

ČEZ distribuce, E.ON CZ, E.ON distribuce, PRE distribuce, ČEPS, ZSE	Parametry kvality elektrické energie – Část 3: Nesymetrie a změny kmitočtu napětí	PNE 33 3430-3
		Třetí vydání
<p>Odsouhlasení normy</p> <p>Konečný návrh 3. vydání podnikové normy energetiky pro rozvod elektrické energie odsouhlasily tyto organizace: ČEPS, a.s., ČEZ Distribuce, a.s., PRE Distribuce, a.s., E.ON distribuce, a.s., E.ON Česká republika, a.s., a.s., ZSE Bratislava, a.s.</p> <p>Tato norma stanoví mezní hodnoty, výpočty a způsoby měření nesymetrie a změn kmitočtu napětí.</p> <p>Tato norma platí pro připojování a provozování elektrických zařízení z hlediska vlivu na elektrizační soustavu 50 Hz.</p> <p>Nahrazení předchozích norem</p> <p>Touto normou se nahrazuje PNE 33 3430-3:2005.</p> <p>Změny proti předchozí normě</p> <p>V souladu s IEC/TR 61000-3-13 byly do kapitoly 2 doplněny definice sousledné, zpětné, nulové složky a činitelů nesymetrie. V souvislosti s tím byl z kapitoly 3 vypuštěn článek 3.4 týkající se nepřehledné analýzy maximální odchylky, složek a aproximační metody. Do kapitoly 5 byla doplněna tabulka 2 uvádějící indikativní hodnoty plánovacích úrovní pro nesymetrii napětí, obrázek 2 znázorňující rozložení pravděpodobností úrovní rušení a odolnosti týkající se jednoho místa uvnitř celé distribuční soustavy. Byl doplněn také nový článek 5.7 uvádějící vektorovou definici úrovně emise nesymetrie. Superpozice nesymetrie napětí byla zařazena do kapitoly 6 Sumační zákon. Byla přidána nová kapitola 7 uvádějící meze emise nesymetrie způsobené instalacemi připojovanými do soustavy vn. V této kapitole jsou uvedeny souhrnné emise určené k rozdělení mezi zdroje nesymetrie, výpočet plánovací úrovně pro nesymetrii napětí v soustavě vn, příklad vyšetřované distribuční soustavy vysokého napětí pro rozdělení příspěvků a vývojový diagram postupu vyhodnocování. Byla přidána nová kapitola 8 uvádějící meze emise nesymetrie pro instalace v soustavách vvn.</p>		
Nahrazuje: PNE 33 3430-3 z 1.1.2005	Účinnost od: 2011-01-01	

