

ČEZDistribuce, E.ON Czech, ČEPS, PREdistribuce,	POKYN PRO POUŽÍVÁNÍ EVROPSKÉ NORMY EN 50160	PNE 33 0122
<p>Odsouhlasení normy</p> <p>Konečný návrh podnikové normy energetiky pro rozvod elektrické energie odsouhlasily tyto organizace: ČEPS, ČEZDistribuce, E.ON Czech a.PREdistribuce</p> <p>Tato norma vychází z technické zprávy CLC/TR 50422:2013.</p> <p>Změny proti předchozí normě</p> <p>CLC/TR 50422:2013 obsahuje, v porovnání s CLC/TR 50422:2003, následující významné technické změny: toto druhé vydání bylo rozšířeno s ohledem na</p> <ul style="list-style-type: none">– zahrnutí dodávky velmi vysokého napětí (VVN) do normy;– provázání EN 50160 s ostatními normami;– výběr hodnot kvality elektřiny (power quality – PQ) a příslušných možností;– aktuálních trendy ve využívání sítě, které mohou vést k dalšímu vývoji normy.		
Návaznost: ČSN 33 0122	Účinnost od: 2016-01-01	

Informace o citovaných dokumentech

EN 50160:2010 zavedena v ČSN EN 50160:2011 ad.3 (33 0122) Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí

Související ČSN a PNE

ČSN 33 0122:2005 (33 0122) Pokyn na používání evropské normy EN 50160

ČSN EN 50160:2011 ed.3 (33 0122) Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí

ČSN EN 50438:2014 (33 0127) Požadavky na paralelní připojení mikrogenerátorů s veřejnými distribučními sítěmi nízkého napětí

ČSN EN 50550:2011 ed.2 (35 4195) Ochranná zařízení proti přechodnému přepětí pro domácnost a podobné použití (POP)

ČSN EN 60038:2012 (33 0120) Jmenovitá napětí CENELEC

ČSN EN 61000-2-2:2005 (33 3432) Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 2-2: Prostředí – Kompatibilní úrovně pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením a signály ve veřejných rozvodných sítích nízkého napětí

ČSN EN 61000-3-12 (33 3432) Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 3-12: Meze – Meze harmonických proudů způsobených zařízeními se vstupním fázovým proudem $> 16 \text{ A}$ a $\leq 75 \text{ A}$ připojeným k veřejným sítím nízkého napětí

ČSN EN 61000-4-15:2011 ed.2 (33 3432) Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-15: Zkušební a měřicí technika – Flikmetr – Specifikace funkce a dimenzování

ČSN EN 61000-4-30:2009 ed.2 (33 3432) Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-30: Zkušební a měřicí technika – Metody měření a kvality energie

PNE 33 3430-7 ed.3 Charakteristiky napětí elektrické energie ve veřejné distribuční síti

Vypracování normy

Zpracovatel: EGC – EnerGoConsult ČB, s.r.o., IČ 25166972, Ing. Procházka Karel, CSC, Pražák Petr

Pracovník ČSRES Ing. Jaroslav Bárta a Ing. Pavel. Kraják

Předmluva

Tento dokument (CLC/TR 50422:2013) byl připraven CLC/TC 8X „Systémová hlediska dodávky elektrické energie“.

Tato technická zpráva, připravená TF 8 CLCTC 8x/WG1 „Fyzikální vlastnosti elektrické energie“ je založena na CLC/TR 50422:2003 (první vydání) [4] a následném vývoji.

Tento dokument nahrazuje CLC/TR 50422:2003 + tiskové opravy z června 2005.

CLC/TR 50422:2013 obsahuje, v porovnání s CLC/TR 50422:2003, následující významné technické změny: toto druhé vydání bylo rozšířeno s ohledem na

- zahrnutí dodávky velmi vysokého napětí (VVN) do normy;
- provázání EN 50160 s ostatními normami;
- výběr hodnot kvality elektřiny (power quality – PQ) a příslušných možností;
- aktuálních trendy ve využívání sítě, které mohou vést k dalšímu vývoji normy.

V rámci této technické zprávy odkazuje „Norma“ na EN 50160:2010 [8]. Stejně tak „Pokyny“ odkazují na tyto aplikační pokyny, CLC/TR 50422:2013.

Upozorňuje se na možnost, že některé prvky tohoto dokumentu mohou být předmětem patentových práv. CENELEC nelze činit odpovědným za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv.

Tento dokument byl připraven CENELEC na základě mandátu daném Evropskou komisí a Evropskou asociací pro volný obchod.

Obsah

	Strana
Úvod	6
1 Rozsah platnosti.....	7
2 Historický přehled normy a jejího vývoje	7
2.1 Historický vývoj.....	7
2.2 Struktura.....	9
2.3 Nové verze EN 50160. Posun směrem k mezím a požadavkům.....	10
2.4 Kapitola VVN.....	11
3 Norma	12
3.1 Obecně.....	12
3.2 Použitelnost.....	12
3.3 Jevy, které jsou/nejsou řešeny	14
3.4 Konkrétní pojmy	14
3.4.1 Obecně.....	14
3.4.2 Napájecí napětí	15
3.4.3 Předávací místo a další referenční body	15
3.4.4 Jmenovité napětí (U_n) a dohodnuté napětí (U_c).....	16
3.5 “Měření podle EN 50160“	16
3.6 Průměrovací časy, sledovací období.....	16
3.7 Hodnoty PQ a metody zkoušek	17
3.7.1 Pravděpodobností činitelé	17
3.7.2 Ověření shody s EN 50160	18
3.8 Rychlé změny napětí a flickr	18
3.9 Klasifikační tabulka poklesů a zvýšení napětí	19
3.9.1 Vlastnosti poklesů napětí	19
3.9.2 Zbytkové napětí (u)	20
3.9.3 Trvání (t).....	20
3.9.4 Statistika poklesů napětí	20
3.9.5 Vlastnosti dočasého zvýšení napětí	21
3.9.6 Přejídná přepětí	21
3.10 Trendy	22
4 Pozice EN 50160 v rámci norem	22
4.1 Vztah mezi EMC a PQ	22
4.2 Pozice vůči ostatním normám	23
4.2.1 Normy EMC.....	23
4.2.2 Ostatní produktové normy	24
4.2.3 EN 60038	25
4.2.4 EN 61000-4-30	25
Příloha A (informativní) Rozptýlená výroba a její vliv na napájecí napětí	26
Příloha B (informativní) Složky napětí/proudu v kmitočtovém rozsahu 2 kHz – 150 kHz a jejich vliv na napájecí napětí ...	28
Příloha C (informativní) Přepětí	30
C.1 Dočasná přepětí (o síťovém kmitočtu) mezi živými vodiči a zemí	30
C.1.1 Obecně.....	30

C.1.2	Distribuční soustava NN.....	30
C.1.3	Distribuční soustava VN.....	30
C.2	Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí	31
C.2.1	Obecně.....	31
C.2.2	Distribuční soustava NN.....	31
C.2.3	Distribuční soustava VN.....	32
C.3	Dočasná přepětí (o síťovém kmitočtu) mezi živými vodiči.....	32
Příloha D	(informativní) Zkratky	33
	Bibliografie.....	35

Úvod

Ve své podstatě musí být norma stručná a neměla by podávat komplexní informace o předmětu, kterým se zabývá. Společně bylo dohodnuto připravit pokyny poskytující dodatečné informace a vysvětlení normy, jejíž první vydání vyšlo v roce 1994. Aktuální Aplikační pokyny představují druhé vydání těchto pokynů, které zohledňuje vývoj normy od uvedení jejího prvního vydání.

1 Rozsah platnosti

Účelem této normy PNE je poskytnout podrobné informace a vysvětlení k EN 50160, s ohledem na historii jejího vývoje a pro její správné použití.

2 Historický přehled normy a jejího vývoje

2.1 Historický vývoj

Úplně první dokument zabývající se určitým souborem vlastností kvality elektřiny, a tudíž původ příslušné evropské normy vydané o zhruba 13 let později, byl článek, uveřejněný Mezinárodním svazem výrobců a distributorů elektrické energie (International Union of Producers and Distributors of Electric Energy – UNIPED) v jejich časopisu „Dodávka elektrické energie“ v květnu 1981 [32]. Odborníci pracovní skupiny „DISPERT“ UNIPED byly pověřeni „definováním různých druhů rušení, které mohou ovlivňovat dodávku nízkého napětí, způsobených opakovanými nebo náhodnými jevy, jejichž výsledkem jsou přepětí, poklesy napětí nebo jiné druhy nepravidelností křivky napětí“.

Tento dokument byl připraven na základě informací shromážděných evropskými distributory, pro účely poskytnutí informací o skutečných parametrech distribuovaného napětí uživatelům sítě, napájených ze soustav NN, a pro konstruktéry zařízení. Poskytuje informace o souboru parametrů:

- které představují hlavní nepravidelnosti v dodávce NN;
- u kterých se předpokládá, že se týkají 95 % případů;
- představují skutečné vlastnosti napájecího napětí, které je potřeba brát v úvahu při konstrukci elektrických a elektronických zařízení, s ohledem na jejich provoz při napájení ze sítě;
- které nejsou zamýšleny jako mezní hodnoty, nýbrž jako přijatelné hodnoty,

rozdělených do čtyř skupin:

a) (kvasi)stacionární jevy, které jsou nejčastěji úzce spojeny s 50 Hz:

- pomalé změny napětí;
- změna kmitočtu;
- nesymetrie trojfázového napětí;
- zkreslení harmonického napětí;
- náhle změny napětí;
- stejnosměrná složka;

b) způsobené náhodnými přechodnými jevy:

- poklesy napětí;
- přechodná snížení napětí;
- špičky, vycházející z provozu elektrického zařízení;
- rázové jevy atmosférického původu;

c) signály HDO (nebo podobné);

d) rádiové signály.

Stávající úroveň harmonického zkreslení, které později posloužily jako základ napěťové charakteristiky harmonických, byly uveřejněny v roce 1981, v článku vydaném International Council on Large Electric Systems (CIGRE) [29].

O osm let později, v září 1989, vydal UNIPED dokument DISNORM 12 [33]:

- který zachovával hlavní principy výše uvedeného dokumentu, zejména „nízkou pravděpodobnost (přibližně 5 %) pro nalezení zmíněných parametrů“;
- stanovil hodnoty napájecího napětí v předávacím místě, které lze u současných technologií rozumně předpokládat;
- seskupil uvažovaný soubor parametrů do čtyř skupin:
 - 1) kmitočty;

- 2) velikost napěťové křivky;
- 3) průběh napěťové křivky;
- 4) symetrie trojfázové soustavy.

V roce 1991 uveřejnila Evropská Komise (European Commission – EC) dvě směrnice, které posléze vedly k požadavku EC na CENELEC, aby zpracoval příslušnou normu (normy):

- i) Směrnice 85/374/EEC týkající se odpovědnosti za vadné výrobky [41],

kteřá kromě jiného stanovuje „že výrobce musí být odpovědný za škody způsobené vadou jeho výrobku“, a že „pojem „výrobek“ zahrnuje i elektrickou energii“.

- ii) Směrnice 89/336/EEC týkající se elektromagnetické kompatibility [42],

kteřá kromě jiného stanovuje, že členské státy „jsou odpovědné za zajištění ochrany distribučních sítí elektrické energie před elektromagnetickým rušením, které je může ovlivňovat a následně ovlivňovat jimi napájená zařízení“.

Kromě toho je třeba zvážit dvě další hlediska, viz příslušný Požadavek návrhu na CENELEC z 11. ledna 1991:

- I) vývoj elektronických součástí v elektrických zařízeních, zejména napájecí elektroniky, který způsobuje relativní snížení kvality „elektřiny“ jako výrobku, za současného zvyšování požadavků uživatelů sítě;
- II) široké spektrum platných směrnic, specifikací nebo kontraktů lišících se v různých členských státech.

Příslušný Požadavek návrhu na CENELEC vyžadoval přípravu evropské normy:

- s ohledem na fyzikální vlastnosti¹⁾ dodávky elektrické energie ve veřejných distribučních sítích nízkého, vysokého a velmi vysokého napětí;
- na základě DISNORM 12 UNIPEDE [33];
- snažící se o maximální možnou shodu s mezinárodními normami a zejména s normami IEC.

Při zapojení výrobců, provozovatelů sítí a consultantů ustanovil CENELEC BTTF 68-6, jehož výsledkem bylo první vydání EN 50160 ratifikované 5. června 1994 [5]. Tato norma se zprvu zabývala kvalitou elektřiny na úrovni NN a VN (viz 2.4).

V souvislosti s původním zadáním, kterým byl popis fyzikálních vlastností elektřiny, představovaly hodnoty dané prvním vydáním EN 50160 [5] úroveň PQ, které bylo možno v předávacích místech v rámci Evropy očekávat.

Vzhledem k založení CLC/TC 8X/WG 1 v rámci CLC/TC 8X (Systémová hlediska dodávky elektrické energie) doznala další vydání EN 50160 [6] a [7] určitých změn. Poté, co se Rada evropských energetických regulátorů (Council of European Energy Regulators – CEER) připojila v roce 2006 k této práci CENELEC, došlo k zintenzívnění příslušného vývoje, jehož výsledkem je aktuální vydání EN 50160:2010 [8], na kterém je založena tato technická zpráva

S ohledem na složitost vlastností elektřiny se považuje za nezbytné, podat podrobnější vysvětlení k jejich původu a zároveň k jejich specifikacím. Poprvé tak učinil UNIPEDE zveřejněním prvních Aplikačních pokynů k evropské normě EN 50160 v lednu 1995 [34], následovaných příslušnou publikací Eurelektriv červenci 1995 [30]. V roce 2003 vydal CENELEC CLC/TR 50422:2003 (1.vydání), ke kterému byla v červnu 2005 vydána tisková oprava [4].

Během další fáze vývoje EN 50160 došlo k určitým významným změnám, které byly zohledněny v příslušné normalizační práci.

- Přechod jmenovitého napětí U_n pro NN z 220 V na 230 V pro kontinentální Evropu a z 240 V na 230 V pro Spojené království, v souladu s HD 472 S1:1989 [16]. S ohledem na jistá přechodná období stanovil tento HD jmenovité napětí U_n v Evropě na 230 V nejpozději k 01/01/1996; pro dosažení napěťového pásma $U_n \pm 10\%$ opravy HD 472 S1:1989 z února 2002, bylo stanoveno konečné datum na 01/01/2009.

¹⁾ Kmitočet, velikost napěťové křivky (pomalé změny úrovně napětí, rychlé změny úrovně napětí, poklesy napětí, přepětí 50 Hz, přechodné přepětí), harmonické, nesymetrie, přerušení napětí, přenosy signálů po síti.

- Rozšíření členů CENELEC z národních komitétů 18 zemí²⁾ v roce 1994 na 33 zemí³⁾ v roce 2013.
- Nárůst využívání elektronických součástek v elektrických zařízeních a instalacích a s tím související emise do napájecí sítě.
- Vzrůstající citlivost elektrických zařízení a instalací na rušivé složky napětí.
- Vzrůstající nároky uživatelů sítě na kvalitu elektřiny.

