů, závazných nebo doporučených pro jednotlivé uživatele **LDS**, způsoby zjišťování jednotlivých parametrů a požadavky na měřicí soupravy pro jejich zjišťování. Dalším cílem je definovat způsoby možného uplatnění parametrů kvality ve smlouvách o dodávce elektřiny.

Ověření kvality elektřiny provádí **PLDS** podle vlastního rozhodnutí nebo na základě stížnosti na kvalitu dodávané elektřiny. Pokud má stěžovatel výhrady ke způsobu ověřování, může zajistit kontrolní měření vlastními prostředky nebo ve spolupráci s cizí organizací. U neoprávněné stížnosti má **PLDS** právo požadovat na stěžovateli úhradu nákladů, u oprávněné stížnosti má stěžovatel právo požadovat na **PLDS** úhradu kontrolního měření.

2 ROZSAH PLATNOSTI

Část 3.1 se vztahuje na odběratele z **LDS** připojené ze sítě nn a vn, část 3.2 na dodávky elektřiny z distribuční soustavy a část 3.3 na dodávky elektřiny ze zdrojů připojených do **DS** a **LDS**.

3 KVALITA ELEKTRINY

Kvalita elektřiny je definována jejími charakteristikami v daném bodě **ES**, porovnávanými s mezními velikostmi referenčních technických parametrů.

3.1 CHARAKTERISTIKY NAPĚTÍ ELEKTRINY DODÁVANÉ Z LDS

Jednotlivé charakteristiky napětí elektrické energie, popisující kvalitu elektřiny dodávané z veřejné distribuční sítě, vycházejí z normy ČSN EN 50160 ed. 3 [1] pro sítě nn a vn v platném znění.

Jsou to:

- a) kmitočet sítě
- b) velikost napájecího napětí
- c) odchylky napájecího napětí
- d) rychlé změny napětí
 - velikost rychlých změn napětí
 - míra vjemu flikru
- e) krátkodobé poklesy napájecího napětí
- f) krátkodobá přerušení napájecího napětí
- g) dlouhodobá přerušení napájecího napětí
- h) dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí
- i) přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí
- j) nesymetrie napájecího napětí
- k) harmonická napětí
- l) meziharmonická napětí
- m) úrovně napětí signálů v napájecím napětí.

Pro charakteristiky a) až d) a j) až m) platí pro odběrná místa z **DS** nebo **LDS** s napětovou úrovní nn a vn

- zaručované hodnoty
- měřicí intervaly
- doby pozorování
- mezní pravděpodobnosti splnění stanovených limitů,

stanovené v ČSN EN 50160 ed. 3.

Pro charakteristiky e) až i) uvádí ČSN EN 50160 ed. 3 pouze informativní hodnoty.

Podrobnosti k metodám měření jednotlivých charakteristik obsahují části 4 a 6 této přílohy, údaje k požadovaným vlastnostem přístrojů část 5.

3.2 CHARAKTERISTIKY ELEKTRINY DODÁVANÉ Z DS

3.2.1 Kmitočet sítě

Jmenovitý kmitočet napájecího napětí je 50 Hz. Za normálních provozních podmínek musí být střední hodnota kmitočtu základní harmonické, měřená v intervalu 10 s, v následujících mezích¹

u systémů se synchronním připojením k propojenému systému

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

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

u systémů bez synchronního připojení k propojenému systému (tj. ostrovní napájecí systémy)

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

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

3.2.2 Velikost a odchylky napájecího napětí

Velikost napájecího napětí je dána dohodnutým napájecím napětím U_c . Za normálních provozních podmínek s vyloučením přerušení napájení, musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu podle normy².

3.2.3 Rychlé změny napětí

3.2.3.1 Velikost rychlých změn napětí

Za normálních provozních podmínek efektivní hodnota rychlé změny napětí du nepřekročí v závislosti na četnosti výskytu r hodnoty uvedené v následující TAB.1³

TAB.1

Četnost [r/h]	du_{max} [% U_n]
$r \leq 1$	3
$1 < r \leq 10$	2,5
$10 < r \leq 100$	1,5
$100 < r \leq 1000$	1

¹ Převzato z ČSN EN 50160 ed. 3

² Meze převzaty z ČSN 33 01 20

³ Meze převzaty z IEC 1000-3-7

3.2.3.2 Míra vjemu flikru

Za normálních provozních podmínek musí být během každého týdne krátkodobá míra vjemu flikru P_{st} a dlouhodobá míra vjemu flikru P_{lt} v 99 % sledovaných intervalů v mezích podle TAB.2⁴

TAB.2

P_{st}	$\leq 0,8$
P_{lt}	$\leq 0,6$

3.2.3.3 Krátkodobé poklesy napětí

Pro stanovení mezních hodnot nejsou k dispozici potřebné podklady. Při sledování a event. budoucím stanovení mezních hodnot se použije členění podle TAB.3 (TAB.6 v PNE 33 3430-7).

TAB.3

Hloubka d [%] Trvání (t)	10 ms ≤ t < 100 ms	100 ms ≤ t < 500 ms	500 ms ≤ t < 1 s	1 s ≤ t < 3 s	3 s ≤ t < 20 s	20 s ≤ t < 1 min
10 < d < 15	N_{11}	N_{21}	N_{31}	N_{41}	N_{51}	N_{61}
15 ≤ d < 30	N_{12}	N_{22}	N_{32}	N_{42}	N_{52}	N_{62}
30 ≤ d < 60	N_{13}	N_{23}	N_{33}	N_{43}	N_{53}	N_{63}
60 ≤ d < 90 ⁵	N_{14}	N_{24}	N_{34}	N_{44}	N_{54}	N_{64}

3.2.3.4 Přerušování napájecího napětí

Pro stanovení mezních hodnot nejsou k dispozici potřebné podklady. Pro sledování a budoucí stanovení mezních hodnot se doporučuje členění podle TAB.5.