Předmluva

Citované normy

- ČSN IEC 50(161) (33 4201) Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 161: Elektromagnetická kompatibilita (idt IEC 50(161):1990)
- STN IEC 60050-161 Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 161: Elektromagnetická kompatibilita
- ČSN EN 50160 ed.2 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční soustavy
- STN EN 50160 Charakteristiky napätia elektrickej energie dodávanej z verejnej distribučnej siete
- ČSN EN 60909 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách
- STN EN 60909-0 Skratové prúdy v trojfázových striedavých sústavách – Časť 0: Výpočet Padov
- STN EN 60909-3 Skratové prúdy v trojfázových striedavých sústavách – Časť 3: Prúdy počas dvoch samostatných súčasných skratov medzi vodičom a zemou a čiastočné skratové prúdy tečúce cez zem
- ČSN EN 61000-2-2 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 2-2: Prostředí – Kompatibilní úrovně pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením a signály v rozvodných sítích nízkého napětí
- STN EN 61000-2-2 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Časť 2-2: Prostredie. Kompatibilné úrovne nízkofrekvenčných rušení šírených vedením a signalizácie vo verejných rozvodných sieťach nízkeho napätia
- ČSN EN 61000-2-4 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 2-4: Prostředí – Kompatibilní úrovně pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením v průmyslových závodech
- STN EN 61000-2-4 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Časť 2-4: Prostredie. Úrovně kompatibility nízkofrekvenčných rušení šírených vedením v priemyselných podnikoch
- ČSN EN 61000-2-12 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 2-12: Prostředí – Kompatibilní úrovně pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením a signály v rozvodných sítích vysokého napětí
- STN EN 61000-2-12 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Časť 2-12: Prostredie. Úrovně kompatibility pre nízkofrekvenčné rušenie šírené vedením a signalizáciu vo verejných rozvodných sieťach stredného napätia
- IEC/TR 61000-3-13 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 3-13: Určování emisních mezí pro připojování nesymetrických instalací k soustavám vn, vvn a zvn (do ČSN nezavedena)
- ČSN EN 61000-4-27 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-27: Zkušební a měřicí technika – Nesymetrie – Zkouška odolnosti
- STN EN 61000-4-27 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Časť 4-27: Metódy skúšania a merania. Nesymetria trojfázového napätia. Skúška odolnosti
- ČSN EN 61000-4-28 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-28: Zkušební a měřicí technika – Kolísání síťového kmitočtu – Zkouška odolnosti
- STN EN 61000-4-28 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Časť 4-28: Metódy skúšania a merania. Skúška odolnosti proti kolísaniu sieťovej frekvencie
- ČSN EN 61000-4-30 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-30: Zkušební a měřicí technika – Metody měření kvality energie
- STN EN 61000-4-30 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Časť 4-30: Metódy skúšania a merania. Metódy merania kvality napájania
- ČSN 33 0050-604 Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 604: Výroba, přenos a rozvod elektrické energie – Provoz
- STN 33 0050-604 Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 604: Výroba, prenos a rozvod elektrickej energie. Prevádzka
- ČSN EN 61800-3 Systémy elektrických výkonových pohonů s nastavitelnou rychlostí – Část 3: Požadavky EMC a specifické zkušební metody
- STN EN 61800-3 Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou – Časť 3: Požiadavky na elektromagnetickú kompatibilitu (EMC) a špecifické skúšobné metódy
- PNE 33 3430-0 Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů distribučních soustav
- PNE 33 3430-7 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční soustavy

Vysvětlivky k textu normy

V textu této normy je uvedeno množství nových ustanovení podle IEC/TR 61000-3-13. Tato technická zpráva je nepostradatelným podkladem pro odborníky provozovatele distribučních soustav (zejména při dohadování plánovacích úrovní). Vzhledem k tomu, že tato technická zpráva se nebude zavádět do ČSN překladem, budou muset uvedení odborníci pracovat s touto technickou zprávou v originále. Pro usnadnění této práce jsou všechny důležité vztahy, značky a zkratky v této normě převzaty ve shodě s originálem IEC/TR 61000-3-13. Pouze v doprovodném textu jsou uváděny české verze následujících zkratk: EHV - zvn, HV - vvn, MV - vn a LV – nn.

Vypracování normy

Zpracovatel: Ing. Jaroslav Šmíd, CSc. – NELKO TANVALD, IČ-63136791

Pracovník ONS odvětví energetiky: Ing. Jaroslav Bárta

Obsah

	Strana
1	Předmět normy 5
2	Definice 5
3	Všeobecně 8
3.1	Popis jevu..... 8
3.2	Zdroje nesymetrie napětí..... 8
3.3	Účinky nesymetrie napětí 8
4	Úrovně nesymetrie napětí podle norem 9
4.1	Nesymetrie napájecího napětí jako charakteristika dodávky elektrické energie 9
4.2	Shoda s požadavky podle harmonizovaných norem 9
4.3	Třídy elektromagnetického prostředí 10
5	Koordinace mezi emise s kompatibilními úrovněmi..... 10
5.1	Kompatibilní úrovně pro spotřebiče v distribučních soustavách nízkého napětí..... 11
5.2	Kompatibilní úrovně pro zařízení v průmyslových sítích..... 11
5.3	Základní požadavky na odolnost proti nesymetrii napětí 12
5.4	Základní požadavky na potlačení emise nesymetrie napětí 12
5.5	Plánovací úrovně..... 12
5.6	Znázornění kompatibilních, emisních, odolnostních a plánovacích úrovní 13
5.7	Definice úrovně emise nesymetrie 14
6	Sumační zákon..... 14
7	Meze emise nesymetrie způsobené instalacemi připojovanými do soustavy vn (MV)..... 15
7.1	Etapa 1: zjednodušené vyhodnocení emise nesymetrie napětí 15
7.2	Etapa 2: meze emise vztažené ke skutečným charakteristikám distribuční soustavy 15
7.2.1	Souhrnné emise určené k rozdělení mezi zdroje nesymetrie 15
7.3	Etapa 3: podmíněné připojování při vyšších úrovních emise 18
7.4	Vývojový diagram postupu vyhodnocování 18
8	Meze emise nesymetrie pro instalace v soustavách vvn (HV) 20
8.1	Etapa 1: zjednodušené vyhodnocení emise nesymetrie 20
8.2	Etapa 2: meze emise vztažené ke skutečným charakteristikám distribuční soustavy 20
8.2.1	Určení celkového dostupného výkonu..... 20
8.3	Etapa 3: podmíněné připojování při vyšších úrovních emise 22
Příloha A (normativní) Měření a vyhodnocení nesymetrie napětí 23	
A.1	Elektrické hodnoty určené k vyhodnocení nesymetrie napětí..... 23
A.2	Agregace měření přes časové intervaly 23
A.3	Měření nesymetrie napětí a proudu..... 23
A.4	Rozsah ovlivňujících veličin..... 24
A.5	Realizace ověřování a nejistota zkušebních stavů..... 24
Příloha B (informativní) Základní požadavky na odolnost elektrických výkonových pohonů proti nesymetrii a změnám kmitočtu napětí 26	
B.1	Společné principy 26
B.2	Pohony nízkého napětí..... 28
B.3	Pohony jmenovitého napětí nad 1 000 V..... 28