Důležitou změnou v rámci evropského energetického průmyslu byla deregulace trhu s elektrickou energií zavedením otevřené soutěže pro výrobce a prodejce elektřiny a současného zavedení přirozeného a regulovaného monopolu v podobě provozovatelů elektrické sítě. Podle evropské směrnice 2009/72/EC [3] je úlohou národních regulačních úřadů, kromě jiného, „stanovení a doporučení norem a požadavků pro kvalitu napájení“, jejichž výsledkem je větší zapojení regulačních úřadů do otázek týkajících se kvality elektřiny na národní i evropské úrovni, například v podobě spolupráce mezi Evropskými energetickými regulátory a CENELEC.

2.2 Struktura

Od úplného počátku specifikací PQ, tj. od okamžiku, kdy UNIPEDE zveřejnil své „Vlastnosti dodávky elektrické energie v NN“ v roce 1981 [32] a své Aplikační pokyny pro EN 50160 [34], bylo zřejmé, že se takové specifikace budou zabývat poměrně specifickým výrobkem, zobrazujícím konkrétní vlastnosti, poněkud odlišné od jakéhokoli jiného výrobku (viz 3.7.1). Informativní příloha A EN 50160:2010 [8] uvádí příslušné informace podrobněji.

Na rozdíl od základního chápání elektřiny, které lze vyjádřit pomocí parametrů jako je spojitost, velikost napětí a kmitočet, existuje mnoho vlastností PQ, pokud se budeme zabývat kvalitou dodávky elektřiny podrobně. Od prvního zveřejnění UNIPEDE byl volen odpovídající počet parametrů PQ, popisujících hlavní vlastnosti napájecího napětí.

Pokud se zabýváme jevy PQ, lze založit klasifikaci na různých principech, například na:

- předvídatelnosti jevů ovlivňujících napětí, umožňujících stanovení závazných hodnot odpovídajícího parametru.

To vede ke klasifikaci závazných a indikativních hodnot,

- spojitost, ve větší či menší míře, výskytu jevů.

To vede ke klasifikaci plynulosti jevů a událostí.

UNIPEDE začal s klasifikací blízkou prvnímu případu a tato byla dodržována u vydání EN 50160 od roku 1994 do roku 2007. Tabulka 1 uvádí klasifikaci použitou v prvním vydání EN 50160 z roku 1994.

Tabulka 1 – Klasifikace jevů PQ podle EN 50160:1994 [5] – závazné a indikativní hodnoty

Závazné hodnoty	Indikativní hodnoty
Síťový kmitočet	Poklesy napájecího napětí
Rozsah odchylky napájecího napětí	Krátkodobá přerušování napájecího napětí
	Dlouhodobá přerušování napájecího napětí
Rychlé změny napětí včetně závažnosti flikru	Dočasná přepětí se síťovým kmitočtem
Nesymetrie	Přechodná přepětí
Harmonické napětí	Meziharmonické napětí
	napětí signálů v napájecím napětí

Po vydání z roku 2007 byla klasifikace jevů PQ pro EN 50160 změněna tak, aby rozlišovala mezi:

- spojitými jevy, tj. odchylkami od jmenovitých hodnot, ke kterým dochází trvale v průběhu času. Tyto jevy jsou způsobeny především profilem zátěže, změnami zátěže, nelineárními zátěžemi nebo rozptýlenou výrobou;

²⁾ AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IS, IT, LU, NL, NO, PT, SE.

³⁾ AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR.

- napětové události, tj. náhlé a výrazné odchylky od normálního nebo požadovaného tvaru křivky, ke kterým obvykle dochází v důsledku nepředvídaných událostí (například poruch) nebo vnějších příčin (například povětrnostní vlivy, činnost třetích stran, vyšší moc).

Tabulka 2 uvádí klasifikaci použitou v normě. Klasifikace je nezávislá na příčině jevu, nicméně spojitě jevy jsou způsobeny převážně profilem zátěže, změnou zátěže nebo nelineární zátěží, zatímco napětové události jsou obvykle důsledkem nepředvídaných událostí (například poruch) nebo vnějších příčin (například povětrnostních vlivů, činností třetích stran, vyšší mocí).

Tabulka 2 – Klasifikace jevů PQ podle EN 50160:2010 [8] – Spojité jevy a napětové události

Spojité jevy	Napětové události
Odchylky síťového kmitočtu	Přerušení napájecího napětí
Odchylky napájecího napětí	Poklesy napájecího napětí
Rychlé změny napětí včetně takových, které způsobují mírný flickr	Zvýšení napájecího napětí
Nesymetrie napájecího napětí	Přechodná přepětí
Harmonické napětí	
Meziharmonické napětí	
Napětí signálů v napájecím napětí	

EN 50160:2010 [8] udává meze pro většinu spojitých jevů. Žádné meze nejsou stanoveny pro jednotlivé rychlé změny napětí a pro meziharmonické.

Pro napětové události jsou v EN 50160:2010 [8] dány pouze indikační hodnoty, dokud nebudou získány další informace ze skutečných měření a dalších výzkumů.

Informativní příloha A v EN 50160:2010 [8] poskytuje informace o:

- indikativních hodnotách, aktuálně dostupných na evropské úrovni, pro některé z událostí, definovaných v normě;
- způsobu využití těchto hodnot;
- doporučeních pro sběr dalších dat měření, umožňujících porovnání mezi různými systémy a pro získání homogenních dat na evropské úrovni.

2.3 Nové verze EN 50160. Posun směrem k mezím a požadavkům

Jak bylo vysvětleno ve 2.1, úkolem EN 50160 bylo zavedení normy (norem), stanovením fyzikálních vlastností elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí nízkého, vysokého a velmi vysokého napětí, podobných dříve zveřejněnému dokumentu DISNORM 12 od UNIPED, který by maximálně vyhovoval mezinárodním normám a zejména normám IEC.

Při posouzení vývoje od prvního dokumentu UNIPED z roku 1981 k prvnímu vydání EN 50160, lze vyzdvihnout určitý posun ve významu hodnot, minimálně pokud jde o zvolenou terminologii. Ačkoli při posuzování případů, v nichž jsou stanoveny hodnoty, vyjma nepravdivostí způsobených náhodnými přechodovými jevy

- využívá dokument UNIPED z roku 1981 formulace jako „neměly by se lišit“ (například pomalé výkyvy napětí), „neměly by se lišit o více než“ (například u odchylek kmitočtu), „hodnoty, které by distributoři neměli překračovat“ (například harmonické), „jsou obvykle ...“ (například změny napětí);
- DISNORM 12 vydaný UNIPED mluví explicitně o „hodnotách“ v předávacích místech, které „jsou“ (například kmitočty), „je obvykle“ (například nerovnováha), „budou obecně nižší“ (například přepětí na 50 Hz), představují „normální mez, kterou je možno překročit“ (například rychlé změny), považuje se za „kompatibilní úroveň“ (například harmonické);
- EN 50160:1994, u závazných hodnot, používá poněkud přesnější formulaci, poskytující informace o hodnotách, které nejsou za normálních okolností s určitou pravděpodobností překročeny, tj. jsou průměrně mezi 95 % a 100 % během sledovaného období (viz 3.1, 3.2),

mají všechny tři dokumenty popisný charakter.

V následujících verzích kromě,

- rozšíření rozsahu platnosti o VVN (viz 2.4) a

- jevů, kterými se zabývá
 - v principu (zvýšení napětí od roku 2010)
 - podrobněji (například poklesy a zvýšení napětí),

má norma tendenci stanovovat více mezí s nižší pravděpodobností jejich překročení, například

- kmitočtu u soustav se synchronním spojením se vzájemně propojenou soustavou;
- pomalých změn napětí (poklesy s výjimkou pro odlehlé oblasti NN, snížení zbytkové pravděpodobnosti pro změny U_n překračující mez $U_n \pm 10 \%$),

s rostoucí mírou významných požadavků, které musí provozovatel sítě splnit.

2.4 Kapitola VVN

VVN byla jednou z napěťových úrovní, zmiňovaných Evropskou Komisí (EC) v Požadavku na návrh pro CENELEC v roce 1991. Z praktického hlediska se v dané chvíli, nejen s přihlédnutím k velmi nízkému počtu uživatelů VVN v porovnání s počtem uživatelů VN a zejména NN, jevila jako méně důležitá pro stanovení specifikací vlastností PQ. V důsledku toho bylo první vydání EN 50160 zpracováno pouze pro napěťové úrovně NN a VN.

Mezitím, vzhledem k liberalizaci a z ní plynoucího oddělení provozovatelů distribučních sítí a výrobních společností od provozovatelů přenosových soustav, nabyla na důležitosti snaha o stanovení vlastností PQ pro rozhraní soustav VN, pro účely regulace a smluvní účely, ačkoli počet s tím spojených stížností byl minimální. Rozhraní se soustavami VN se zabývá různými druhy uživatelů sítí: velkými průmyslovými instalacemi, výrobními jednotkami a distribučními sítěmi. S ohledem na nedostatek specifikací EN 50160 bylo v první fázi k některým otázkám přistupováno tak, že se doporučovalo použít meze stanovené EN 50160 pro nižší napěťové úrovně, nebo jen mírně upravené.

Po vydání EN 50160 z roku 2007 bylo rozhodnuto, s ohledem na skutečnost, že se zasmyčkováná struktura sítě přenosové soustavy poněkud liší od sítí NN a VN rozšířit rozsah platnosti EN 50160 z NN a VN i na vyšší napěťové úrovně. Pro účely EN 50160 by PQ měla být popsána pro předávací místa ve veřejných sítích, nicméně bylo rozhodnuto, že jednotlivými uživateli sítě připojenými k ZVN se nebude zabývat. V důsledku toho byl rozsah platnosti EN 50160 rozšířen na napětí do 150 kV. Další práce na přenosových soustavách a soustavách ZVN byla posunuta, bez ohledu na skutečnost, že PQ na nižších úrovních je ovlivňována kvalitou na vyšších napěťových úrovních.

S ohledem na

- dříve zmíněné rozdíly mezi VVN soustavami a NN a VN soustavami
- některé otevřené otázky týkající se společných vlastností PQ mezi úrovněmi sítí
- téměř úplný nedostatek specifikací normalizované elektromagnetické kompatibility (EMC) pro VVN (pro plánovací úrovně jsou dostupné pouze dvě IEC/TR pro harmonické a kolísání napětí)
- nedostatek širších zkušeností s PQ v této napěťové úrovni v Evropě

byla, pro poskytnutí specifikací PQ, zvolena určitá konkrétní řešení lišící se od těch v kapitolách o NN a VN, například

- vzhledem k omezenému významu pro tuto napěťovou úroveň, nejsou stanoveny hodnoty některých jevů například kolísání napájecího napětí, harmonická napětí 17, 19, 23, 25 řádu, napětí signálů v napájecím napětí;
- pro několik jevů, například harmonické, poskytuje EN 50160:2010 [8] pouze indikativní hodnoty; zejména specifikace THD je ve stádiu dalšího zvažování. V případě stížností lze meze pro harmonické v síti VVN zvolit na základě mezí sítě VN, vhodně upravených po dohodě mezi provozovatelem sítě VVN a připojeným uživatelem;
- mez flikru je stejná jako u NN a VN, ale s upozorněním na nejistotu přenosových koeficientů a požadavky na zmírnění v případě překročení $P_t = 1$.

Další specifikace PQ pro tuto napěťovou úroveň jsou zvažovány.

3 Norma

3.1 Obecně

EN 50160 je produktovou normou CENELEC, která definuje, popisuje a specifikuje vlastnosti síťového napětí, které lze očekávat v předávacích místech v NN, VN a VVN sítích v rámci Evropy. Není harmonizována s žádným Evropským nařízením o novém přístupu. Podle mezinárodních směrnic CENELEC, má být norma zavedena jako národní norma ve všech členských státech CENELEC.

V souladu s obecným stavem normy, nejsou samotné specifikace stanovené v hlavní části EN 50160 povinné, ale mohou být stanoveny jako povinné v rámci kontraktu mezi partnery, v místních směrnících a síťových kódech.

Norma bere v úvahu skutečnost, že elektrická distribuční soustava může být vyvinuta s ohledem na:

- a) zajištění odpovídajících podmínek pro provoz zařízení uživatelů sítě a zároveň
- b) zamezení zbytečného nárůstu nákladů na dodávky elektrické energie.

Zachovává se ekonomická rovnováha mezi odpovídajícími náklady na vytvoření vhodnějšího prostředí pro provoz zařízení připojeného k veřejné elektrické síti a náklady na dosažení odpovídající míry emisí a odolnosti zařízení vůči prostředí, ve kterém je určeno k použití.

V prvotní fázi nese náklady na vytvoření příznivějšího prostředí provozovatel sítě a náklady na dosažení nízkých emisí a vysoké odolnosti nese výrobce zařízení. Často, nicméně ne vždy, jsou tyto náklady zahrnuty v síťových tarifech a/nebo v ceně zařízení.

Specifikace kvality napětí a různé druhy odchylek od ideálních hodnot jsou dány množstvím ukazatelů kvality napětí, které se vztahují k místu dodávky a určují rozsah hodnot pro množství jevů. Tyto hodnoty:

- jsou obecně vyšší, než jsou skutečné hodnoty parametrů, které se u těchto jevů vyskytují ve velké většině sítí. I v nejhorsích oblastech bude většinou hodnota ukazatelů kvality napětí nižší než definované hodnoty. Jak je stanoveno v normě, mohou být tyto definované hodnoty překročeny, s definovanou malou zbytkovou pravděpodobností.
- by neměly být interpretovány jako typické hodnoty nebo popis PQ v konkrétním předávacím místě nebo v určité oblasti sítě. Většinou uživatelů sítě je dodávána elektřina v mnohem vyšší kvalitě, než jakou stanovuje EN 50160, tj. ve většině oblastí bude hodnota ukazatelů kvality napětí vždy pod stanovenými mezemi.
- ve vydání normy z roku 2010, s ohledem na změnu charakteru normy (viz také 2.3), představují určité minimální požadavky na PQ ve veřejných napájecích sítích v Evropě.

Norma přistupuje ke všem jevům stejným způsobem; není snaha o jejich řazení podle významu; také s ohledem na to, aby takový význam

- nebyl různý pro různé typy uživatelů sítě a ani pro různé uživatele sítě stejného typu;
- byl neměnný v průběhu let s uváděním nových typů zařízení s rozdílnými charakteristikami emisí a odolnosti na trh.

3.2 Použitelnost

Svým rozsahem platnosti je norma omezena na dodávky elektřiny v předávacích místech (viz 3.4.3) a nezabývá se napájecí soustavou nebo instalacemi a zařízeními uživatelů sítě.

Jelikož se norma týká pouze vlastností napětí v konkrétních bodech veřejné distribuční sítě, nezabývá se přímo samotnými vlastnostmi sítě jako je zkratový výkon/síťová impedance. Nicméně je jasné, že určité vlastnosti sítě budou mít vliv na velikost některých jevů popisovaných normou.

Meze v EN 50160 platí, bez ohledu na druh uživatele sítě, pro:

- uživatele sítě, kteří po celou dobu pouze odebírají elektřinu;
- uživatele sítě, kteří po celou dobu pouze dodávají elektřinu;
- uživatele sítě, kteří elektřinu dodávají i odebírají.