TAB.4

Trvání přerušování	Trvání < 1s	3 min > trvání ≥ 1s	trvání ≥ 3 min
Počet přerušování	N_1	N_2	N_3

3.2.3.5 Nesymetrie napětí

Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky napájecího napětí v rozsahu 0 % až 2 % sousledné složky. V některých oblastech se vyskytují nesymetrie až do 3%.

Pozn.: V normě [1] jsou uvedeny hodnoty jen pro zpětnou složku, protože tato složka je rozhodující pro možné rušení spotřebičů připojených do sítě.

3.2.3.6 Harmonická napětí

Za normálních provozních podmínek musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot harmonických napětí u_h a celkového harmonického zkreslení THD v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu podle následující TAB.5.

⁴ Meze převzaty z IEC/TR 61000-3-7

⁵ Tato mez je definována odchýlně od [1].

TAB.5

liché harmonické ne násobky 3		liché harmonické násobky 3		sudé harmonické	
řád harmonické h	Harmonické napětí %	řád harmonické h	Harmonické napětí %	řád harmonické h	Harmonické napětí %
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, 23, 25	1,5				

*) V závislosti na druhu sítě mohou být hodnoty třetí harmonické podstatně nižší
Poznámka: Hodnoty pro harmonické vyšších řádů než 25 se neuvádějí, jelikož jsou obvykle malé, avšak vlivem rezonančních účinků obtížně předvídatelné.

THD se určí podle následujícího vztahu

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2}$$

3.2.3.7 Meziharmonická napětí

Za normálních provozních podmínek musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot meziharmonických napětí U_m menších než 0.2 % U_n .⁶

Pro hodnoty sub- a meziharmonických blízkých síťové frekvenci platí následující tabulka⁷

TAB.6

Řád meziharmonické	U_m	Řád meziharmonické	U_m
$m \leq 0,2$	Pozn.a)	$0,72 < m \leq 0,76$ a $1,24 < m \leq 1,28$	0,22
$0,2 < m \leq 0,6$	0,50	$0,76 < m \leq 0,88$ a $1,12 < m \leq 1,24$	0,18
$0,6 < m \leq 0,64$ a $1,36 < m \leq 1,40$	0,44	$0,88 < m \leq 0,92$ a $1,08 < m \leq 1,12$	0,23
$0,64 < m \leq 0,68$ a $1,32 < m \leq 1,36$	0,35	$0,92 < m \leq 0,96$ a $1,04 < m \leq 1,08$	0,35
$0,68 < m \leq 0,72$ a $1,28 < m \leq 1,32$	0,28	$0,96 < m \leq 1,04$ a $1,4 < m \leq 1,80$	0,60

Pozn. a): Pro řád meziharmonické nižší než 0,2 jsou hladiny kompatibility určeny požadavky flikru. Míra vjemu flikru může být vypočtena podle IEC/TR 61000-3-7 užitím činitele tvaru pro periodické a sinusové kolísání napětí. Konzervativní hodnoty činitele jsou 0,8 pro $0,04 < m \leq 0,2$ a 0,4 pro $m \leq 0,04$.

3.2.3.8 Úroveň napětí signálů v napájecím napětí

Za normálních provozních podmínek musí být během libovolného denního období 99 % průměrných efektivních hodnot meziharmonických napětí v měřicích intervalech 3 s menších než 0,3 % U_n .

Úroveň přeslechového signálu HDO by neměla při připojených vazbách HDO překročit hodnotu 0,3 % U_n .⁸

Podrobnosti k metodám měření a hodnocení jednotlivých parametrů obsahují části 4 a 6, požadavky na měřicí přístroje pro zjišťování jednotlivých charakteristik část 5 této přílohy.

⁶ Hodnoty v ČSN EN 61000-2-4 ed. 2 pro třídu prostředí 2- sítě dodavatele elektřiny

⁷ Podle ČSN EN 61000-2-2 a 61000-2-12

⁸ PNE 38 2530 část 6

3.3 CHARAKTERISTIKY ELEKTŘINY DODÁVANÉ REGIONÁLNÍMI VÝROBCI

Výrobce dodávající elektřinu do **LDS** a **DS** ovlivňuje parametry kvality jednak dodávaným proudem a jeho kolísáním, proudovými rázy při připojování zdroje k síti, dodávkou nebo odsáváním harmonických proudů a proudů signálu HDO ze sítě, dodávkou nebo odsáváním zpětné složky proudu. Projevuje se současně jako zátěž i jako zdroj.

Pro elektřinu dodávanou regionálními výrobci platí ve společném napájecím bodě stejné parametry kvality, jako jsou uvedeny v části 3.1 pro dodávky elektřiny z **LDS**.

Přípustný podíl výrobce na celkové dovolené hladině rušení se určí způsobem uvedeným v **Příloze 4 PPLDS: „Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí nízkého nebo vysokého napětí PLDS.“**

4 ZPŮSOBY HODNOCENÍ PARAMETRŮ KVALITY

Při měření a vyhodnocování charakteristik napětí se vychází z postupů definovaných v normě [1] a [47]. V těchto normách jsou současně definovány i požadavky na vlastnosti měřicích souprav, které zaručují porovnatelnost a opakovatelnost měření.