1 Předmět normy

Tato část PNE se týká charakteristik nesymetrie a změn kmitočtu napětí v distribučních soustavách nn, vn a vvn. Dále se týká omezování jejich vlivu na funkční spolehlivost zařízení odběratelů i provozovatele distribuční soustavy.

Předmětem této části PNE je vytvoření všeobecného podkladu pro vyhodnocování a omezování nesymetrie napětí. V souladu s harmonizovanými základními normami EMC jsou mezní hodnoty nesymetrie napětí odvozeny od kompatibilních úrovní a za účelem určení dovolené emise nesymetrie napětí jednotlivými zařízeními nebo instalacemi odběratelů se berou v úvahu další parametry distribuční soustavy, jako např. zkratový výkon. Za specifikování těchto parametrů a požadavků pro připojení instalace odběratele do distribuční soustavy zodpovídá provozovatel distribuční soustavy.

2 Definice

Pro účely této části PNE se používají následující definice týkající se nesymetrie napětí (viz též ČSN IEC 50(161).

elektromagnetická kompatibilita; EMC (zkratka) (*electromagnetic compatibility (EMC abbreviation)*) schopnost zařízení nebo systému fungovat vyhovujícím způsobem ve svém elektromagnetickém prostředí bez vytváření nepřijatelného elektromagnetického rušení pro cokoli v tomto prostředí

POZNÁMKA 1 Elektromagnetická kompatibilita je taková podmínka elektromagnetického prostředí, aby pro každý jev byla úroveň emise rušení dostatečně nízká a úroveň odolnosti dostatečně vysoká tak, aby přístroj, zařízení a systém pracoval podle určení.

POZNÁMKA 2 Elektromagnetické kompatibility je dosaženo jen jsou-li úrovně emise a odolnosti kontrolovány tak, aby úrovně odolnosti přístrojů, zařízení a systémů nebyly překročeny v jakémkoliv místě úrovní rušení, která je v tomto místě výslednicí kumulativních emisí ze všech zdrojů za působení ostatních faktorů jako jsou impedance obvodu. Podle dohody se kompatibility dosáhne je-li pravděpodobnost odchylky od určené funkce dostatečně nízká. Viz 61000-2-1 kapitola 4.

POZNÁMKA 3 Kde to kontext vyžaduje, může se kompatibilita vztahovat k jednotlivému rušení nebo k třídě rušení.

POZNÁMKA 4 Elektromagnetická kompatibilita je termín používaný také k popsání oblasti studie nepříznivých elektromagnetických účinků, kterým jsou přístroje, zařízení a systémy vystaveny navzájem nebo od elektromagnetických jevů.

[IEV 161-01-07, modifikováno]

(elektromagnetická) kompatibilní úroveň (*electromagnetic compatibility level*)

předepsaná úroveň elektromagnetického rušení použitá jako referenční úroveň pro koordinaci stanovení mezí emise a odolnosti

POZNÁMKA Podle dohody je kompatibilní úroveň volena tak, aby byla jen malá pravděpodobnost, že bude překročena skutečnou úrovní rušení.