Nicméně, technické podrobnosti udržování vlastností napětí v mezích se mění v závislosti na připojení jednotlivých velkých jednotek nebo velkého počtu malých výrobních jednotek do distribuční sítě. Ačkoli jsou technické podrobnosti týkající se udržení mezí mimo rozsah platnosti EN 50160, je vliv rozptýlené výroby podrobněji projednán v Příloze A těchto pokynů pro použití.

Vzhledem k úkolu, kterým byla EN 50160 pověřena na začátku devadesátých let, zohledňují se při použití EN 50160 místní, časové a provozní podmínky napájecí sítě. S ohledem na tuto klasifikaci se specifikace PQ EN 50160 týkají:

- a) **všech předávacích míst uživatelů sítě v elektrických napájecích sítích v Evropě** (100 % míst). Neplatí tudíž pro:

- libovolné místo v instalaci uživatele sítě,
- žádný bod ve veřejné napájecí síti, který sám není předávacím místem.

V současné Evropské Unii existují miliony takových míst, a každý takový bod je jedinečný, pokud jde o vlastnosti dodávané elektřiny. To, že se vlastnosti liší je způsobeno různými činnostmi provozovatelů veřejných elektrických sítí a zároveň uživateli sítě.

Je nutno poznamenat, že uživateli sítě se rozumí také ostatní provozovatelé sítě.

- b) **očekávaná shoda stanovených hodnot s definovanou pravděpodobností** (x % času; x se blíží 100 %) (viz 3.7.1)

Z hlediska provozovatele sítě, uživatelé náhodně zapínají a vypínají spotřebiče a mění provozní podmínky. Každá taková akce vede ke změně vlastností.

Kromě toho mohou spotřebiče provozované uživateli sítě vytvářet rušení proudu a vysílat je po elektrických sítích; důsledkem je zvýšená úroveň rušení napětí s možnými negativními vlivy na některé vlastnosti napětí.

Vzhledem k vývoji v technologii zařízení a výslednému, kumulativnímu vlivu provozu zařízení podobné technické konstrukce na elektrickou síť, představují výsledné hodnoty rušení další významný faktor, který je nutno zvážit, mluví-li se o PQ (viz také 4.2.1).

- c) **normální provozní podmínky v napájecí síti**. Tyto zahrnují také správnou funkci ochrany v případě poruchy v síti (například přetavení pojistky, působení jističe); provoz se zatížením, které je odsouhlaseno uživatelem sítě a provozovatelem distribuční soustavy a změny konfigurace sítě. Jiné podmínky než normální provozní podmínky, a tudíž mimo rozsah platnosti EN 50160, jsou výjimečné.

EN 50160 neplatí za výjimečných podmínek, pro něž norma uvádí některé konkrétní příklady, které

- jsou neovlivnitelné provozovatelem sítě, a které
- mohou způsobit, že se jedna nebo několik charakteristik vychýlí mimo dané hodnoty.

Tabulka 3 podává vysvětlení příkladů výjimečných podmínek uvedených v normě a jejich příčin.

Zvláštním případem jsou podmínky, které zabraňují provozovateli sítě provádět opravy nebo údržbu, z důvodu povětrnostních podmínek extrémní závažnosti nebo jejich trvání (dlouhodobé vánice, záplavy, sesuvy půdy, extrémní síla větru, atd.).

Kromě toho mají na PQ vliv některé typy extrémních událostí (atmosférické jevy, konstrukční práce, úmyslné poškození nebo vandalismus, dopravní nehody atd.). U těchto událostí nelze předvídat jejich rozsah, ani kdy k nim dojde. Porucha zařízení může také vést k přerušení napájecího napětí. Kdykoli dojde k přerušení napájení, ztrácí ostatní vlastnosti napětí svůj technický smysl.

Pokud lze napájení poskytovat všem nebo co největšímu možnému počtu uživatelů, i za cenu určitého dočasného zhoršení jedné nebo několika charakteristik napětí, je z pohledu uživatelů sítě toto preferovaným řešením, před celkovým přerušením napájení.

Tabulka 3 – Mimořádné podmínky a příklady

Mimořádné podmínky	Příklady
Extrémní povětrnostní podmínky a jiné přírodní katastrofy	Bouře mimořádné síly (překračující právně stanovené požadavky na konstrukci síťových zařízení; pokud postihne síť VVN, stejná rušení jsou zjištěna i na sítích VN a NN), sesuvy půdy, zemětřesení, dlouhodobé vánice, extrémně silný vítr, laviny, záplavy.
Zásah třetí strany	Úmyslné poškození (sabotáž, vandalismus, teroristická akce)
Zásah orgánů veřejné správy	Omezení vyhlášená vládou nebo orgány veřejné správy k zajištění veřejné bezpečnosti nebo environmentálních zájmů, ochrany zvířete. Omezení pro PDS, dané vládou nebo orgány veřejné správy, provádět nezbytné úpravy napájecí soustavy.
Průmyslová činnost (podléhá právním požadavkům)	Odstoupení od práce, stávka
Výpadky napájení způsobené vnějšími událostmi	Omezení výroby nebo přerušení přenosového vedení
Vyšší moc	

V souladu s rozsahem platnosti normy, je možno její specifikace nahradit kompletně, nebo částečně smluvními podmínkami mezi jednotlivými uživateli sítě a provozovatelem sítě. Taková smlouva vzniká s největší pravděpodobností pro uživatele sítě s relativně vysokou spotřebou energie, dodávané z VN nebo VVN sítě. Může se zároveň objevit v případě řídce osídlené oblasti nebo problematickém terénu, například v hornaté oblasti, kde jsou vysoké náklady na napájení. V takových oblastech může zákazník přistoupit za nižší cenu na napájení, které nebude zcela odpovídat EN 50160.

Požadavky na PQ poskytované provozovatelem sítě, nastavené národním regulačním úřadem, mohou být přísnější než specifikace dané normou.

3.3 Jevy, které jsou/nejsou řešeny

Popis elektřiny jako výrobku se provádí pomocí daného rozsahu ukazatelů PQ v předávacím místě pro uživatele sítě.

Pokud se týká vlastností napětí, řeší EN 50160:

- hlavní vlastnosti (nazývané „jevy“) napětí (v předávacím místě pro uživatele sítě v rámci veřejných sítí nízkého, vysokého a velmi vysokého napětí). To řeší velkou část elektromagnetických rušení, které se objevují v předávacích místech.
- meze nebo hodnoty, ve kterých lze očekávat charakteristiky napětí;
- hlavní podmínky, za kterých norma neplatí.

Některá elektromagnetická rušení, jejichž význam vzrostl od vydání první verze EN 50160, norma neřeší. Některé z nich jsou uvedeny níže v libovolném pořadí a bez označení jejich důležitosti:

- přerušení trvající méně než několik sekund jsou označena jako „přechodná přerušení“. Důvodem jejich samostatného označení je, že jejich vliv na zařízení koncového uživatele se liší, někdy výrazně, od vlivu krátkodobého přerušení trvajícího delší dobu.
- z mnoha příčin se větší pozornost začíná věnovat zkreslení průběhu křivky v kmitočtovém rozsahu 2 kHz až 150 kHz. Toto je projednáno podrobněji v Příloze B těchto pokynů.

3.4 Konkrétní pojmy

3.4.1 Obecně

V souvislosti s napětím používá EN 50160 následující pojmy:

- napájecí napětí;
- předávací místo / bod připojení;
- jmenovité napětí U_n ;
- dohodnuté napětí U_c .

Následující vysvětlení má napomoci správnému použití.

3.4.2 Napájecí napětí

S ohledem na původní zadání normy „*definovat, popsat a specifikovat vlastnosti elektrické energie*“, mělo by zde napájecí napětí být vyjádřeno pomocí skutečné hodnoty napětí, průběhu křivky nebo napětí jako funkce času, které se objevuje v předávacím místě uživateli sítě (viz 3.4.3).

Z průběhu této křivky se vypočítávají různé vlastnosti (například „*efektivní hodnota napětí*“ a „*celkové harmonické rušení*“).

Pojem „napájecí napětí“ by neměl být zaměňován s dodávaným napětím v místech odběru (viz 3.4.3), tj. uvnitř instalace uživatele sítě, pro které

- slouží pojem „používané napětí“, například v EN 60038 [11],
- EN 50160 nestanovuje žádné meze.

Je třeba poznamenat, že pojem „napájecí napětí“ je zároveň definován v EN 50160 (definice 3.21) jako „*efektivní hodnota napětí v daném bodě v předávacím místě, měřená po dobu daného intervalu*“.

3.4.3 Předávací místo a další referenční body

Pokud se mluví o dodávce elektřiny, je nutno zvážit různé body jako referenční body:

- a) místo, kde je elektrická energie dodávána do instalace uživatele sítě, nebo ve kterém zdroj napájí veřejnou napájecí síť.

Pro tento bod je pojem

- „předávací místo“ definován v EN 60038 a EN 50160:
„bod přenosové nebo distribuční sítě označený jako takový a smluvně daný, v němž je elektrická energie předávána mezi smluvními partnery“
- „předávací místo“ odkazován také v IEC 617-4-2
- „napájecí bod“ definován v IEC 601-2-33
„Rozhraní mezi elektrickou napájecí soustavou a odběratelem elektrické energie.

POZNÁMKA *Odběratelem může být koncový uživatel nebo organizace distribuující elektrickou energii koncovým uživatelům.*

EN 50160 definuje (3.20 normy) a využívá první uvedený pojem, který je zároveň aktuálnější, pokud jsou rozptýlené generátory považovány za uživatele sítě; vlastnosti napětí specifikované touto normou jsou odkazovány na předávací místa.

U některých uživatelů sítě odpovídá „předávací místo“ místu s elektroměrem.

- b) „bod napájecí rozvodné sítě, elektricky nejbližší konkrétní zátěži, ve kterém jsou nebo mohou být připojeny jiné zátěže“ se nazývá společný napájecí bod (PCC), viz definice v IEC 161-07-15.

POZNÁMKA Text „mohou být připojeny“ se váže ke studii vlivu budoucích instalací na kvalitu napětí.

Kvůli vzájemnému propojení pomocí PCC spolu mohou zátěže interagovat ve smyslu EMC; PCC může být pro jakéhokoli uživatele sítě vzdálen od předávacích míst.

- c) místa v instalaci uživatele sítě, v nichž je elektrické zařízení připojeno k napájení. Pro taková místa byly v minulosti používány pojmy:

- zásuvka;
- bod připojení;
- místo připojení;
- vývod pro zařízení;
- odběrné místo

V aktuální normalizaci, tj. v HD 60364-5-52 [19] se využívá pouze posledně uvedený pojem.

Vzhledem k impedanci vedení mezi předávacím místem uživatele sítě a instalací uživatele sítě, mohou se vlastnosti napětí v místě odběru a předávacích místech lišit. V závislosti na proudu může podle HD 60364-5-52, dojít k poklesu napětí, nicméně pouze nevýznamnému.

Změna vlastností napětí mezi předávacím místem uživatele sítě a místem odběru se také liší u různých jevů/elektromagnetických rušení.

3.4.4 Jmenovité napětí (U_n) a dohodnuté napětí (U_c)

Meze nebo hodnoty napětí stanovené EN 50160 v procentuálních hodnotách jsou založené na

- jmenovitým napětí v případě vlastností nízkého napájecího napětí (NN)
- dohodnutým napájecím napětí v případě vysokého (VN) a velmi vysokého (VVN) napětí.

Napájecí sítě VN a VVN jsou někdy provozovány s odkazem na napětí jiné, než je jmenovité napětí. K tomu například dochází kvůli zajištění průměrného napětí NN napájení uvnitř daného rozsahu napájecího napětí.

3.5 “Měření podle EN 50160“

EN 50160 stanovuje vlastnosti napětí v předávacích místech, ale již nedefinuje, jakým způsobem se tyto vlastnosti měří. Specifikace příslušných způsobů měření lze nalézt v EN 61000-4-30 [15] (viz také 4.2.4).

Měření PQ v souladu s normou by se mělo obecně provádět v předávacích místech, jelikož na tento bod odkazuje norma a je místem, kde končí smluvní povinnost provozovatele sítě. Na druhou stranu lze častěji napěťové události, například poklesy a zvýšení, zjišťovat ve veřejné napájecí síti efektivněji než v předávacím místě. Závažnost a dobu trvání v jednotlivých předávacích místech uživatelů sítě lze následně vypočítat. Příčinou je především stochastická povaha těchto událostí a fakt, že výsledky lze využít pro více než jednoho uživatele sítě. Při instalaci měřicího přístroje je běžnou praxí jeho umístění ve stanicích vysokého nebo velmi vysokého napětí tak, aby byla pokryta co největší možná oblast.

3.6 Průměrovací časy, sledovací období

S ohledem na spojitě jevy, změny napětí, ke kterým dochází plynule v průběhu času, vyžadují meze v normě pro sledovací období trvání alespoň jeden týden, aby se zohlednila změna zatížení.

Pro napěťové události, například poklesy napětí a zvýšení napětí, je nutné relativně dlouhá doba měření. Podle požadované úrovně statistické přesnosti se tato perioda může lišit od jednoho období v roce až po několik let. Je třeba také připustit, že měření není vždy nejvhodnějším způsobem a v takovém případě by měla být zvážena stochastická předpověď.

Jak bylo zmíněno dříve, vlastnosti napětí jsou odvozeny z naměřené křivky napájecího napětí pomocí metod definovaných v EN 61000-4-30 [15].

Měření většiny spojitých jevů vyžaduje průměrovací okno. Jak z hlediska skutečného výpočtu napětí (například nedává smysl stanovovat amplitudu křivky napětí během časového intervalu, kratšího než 20 ms), tak kvůli porovnatelnosti výsledků v různých časových bodech. Pro stanovení časového měřítka, které bude použito pro průměrovací okno, musí být vzato v úvahu, že čím kratší bude použité okno, tím větší vliv na výsledky budou mít jednotlivé události, například odpojení/připojení zátěže a poruchy. Na druhou stranu jsou tyto události součástí souboru vlastností napětí a jako takové by měly mít vliv na měření; tudíž by průměrovací okno nemělo být příliš dlouhé.

Je nutné najít kompromis a v případě této normy je použit desetiminutový úsek z normy pro měření EN 61000-4-30. EN 61000-4-30 umožňuje využít i kratší časová okna (10 period; 150 period), ale ty tato norma nepoužívá.

Zmenšení šířky průměrovacího okna, například omezením z 10 minut na nižší hodnotu, neovlivní situaci PQ v napájecí síti. Nicméně je pro znázornění stejné PQ nutné následně zvolit vyšší maximální a nižší minimální hodnoty.

Důvodem výběru desetiminutového průměrovacího okna je předpokládaná doba, kterou společnost potřebuje pro účinné řízení napětí, a která se obvykle pohybuje v rozmezí 3 minuty až 5 minut. Jelikož tato regulace napětí probíhá v transformovnách pomocí přepínáním odboček pod zatížením, nelze reagovat na rychlejší jevy způsobené náhlou změnou zatížení. Aby bylo možno udržet tyto výkyvy napětí v rozumných mezích, jsou pro odběratele a generátory stanoveny normalizované nebo specifické požadavky na kompatibilitu.

Výjimku představují rychlé změny napětí vedoucí k flikru, u nichž se používá dvouhodinové okno pro výpočet dlouhodobé závažnosti flikru, u síťového kmitočtu (10 s) a u signálních napětí sítě (3 s).