Při měření charakteristik napětí je zapotřebí měřit a vyhodnocovat ta napětí, na která jsou připojovány odběry⁹, tzn.:

- ve čtyřvodičových sítích nn jak napětí mezi fázemi a středním vodičem, tak i napětí mezi fázemi
- v sítích vn sdružená napětí
- v sítích vvn sdružená napětí.

Za nedodržení kvality elektrické energie se považují všechny stavy v **LDS**, při kterých jsou překročeny dovolené meze narušení kvality u některého z těchto napětí, uvedené v předchozích částech, s výjimkou těch výjimečných situací, na které nemá dodavatel elektřiny vliv, tj.:

- mimořádné povětrnostní podmínky a další přírodní katastrofy
- cizí zavinění
- nařízení úřadů
- průmyslová činnost (stávky v rámci zákona)
- vyšší moc
- nedostatek výkonu zaviněný vnějšími okolnostmi.

5 POŽADAVKY NA PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ PARAMETRŮ KVALITY

Analyzátor kvality elektřiny v předávacích místech musí být schopen měřit současně tyto parametry kvality v trojfázové síti:

- a) kmitočet sítě
- b) velikost napájecího napětí a jeho odchylky
- c) rychlé změny napětí
- d) flickr
- e) poklesy a zvýšení napájecího napětí
- f) přerušení napájecího napětí
- g) nesymetrie napětí
- h) harmonické napětí
- i) meziharmonické napětí
- j) signály v napájecím napětí.

Kromě těchto parametrů kvality musí analyzátor umožňovat měření velikosti proudů a z nich odvozených (podle přiřazených napětí) i dalších veličin:

- k) činný výkon
- l) zdánlivý výkon
- m) jalový výkon
- n) zpětnou složku proudu a její úhlový vztah k referenčnímu napětí (nebo výkon)

⁹ Nesymetrie fázových napětí v sítích vn nemá praktický vliv na sdružená napětí a poměry (nesymetrii, flickr) v napájených sítích nn.

- o) harmonické proudy a jejich úhlový vztah k referenčnímu napětí (nebo výkon)

6 SPECIFIKACE METOD MĚŘENÍ A ZKOUŠEK PŘESNOSTI

6.1 MĚŘICÍ INTERVALY

Definované měřicí intervaly podle [47] jsou:

velmi krátký čas:	3 s
krátký čas:	10 minut
dlouhý čas:	2 hodiny

Pro různé metody měření jsou požadovány tyto časové intervaly:

- pro síťovou frekvenci: 10 s
- pro flickr: 10 minut a 2 hodiny
- pro velikost napájecího napětí, harmonická/meziharmonická napětí a nesymetrii: 3 s, 10 minut a 2 hodiny
- pro signály po síti: 3 s a 10 minut.

6.2 ČASOVÁ AGREGACE MĚŘENÍ

Agregace měření je stanovena pro harmonické, meziharmonické, nesymetrii a velikosti napětí.¹⁰

Časové intervaly agregace jsou:

- 10 cyklů (pro jmenovitých 50 Hz)
- 150 cyklů (pro jmenovitých 50 Hz); tento interval se nazývá "velmi krátký čas"
- 10 minut; tento interval se nazývá "krátký čas"
- 2 hodiny; tento interval se nazývá "dlouhý čas".

Všechny agregace jsou vytvořeny z odmocniny součtu druhých mocnin vstupních hodnot.

Základním vstupem u této metody jsou data 10 cyklů. Pro každý parametr, který užívá tuto metodu agregace (harmonické, meziharmonické, nesymetrie a velikost napětí), jsou způsoby získání základních dat 10 cyklů a způsob jejich označení návštěvám vysvětleny v kapitolách, které se jimi zabývají.

Pozn.: Koncepte "návštěvám" zamezuje vícenásobnému započítání jednotlivé události do různých parametrů, tj. např. započtení napětíového poklesu současně jako změny frekvence.

Data pro interval 150 cyklů musí být agregována z přesně patnácti intervalů 10 cyklů.

Každý 10 minutový interval musí začínat na 10 minutové hranici reálného času. Data pro interval 10 minut musí být agregována ze všech dostupných 150 cyklových intervalů během 10 minutového intervalu.

Uživatel může volit, zda zahrnout nebo vyloučit označená data z následující hladiny agregace. Pokud je některá hodnota označena nebo vyloučena z následující hladiny agregace, pak musí být označena i tato hladina.

Každý 2-hodinový interval musí začínat na dvouhodinové hranici reálného času. Data pro 2 hodinový interval musí být agregována z přesně dvanácti 10 minutových intervalů.

¹⁰ Pro časovou agregaci měření velikosti harmonických proudů platí stejné zásady, jako pro napětí

6.3 ZKOUŠKY PŘESNOSTI

Základní stavy, ve kterých se ověřuje přesnost (podle [47], část 5.2, 5.3) uvádí následující TAB.7.