[IEV 161-03-10, modifikováno]

plánovací úroveň (*planning level*)

úroveň konkrétního rušení v konkrétním prostředí, převzatá jako referenční hodnota pro stanovení mezí emisí z velkých zátěží a instalací tak, aby koordinovala tyto meze se všemi mezemi převzatými pro zařízení určené k připojení do distribuční soustavy

POZNÁMKA Plánovací úroveň je specifická pro místo v distribuční soustavě a je schválená organizací odpovědnou za projektování a provoz distribuční soustavy v příslušné oblasti. Další informace viz články 5.5 a 5.6.

společný napájecí bod PCC (zkratka) (*point of common coupling PCC (abbreviation)*)

bod veřejné distribuční soustavy, elektricky nejbližší ke konkrétní zátěži, ve kterém jsou nebo mohou být připojeny jiné zátěže

[IEV 161-07-15 modifikováno]

napájecí bod uvnitř závodu; IPC (*in-plant point of coupling;*)

napájecí bod uvnitř vyšetřované sítě nebo instalace, elektricky nejbližší ke konkrétní zátěži, ve kterém jsou nebo mohou být připojeny jiné zátěže

POZNÁMKA IPC je obvykle bod, pro který je třeba elektromagnetickou kompatibilitu posuzovat

zkratový výkon (*short-circuit power*) S_{sc} (S_{sc})

hodnota trojfázového zkratového výkonu vypočtená ze jmenovitého síťového sdruženého napětí $U_{nominal}$ a impedance distribuční soustavy Z v bodu PCC:

$$S_{sc} = U_{nominal}^2 / Z$$

kde Z je impedance distribuční soustavy na síťovém kmitočtu

dohodnutý příkon (*agreed power*)

hodnota vstupního zdánlivého výkonu rušivé instalace, na které se odběratel a provozovatel distribuční soustavy dohodnou; v případě několika bodů připojení se mohou definovat různé hodnoty pro každý bod připojení

odběratel (*customer*)

osoba, společnost nebo organizace, která provozuje instalaci připojenou k distribuční soustavě nebo které provozovatel distribuční soustavy dá právo připojit instalaci k distribuční soustavě

napájecí napětí (supply voltage): efektivní hodnota napětí v dané době v odběrném místě, měřená po dobu daného intervalu (viz ČSN EN 50160 ed. 2, článek 3.4)

základní kmitočet (*fundamental frequency*)

kmitočet ve spektru získaném z Fourierovy transformace funkce času, ke kterému jsou všechny kmitočty spektra vztaženy; pro účely této normy je základní kmitočet shodný s kmitočtem distribuční soustavy

[IEV 101-14-50, modifikováno]

POZNÁMKA 1 V případě jakéhokoliv rizika nejednoznačnosti, měl by se kmitočet distribuční soustavy vztahovat na směr a rychlost otáčení synchronních generátorů napájejících distribuční soustavu.

POZNÁMKA 2 Tato definice se může aplikovat na jakoukoliv průmyslovou napájecí síť bez ohledu na zátěž, kterou napájí (jednotlivou zátěž nebo kombinaci zátěží, točivých stojů nebo jiných zátěží) a dokonce i je-li generátorem napájejícím tuto síť polovodičový měnič.

základní složka (*fundamental component*)

složka jejíž kmitočet je základním kmitočtem

nesymetrie (asymetrie) napětí (*voltage unbalance (imbalance)*)

stav ve vícefázovém systému, v kterém efektivní hodnoty sdružených napětí (základních složek) nebo fázových úhlů mezi po sobě jdoucími fázovými napětími nejsou stejné; stupeň nerovnosti se obvykle vyjadřuje jako poměr zpětné případně nulové složky a sousledné složky

[IEV 161-08-09 modifikováno]

POZNÁMKA 1 Všeobecně se nesymetrie napětí bere v úvahu, ve vztahu k trojfázovým systémům, jen prostřednictvím zpětné složky. Za některých okolností by se však měla vzít v úvahu i nulová složka.

POZNÁMKA 2 Několik aproximací dává rozumné, přiměřeně přesné, výsledky pro normálně se vyskytující úrovně nesymetrie (poměr zpětné a sousledné složky), např.:

$$\text{nesymetrienapětí} = \sqrt{\frac{6 \times (U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)}{(U_{12} + U_{23} + U_{31})^2} - 2}$$

Kde U_{12} , U_{23} a U_{31} jsou tři sdružená napětí.