Důležité je také poznamenat, že určité rychlé jevy PQ, například poklesy napětí, mohou rušit některé agregované proměnné i v případě mnohem delšího časového okna. To je případ krátkodobého flikru, který je významně ovlivněn výskytem poklesů napětí během výpočetního období. V takovém případě je důležité tato okna označit, aby je bylo možno řádně vyhodnotit.

3.7 Hodnoty PQ a metody zkoušek

3.7.1 Pravděpodobnostní činitelé

S ohledem na původní úkol daný EN 50160 (viz 2.1) nebyly hodnoty stanovené normou považovány za meze v pravém slova smyslu, tj. hodnoty, které nelze za žádných okolností překročit.

Při stanovení hodnot charakterizujících kvalitu napájecího napětí, tj. při stanovení souboru referenčních technických parametrů zmíněných v definici PQ (viz 3.7.2), je zvažován a vyhodnocován výskyt napětí v předávacím místě.

Elektrina je určitým druhem energie, nikoli konkrétní látka nebo objekt. Vyrábí se v primárních zdrojích energie v mnoha výrobních stanicích a je dodávána pomocí rozsáhlých a složitých soustav veřejných přenosových a distribučních sítí jednotlivým uživatelům sítě, z nichž každý má soukromou distribuční soustavu pro dodávku do koncových bodů, ve kterých je spotřebiče využívají pro takové účely jako je osvětlení, vytápění, jako pohon a pro mnoho elektronických spotřebičů, využívaných moderní společnostmi. Její vlastnosti podléhají, během běžného provozu napájecí soustavy změnám, plynoucím ze změn zatížení, rušení vytvářeného určitým zařízením a výskytem poruch, které jsou způsobeny především vnějšími událostmi a tedy se plynule mění v celém rozsahu této složité veřejné i soukromé sítě.

Napětí dodávané do libovolného předávacího místa je souhrnný výsledek toku proudu v posloupnosti obvodů v přenosových a distribučních sítích. Jedná se o funkci dvou základních proměnných:

- 1) odporu obvodu;
- 2) proudu, který jím teče

a vnějších vlivů včetně vnějších zdrojů výkonu (například rozptýlená výroba).

Ovládat lze pouze prvně uvedenou proměnnou (odpor) a to se děje především:

- volbou vodiče během konstrukce obvodu;
- změnou konfigurace/topologie elektrických sítí s novým vývojem sítě.

Proud v libovolném okamžiku závisí na spotřebičích konkrétní skupiny obsluhovaných uživatelů, připojených v tomto okamžiku a zároveň na dalších připojených zdrojích napětí, jako je rozptýlená výroba.

Vzhledem ke značné univerzálnosti a adaptibilitě elektřiny bylo v původních dokumentech UNIPED [32] a [33] – označujících pravděpodobnost 95 % – a také v EN 50160 až do nynějška pracováno s daným úkolem pomocí stanovení určitých pravděpodobnostních činitelů pro stanovené hodnoty vlastností PQ a uvedením informací s jakou pravděpodobností v čase se předpokládá (vzhledem k průměrným časům a sledovacímu období), že uvedené hodnoty nebudou překračovány.

S ohledem na danou složitost nastavení hodnot vlastností PQ a určitou nejistotu v jejich interpretaci, lze stanovit následující:

a) Volba hodnot a pravděpodobnostních činitelů:

Predikce zatížení umožňuje provozovatelům sítě předvídat proud v daném obvodu s rozumnou mírou pravděpodobnosti. Na základě tohoto předvídaného zatížení jsou zvoleny vhodné vodiče tak, aby zatížení jednotlivých vedení a uzlových napětí bylo v rámci plánovaných tolerancí. Nicméně jelikož samotná predikce podléhá určité pravděpodobnosti, je možné příležitostně překročení predikovaných hodnot.

b) Doba trvání překročení specifikovaných hodnot

Číslo vyjadřuje pravděpodobnost, že konkrétní vlastnost PQ nebude ve sledovaném období v rozmezí definovaných hodnot.

Použití takto definovaných zbytkových pravděpodobností na vyšší počet na sebe navazujících sledovacích období měření PQ může mít za následek nepřijatelné ovlivnění elektrického zařízení a není zamýšleno na použití při specifikaci těchto reziduálních pravděpodobností

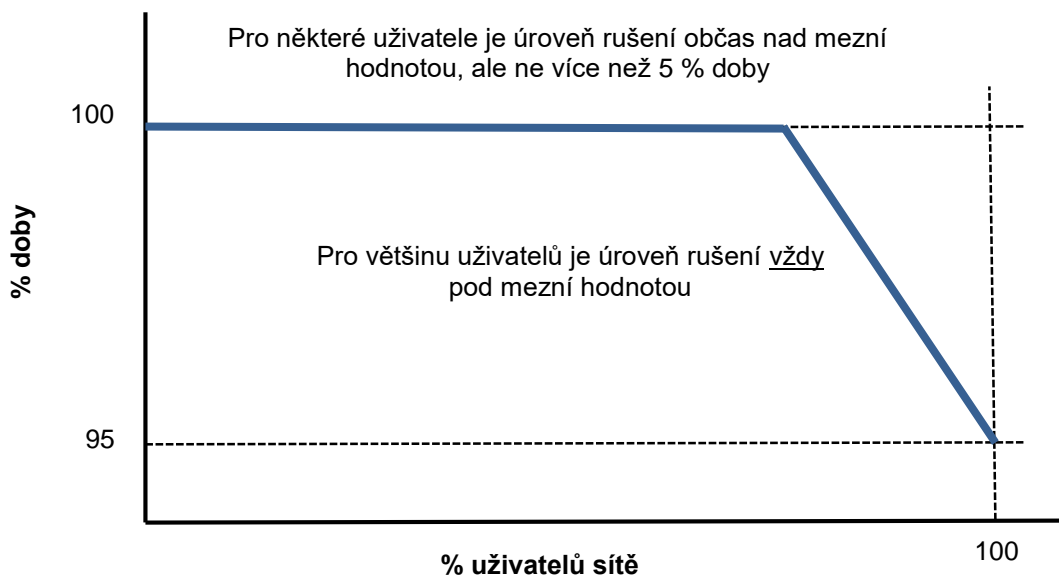
c) Úprava hodnot PQ nebo pravděpodobnostní činitelé

Při rozhodování o změně stanovených hodnot vlastností PQ na více omezující, byl zvažován příklon k výsledné úrovni spolehlivosti nebo případné náklady na posílení sítě, umožňující konzervativnější předpověď úrovně proudu.

Podobně při zvažování snížení zbytkové stanovené pravděpodobnosti pro překročení daných hodnot PQ, byla zohledněna potřeba dalších investic do posílení sítě nebo změna profilu zatížení.

Volba úrovně (například 95 %) se týká pouze malého počtu uživatelů sítě, viz zobrazení na obrázku 1. Obrázek 1 ukazuje, jak často je úroveň rušení nižší než práh. Jako příklad se uvažuje napětí páté harmonické a prahová hodnota je 6,0 % U_n (tabulka 1, část 4.2.6 normy).

Princip konstrukce elektrických sítí je takový, že u většiny uživatelů sítě je napětí páté harmonické vždy nižší než 6 % U_n . Pouze u malé části uživatelů sítě je tato mez příležitostně překročena, ale i tak u těchto uživatelů napětí páté harmonické menší než 6 % po alespoň 95 % času.



Obrázek 1 – Procento doby, po kterou je úroveň rušení u některých uživatelů sítě pod mezní hodnotou

Velikost trojúhelníkové části na obrázku se výrazně mění podle uživatelů sítě v závislosti, kromě jiného, na hustotě zákazníků, přesto se tato u většiny provozovatelů sítě týká pouze malé části uživatelů. Způsoby konstrukce používané provozovateli sítě se zaměřují na udržení úrovně rušení pod mezními hodnotami po celou dobu a pro všechny uživatele. Nicméně občas toho nelze z různých dosáhnout u všech uživatelů. Většinou se jedná o ekonomické příčiny, typické u uživatelů v odlehlých končinách, nicméně občas existují i jiné příčiny.

3.7.2 Ověření shody s EN 50160

U příslušných zkoušek jsou nezbytné některé specifikace jako zvažované třídy měření výkonnosti, měření neurčitostí, agregace měření v průběhu času, sledovací období a koncepty označování umožňující vyloučit agregované hodnoty v případě poklesů, zvýšení a přerušení.

Není úkolem EN 50160 definovat metody měření PQ. Vzhledem k tomu byla EN 50160 v roce 2003 doplněna o EN 61000-4-30 [15] (viz také 4.2.3); kromě toho byla s touto EN dána také první normalizace definice pro PQ:

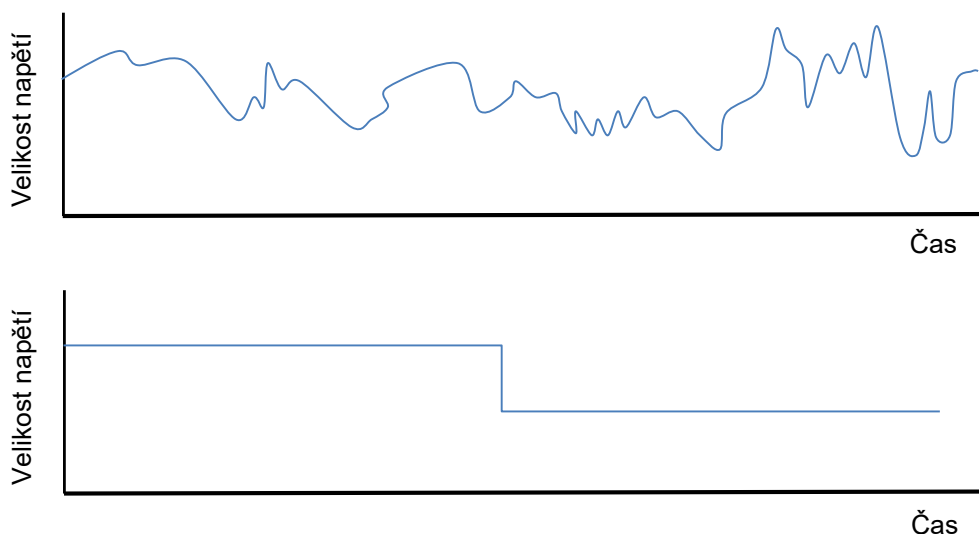
„Kvalita elektřiny: vlastnosti elektřiny v daném místě elektrické soustavy, vyhodnocované vůči souboru referenčních technických parametrů.“

POZNÁMKA tyto parametry mohou v některých případech souviset s kompatibilitou mezi elektřinou dodávanou ze sítě a zatížením připojeným k této síti“.

3.8 Rychlé změny napětí a flikr

Norma rozlišuje mezi dvěma druhy rychlých změn napětí:

- „jednotlivé rychlé změny napětí“
- spojité rychlé změny napětí, pro které norma používá označení „závažnost flikru“ (viz obrázek 2).



Obrázek 2 – Spojité rychlé změny napětí (nahore) a nahodilé rychlé změny napětí (dole)

Pojem „*rychlé změny napětí*“ se týká změn velikosti napětí v časovém měřítku výrazně kratším, než je 10 minut. Změny v rozsahu 10 minut a delší se považují za „*výkyvy napájecího napětí*“.

Uživatelé sítě, zejména pak domácnosti označují případy jak spojitých, tak jednotlivých rychlých změn napětí jako „flikr“, jelikož obojí ovlivňuje intenzitu světla ve většině typů osvětlení. Pojem flikr je nicméně vyhrazen pro fyziologický jev, kdy pozorovatel zaznamená nestálost v intenzitě osvětlení. Ze své definice se tak jedná o spojitý jev. Spojité rychlé změny napětí v časovém rozmezí několika sekund nebo nižším mohou vyústit v rušivou úroveň flikru.

Vlivem jednotlivé rychlé změny napětí dochází k náhlé změně intenzity osvětlení. To zaznamená většina lidí jako „bliknutí“ světla. Také poklesy a zvýšení napětí mohou vést k podobnému „blikání“ a stížnosti uživatelů sítě na flikr mohou být tudíž spojeny s jinými napěťovými jevy.

Prozatím neexistují společné metody pro kvantifikaci rychlých změn napětí, nicméně v IEC/TC 77A/WG 9 probíhají práce na definici, která by se včlenila do IEC 61000-4-30/EN 61000-4-30 [15]. Počet takových událostí se výrazně liší mezi předávacími místy uživatelům sítě. Není tedy možné uvést nějaké indikativní hodnoty pro množství jednotlivých rychlých změn napětí. Horní hodnoty pro změnu velikosti napětí před a po rychlé změně napětí jsou uvedeny v informativní **Příloze B** normy.

Úroveň dlouhodobého flikru byla vyvinuta pro spojitý jevy, nikoli pro události jako jednotlivé rychlé změny napětí, poklesy a zvýšení napětí. Kvůli rychlým změnám napětí, poklesům a zvýšením napětí je velmi důležité odstranit ze statistických dat horní hodnoty dlouhodobé úrovně flikru dříve, než se kontroluje shoda s normou.

Metoda pro výpočet úrovně flikru, jak ji definuje norma pro měření flikru EN 61000-4-15 [14] je založena na vlivu kolísání velikosti napětí na intenzitu světla 60 W žárovky. Nahrazení žárovek energeticky účinnějším osvětlením bude vyžadovat přehodnocení normy pro měření flikru. Energeticky účinnější osvětlení je obecně považováno za méně náchylné na kolísání velikosti napětí než žárovky, ale neplatí to ve všech případech.

3.9 Klasifikační tabulka poklesů a zvýšení napětí

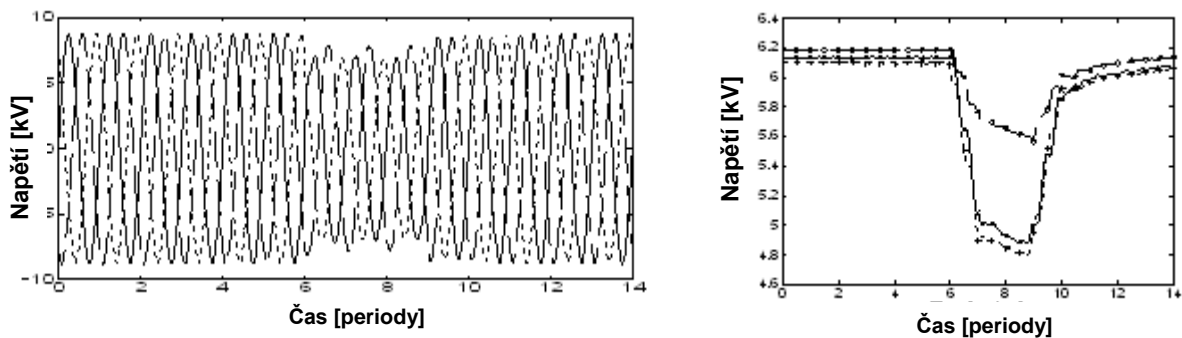
3.9.1 Vlastnosti poklesů napětí

Pokles napětí je náhlý pokles efektivní hodnoty napětí pod 90 % referenčního napětí, následovaný návratem na hodnotu vyšší než 92 % deklarovaného napětí za dobu od 10 ms do 1 minuty (viz také definice 3.23 až 3.27 normy).