TAB. 7 STAVY PŘI ZKOUŠKÁCH PŘESNOSTI (vztažené k měřeným charakteristikám napětí)

Ovlivňující veličina	Zkušební stav 1	Zkušební stav 2	Zkušební stav 3	Tolerance
Frekvence	50 Hz	49 nebo 59 Hz	51 nebo 61 Hz	$\pm 0,5$ Hz
Velikost napětí	U_n	Určený flikrem, nesymetrií, harmonickými, meziharmonickými viz níže	Určený flikrem, nesymetrií, harmonickými, meziharmonickými viz níže	$\pm 1 \% U_n$
Flikr	žádný	Pst = 1, pravouhlá modulace 2,275 Hz	Pst =4 pravouhlá modulace 8,8 Hz	0,1
Nesymetrie	žádná	0,73 U_n fáze A 0,80 U_n fáze B 0,87 U_n fáze C všechny úhly 120° (nesymetrie 5 %)	1,52 U_n fáze A 1,4 U_n fáze B 1,28 U_n fáze C všechny úhly 120° (nesymetrie 5 %)	0,5 %
Harmonické	žádné	10% U_n 3.h. při 0° 5% U_n 5.h. při 0° 5% U_n 29.h. při 0°	10% U_n 7.h. při 180° 5% U_n 13.h. při 0° 5% U_n 25.h. při 0°	3 % U_n
Meziharmonické	žádné	1% U_n při 7,5nás. zákł. harm.	1% U_n při 1,8nás. zákł. harm.3	1 % U_n

Pokud přístroj třídy A odebírá energii z měřicího vstupu, měřicí zařízení nesmí měnit charakteristiky napětí na měřicích vstupech.

Přesnost přístrojů musí být ověřována pro každou měřenou veličinu následujícím způsobem:

1. volba ověřované měřené veličiny (např. ef. hodnota napětí)
2. při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 1 se ověřuje měřená veličina v pěti bodech rovnoměrně rozmístěných v pracovním rozsahu (např. 60 % U_n , 95 % U_n , 130 % U_n , 165 % U_n , 200 % U_n)
3. při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 2 se zkouška opakuje
4. při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 3 se zkouška opakuje.

6.4 FREKVENCE

Měření

Výstup frekvence je průměr měření celého počtu cyklů odpovídajícího (ale vždy menšího než) 10 s.

Pozn.: Frekvence může být odvozena od počtu průchodů konstantním prahovým napětím blízkým nule za přibližně 10 s. Frekvence je poměr počtu celých period za přibližně 10 s k celkovému trvání týchž period. Přípustné jsou i jiné techniky, poskytující ekvivalentní výsledky.

Měření se aktualizuje každých 10 s. Měřicí intervaly musí na sebe navazovat, ale nesmí se překrývat. Jednotlivé cykly, které přecházejí mez 10 s, mohou být vyloučeny.

Přesnost měření

V definovaném pracovním rozsahu a za podmínek popsaných v části 3.2 je nepřesnost vyhodnocení frekvence $\Delta f = \pm 10$ mHz.

Vyhodnocení měření

Pokud se objeví v měřicím intervalu pokles, přerušení napětí nebo zvýšené napětí, data frekvence z tohoto intervalu musí být označena návěštím.

Frekvence musí být měřena na referenčním kanále.

První měřicí interval po poklesu, přerušení napětí nebo zvýšení napětí musí začít prvním kladným průchodem nulou poté, co reálný čas dosáhne hranice 10 s.

6.5 VELIKOST NAPĚTÍ

Měřena musí být efektivní hodnota napětí definovaná následující rovnicí

$$U_{rms-T} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Přesnost měření

Ve stanoveném pracovním rozsahu a za podmínek předepsaných pro zkoušky je chyba měření $\Delta V = \pm 0,1 \%$ z naměřené hodnoty.

Vyhodnocení měření

Měřicí intervaly T efektivních hodnot jsou: 200 ms, 3 s, 10 minut a 2 hodiny. U jednofázových systémů je jedna měřená hodnota pro každý měřicí interval, u třífázových systémů jsou to 3 pro třívodičové systémy a šest pro čtyřvodičové.

Efektivní hodnota pro 10 period

T je rovno pro systém 50 Hz oknu 10 period. Efektivní hodnota pro 200 ms se určí z okamžitých efektivních hodnot napětí. N okamžitých hodnot (u) se získá vzorkováním napětí užitím AD převodníku během každých 200 ms. Všechny intervaly 200 ms musí na sebe navazovat a nepřekrývat se. 200 ms efektivní hodnota se určí jako:

$$u_{rms-200ms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N u^2}{N}}$$

Pokud je při jednofázovém měření 200 ms hodnota větší než 150 % U_n nebo menší než 50 % U_n , 200 ms efektivní hodnota napětí v tomto intervalu bude označena návěštím. Při trojfázovém měření, jestliže jakákoliv z 200 ms efektivních hodnot je větší než 150 % U_n nebo menší než 50 % U_n , budou všechny 200 ms efektivní hodnoty napětí v tomto intervalu označeny návěštím.

6.6 FLIKR

Pro přístroje třídy A platí norma [16].

6.7 POKLESY A ZVÝŠENÍ NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ

Měření

Měřicí zařízení musí měřit efektivní hodnotu napětí periodu za periodou. Měření se aktualizuje každou půlperiodu (tj. jednotlivé periody na sebe budou navazovat a překrývat se o půlperiodu).

Pro vícefázový systém každá perioda začíná kladným průchodem nulou referenčního napětí.

U vícefázových systémů jsou poklesy a zvýšení napájecího napětí detekovány a měřeny odděleně pro každý měřicí kanál.

Hloubka a výška měřené hodnoty

Pokles napětí na x %

U jednofázového systému je pokles napětí na x %, když efektivní hodnota klesne na x % ($x > 10\%$) referenčního napětí U_{ref} .

U vícefázového systému je pokles napětí na x %, když efektivní hodnota napětí jedné z fází klesne na x % ($x > 10\%$) referenčního napětí U_{ref} , i když napětí ostatních fází nejsou současně pod x %.

Zvýšení napětí na x %

U jednofázového systému je zvýšení napětí na x %, když efektivní hodnota vzroste na x % referenčního napětí U_{ref} .