úroveň emise (nesymetrie napětí) ((voltage unbalance) emission level)

úroveň nesymetrie emitovaná konkrétním přístrojem, zařízením nebo systémem, měřená určeným způsobem (IEV 161-03-11 modifikováno)

mez emise (nesymetrie napětí) ((voltage unbalance) emission limit)

předepsaná maximální úroveň emise nesymetrie napětí (IEV 161-03-12 modifikováno)

sousledná složka (*positive-sequence component*)

symetrický vektor, který se otáčí stejným směrem jako vektor napětí (nebo proudu) síťového kmitočtu:

$\underline{U}_1 = 1/3 (\underline{U}_a + a \underline{U}_b + a^2 \underline{U}_c)$, kde $a = -0,5 + j\sqrt{3}/2$ a \underline{U}_a , \underline{U}_b , \underline{U}_c jsou fázová napětí (základní složka)

POZNÁMKA Mohou se také použít sdružená napětí.

zpětná složka (*negative-sequence component*)

symetrický vektor, který se otáčí opačným směrem než vektor napětí (nebo proudu) síťového kmitočtu:

$$\underline{U}_2 = 1/3 (\underline{U}_a + a^2 \underline{U}_b + a \underline{U}_c), \text{ kde } a = -0,5 + j\sqrt{3}/2 \text{ a } \underline{U}_a, \underline{U}_b, \underline{U}_c \text{ jsou fázová napětí (základní složka)}$$

POZNÁMKA Mohou se také použít sdružená napětí.

nulová složka (*zero-sequence component*)

symetrický vektor, který se otáčí stejným směrem jako vektor napětí (nebo proudu) síťového kmitočtu:

$$\underline{U}_0 = 1/3 (\underline{U}_a + \underline{U}_b + \underline{U}_c), \text{ kde } \underline{U}_a, \underline{U}_b, \underline{U}_c \text{ jsou fázová napětí (základní složka)}$$

POZNÁMKA Sdružená napětí se nemohou použít.

činitel nesymetrie napětí u_2 (*voltage unbalance factor* u_2)

poměr zpětné složky a sousledné složky napětí základního kmitočtu:

$$u_2 = \frac{|\underline{U}_2|}{|\underline{U}_1|} \cdot 100 = \frac{|\underline{U}_a + a^2 \underline{U}_b + a \underline{U}_c|}{|\underline{U}_a + a \underline{U}_b + a^2 \underline{U}_c|} \cdot 100 \quad (\%)$$

kde $a = -0,5 + j\sqrt{3}/2$ a $\underline{U}_a, \underline{U}_b, \underline{U}_c$ jsou fázová napětí

POZNÁMKA 1 Místo fázových napětí se mohou použít také sdružená napětí.

Ekvivalentní je výraz podle IEC 61000-4-30:

$$u_2 = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100\%$$

kde

$$\beta = \frac{\underline{U}_{ab}^4 + \underline{U}_{bc}^4 + \underline{U}_{ca}^4}{(\underline{U}_{ab}^2 + \underline{U}_{bc}^2 + \underline{U}_{ca}^2)^2}$$

POZNÁMKA 2 Měření a vyhodnocení nesymetrie by se mělo přednostně provádět z poměru zpětné složky a sousledné složky, protože výše uvedený výpočet nesymetrie zanedbává příspěvek fázového posunu mezi měřenými napětími.

činitel nesymetrie proudu i_2 (*voltage unbalance factor* i_2)

poměr zpětné složky a sousledné složky napětí základního kmitočtu:

$$i_2 = \frac{|\underline{I}_2|}{|\underline{I}_1|} \cdot 100 = \frac{|\underline{I}_a + a^2 \underline{I}_b + a \underline{I}_c|}{|\underline{I}_a + a \underline{I}_b + a^2 \underline{I}_c|} \cdot 100 \quad (\%)$$

časová agregace (*time aggregation*)

spojování několika po sobě následujících hodnot daného parametru (každá určena ve stejném časovém intervalu) za účelem získání hodnoty reprezentující delší časový interval

POZNÁMKA Agregace v této normě (viz A.2) se týká časové agregace za účelem měření parametrů potřebných pro vyhodnocení nesymetrie napětí.

označená data (*flagged data*)

data, která byla označena pro indikování zda jejich měření nebo jejich agregace mohla být ovlivněna přerušeními, krátkodobými poklesy nebo krátkodobými zvýšeními napětí

POZNÁMKA Označování podle ČSN EN 61000-4-30, článek 3.6, umožňuje další postupy, které mohou zabránit počítání jedné události (například krátkodobé nesymetrie) jako několika událostí různých typů. Označování je doplňková informace o měření nebo agregaci. Označená data se ze souboru dat neodstraňují. V některých aplikacích se označená data mohou vyloučit z další analýzy v ostatních aplikacích však skutečnost, že data byla označena může být bezvýznamná. Uživatelské, aplikační, předpisové nebo jiné normy určují použití označených dat.