Na obrázku 3 je zobrazen pokles napětí, ilustrující základní parametry, kterými je charakterizován:

- zbytkové napětí (u);
- trvání (t).

Podrobný popis poklesů napětí udává IEC/TR 61000-2-8 [21] a CIGRE TB 261 [26], metody měření pak EN 61000-4-30 [30].



a) průběh křivky napětí

b) průběh efektivní hodnoty napětí v čase

Značky v obrázku napravo označují efektivní hodnoty napětí v jedné periodě, aktualizované každou polovinu periody v souladu s EN 61000-4-30.

Obrázek 3 – Příklad poklesu napětí

3.9.2 Zbytkové napětí (u)

Podle EN 61000-4-30 [15] by hloubka poklesu napětí měla být vyjádřena zbytkovým napětím, tj. nejnižší hodnotou velikosti napětí, zaznamenanou během poklesu jako procentuální hodnota referenčního napětí. Sbírají-li se statistická data, musí být poklesy napětí klasifikovány podle klasifikačních tabulek v EN 50160.

Pokles napětí je klasifikován jako jedna událost, bez ohledu na průběh a počet zasažených fází. Důvodem je, že zatímco většina průmyslových a komerčních uživatelů sítě odebírá trojfázové napájení, obsahují tyto instalace často také jednofázová zařízení, citlivá na poklesy napětí. Trojfázová zařízení mohou mít odlišnou odolnost vůči poklesům napětí zahrnujícím jedno, dvě nebo tři fázová napětí nebo sdružená napětí.

Vícefázová událost se považuje za jednu událost, pokud se události v jednotlivých fázích časově překrývají.

Je zároveň nezbytné rozlišovat mezi poklesem napětí a přerušením (absencí napájecího napětí). U jednofázového napájení je přerušení definováno jako událost, při níž je zbytkové napětí nižší, než je prahová hodnota pro přerušení. U trojfázového napájení je událost vyhodnocena jako přerušení, pokud jsou všechna tři napětí (fázová nebo sdružená) nižší, než prahová hodnota.

Pokud hodnota napájecího napětí klesne pod 5 % U_c (v případě trojfázového napájení u všech tří napětí), je událost považována za přerušení, jinak se klasifikuje jako pokles napětí. Volba této prahové hodnoty je poněkud volná a ostatní normalizační dokumenty používají prahové hodnoty 1 % nebo 10 %. Nicméně nejdůležitější není samotná volba prahové hodnoty pro přerušení, ale zajištění, aby byla každá událost započítána právě jednou.

Příčiny a vlivy poklesů napětí jsou popsány několika zprávami, knihami a technickými dokumenty, například ve zprávě UNIPEDE [35].

3.9.3 Trvání (t)

Podle EN 61000-4-30 [15] je trvání poklesu napětí definováno jako časový interval mezi poklesem napětí pod prahovou hodnotu poklesu a jeho návratem na hodnotu stejnou nebo vyšší než je prahová hodnota, plus případné hysterezní napětí. Hystereze je tolerance platící pro měření prahové hodnoty, která zabraňuje kmitání v případě, že efektivní hodnota napětí osciluje kolem prahové hodnoty.

Dolní mez trvání je přirozeně 10 ms (polovina periody 50 Hz) a jedná se o minimální časové období, pro které lze efektivní hodnotu vypočítat. Horní mez trvání je podle normy 1 minuta tak, aby zahrnovala vlivy spínání zátěže.

3.9.4 Statistika poklesů napětí

Zbytkové napětí a trvání jsou vlastnosti jednotlivé události poklesu napětí. Během roku se obvykle v předávacím místě uživatele sítě objeví několik nebo i větší množství takových událostí s rozdílnými vlastnostmi. Co má pro uživatele sítě význam a co je tedy správný způsob pro vyhodnocení kvality elektřiny je počet událostí s různými vlastnostmi za rok. Existuje mnoho různých způsobů, které toto reprezentují, viz například IEC/TR 61000-2-8 [21], CIGRE TB 261 [26] nebo chystaný IEEE std.1564 [31]. Bylo rozhodnuto v normě používat tak zvanou „tabulku poklesů napětí“, která kvantifikuje toto hledisko napěťových vlastností.

Příklad tabulky poklesů napětí je uveden v tabulce 4. Tato tabulka uvádí průměrný počet poklesů napětí za rok, získaný během šestiletého měření v rozhodně VVN. Každá buňka v tabulce označuje průměrný počet událostí za rok se zbytkovým napětím a dobou trvání v označeném rozsahu. Došlo například průměrně ke dvěma poklesům v délce trvání mezi 0,5 s až 1 s za rok a se zbytkovým napětím 70 % až 80 % referenčního napětí. Tabulka

nezahrnuje žádná krátká přerušení; počet událostí 0,2 za rok, uvedený ve spodním řádku, uvádí události, u nichž bylo jedno nebo dvě ze tří napětí (fázových nebo sdružených) nižší, než 5 %.

Tabulka 4 – Příklad tabulky poklesu napětí pro VVN, hodnoty jsou v procentech referenčního napětí (přepočítaná verze [36])

Zbytkové napětí u [%]	Trvání poklesu napětí [ms]				
	$10 \leq t < 200$	$200 \leq t < 500$	$500 \leq t < 1000$	$1\ 000 \leq t < 5\ 000$	$5\ 000 \leq t < 60\ 000$
$90 > u \geq 80$	26,6	2,8	1,6	0,4	0,2
$80 > u \geq 70$	9,8	0,7	2,0	0	0
$70 > u \geq 40$	9,5	0,5	0,2	0	0
$40 > u \geq 5$	1,3	0	0	0	0
$5 > u$	0,2	0	0	0	0

Je třeba uvést, že tato tabulka slouží pouze jako ilustrativní příklad; hodnoty v tabulce by neměly být interpretovány jako typické hodnoty. Jak je vidět například v CIGRE TB 412 [27], liší se významně počet poklesů za rok podle různých míst. To je významný důvod, proč nelze v normě poskytnout konkrétnější indikativní hodnoty, pokud se týká počtu poklesů napětí.

3.9.5 Vlastnosti dočasného zvýšení napětí

Podle normy (viz 3.29) je dočasné zvýšení napětí nebo dočasné přepětí (o síťovém kmitočtu) definováno jako dočasný nárůst efektivní hodnoty napětí v bodě soustavy elektrického napájení, nad stanovený počáteční práh 110 % referenčního napětí. Jiné normy a běžná literatura na ně odkazují jako na „*přepětí o síťovém kmitočtu*“, „*dočasná*“ nebo i „*trvalá přepětí*“.

Zvýšení napětí jsou vyhodnocována podobným způsobem jako poklesy napětí, kdy základními parametry jsou v tomto případě vrchol efektivního napětí a doba trvání. Indikativní hodnoty týkající se přepětí v distribučních sítích lze nalézt v IEC/TR 61000-2-14 [22]. Dočasná zvýšení, kterými se zabývá tato norma, jsou mezi živými vodiči, pokud jde o klasifikaci zvýšení napětí mezi živými vodiči a zemí, lze odkázat na HD 60364-4-442 [17].

Statistika dočasného zvýšení napětí

Pokud jsou schromažďována statistická data zvýšení napětí, měla by být klasifikována podle tabulky v normě, která je prezentována v níže uvedené tabulce 5. Je nutno upozornit, že níže uvedená tabulka vyjadřuje stav vícefázové sítě.

Tabulka 5 – Klasifikace dočasného zvýšení podle maximálního napětí a trvání [36]

Napětí výpadku u %	Trvání t ms		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5\ 000$	$5\ 000 < t \leq 60\ 000$
$u \geq 120$			
$120 > u > 110$			

3.9.6 Přechodná přepětí

Přechodná přepětí jsou kratší než dočasná zvýšení napětí (kratší než 10 ms). EN 50160 nestanovuje žádné meze, jelikož jsou náhodná a neovladatelná. Jsou záležitostí dostatečné odolnosti zařízení koncových uživatelů a způsobů ochrany, například svodičů přepětí.

Podrobněji jsou přechodná přepětí zpracována v **Příloze C**.

3.10 Trendy

Ze své podstaty je nutný další rozvoj normy, který bude sledovat vývoj prostředí, pro které platí její rozsah platnosti.

Jako příklady jsou v Příloze A a B zdůrazněny dva problémy, které v nedávné minulosti začaly zvýšenou měrou ovlivňovat kvalitu napětí a jejichž vliv bude pravděpodobně v budoucnu růst:

- rozptýlená výroba;
- napěťové/proudové složky v kmitočtovém rozsahu 2 kHz – 150 kHz.

Dále, s ohledem na obsah 2.4, pokud se týká rozšíření normy na VVN do 150 kV u vydání z roku 2010, může být předmětem diskuze další rozšíření úrovně napětí na vyšší hodnoty.

4 Pozice EN 50160 v rámci norem

4.1 Vztah mezi EMC a PQ

EN 50160 se týká napětí v předávacím místě uživatele sítě. Toto napětí je dáno napětími a proudy v různých místech elektrické napájecí sítě a zároveň impedancemi prvků v této síti. To platí jak pro složku se síťovým kmitočtem (50 Hz), tak pro všechna elektromagnetická rušení.

Kromě zamýšlené funkce přenosu elektrické energie z výrobních jednotek k uživatelům sítě, přenáší napájecí síť zároveň elektromagnetická rušení, a chová se tedy jako dodavatel emisí (ve skutečnosti jejich kumulativního účinku) ze všech zařízení uživatelů sítě připojených k síti (zátěže, generátory), ostatním uživatelům sítě. Úroveň každého elektromagnetického rušení v předávacím místě je součtem příspěvků z mnoha různých zdrojů. Část těchto zdrojů se nachází uvnitř sítě uživatele, zatímco ostatní se nachází v rámci veřejné elektrické napájecí sítě. To samé platí pro šíření rušení (tj. pro rozsah jakým ovlivňuje zdroj míru rušení jinde v síti): je ovlivňováno jak veřejnou elektrickou napájecí sítí, tak uživateli sítě. Další pojednání o zdrojích a šíření elektromagnetických rušení je mimo rozsah platnosti EN 50160 a těchto aplikačních pokynů. Místo toho se čtenář odkazuje na technickou literaturu zabývající se kvalitou elektřiny a EMC.

Pojmy „kvalita dodávky“ a „kvalita elektřiny“ slouží pro všechna elektromagnetická rušení (odchyly od ideální křivky napětí) v předávacích místech a jinde ve veřejné síti a ve vnitřní síti uživatelů sítě.

Jak bylo uvedeno výše, zahrnuje rušení (napětí) každou odchylku od ideálního napětí. Přítomnost konkrétní úrovně rušení tudíž není přímo příčinou zájmu. Zařízení připojené do elektrické napájecí sítě (obvykle uvnitř zákaznickovi instalace) je odolné vůči rušení do určitých úrovní. Pokud úroveň rušení na vývodech zařízení nepřekročí úroveň odolnosti zařízení, bude zařízení pracovat správně. Pouze v případě, že úroveň rušení překročí úroveň odolnosti, může být u zařízení zaznamenáno zhoršení činnosti. V takových případech se používá pojem „interference“.

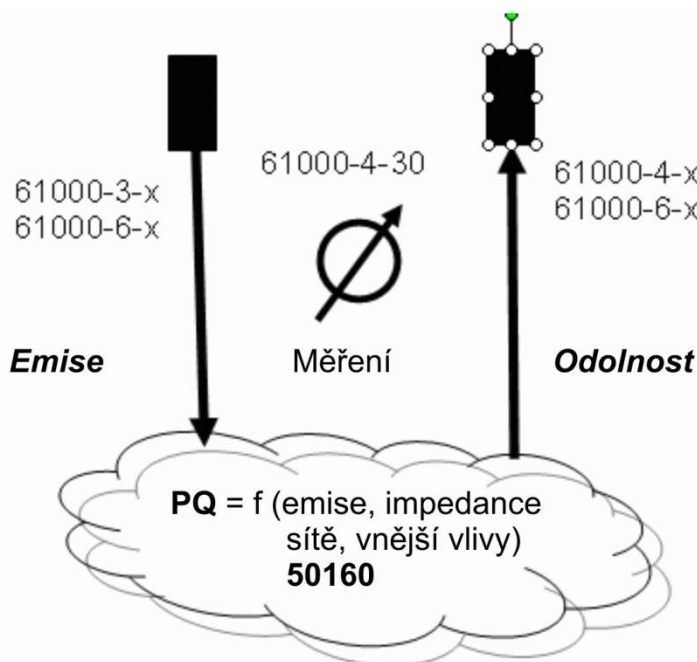
Skutečná úroveň odolnosti zařízení závisí na množství činitelů, včetně relativních úrovní různých elektromagnetických rušení. Zařízení může být například imunní vůči určitému harmonickému rušení, pokud je velikost napětí blízká jmenovité hodnotě, ale nikoli v případě, že je velikost napětí výrazně vyšší, než je jmenovitá hodnota. Pro výrobce zařízení je tedy prakticky nemožné, aby se dokázal vypořádat s interferencemi v napájecí síti za všech okolností.

Úkolem norem IEC a CENELEC o EMC je zajistit elektromagnetickou kompatibilitu (co nejméně interferenci) s vysokou pravděpodobností. Toho je dosaženo pomocí stanovení požadavků na odolnost a emisní meze pro zařízení v kombinaci s opakovatelnými zkouškami emisí a odolnosti. Ačkoli zařízení není zkoušeno pro konkrétní úroveň rušení, jsou zkoušky takového rázu, aby se při jejich splnění zaručilo, že zařízení je s vysokou pravděpodobností imunní vůči úrovním rušení, která se vyskytují v běžném provozu. Popis přístupu použitého v normách EMC, mezi jinými viz IEC/TR 61000-1-1 [20].

Stanovení požadavků na odolnost je přímo spojeno s tak zvanými „úrovněmi kompatibility“, které označují úroveň různých elektromagnetických rušení, u kterých je velmi nízká pravděpodobnost jejich překročení. Je tudíž nutné nezvažovat pouze jednotlivé zařízení, ale kumulativní účinek všech zařízení podobné technické konstrukce, u kterých lze předpokládat, že budou ve stejný okamžik připojeny k napájecí síti. Emisní meze jsou normami EMC nastaveny tak, aby kombinovaný účinek emisí všech zařízení, s vysokou pravděpodobností, nepřekročil úroveň kompatibility.

Toto je také konkrétně zmíněno v poslední směrnici EMC [1], vyžadující s tím související zohlednění v rámci normalizace.

Obrázek 4 uvádí principiální vzájemnou závislost mezi emisemi, PQ a odolností, včetně příslušných (souborů) norem.



Obrázek 4 – Vzájemná závislost mezi PQ a EMC

Naměřená PQ je také dána vlastnostmi měřicího zařízení, včetně použitého vyhodnocení měření. Pro měření PQ je dostupná EN 61000-4-30 [15] (viz 4.2.3).

V porovnání s PQ, je EMC mezi elektrickým zařízením připojeným do napájecí sítě dále vyhodnocována podle úrovně odolnosti připojeného zařízení.

4.2 Pozice vůči ostatním normám

4.2.1 Normy EMC

Jak stojí v rozsahu platnosti, není EN 50160 normou EMC, a tudíž není členem rodiny CENELEC/IEC EMC norem, ale mnoha způsoby s ní souvisí.