U vícefázového systému je zvýšení napětí na x %, když efektivní hodnota napětí jedné z fází vzroste na x % referenčního napětí U_{ref} , i když napětí ostatních fází nejsou současně přes x %.

Trvání poklesu na x %

U jednofázového systému začíná pokles napětí na začátku první periody s napětím pod mezí poklesu a končí s poslední periodou, která je větší než mez poklesu plus hystereze.

U vícefázového systému začíná pokles napětí v okamžiku, kdy se pokles projeví u fáze postižené narušením a končí s poslední periodou poklesu plus hystereze u poslední postižené fáze.

Trvání zvýšení na x %

U jednofázového systému začíná zvýšení napětí na začátku první periody s napětím nad mezí zvýšení a končí s poslední periodou, která je menší než mez zvýšení mínus hystereze.

U vícefázového systému začíná zvýšení napětí v okamžiku, kdy se zvýšení projeví u první fáze s poruchou a končí s poslední periodou zvýšení minus hystereze u poslední postižené fáze.

Přesnost měření

Neurčitost při měření poklesů a zvýšení napětí pro přístroje třídy A musí být $\Delta U = \pm 0,2 \% U_n$.

Neurčitost měření trvání poklesů a zvýšení napětí pro přístroje třídy A je menší než 2 cykly.

6.8 PŘERUŠENÍ NAPÁJENÍ

Měření přerušení napájení včetně jeho trvání je shodné s měřením napěťových poklesů s mezí nastavenou na 10 %.

Měřicí zařízení musí detekovat přerušení na konci prvního cyklu, ve kterém napětí kleslo na hodnotu mezi 0 a 10 % referenčního napětí.

Neurčitost trvání přerušení musí být do 40 ms.

Pozn.: Pokud přerušení trvá déle než čas specifikovaný pro napájecí napětí přístroje, pak trvání neurčitosti měření bude delší, vzhledem k času do obnovení pohotovosti měřicího přístroje po dlouhém přerušení.

Pro velikost napětí je pracovní rozsah rozšířen na 1 – 115 %.

6.9 NESYMETRIE NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ

Měření

Nesymetrie napětí u_u v daném časovém úseku T je definována za použití metody souměrných složek velikostí poměru zpětné složky napětí V_i k sousledné složce V_d , vyjádřené v procentech:

$$u_u = \frac{|V_i|}{|V_d|} \times 100\% ,$$

což může být vyjádřeno jako

$$u_u = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \times 100\% \quad \text{kde} \quad \beta = \frac{U_{12fund}^4 + U_{23fund}^4 + U_{31fund}^4}{(U_{12fund}^2 + U_{23fund}^2 + U_{31fund}^2)}$$

kde U_{12fund} je sdružené napětí základní harmonické fází 1 a 2 (U_{23fund} a U_{31fund} jsou analogicky další sdružená napětí základní harmonické).

Měřicí souprava musí vyhodnocovat nesymetrii v oknu 10 minut, pro výpočet se užije pouze základní harmonická. Všechny ostatní harmonické mají být vyloučeny filtry nebo algoritmem DFT.

Přesnost měření

Pokud je na vstup přivedeno napětí splňující referenční podmínky a s nesymetrií 1 až 5 %, měřicí souprava musí mít chybu $\Delta u_u \leq 0,2\% U_u$ (Δu_u je v %).

Při měření nesymetrie je rozšířen měřicí rozsah velikosti napětí na 0 – 200 % U_n .

Hodnocení měření:

Musí být užity měřicí intervaly (T): 3 s, 10 minut a 2 hodiny.

Měřicí souprava musí měřit nebo počítat nesymetrii napětí pro každé okno 10 cyklů 50 Hz.

Měření nesymetrie je označeno návěštím během poklesu, zvýšení napětí nebo přerušení.

6.10 HARMONICKÉ

Měření je definováno v [17].

Při měření musí být užity následující měřicí intervaly T: 200 ms, 3 s, 10 minut a 2 hodiny.

Pokud se v průběhu měření projeví pokles, zvýšení napětí nebo přerušení, příslušné měření musí být označeno návěštím.

6.11 MEZIHARMONICKÉ

Měření je definováno v [17].

Musí být užity následující měřicí intervaly T: 200 ms, 3 s, 10 minut a 2 hodiny.

Pokud se v průběhu měření projeví pokles, zvýšení napětí nebo přerušení, příslušné měření musí být označeno návěštím.

6.12 SIGNÁLY PO SÍTI

Podle ČSN EN 50160 ed. 3 se měří střední, nikoli pravá efektivní hodnota v pevném intervalu 3 s, při době pozorování 1 den.

7 TECHNICKÉ PARAMETRY

7.1 PRACOVNÍ ROZSAHY A PROSTŘEDÍ

Analyzátoři kvality jsou zpravidla připojeni k přístrojovým měřicím transformátorům napětí a proudu, instalovaným v jednotlivých fázích.

Jmenovitému fázovému napětí v síti odpovídá napětí na napěťových vstupech analyzátoru $100/\sqrt{3}$ V.

Jmenovité sekundární proudy transformátorů proudu jsou buď 1 nebo 5 A.

Základní pracovní rozsahy uvedené v TAB. 8 jsou určeny pro veličiny odvozené z měřeného (měřených) napětí. Prostředí definují TAB. 9 až TAB.11¹¹, meze pro pomocné napětí TAB. 12.