3 Všeobecně

3.1 Popis jevu

Nesymetrie napětí je v třífázové distribuční soustavě všeobecně způsobena nerovnoměrným zatížením ve dvou nebo třech fázích jednofázovými zátěžemi. Nesymetrie napětí je přímo závislá na velikosti jednofázové zátěže v procentech jmenovitého výkonu a na velikosti impedance napájecí distribuční soustavy. Nesymetrie napětí je stav, ve kterém se napětí třífázové rozvodné distribuční soustavy liší v amplitudě nebo jsou odchylky od jejich normálního fázového posunu 120° , nebo obojí. Podle výsledku součtu fázorů jednotlivých fází může být nesymetrická soustava nevyvážená (součet fázorů je různý od nuly) nebo soustava vyvážená (součet fázorů je rovný nule).

3.2 Zdroje nesymetrie napětí

Převládající příčina nesymetrie je nesymetrické jednofázové zatížení. V distribučních soustavách nízkého napětí jsou jednofázové spotřebiče téměř výlučně připojovány mezi fází a střední vodič avšak s rozložením více či méně rovnoměrným do všech tří fází. V distribučních soustavách vysokého a velmi vysokého napětí mohou být jednofázová zatížení připojena buď mezi fázemi nebo mezi fází a střední vodič. Významné jednofázové odběry jsou napájecí stanice střídavé trakce a jednofázové pece.

Nesymetrie napětí způsobená jednofázovým zatížením připojeným mezi dvě fáze je prakticky rovna poměru příkonu zatížení a třífázového zkratového výkonu sítě.

Zpětná složka napětí se šíří ze sítě nižší úrovně do sítě vyšší úrovně napětí s velkým útlumem. Ve směru z vyšší do nižší úrovně závisí útlum na přítomnosti točivých strojů, které mají vyrovnávací účinek.

3.3 Účinky nesymetrie napětí

Značná nesymetrie napětí způsobuje zvýšený ohřev transformátoru. Určení zda transformátor je schopen napájet jednofázové zátěže, jejichž příkon je značným procentem jmenovitého výkonu transformátoru, by mělo být konzultováno s výrobcem.

Zpětná impedance třífázového indukčního stroje odpovídá jeho impedanci při rozběhu. Proto stroj pracující s nesymetrickým napájením bude odebírat proud se stupněm nesymetrie několikanásobným ve srovnání s napájecím napětím. Následkem toho se mohou třífázové proudy značně lišit a zvýšený ohřev vodičů (vinutí) ve fázi s větším proudem bude jen částečně vyrovnán zmenšeným ohřevem v ostatních fázích a ohřev stroje bude narůstat.

Například nesymetrie způsobí protékání zpětné složky proudu trojfázovým indukčním motorem, která bude redukovat výstupní točivý moment při jmenovitém proudu nebo při jmenovitém výstupu způsobí nadměrný ohřev motoru. V některých motorech může nesymetrie 3 % mít za následek snížení jmenovitého výstupu o 10 %. Jsou-li podmínky nesymetrie na síťovém napájení trojfázového motoru, je důležité konzultovat s výrobcem motoru určení úměrného snížení jmenovitého výstupu nezbytného pro bezpečný provoz.

POZNÁMKA Například podle [Stier J.: Die elektrische Maschine am unsymmetrischen Mehrphasensystem, ETZ A 11/53] napěťová nesymetrie 4 % zkracuje životnost asynchronního motoru o polovinu.

Extrémním případem nesymetrického napájení je odpojení jedné fáze, což rychle vede k destrukci stroje. Motory a generátory, zejména větší a nákladnější, se chrání odpovídajícími ochranami v souladu s ČSN 333051. Jestliže nesymetrie napájení je dostatečná, ochrana proti "jednofázovému chodu" může reagovat na nesymetrické proudy a vypnout stroj.