Jelikož EN 50160 není EMC normou, meze a indikativní hodnoty v EN 50160:

- nejsou určeny pro použití jako úrovně EMC nebo emisní meze uživatele pro šířené rušení ve veřejných distribučních soustavách.
- nejsou určeny pro použití jako konkrétní požadavky ve výrobních normách zařízení, ale měly by být uváženy. V každém případě je třeba vzít v úvahu, že výkon zařízení se může zhoršit, pokud je napájeno za podmínek, které nejsou zohledněny ve výrobní normě zařízení.
- nelze brát jako požadavky pro instalace uživatele sítě.

Pokud jde o některé jevy, jsou tyto hodnoty shodné nebo blízké hodnotám z norem o kompatibilitě, ale v zásadě s odlišným významem, mezi jinými také pokud jde o pravděpodobnost jejich překročení.

Nicméně, pozice produktové normy EN 50160 vůči normám EMC je zajímavá a je podnětem k další diskusi – také zejména v případech, kdy jsou specifikace EN 50160 v rozporu s ostatními normami (EMC nebo produktovými).

Instalace uživatele sítě a zařízení připojené k této instalaci mohou být zdrojem rušivých interferencí a je důležité udržet úroveň rušení v přijatelných mezích. Tudíž musí provozovatel sítě stanovit požadavky na emise z instalací uživatelů sítě.

Vždy bylo v rámci správy sítě důležité zvážit, jak udržet adekvátní správu s ohledem na uživatele sítě, kteří provozují zařízení, jež je potenciálním zdrojem rušení dodávaného do sítě, a které se stává součástí vlastností elektřiny dodávané ostatním uživatelům. Dosáhnout toho bylo relativně jednoduché, dokud se zdroje vyskytovaly především ve velkých průmyslových nebo jiných instalacích, které byly provozovatelem sítě studovány jednotlivě a jejich připojení do sítě bylo pečlivě plánováno. Výsledkem tohoto úsilí bylo, že se například harmonická napětí dařilo udržet na velmi nízkých úrovních. Nicméně vývoj v oblasti elektroniky v posledních desetiletích, vytvořil mnoho malých zařízení, které nelze tímto způsobem ovládat.

Jak bylo uvedeno v předcházejících částech, meze emisí a odolnosti v normě EMC jsou založeny na výběru úrovně kompatibility, zvolené pro příslušný jev. Pro provozovatele sítě, od kterých je požadováno plnění mezí

stanovených EN 50160, a kteří se snaží vyhnout nesmyslným nákladům, je nezbytné, aby byly omezeny emise z instalací uživatelů sítě.

U velkých zátěží, například průmyslových instalací, jsou kromě stávajících norem dostupné i místní nebo národní síťové kodexy nebo technická pravidla, kterými se řeší připojení takových zátěží do napájecí sítě a tedy koexistence všech zařízení a systémů, připojených k napájení ze sítě. Tyto prostředky jsou často založeny na tak zvaných „úrovňích plánování“ – úrovních rušení, které by neměly být překročeny všemi zátěžemi, připojenými do určité oblasti napájecí sítě. Indikativní hodnoty pro některé úrovně plánování jsou stanoveny ve třech technických zprávách (IEC/TR 61000-3-6 [23], IEC/TR 61000-3-7 [24] a EN 61000-3-12 [13]).

U menších uživatelů sítě není správné vyhodnocovat jejich připojení do napájecí sítě, ačkoli je nezbytné zajistit, aby součet emisí z elektrických zařízení připojených do určité oblasti sítě nepřekročil hodnoty ohrožující a snižující výkon připojeného zařízení. Ačkoli rušení vyzařované jednotlivým zařízením je velmi malé, vliv agregované emise ze všech takových zařízení může být mnohem větší, než úroveň rušení velkých instalací, na které se tradičně především zaměřovalo úsilí provozovatelů sítí. Ve skutečnosti jsou nyní, čistě kvůli počtu a kumulativnímu vlivu jejich souběžného provozu, tato zařízení pravděpodobně nejzávažnějším zdrojem rušení elektrických sítí. To platí zejména v případě znečištění sítí nežádoucími proudy a napětím (například harmonické a meziharmonické) na několika jiných kmitočtech než je 50 Hz veřejného napájení.

Jediným prostředkem řízení rušení z těchto zdrojů je použití účinných emisních mezí při návrhu a konstrukci elektronického zařízení. To je nutné zejména u zařízení, které využívá napájení pomocí spínaného zdroje, který získává stejnosměrný proud vyžadovaný tímto zařízením, ze střídavého napájení o kmitočtu 50 Hz z veřejné sítě.

Celkově má směrnice EMC [1] a příslušné harmonizované normy EMC, s ohledem na kumulativní účinek zátěže nejvyšší důležitost, pokud jde o udržení vlastností elektřiny v rámci hodnot stanovených v EN 50160, které jsou již dnes, do určité míry, mnohem vyšší, než byly dříve dosahované úrovně.

4.2.2 Ostatní produktové normy

Produktová norma EN 50160 platí pro napájecí napětí v předávacím místě (viz 3.4.3).

O vztahu mezi produktovými normami zařízení a EN 50160 se vedla široká diskuze.

Ve skutečnosti je elektřina dodávána s určitou nejistotou výskytu jevů PQ obecně a jejich úrovněmi a trváním zvlášť. Specifikace požadavků na odolnost, zaměřená na bezpečnost a nesnížený výkon zařízení ve 100 % případech, by vedla k nepraktickému a neekonomickému zařízení. Na druhou stranu požadavek na konstrukci sítě tak, aby zajišťovala maximální možnou úroveň PQ, povede nevyhnutelně k nárůstu finančních nákladů všech uživatelů sítě proto, aby se předcházelo situacím PQ, ke kterým dochází pouze výjimečně a navíc ovlivní zanedbatelnou část uživatelů.

V tomto velmi komplikovaném případě je nutno pro řešení nalézt kompromis mezi podílem poskytovatelů elektrických zařízení na jedné straně a podílem provozovatelů sítí na straně druhé.

Teoreticky s ohledem na úkol stanovený EN 50160, nemůže být specifikace jejich hodnot otázkou sesouhlasení s požadavky specifikovanými v produktových normách zařízení. V zásadě, kromě otázky bezpečnosti a povinnosti splňovat všechny požadavky, lze stanovit tyto skutečnosti.

- Při uvažování o nutnosti sesouhlasení mezi EN 50160 a produktovými normami zařízení je nutno zvážit úkol daný EN 50160 a produktovým normám zařízení.
- V porovnání s vlastnostmi v předávacích místech a tudíž hodnotami specifikovanými EN 50160, se vlastnosti napětí v místech odběru poněkud liší.

EN 50160 poskytuje část nezbytných informací týkajících se skutečných podmínek, které může uživatel sítě očekávat nebo předpokládat pokud jde o provoz elektrických spotřebičů, tyto spotřebiče podléhají Směrnici o nízkém napětí (LVD – Low Voltage Directive) [2]; Příloha I LVD požaduje ochranu před nebezpečím, vznikajícím v důsledku „**předvídatelných podmínek**“ a za „**očekávaných environmentálních podmínek**“.

Stejně jako normy EMC, ovlivňují produktové normy zařízení svými specifikacemi EMC částečně kvalitu elektřiny; to platí jak pro zátěže, tak pro výrobní jednotky (viz také **Příloha A**, a například EN 50438 [9]).

4.2.3 EN 60038

S ohledem na rozsah platnosti, EN 60038:2011 [11], nahrazujíc zároveň HD 472 S1:1989 [16], specifikuje standardní hodnoty napětí, které mají sloužit jako

- preferenční hodnoty pro jmenovité napětí elektrické napájecí soustavy,
- referenční hodnoty pro konstrukci zařízení a soustavy.

Jak je uvedeno v příslušných poznámkách,

- jsou hodnoty jmenovitého napětí (nebo nejvyšší napětí pro zařízení) specifikované v EN 60038 založeny především na historickém vývoji elektrické napájecí sítě ve světě, jelikož se tyto hodnoty ukázaly jako nejběžnější a dosáhly celosvětového uznání,
- rozsahy napětí zmíněné v EN 60038 byly shledány nevhodnějšími jako základ pro konstrukci a zkoušení elektrických zařízení a systémů,
- nicméně je úkolem systémových a produktových norem, definovat správné zkušební hodnoty, podmínky a kritéria pro přijetí.

Jediná vazba s EN 60038 je ta, že EN 50160 stejně jako ostatní produktové normy pro zařízení používaná v NN soustavách, používá odkaz na jmenovitá napětí z EN 60038.

4.2.4 EN 61000-4-30

EN 50160 uvádí ve svém rozsahu platnosti že „*Metody měření použité v této normě jsou popsány v EN 61000-4-30*“.

Zatímco se EN 50160 a EN 61000-4-30 zabývají nezákladnějšími jevy týkajícími se PQ, jevy, kterými se zabývají normy EMC a produktové normy – pokud se týká EMC vlastností – jsou reprezentovány identickým souborem těch, kterými se EN 50160 zabývá obecně.

Pokud se jedná o spojitě jevy, jsou metody měření jasně definovány v EN 61000-4-30, s výjimkou jednotlivých rychlých změn napětí a napětí signálů v síti. Pro jednotlivé rychlé změny napětí jsou dány pouze indikativní hodnoty a to nemá vliv na platnost EN 50160. Pro napětí signální v síti jsou meze dány v EN 50160, ale prozatím jsou používány pouze výjimečně. Zatímco EN 61000-4-30 definuje rozdílná průměrovací okna (od 10 cyklů kmitočtu sítě až do 2 hodin), EN 50160 jasně definuje ve většině případů průměrovací okno na 10 minut.

Průměrovací okno a sledovací období uvedené v EN 50160 (viz také 3.6 a 3.7 těchto Pokynů) by měly být použity k ověření vlastností napětí v předávacích místech uživatelů sítě.

Pokud se jedná o napěťové události, jsou metody měření jasně definovány v EN 61000-4-30 pro poklesy napětí, zvýšení napětí a přerušení napětí, ale nikoli pro přechodná přepětí.

V EN 61000-4-30 byl zaveden „koncept označování“, pomocí kterého se označují získané hodnoty spojitých jevů, u kterých došlo k napěťové události během průměrovacího okna. S těmito označenými hodnotami je nutno zacházet opatrně: některé by měly být zpracovány normálně; jiné by měly být ze statistiky vyjmuty.

Zároveň by mělo být poznamenáno, že koncept označování jak jej definuje EN 61000-4-30 řeší pouze označování kvůli poklesům napětí, zvýšení napětí a přerušení napětí. Zároveň ale přechodné a jednotlivé rychlé změny napětí mohou vést k hodnotám spojitých jevů, které by měly být vyjmuty ze statistických dat.

Příloha A (informativní)

Rozptýlená výroba a její vliv na napájecí napětí

Energetická politika EU silně propaguje nárůst zapojení systémů rozptýlené výroby (RV) primárně založených na obnovitelných zdrojích jako vítr, solární, tepelná, vodní energie, biomasa atd. do elektrických sítí. Tudíž bude muset být do sítě zapracován vyšší počet RV zdrojů.

Vzrůstající množství rozptýlené výroby může ovlivňovat kvalitu napájení ostatních uživatelů sítě různými způsoby. Příklady byly prodiskutovány v několika publikacích, včetně například harmonických emisí a rezonancí, narůstající úrovně flikru a jednotlivých rychlých změn napětí, vzrůstajícího počtu přerušení způsobených nesprávným provozem ochrany a přetížením prvků sítě a vzrůstajícím rizikem příliš vysokého napájecího napětí. Některé vlivy jsou místní, jiné jsou globální; některé vlivy jsou malé a vyskytují se pouze v extrémních oblastech, jiné jsou významné a obecnější. Pro získání kompletního přehledu, včetně diskuze týkající se množství rozptýlené výroby, kterou je možno připojit bez omezení kvality napájení pro ostatní uživatele sítě nad přijatelnou úroveň, se čtenář odkazuje na rozsáhlou literaturu, týkající se tohoto problému.

Přítomnost RV ovlivňuje tok činného a jalového výkonu, který má vliv na velikost napájecího napětí. Již malé množství RV může vést k napětí blízkému nebo vyššímu, než je mez přepětí.

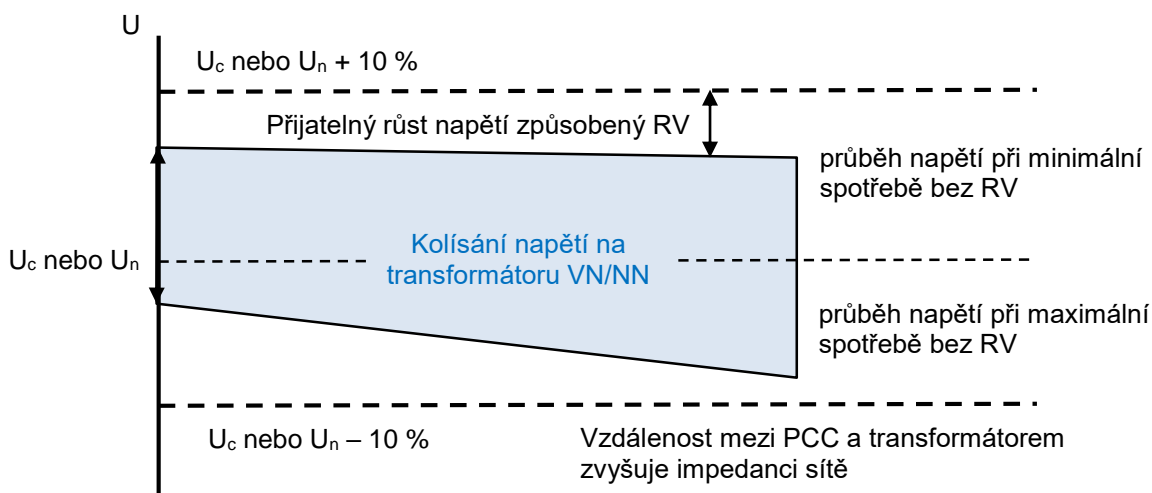
Velikost napájecího napětí závisí na struktuře a impedancích vedení, kabelů a transformátorů sítě a na tocích činného a jalového výkonu. Po celé napájecí síti jsou výkyvy napětí udržovány v rámci definovaného rozsahu pomocí

- přepínačů odboček umístěných na straně vyššího napětí transformátorů VVN/VN, které udržují napětí na přípojnicích v síti VN na pevné úrovni,
- nastavením transformačního poměru transformátorů VN/NN tak, aby částečně kompenzovaly pokles napětí podél dlouhých vedení a kabelů NN nebo VN,
- omezení délky kabelů a vedení a omezením velikosti zatížení na jednotlivý kabel nebo vedení.

Obvykle se zvažuje nejhorší scénář: bez RV se jedná o maximální a minimální spotřebu. Při napájení s RV jsou nejhorší podmínky, pokud RV pracuje na maximální výkon, zatímco místní spotřeba je minimální, nebo je při maximální spotřebě nulová výroba z RV. Riziko přepětí je nejvyšší ve venkovských oblastech, kde má kolísání napájecího napětí tendenci být nejvýraznější.