¹¹ Pro okolní teplotu a vlhkost prostředí v místě instalace lze sjednat nižší požadované rozsahy

TAB. 8 PRACOVNÍ ROZSAHY PRO TŘÍDU A PODLE [1]

Ovlivňující veličina	Rozsah pro třídu A
frekvence	42,5 až 57,5 Hz
velikost napětí (ustálený stav)	60 – 200 % U_n
flikr (P_{st})	0 – 4
nesymetrie	0 – 5 %
harmonické (THD)	dvojnásobek kompatibilních úrovní podle ČSN EN 61000-2-4 ed. 2, tab. 2, 3, 4, 5 třída 3 [18]
meziharmonické	dvojnásobek kompatibilních úrovní podle ČSN EN 61000-2-4 ed. 2, tab. 6 třída 3 [18]
signál HDO	0 – 9 %
přechodná přepětí	6 kV
rychlé přechodové jevy	4 kV

TAB. 9 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ

Ovlivňující veličina	Rozsah
okolní teplota	-20 °C – 45 °C
Vlhkost	20 % - 95 %
magnetická indukce vnějšího původu při vztažné frekvenci (50 Hz) libovolného směru	až do 0.5 mT; IEC 1036, tabulka 14
vnější elektrické pole při vztažné frekvenci (50 Hz) libovolného směru	až do 1 kV/m
elektrostatické výboje	15 kV, IEC 61000-4-2, tabulka 1 hladina 3 [19]
elektromagnetické vlnění (80 – 1000 MHz)	10 V/m, IEC 61000-4-3, tabulka 1 hladina 3 [20]
pomocné napájecí napětí	viz TAB.13

TAB. 10 MEZNÍ PROSTŘEDÍ

Ovlivňující veličina	Rozsah
velikost napětí	<250% U_n s trváním 30 minut za periodu 24 hodin, na měřicích vstupech, mezi vstupy nebo mezi vstupem a zemí
okolní teplota	-40 °C – 55 °C
vlhkost	10 % - 90 % bez kondensace
pomocné napájecí napětí	podle TAB.6
přechodná přepětí	4 kV; ČSN EN 61000-4-5 ed. 2, tabulka 1 třída 4 [21]

TAB: 11 PODMÍNKY PRO DOPRAVU A SKLADOVÁNÍ

Ovlivňující veličina	Rozsah
okolní teplota	-40 °C – 70 °C
Vlhkost	10 % - 90 % bez kondenzace

TAB. 12 POMOCNÉ NAPÁJECÍ NAPĚTÍ

Ovlivňující veličina	Rozsah
napájecí napětí	70 – 140 % U_a trvale 0-200 % po dobu 15 min. (třída A) a 1 minuta (třída B) po 10 hodinách provozu
přechodná přepětí a rušení	6 kV L-N, N-PE, L-PE (reference se zvažují)
potenciál vůči komunikačnímu vedení (telefon, data, apod.)	(reference se zvažují)

7.2 NAPĚŤOVÉ VSTUPY

- Minimálně tři napěťové diferenciální vstupy, vzájemně galvanicky volné,
- vstupní úroveň signálu 0 –250 V ef.

7.3 PROUDOVÉ VSTUPY

- Minimálně tři nezávislé, galvanicky volné vstupy,
- vstupní úroveň signálu 0 –2 (10) A ef.

7.4 DIGITÁLNÍ VSTUPY

Analyzátor musí být vybaven vstupy pro přijímání řídicích signálů od dalších zařízení.

7.5 DIGITÁLNÍ VÝSTUPY

- Minimálně dva digitální reléové výstupy, programovatelné na ovládání překročením mezí sledovaných veličin kvality napětí nebo proudu.

7.6 SOFTWARE

Programy pro vyhodnocení a komunikaci musí být uzpůsobeny pro Windows XP/W7, základní agregace naměřených dat pro vyhodnocení jednotlivých parametrů kvality a pro zvolené časové intervaly musí být součástí analyzátoru.

Místně zadavatelné musí být převody přístrojových transformátorů napětí a proudů.

Mezní hodnoty, jejichž překročení se zaznamená jako událost, musí být pro jednotlivé parametry zadavatelné jak místně, tak dálkově.

Software pro statistické zpracování naměřených hodnot musí umožnit zadávat dovolené tolerance dané veličiny (např. ± 10 %) a pravděpodobnost, s jakou daná veličina v daném časovém období nesmí být překračována (např. 95%, 99 %, 100% a pod.).

Je zapotřebí rozlišovat mezi oprávněním pro čtení naměřených hodnot a oprávněním pro parametrizaci.

8 MĚŘENÍ PARAMETRŮ KVALITY A SMLUVNÍ VZTAHY

8.1 VŠEOBECNÉ

Podmínky smlouvy musí být zároveň dosažitelné pro jednu a přijatelné pro druhou stranu. Výchozím bodem musí být standard nebo specifikace odsouhlasená oběma zúčastněnými stranami. Pozornost je zapotřebí věnovat plánovacím hladinám a úrovním kompatibility v příslušných normách [18, 19, 20, 24, 28].

Pro to, aby naměřené hodnoty reprezentovaly podmínky běžného provozu, lze při vyhodnocování měření kvality elektřiny nepřihlížet (nikoliv je vyloučit) k datům, která byla naměřena za výjimečných podmínek, jako:

- extrémní povětrnostní podmínky
- cizí zásahy
- nařízení správních orgánů
- průmyslová činnost (stávky v mezích zákona)
- vyšší moc
- výpadky napájení způsobené vnějšími vlivy.