Protože hlavním účinkem nesymetrie je ohřev vinutí stroje, mohou být přípustěny krátkodobé úrovně nesymetrie do 4 % po několik sekund nebo dokonce několik minut.

Účinek na měniče se bude měnit v závislosti na typu výkonového obvodu a na použité metodě řízení. Každý typ řízení a obvodu by měl být detailně analyzován. Účinek na řízené a neřízené měniče, které napájejí odporové zátěže, bude všeobecně malý. Fázově řízené měniče typu, který používá fázově posouvané síťové napětí jako jejich vztažný signál budou ovlivněny méně než měniče, které používají k synchronizaci se sítí lineárně stoupající napětí a jeho průchod nulou jako vztažný signál. Řízené a neřízené měniče, které napájejí baterie kondenzátorů a které napájejí stejnosměrný meziobvod nepřímých měničů (střídače zdrojů napětí), budou mít nesymetrie proudu, které jsou značně větší než je nesymetrie napětí a větší než měniče, které napájejí induktivní zátěž jako je stejnosměrný motor (viz ČSN EN 61800-3, příloha B.5.3).

Vícefázové měniče, v kterých vstupní fázová napětí přispívají postupně k stejnosměrnému výstupu, jsou také ovlivňovány nesymetrií napájení, která způsobuje nežádoucí zvlněnou složku na stejnosměrné straně a necharakteristické harmonické na střídavé straně.

Zvláštní péče by měla být věnována měničům, které napájejí kondenzátorové baterie, jelikož vrcholový proud je nesymetrií napětí značně zvětšen. Pro velmi velké kondenzátorové baterie, kde zvlnění napětí je malé, je vrcholový proud každé fáze omezen jen impedancí zdroje (impedancí sítě v místě připojení měniče a v kmitočtovém rozsahu vrcholového proudu), jakoukoliv přidavnou impedancí v měniči a rozdílem napětí kondenzátorové baterie a síťového napětí (například pro nesymetrii napětí 3 % a impedanci zdroje 1 % může být poměr vrcholových proudů mezi fázemi až 20 %; Toto je však extrémní podmínka, jelikož je nepravděpodobné, že při impedanci zdroje 1 % by jednofázová zátěž mohla způsobit tak velkou nesymetrii (Viz ČSN EN 61800-3, příloha B)).

4 Úrovně nesymetrie napětí podle norem

4.1 Nesymetrie napájecího napětí jako charakteristika dodávky elektrické energie

Tento článek je uveden jen pro informaci o normách a není považován za požadavek na stanovení mezních hodnot. Podle článků 4.10 a 5.10 normy ČSN EN 50160 ed.2 musí být za normálních provozních podmínek, v libovolném týdenním období, 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky napájecího napětí v rozsahu 0 až 2 % sousledné složky. V některých oblastech, v nichž jsou instalace odběratelů částečně připojeny jednofázově nebo dvoufázově, se vyskytují v odběrných místech nesymetrie až asi do 3 %.

POZNÁMKA V normě ČSN EN 50160 jsou uvedeny hodnoty jen pro zpětnou složku, protože tato složka je pro možné interference spotřebičů připojených do distribuční soustavy podstatná.

4.2 Shoda s požadavky podle harmonizovaných norem

Pokud se uvažují veřejné distribuční soustavy nízkého napětí, kontrola úrovně rušení se provede pomocí striktního omezení emisí zařízení určeného k připojení do distribuční soustavy jehož proud je menší než 16 A. Tato omezení jsou stanovena na základě statistických úvah o:

- šíří rozptylu zařízení v distribuční soustavě;
- typu využití (efekt soudobosti);
- charakteristikách distribuční soustavy.

Jakékoliv zařízení jehož proud je menší než 16 A může být připojeno, za předpokladu, že vyhovuje mezím emisí daným příslušnou normou.

Tento přístup zohledňuje skutečnost, že ve veřejných sítích není možná přísná koordinace mezi různými odběrateli a provozovatelem distribuční soustavy.

Pokud se týče průmyslových závodů a neveřejných sítí, musí být shoda s kompatibilními úrovněmi dosažena v těchto místech:

- Ve společném napájecím bodu (PCC) z veřejné distribuční soustavy.** Celková emise průmyslového závodu do veřejné distribuční soustavy je předmětem omezení na základě požadavků dodavatele, a na podmínkách soustavy.
- V interním bodu (bodech) připojení (IPC).** Celková úroveň rušení způsobená emisí zařízení uvnitř závodu a úroveň rušení přicházející napájením se omezuje na vybrané kompatibilní úrovně v příslušných bodech IPC.