Jak návrh, tak provoz distribuční sítě musí zajistit, že velikost napájecího napětí zůstává během maximální spotřeby nad úrovní podpětí a během minimální spotřeby pod úrovní přepětí. Přítomnost RV vede k omezení, nebo i obrácení toku činného výkonu během minimální spotřeby. Výsledkem je nárůst maximální hodnoty velikosti napájecího napětí a tedy nárůstu rizika překročení meze přepětí.

To je schematicky zobrazeno na obrázku A.1:



Obrázek A.1 – Schématický příklad podmínek napětí na VN nebo NN vedení s ohledem na přítomnost RV

Kvůli přítomnosti transformátorů VN/NN s rozdílným transformačním převodem je skutečná situace poněkud komplikovanější, než jak je uvedeno na obrázku. Výsledkem je, že uživatelé sítě NN mohou zaznamenat přepě-

tí z důvodu RV na VN bez toho, aby napětí na straně VN bylo mimo přijatelné meze. Situaci dále komplikuje požadavek na schopnost provozovat důležité části distribuční sítě i během dlouhých výpadků vedení, kabelu nebo transformátoru pomocí záložního napájení.

Existuje několik způsobů řešení tohoto problému a další jsou vyvíjeny nebo zkoumány; podrobnější diskuze o těchto metodách je mimo rozsah platnosti těchto aplikačních pokynů.

Literatura: [39], [40]

Příloha B (informativní)

Složky napětí/proudu v kmitočtovém rozsahu 2 kHz – 150 kHz a jejich vliv na napájecí napětí

Elektromagnetická rušení v kmitočtovém rozsahu 2 kHz – 150 kHz získávají větší pozornost z mnoha důvodů.

- Rostoucí počet zařízení, která vysílají proudy v tomto kmitočtovém rozsahu: jedná se především o zařízení s tak zvanou „aktivní kompenzací účinníku“, která se zaměřuje na omezení vyzařování na nižším kmitočtu a způsobuje deformaci tvaru křivky na vyšších kmitočtech.
- Využívání komunikace po elektrickém vedení v kmitočtovém rozsahu od 3 kHz do 95 kHz, v současné době v kombinaci s dálkovým odečtem měřičů a další komunikací mezi uživateli sítě a provozovateli elektrické sítě a threm.
- Chybějícímu pokrytí kmitočtového rozsahu 2 kHz – 150 kHz v rámci normalizace.

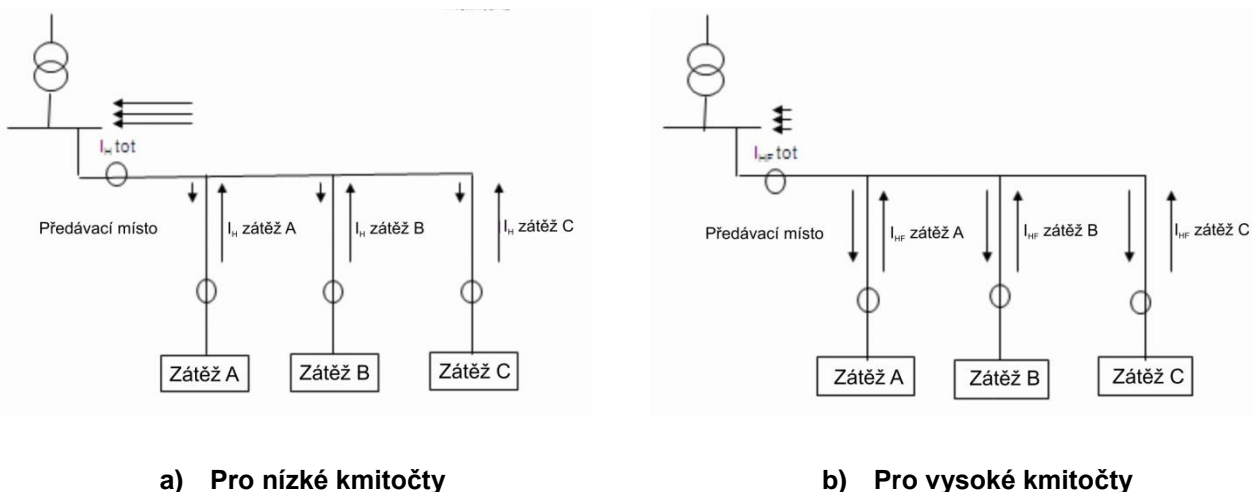
Emise v tomto kmitočtovém pásmu a jejich výsledný vliv na elektrické napájecí sítě nebyl zatím zcela zmapován a výzkum aktuálně probíhá na různých místech. Předběžné studie naznačují, že na vývodech zařízení uživatelů sítě lze rozlišit následující zdroje emisí:

- úzkopásmové emise na jednotlivých kmitočtech způsobené spínacími kmitočty používaných elektronickými zařízeními nebo uvnitř zařízení. Emise mohou být dále zesíleny rezonancí mezi sousedními zařízeními;
- zdánlivé širokopásmové emise způsobené rychlou změnou spínacích kmitočtů. Některé řídicí algoritmy využívané pro aktivní kompenzací účinníku způsobují tyto emise;
- oscilace na relativně nízkém kmitočtu (několik kHz) vyskytující se v konkrétních oblastech napěťové nebo proudové křivky, například při průchodu nulou.

U elektromagnetického rušení v kmitočtovém rozsahu od 2 kHz do 150 kHz hraje interakce mezi zařízeními mnohem významnější úlohu, než u nižších kmitočtů. Výsledkem je, že emise celkové instalace (například domácí nebo obchodní sítě) do veřejné elektrické napájecí sítě se výrazně liší od emisí způsobených jednotlivými zařízeními. Existují jasné indicie, že k největším interakcím dochází mezi sousedními zařízeními, a že pouze malá část emisí zasáhne veřejnou elektrickou napájecí síť. Výjimkou mohou být výše zmíněné oscilace o relativně nízkém kmitočtu, které se ukázaly na vývodech instalace kumulativními.

Ve veřejné elektrické napájecí síti bude mít kapacitance kabelů nízkého vedení další tlumící vliv na úroveň rušení. Nicméně zatím neproběhly žádné konkrétní studie, kvantifikující šíření elektromagnetického rušení v tomto kmitočtovém rozsahu po veřejné elektrické napájecí síti.

Rozdíl v šíření z jednotlivých zařízení do veřejné sítě mezi nízkofrekvenčním a vysokofrekvenčním rušením je zobrazen na obrázku B.1. Přechod mezi těmito dvěma režimy šíření bude záviset na konkrétní instalaci, nicméně předběžné studie naznačují přechodový kmitočet od méně než 1 kHz až do zhruba 10 kHz. Existuje teoretická možnost zesílení způsobeného rezonancí na přechodovém kmitočtu, nicméně výsledky experimentů zatím nezjistily žádné takové zesílení v instalacích s nízkým napětím.



Obrázek B.1 – Šíření elektromagnetického rušení z jednotlivých zařízení do veřejné elektrické napájecí

Ve větších instalacích může být situace jiná, jelikož zařízení se silnými emisemi mohou být připojena přímo k veřejné elektrické napájecí síti. Také je vyšší pravděpodobnost výskytu zesílení způsobených rezonancí,

v důsledku nízkého tlumení v takových instalacích. Ale také tato oblast je nedostatečně prozkoumána jak teoreticky, tak experimentálně.

Byl zahájen příslušný výzkum týkající se případů elektromagnetických interferencí (EMI) se systémem pro automatický odečet elektroměrů, který pro přenos využívá PLC

- jako zdroj rušení ostatních elektrických zařízení, způsobeného signálními napětími v kmitočtovém rozsahu 3 kHz až 95 kHz, jak je normalizováno pro příslušné spotřebiče
- jako zařízení rušené napěťovými složkami vytvářenými jiným elektrickým zařízením, vedoucím ke zhoršení výkonu měřicího zařízení až po neschopnost přesně zaznamenávat tok energie

a výsledky byly uveřejněny v [25], [37] a [38].

Přehled interakcí a možných interferencí mezi komunikací po elektrickém vedení a zařízením koncového uživatele uvádí tabulka B.1. Na základě zkušeností ze Švédska je hlavním zdrojem interferencí typ II, kdy zařízení koncového uživatele vytváří nízkoodporovou trasu pro komunikační signál.

Tabulka B.1 – Interakce mezi komunikací po elektrickém vedení a zařízením uživatele sítě

	Disturbance	Interference
I	Rušení napětí nebo proudu způsobené zařízením uživatele sítě na kmitočtech používaných pro komunikaci	Komunikační signál se ztrácí v rušení a komunikace je neúspěšná.
II	Zařízení uživatele sítě vytváří nízkoodporovou trasu na komunikačním kmitočtu	Na přijímač dorazí pouze slabý komunikační signál a komunikace je neúspěšná
III	Komunikační signál způsobuje velké proudy v zařízení uživatele sítě	Snížení životnosti zařízení a nesprávný chod zařízení
IV	Nelineární zařízení uživatele sítě vystavené komunikačnímu signálu způsobuje proudy na ostatních kmitočtech	Každý možný nepříznivý vliv způsobený složkami kmitočtu, včetně interference s komunikací
V	Deformace křivky napětí způsobená komunikačním signálem	Nesprávný chod zařízení uživatele sítě

Jak ukazuje další výzkum, je automatizovaný elektroměrový systém pouze jedním příkladem elektrického zařízení, které se podílí na příslušných případech elektromagnetických interferencí [25]; v případě automatizovaných měřidel mohou tyto figurovat jako zdroj příslušného rušení nebo jako rušená zařízení.

Samozejmě, při vypořádávání se s takovými interferencemi se zdá nezbytné zohlednit složky napětí, které se objevují během přenosu dat po elektrickém vedení, ale mohou být zároveň vysílány z některých jiných zařízení; stejně tak lze některá další zařízení prohlásit za rušená interferencemi takových složek napětí/proudu.

Další výzkum probíhá.

S ohledem na prokázanou mezeru v normalizaci, byly zahájeny práce na řešení tohoto problému, jejich výsledkem jsou první návrhy na revizi stávajících norem EMC souboru EN 61000 a jejich doplnění.

Příloha C (informativní)

Přepětí

C.1 Dočasná přepětí (o síťovém kmitočtu) mezi živými vodiči a zemí

C.1.1 Obecně

Poruchy v síti VN mohou mít za následek dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí v síti NN. Trvání a velikost těchto přepětí závisí na konkrétní poruše a zejména na zemní impedanci na straně VN.

Napětí mezi živými vodiči nejsou obvykle těmito dočasnými přepětími mezi živými vodiči a zemí ovlivněna. Přítomnost distribučního transformátoru se spojeným vinutím Dy mezi VN a NN zajistí, že zařízení uživatele sítě není ovlivněno těmito přepětími.

C.1.2 Distribuční soustava NN

Většina veřejných distribučních soustav NN je provozována s přímo uzemněným uzlem. Tudiž dojde-li k zemním poruchám v síti VN, které zvýší zemní potenciál v blízkosti sítě NN, může se vyskytnout přepětí mezi fázovými a zemními vodiči sítě NN. Trvání je omezeno dobou, kterou potřebuje ochrana a vypínač VN na odstranění poruchy, obvykle ne více než 5 sekund. Velikost je obecně omezena na 1,5 kV efektivní hodnoty, tento údaj závisí na impedanci uzemnění NN a velikosti zemního poruchového proudu na hladině VN.

C.1.3 Distribuční soustava VN

C.1.3.1 Úvod

Události způsobující dočasná přepětí v sítích VN jsou především dvou typů:

- a) jednofázové zemní poruchy;
- b) ferorezonance.

C.1.3.2 Přepětí způsobená jednofázovými zemními poruchami

V sítích VN s uzlem izolovaným nebo uzemněným přes impedanci může tento druh poruchy vytvořit dočasná přepětí nepostížených fází proti zemi. Přepětí bude trvat po dobu trvání poruchy (od zlomků sekund po několik hodin). Velikost přepětí obecně nepřekračuje dvojnásobek jmenovitého zemního fázového napětí, tj. odmocnina ze $3 \times U$, kde U může být až $1,1 \times U_n$, při maximálním dovoleném napětí VN.

C.1.3.3 Přepětí způsobená ferorezonancí

C.1.3.3.1 Úvod

Ferorezonance je jev spojený se saturací magnetických jader. Vznikající přepětí nejsou přepětí s kmitočtem sítě, ale jsou charakterizována silným rušením způsobeným přítomností subharmonických a harmonických složek napětí, obecně od několika Hz až do 150 Hz.

Ferorezonance je v porovnání s jednofázovými zemními poruchami vzácným jevem. V praxi mohou tento druh přepětí v sítích VN způsobit dva typy podmínek:

- přerušené fázové vodiče;
- uzemněné transformátory napětí v sítích VN s izolovaným uzlem.

C.1.3.3.2 Rozpojený obvod

Tato podmínka vychází z rozpojení obvodu na jedné nebo dvou fázích (činnost pojistky, poškozený vodič, atd.), které zůstanou napájeny pomocí nepoškozené fáze z primárního vinutí transformátorů VN/NN v podmínkách s nízkou zátěží.

Maximální velikost zemního přepětí je v rozsahu 2,5 až 3 násobku jmenovitého napětí s tvarem vlny ovlivněným harmonickým rušením (do 150 Hz). Tato přepětí se vyskytují pouze na konkrétních napáječích v podmínkách rozpojeného obvodu.

C.1.3.3.3 Uzemněné transformátory napětí sítích VN s izolovaným uzlem

Fázová zemní přepětí se objevují kvůli ferorezonancím, pokud jsou vyvolány náhlou změnou podmínek v síti, například poruchou/odstraněním poruchy, spínacími operacemi, atd.

Maximální velikost přepětí je v rozsahu 1,8 až 2,5 násobku jmenovitého napětí a tvar vlny je ovlivněn subharmonickým a/nebo harmonickým rušením (od několika Hz do 150 Hz); tato přepětí nemají vliv na sdružené napětí.

C.2 Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí

C.2.1 Obecně

Přechodná přepětí představují velmi zvláštní jev a mohou být klasifikována ve vztahu k amplitudě, frekvenci jejich výskytu, dobou trvání, přepětím na síťovém kmitočtu, rychlostí změny napětí a energií. V následujících podkapitolách je uveden krátký popis přechodných přepětí, ke kterým dochází v distribučních soustavách NN a VN, seskupených s ohledem na dobu trvání.

Energie přechodných přepětí se výrazně liší podle jejich původu. Indukované přepětí způsobené bleskem má obecně vyšší amplitudu, ale nižší energii než přepětí způsobené spínáním, protože to má delší dobu trvání.

C.2.2 Distribuční soustava NN

C.2.2.1 Obecně

Vrcholová hodnota přechodných přepětí ve veřejných sítích obvykle nepřekračuje 6 kV. Zařízení ve veřejných sítích je obecně specifikováno a voleno s ohledem na tento předpoklad.

Doba náběhu impulsu pokrývá široký rozsah od několika milisekund až po zlomek mikrosekundy.

Je nutno poznamenat, že odolnost zařízení se může lišit podle toho, zda se zabýváme bezpečností nebo pouze EMC. Pokud nedochází k ohrožení bezpečnosti, je možné připustit příležitostné poškození zařízení. To je důvodem, proč normy EMC obvykle nestanovují vyšší úroveň zkoušek odolnosti než 1 kV nebo 2 kV (mezi aktivními vodiči nebo aktivními vodiči a zemí), zatímco HD 60364-4-443 [18] zvyšuje tyto úrovně až na 2,5 kV, 4 kV nebo dokonce 6 kV.