V kontraktu by mělo být určeno, zda data označená návěstím mají být vyloučena z vyhodnocení při posuzování, zda výsledky měření vyhovují podmínkám kontraktu. Pokud jsou data s návěstím vyloučena z vyhodnocení, výsledky měření jsou obecně vzájemně pro jednotlivé parametry nezávislé a každý parametr bude možno snadněji porovnat s hodnotami v kontraktu. Pokud budou data s návěstím zahrnuta do vyhodnocení, výsledky budou více přímo svázány s účinky sledovaných parametrů kvality na citlivou zátěž, ale bude mnohem obtížnější, nebo přímo nemožné srovnání s podmínkami kontraktu.

Pozn. Přítomnost dat s návěstím naznačuje, že měření mohlo být ovlivněno rušením a tudíž následovně jedna porucha mohla ovlivnit více parametrů.

Pokud je rozhodnuto o nezbytnosti měření parametrů kvality pro posouzení, zda dodávka elektřiny vyhovuje podmínkám kontraktu, je na smluvní straně, která požaduje měření, aby je zajistila. To však neznamená, že by kontrakt nemohl obsahovat ujednání, kdo bude zajišťovat měření. Je též možno konzultovat třetí stranu.

V kontraktu by mělo být stanoveno, jak budou finanční náklady měření rozděleny mezi zúčastněné strany. Toto může být závislé na výsledcích měření.

V kontraktu o měření by měla být stanovena doba jeho trvání, doba trvání měření, které parametry kvality se budou měřit a dále umístění měřicího přístroje z hlediska sítě.

Volba zapojení měřicího přístroje (tj. hvězda/trojúhelník) by měla respektovat typ zdroje, nebo by měla být dohodnuta zúčastněnými stranami. Měla by být explicitně vyjádřena ve smlouvě.

Ve smluvních podmínkách mají být explicitně stanoveny metody měření, popsané v části 6.

Ve smlouvě má být stanovena přesnost použitého měřicího zařízení.

Smlouva má specifikovat metodu stanovení náhrad pro případ, že by některá ze zúčastněných stran odmítla splnit své závazky.

Smlouva může obsahovat dohodu, jak postupovat v případě námitek k interpretaci naměřených výsledků.

Ve smlouvě je vhodné stanovit podmínky přístupu k datům a utajení, jelikož strana provádějící měření nemusí též analyzovat data a posuzovat, zda vyhovují smlouvě.

8.2 ZVLÁŠTNÍ UJEDNÁNÍ

Kvalita elektřiny je stanovena porovnáním mezi výsledky měření a limity (dohodnutými hodnotami) v kontraktu. Zúčastněné strany by měly odsouhlasit kategorii přesnosti měřicího zařízení, které má být použito. Měřicí přístroj kategorie A by měl být použit, pokud je potřeba porovnávat výsledky dvou samostatných zařízení, tj. dodavatele a zákazníka, neboť přesnost přístrojů v kategorii B byla shledána pro tyto účely nepřijatelná. Podrobnosti jsou uvedeny v Příloze 5 PPLDS: "Obchodní měření" nebo v [L6].

Každý parametr kvality může v kontraktu obsahovat dohodnutou(é) hodnotu(y), uvažovaný časový interval, délku časového úseku pro vyhodnocení a nejvyšší počet označených dat, která mohou být zahrnuta do vyhodnocení. V následujících jsou uvedeny doporučené hodnoty.

8.2.1 Frekvence sítě

Interval měření: minimální perioda pro vyhodnocení – 1 týden.

Postup při vyhodnocení: Mají být uvažovány intervaly 10 vteřin. Následující postupy jsou doporučeny, zúčastněné strany se mohou dohodnout na odlišných:

- počet nebo procento hodnot během intervalu, přesahujících nejvyšší nebo nejnižší mezní hodnotu podle kontraktu, které může být uvažováno při vyhodnocení
- *a/nebo* nejhorší naměřené hodnoty mohou být porovnány s *nejvyššími a/nebo nejnižšími* hodnotami v kontraktu (může být zvolen rozdílný interval záznamu)
- *a/nebo* jedna nebo více hodnot, 95% (může být jiná hodnota) týdenních hodnot, vyjádřených v Hertz, může být porovnáno s *nejvyššími a/nebo nejnižšími* hodnotami ve smlouvě
- *a/nebo* počet po sobě jdoucích hodnot, které překročily *nejvyšší a/nebo nejnižší* hodnoty kontraktu a mohou být zahrnuty do hodnocení
- *a/nebo* integrace odchylek od jmenovité frekvence během měřicího intervalu může být porovnána s hodnotami kontraktu. (Pozn. Váže se k akumulované časové chybě pro synchronní zařízení jako hodiny).

8.2.2 Napájecí napětí

Interval měření : minimální vyhodnocovací perioda jeden týden.

Metody vyhodnocení: lze vyhodnocovat 10 minutové intervaly. Následující postupy jsou doporučené, zúčastněné strany se mohou dohodnout na odlišných:

- při vyhodnocování lze uvažovat počet nebo procento hodnot během intervalu, které přesáhly nejvyšší nebo nejnižší mezní hodnotu podle smlouvy
- *a/nebo* nejhorší naměřené hodnoty mohou být porovnány s *nejvyššími a/nebo nejnižšími* hodnotami ve smlouvě (může být zvolen rozdílný interval záznamu)
- *a/nebo* 95% (může být jiná hodnota) týdenních hodnot, vyjádřených v Hertz, může být porovnáno s *nejvyššími a/nebo nejnižšími* hodnotami ve smlouvě
- *a/nebo* hodnocení počtu po sobě jdoucích hodnot, které překročily *nejvyšší a/nebo nejnižší* hodnoty ve smlouvě.

8.2.3 Flickr

Interval měření : minimální vyhodnocovací perioda jeden týden.