C.2.2.2 Dlouhotrvající přepětí (> 100 μ s)

Příčinou jsou především:

- působení omezujících pojistek (obecně: amplituda až 2 kV, tvar vlny jednosměrný, vysoké úrovně energie);
- spínání kondenzátorů pro kompenzaci účinníku (obecně: amplituda do 1,8 násobku vrcholové hodnoty jmenovitého napětí, tvar vlny: oscilační s kmitočtem v rozsahu zlomku Hz až po několik Hz, vysoké úrovně energie). Pokud je poblíž napájecího místa druhý transformátor, může dojít k zesílení, jehož výsledkem jsou hodnoty až trojnásobku vrcholové hodnoty jmenovitého napětí;
- přenos přechodných přepětí ze strany VN na stranu NN transformátorů elektromagnetickou vazbou (obecně: amplituda do 1 kV, tvar vlny: oscilační s kmitočty do několika desítek kHz).

C.2.2.3 Středně dlouho trvající přepětí (od 1 μ s do 100 μ s)

Příčiny těchto přepětí jsou především spojeny s úderem blesku, typické případy jsou uvedeny níže:

- přímý úder blesku do vodičů vedení NN (neočekávaná přepětí: amplituda do 20 kV, tvar vlny: jednosměrný, vysoké úrovně energie);
- indukce od úderu blesku do vodičů blízkých vedení NN. Obecně amplituda nepřekročí 6 kV, ale může být až 20 kV, tvar vlny je typicky jednosměrný a někdy jednosměrný oscilační;
- odporová vazba spojená s bleskovými proudy do země, protékajícími společným uzemněním sítě. Amplituda obecně nepřekročí 10 kV, tvar vlny má vysokou úroveň energie a typicky je jednosměrný nebo někdy jednosměrný oscilační;
- přenos přepětí z VN na NN pomocí kapacitní vazby. Je-li ráz způsoben přímým úderem blesku do vedení VN, může naopak dojít k rychlému poklesu napětí, způsobeného působením bleskojistky s jiskřištěm při likvidaci poruchy. Amplituda přepětí v síti NN obecně nepřekročí 6 kV, typicky s jednosměrným nebo někdy s oscilačním tvarem vlny;
- oblouky spojené se spínáním v síti NN mohou rezonovat s přirozeným kmitočtem místní sítě. Amplituda přepětí může dosáhnout až několikanásobku jmenovitého napětí. Tvar vlny je typicky oscilační a složitý s kmitočtem v rozsahu od několika desítek kHz až do 1 MHz;
- činnost vypínačů s velmi krátkou dobou hoření oblouku (< 2 μ s). Amplituda je typicky do několikanásobku jmenovitého napětí. Tvar vlny je oscilační s kmitočtem v rozsahu od několika desítek kHz do 1 MHz;
- činnost spínacích zařízení v instalaci odběratele. Tato přepětí mají obvykle nízkou energii a rychle se tlumí se vzdáleností. Typicky nepřesahují 2,5 kV.

C.2.2.4 Krátkodobá přepětí (< 1 μ s)

Jejich příčinou jsou hlavně:

- a) místní spínání malých indukčních proudů a krátkých vinutí pod zátěží (amplituda obecně do 1 kV až 2 kV, oscilační tvar vlny s kmitočtem od několika MHz až do několika desítek MHz);
- b) rychlé přechodné jevy způsobené spínáním v síti NN vzduchovými spínači (relé a stykače) vyvolávajícími postupné přerušování a opětovné zápaly (skupiny přepětí, jedno přepětí: nárůst okolo 5 ns a trváním 50 ns).

C.2.3 Distribuční soustava VN

C.2.3.1 Dlouhotrvající přepětí (> 100 μ s)

Tato přepětí jsou způsobena především spínáním (odpojení indukční zátěže s/bez virtuálního omezení, sepnutí/rozpojení kondenzátorů pro kompenzaci účinníku s/bez opětovných zápalů na VN vývodech, atd.), poruchou, obloukovými zemními poruchami, přechodným přepětím přeneseným z vinutí VVN na VN na transformátorech elektromagnetickou vazbou.

V některých místech sítě se amplituda těchto přepětí omezuje ochrannou hladinou jiskřišť a/nebo svodičů přepětí, požadovaných pro koordinaci izolace (amplituda obecně do 3 – 5násobku vrcholové hodnoty jmenovitého napětí mezi fází a zemí, oscilační tvar křivky s kmitočty v rozsahu několika stovek Hz až několika stovek kHz).

C.2.3.2 Středně dlouho trvající přepětí (od 1 μ s do 100 μ s)

Příčinou jsou zejména:

- a) indukce způsobené úderem blesku v blízkosti vedení VN a méně často přímým úderem blesku do VN vedení. Podél vedení je maximální amplituda těchto přepětí omezena vzdušnou vzdáleností vedení; v primárních stanicích VVN/VN a sekundárních transformátorech VN/NN je omezena pomocí ochran, například jiskřišti a/nebo svodiči;
- b) manipulacemi s vypínači se sklonem k opětovným zápalům, například vakuovými vypínači (amplituda závisí na úrovni ochrany zajišťované koordinací izolace; obecně až do 8 – 10násobku vrcholové hodnoty jmenovitého napětí, oscilační tvar vlny s kmitočtem několika MHz).

C.2.3.3 Krátce trvající přepětí (< 1 μ s)

Příčinou jsou především manipulace s plynem izolovaným rozvaděčem (GIS), které využívají například SF6. Amplituda přepětí je obvykle do několiknásobku vrcholové hodnoty jmenovitého napětí.

Tvar vlny je oscilační s kmitočtem vyšším než 1 MHz.

C.3 Dočasná přepětí (o síťovém kmitočtu) mezi živými vodiči

Trvání těchto přepětí může trvat od několika sekund až do několika minut. Lze rozlišit tři hlavní příčiny.

- a) Nesprávný provoz přepínačů odboček pod zátěží v rozvodnách, způsobující nárůst napětí z VN do NN.
- b) Ztráta nulového vodiče v rámci čtyřvodičového napájení NN (tři fáze a nulová fáze). V takovém případě může dojít ke kompletnímu překročení sdruženého napětí. Příčiny této ztráty mohou být různé, například degradace materiálu, nebo uvolněné šrouby mezi předávacím místem a interními vodiči. Porucha může být tedy v rámci privátní instalace odběratele.
- c) Nesprávné připojení mobilních generátorů během řízeného ostrovního provozu sítí NN.

Je nutno poukázat na skutečnost, že všem rušením lze čelit pomocí správných ochran v blízkosti zařízení NN. Konstrukční a funkční specifikace takových zařízení uvádí evropská norma EN 50550 [10].

Příloha D (informativní)**Zkratky**

BT	Technický výbor (CENELEC) (Technical Board)
BTTF	Úkolové uskupení BT (BT Task Force)
CEER	Rada evropských energetických regulátorů (Council of European Energy Regulators)
CENELEC	Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice (European Committee for Electrotechnical Standardization)
CHP	Kogenerace (Combined heat power)
CIGRE	Mezinárodní rada pro velké elektrické soustavy (International Council on Large Electric Systems)
CLC	CENELEC
DC	Stejnoseměrný proud (Direct current)
DG	Rozptýlená výroba (Distributed generation)
DNO	Provozovatel distribuční soustavy (Distribution network operator)
DSM	Řízení na straně odběru (Demand side management)
EC	Evropská komise (European Commission)
ECG	Energie Control GmbH (Rakouský regulátor)
EEA	Evropská ekonomická oblast (European Economic Area)
EEC	Evropská ekonomická komunita (European Economic Community)
EHV(ZVN)	Zvlášť vysoké napětí (Extra high voltage)
EM	Elektromagnetický
EMC	Elektromagnetická kompatibilita (Electromagnetic compatibility)
EMI	Elektromagnetická interference (Electromagnetic interference)
EN	Evropská norma (European Standard)
EU	Evropská Unie (European Union)
Eurelectric	Unie elektrického průmyslu (Union of Electricity Industry)
GIS	Plynem izolovaný rozvaděč (Gas insulated switchgear)
HD	Dokument o harmonizaci (Harmonisation Document)
HV(VVN)	Velmi vysoké napětí (High voltage)
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise (International Electrotechnical Commission)
IEEE	Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství (The Institute of Electrical and Electronic Engineers)
IEV	Mezinárodní elektrotechnický slovník (International Electrotechnical Vocabulary)
IT	Informační technologie (Information technology)
LN (NN)	Nízké napětí (Low voltage)
LVD	Směrnice pro nízké napětí (Low Voltage Directive)
MV (VN)	Vysoké napětí (Medium voltage)
OJ	Oficiální časopis (Official Journal)
PCC	Společný napájecí bod (Point of common coupling)
PQ	Kvalita elektřiny (Power Quality)
RES	Obnovitelný zdroj energie (Renewable energy source)
TC	Technický výbor (Technical Committee)

TF	Úkolové uskupení (Task Force)
THD	Činitel celkového harmonického rušení (Total harmonic distortion factor)
TOR	Technická a organizační pravidla pro provozovatele a uživatele sítě (Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen – Energie Control GmbH, Austria)
TR	Technická zpráva (Technical Report)
UNIPEDA	Mezinárodní unie výrobců a distributorů elektrické energie (International Union of Producers and Distributors of Electric Energy)
WG	Pracovní skupina (Working Group)

Bibliografie

- [1] Directive 2001/108/EC of European Parliament and of the Council of 15 December 2004 on the approximation of the laws of Member States relating to electromagnetic compatibility and repealing Directive 89/336/EEC, OJ L390, 31.12.2004, p.24–37
- [2] Directive 2006/95/EC of the European Parliament and of Council of 12 December 2006 on the harmonisation of laws of Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits (codified version), OJ L 374, 27.12.2006, p. 10–19.
- [3] Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of Council of 13 July 2009 concerning common rules for the international market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC, OJ L 211, 14.8.2009, p. 55–93.
- [4] CLC/TR 50422:2003 + corr. June 2005, Guide for application of European Standard EN 50160
- [5] EN 50160:1994, Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems
- [6] EN 50160:1999 + corr. Jan. 2004 + corr. Sept. 2004, Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems
- [7] EN 50160:2007, Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks
- [8] EN 50160:2010 + corr. Dec 2010, Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks
- [9] EN 50438:2007, Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks
- [10] EN 50550:2011, Power frequency overvoltage protective device for household and similar applications (POP)
- [11] EN 60038:2011, CENELEC standard voltages (IEC 60038:2009, mod.)
- [12] EN 61000-0-2:2002, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low voltage power supply systems (IEC 61000-2-2:2002)
- [13] EN 61000-3-12:2005, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with current > 16 A and ≤ 75 A per phase (IEC 61000-3-12:2004)
- [14] EN 61000-4-15:2011, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications (IEC 61000-4-15:2010 + corr. Mar. 2012)
- [15] EN 61000-4-30:2009, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods (IEC 61000-4-30:2008)
- [16] HD 472 S1:1989 +corr. Feb. 2002, Nominal voltages for low-voltage public electricity supply systems (IEC 60038:1983, mod.)⁴
- [17] HD 60364-4-442:2012, Low-voltages electrical installations – Part 4-442: Protection for safety – Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages dues to earth faults in the high-voltage systems and due to faults in the low voltage system (IEC 60364-4-44:2007 (Clause 442), mod.)
- [18] HD 60364-4-443:2006, Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances – Clause 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching (IEC 60364-4-44:2001/A-1:2003, mod.)
- [19] HD 60364-5-552:2011, Low-voltage electrical installations – Part 5-552: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems (IEC 60364-5-52:2009, mod. + corr. Feb. 2011)
- [20] IEC/TR 61000-1-1:1992, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms
- [21] IEC/TR 61000-2-8:2002, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-8: Environment – Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results
- [22] IEC/TR 61000-2-14:2006, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-14: Environment – Overvoltages on public electricity distribution networks

⁴ Text vypracován na základě Publikace 38 IEC (6.vydání) se souhlasem UNIPEDA.

- [23] IEC/TR 61000-3-6:2008, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems
- [24] IEC/TR 61000-3-7:2008, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-7: Limits – Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems
- [25] CENELEC Study Report Electromagnetic Interference between Electrical Equipment/Systems in the Frequency Range below 150 kHz, SC 205A/Sec0260/R, April 2010
- [26] CIGRE Technical Brochure 261, Power quality indices and objectives, October 2004
- [27] CIGRE Technical Brochure 412, Voltage dip immunity of equipment and installations, April 2010
- [28] CIGRE Technical Brochure 467, Economic Framework for Power Quality, June 2011
- [29] CIGRE Working Group 36-05, Harmonics, characteristic parameters, methods of study, estimates of existing values in the network. Electra No.77, July 1981
- [30] Eurelectric Application Guide to the European Standard EN 50160 on “Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Distribution Systems. Electricity Product Characteristics and Electromagnetic Compatibility”, July 1995, Ref: 23002Ren9530
- [31] IEEE Project P1564, Guide for voltage sag indices
- [32] UNIPEDE: Characteristics of low voltage electricity supply, May 1981
- [33] UNIPEDE: DISNORM 12, September 1989, Definitions of the Physical Characteristics of Electrical Energy Supplied by Low and Medium Voltage Public Systems
- [34] UNIPEDE Application Guide to the European Standard EN 50160 on “Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems”, January 1995
- [35] UNIPEDE report 91 en 50.02, Voltage dips and short interruptions in electricity supply systems
- [36] M.H.J Bollen, I.Y.H gu, Signal processing of power quality disturbances, Wiley 2006, Page 758.
- [37] E.O.A. Larsson et al., Measurements of High-Frequency (2–150 kHz) Distortion in Low-Voltage Networks, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.25, No.3 (July 2010), pp.1749-1757
- [38] S. K. Rönnerberg, M. H. J. Bollen, M. Wahlberg, Interaction between narrowband power-line communication and end-user equipment, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.26, No.3 (July 2011), pp.2034-2039
- [39] Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft: Technische und organisatorische Regeln (TOR) – Hauptabschnitt D4: Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen mit Verteilernetzen, Version 2.0 (December 17.2008)
- [40] European Technology Platform: Smart Grids, Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future

Další literatura:

- [41] Council Directive 85/374/EEC of 25 July 1985 on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States concerning liability for defective products, OJ L.210, 7.8.1985, p. 29–33
- [42] Council Directive 89/336/EEC of 3 May 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility, OJ L 139, 23.5.1989, p 19–26
- [43] EN 50065-1:2011, Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances
- [44] EN 60664-1:2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests (IEC 60664-1:2007)
- [45] IEC 61000-2-1:1990, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems
- [46] IEC/TR 60725:2005, Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤ 75 A per phase

- [47] IEC/TR 60725:2012, Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤ 75 A per phase
- [48] CEER: 3rd Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply, 12/05
- [49] CEER: 4th Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply, 12/08
- [50] Eurelectric-Report "Power Quality in European Electricity Supply Networks", February 2002
- [51] Eurelectric-Report "Power Quality in European Electricity Supply Networks", 2nd edition, November 2003