Metody vyhodnocení: Lze vyhodnocovat 10 min. hodnoty (Pst) *a/nebo* 2 hod. hodnoty (Plt).

Doporučené jsou následující postupy pro obě hodnoty, smluvní strany se mohou dohodnout na odlišných:

- při vyhodnocování lze uvažovat počet nebo procento hodnot během intervalu, které přesáhly mezní hodnotu podle smlouvy
- *a/nebo* 99% (nebo jiné procento) týdenních hodnot Pst, nebo 95% (nebo jiné procento) pravděpodobnosti týdenních hodnot Plt může být porovnáváno s hodnotami smlouvy.

8.2.4 Poklesy/zvýšení napájecího napětí

Interval měření: minimální interval 1 rok.

Metody vyhodnocení:

- zúčastněné strany by se měly dohodnout na stanovení referenčního napětí U_r .

Pozn.: Pro zákazníky nn je deklarované napětí obvykle stejné jako jmenovité napětí napájecího systému. Pro zákazníky připojené na napěťové hladiny, kde lze očekávat dlouhodobě velké napěťové změny (obvykle vn nebo vvn) je možno preferovat klouzavé referenční napětí. Pokud je použito klouzavé referenční napětí, měly by být zároveň stanoveny „klouzavé“ smluvní hodnoty.

Smluvní strany by se měly shodnout na:

- prahových hodnotách pro poklesy napětí a přepětí
- způsobu agregace fází
- způsobu agregace času
- způsobu agregace měřicích míst, (pokud je měřeno na více místech)
- prezentaci výsledků jako jsou tabulky zbytkové napětí/trvání
- dalších metodách vyhodnocení, pokud přicházejí do úvahy.

8.2.5 *Přerušeni napájecího napětí*

Minimální perioda měření 1rok.

Vyhodnocovací metody: strany se mohou dohodnout na časových intervalech, které definují krátkodobé a dlouhodobé přerušeni. Při vyhodnocení může být uvažován počet přerušeni a celková doba „dlouhých“ přerušeni v průběhu doby měření. Stranami může být dohodnut i jiný postup při vyhodnocování.

8.2.6 *Nesymetrie napájecího napětí*

Interval měření : minimálně 1 týden.

Metoda vyhodnocení: mohou být uvažovány 10 minutové a/nebo 2 hodinové hodnoty.

Pro vyhodnocení se navrhuje následující způsob, ale mezi stranami může být dohodnut jiný:

- může být počítán počet nebo procento hodnot které během měření překročí dohodnuté meze
- a/nebo nejhorší naměřené hodnoty mohou být porovnávány s hodnotami ve smlouvě (měřicí interval může být v tomto případě odlišný, např. 1 rok)
- a/nebo jedna nebo více hodnot, 95% (nebo jiné procento) týdenních hodnot, vyjádřených v procentech může být porovnáno s hodnotami ve smlouvě.

8.2.7 *Harmonické napětí*

Interval měření: jeden týden pro 10 minutové intervaly a v případě intervalů 3 vteřiny denní vyhodnocování po dobu minimálně 1 týden.

Metody vyhodnocení: vyhodnocovány mohou být intervaly 3 vteřiny nebo 10 minut.

Smluvní hodnoty se mohou týkat jednotlivých harmonických nebo skupiny harmonických, nebo např. sudých či lichých harmonických podle dohody smluvních stran.

Následující metody jsou doporučeny, po dohodě mezi stranami mohou být použity jiné:

- může být počítán počet nebo procento hodnot, které během měření překročí dohodnuté meze
- a/nebo nejhorší naměřené hodnoty mohou být porovnávány s hodnotami ve smlouvě (měřicí interval může být v tomto případě odlišný, např. 1 rok)
- a/nebo jedna nebo více hodnot, 95% (nebo jiné procento) týdenních hodnot pro desetiminutové intervaly, a/nebo 95% (nebo jiné procento) denních hodnot pro 3vteřinové hodnoty, vyjádřených v procentech může být porovnáno s hodnotami ve smlouvě.

8.2.8 *Meziharmonické napětí*

Interval měření: minimálně 1 týden pro 10-minutové intervaly a denní vyhodnocení pro interval 3-vteřiny minimálně po dobu 1 týdne.

Metody vyhodnocení: vyhodnocovány mohou být intervaly 3 vteřiny nebo 10 minut.

Hodnoty se mohou týkat skupiny meziharmonických nebo jiné skupiny podle dohody ve smlouvě.

Následující metody jsou doporučeny pro všechny hodnoty, po dohodě mezi stranami mohou být použity jiné:

- může být počítán počet, nebo procento hodnot které během měření překročí dohodnuté meze
- a/nebo nejhorší naměřené hodnoty mohou být porovnávány s hodnotami ve smlouvě (měřicí interval může být v tomto případě odlišný, např. 1 rok)
- a/nebo jedna nebo více hodnot, 95% (nebo jiné procento) týdenních hodnot pro desetiminutové intervaly, a/nebo 95% (nebo jiné procento) denních hodnot pro 3vteřinové hodnoty, vyjádřených v procentech může být porovnáno s hodnotami ve smlouvě.

8.2.9 Signální napětí v napájecím napětí

Interval měření: minimálně denní vyhodnocení.

Metody vyhodnocení: smluvní hodnoty mohou být užity pro všechny hodnoty, po dohodě mezi stranami mohou být použity jiné.

- může být zjišťován počet nebo procento hodnot, které během měřicího intervalu překročí dohodnuté meze
- *a/nebo* nejhorší naměřené hodnoty mohou být porovnávány s hodnotami ve smlouvě. (měřicí interval může být v tomto případě odlišný, např. týden).