Shoda s výše uvedenými požadavky může být dosažena předepsáním omezení emise jednotlivého zařízení, přičemž se bere v úvahu následující:

- skutečná impedance distribuční soustavy, kde se má zařízení připojit;
- rozmanitost zařízení skutečně instalovaných v závodu;
- skutečné využití zařízení ve vztahu s organizací výrobního procesu;
- možná kontrola a zmírnění rušení získané opatřeními jako jsou filtrační nebo kompenzační prostředky, rozložení zátěží na různé napáječe, oddělení rušících zátěží.

Tento přístup odráží skutečnost, že v průmyslovém závodu je možná koordinace rušících zátěží jak při návrhu tak i při provozu.

Pro dosažení celkové ekonomické přijatelnosti omezení emisí každého zařízení jsou důležité následující skutečnosti:

- skutečná emise zařízení může být značně závislá na charakteristikách napájecí distribuční soustavy;

- zařízení malého výkonu, i když nevyhovující pokud se úrovně emise zvažují s ohledem na normy pro veřejné distribuční soustavy, mohou mít v průmyslových závodech celkově zanedbatelný vliv s ohledem na přítomnost úrovně rušení z jiných zařízení;
- vzorek součtu rušení způsobených různými zdroji závisí značně jak na návrhu zařízení tak i na samotném průmyslovém procesu;
- uživatel může do určitého rozsahu stanovit příslušné elektromagnetické kompatibilní úrovně v IPC. Ve skutečnosti tato volba je z ekonomického hlediska volbou mezi cenami za omezení úrovně emise a cenami za redukování úrovně rušení zmírňujícími prostředky nebo zvětšením odolnosti.

4.3 Třídy elektromagnetického prostředí

Je možné definovat několik tříd elektromagnetického prostředí, ale pro zjednodušení se v této normě uvažují a definují jenom tři následovně

Třída 1 Tato třída se týká chráněných napájení a má kompatibilní úrovně nižší než úrovně pro veřejné distribuční soustavy. To se týká použití zařízení velmi citlivého na rušení, například přístrojového vybavení laboratoří, některých automatizačních a ochranných zařízení, některých počítačů atd.

Třída 2 Tato třída se všeobecně týká bodů PCC a IPC v prostředí průmyslových a jiných neveřejných napájecích sítí. Kompatibilní úrovně této třídy jsou identické s úrovněmi pro veřejné distribuční soustavy, Proto v této třídě průmyslového prostředí mohou být použity prvky navržené pro napájení z veřejných soustav.

Třída 3 Tato třída se týká jenom bodů IPC v průmyslovém prostředí. Tato třída má pro některé jevy rušení vyšší kompatibilní úrovně než třída 2. Tato třída by se měla například uvažovat, když je splněna jakákoliv z následujících podmínek:

- převážná část zatížení je napájena přes měniče;
- jsou provozovány svářečky;
- velké motory jsou často rozbíhány;
- zatížení se rychle mění.

Třída aplikovatelná pro nové průmyslové závody a pro rozšíření stávajících závodů se nemůže určit *a priori* a měla by se týkat typu zařízení a uvažovaného procesu.

POZNÁMKA 1 Prostředí třídy 1 normálně zahrnuje zařízení, které vyžaduje ochranu takovými prostředky jako je nepřerušitelné napájení (UPS), filtry nebo potlačení rázových impulzů.

POZNÁMKA 2 V některých případech může vysoce citlivé zařízení vyžadovat kompatibilní úrovně nižší než jsou uvedeny v prostředí třídy 1. Kompatibilní úrovně jsou pak odsouhlaseny případ od případu.

POZNÁMKA 3 Napájení velmi rušících zatížení, jako jsou obloukové pece a velké měniče, které jsou obvykle napájeny z vyčleněných sběrnic, mají často úrovně rušení přesahující třídu 3 (drsné prostředí). V takových zvláštních situacích by měly být kompatibilní úrovně odsouhlaseny.

POZNÁMKA 4 Při respektování rozmanitosti průmyslových prostředí mohou být pro různé jevy v dané síti platné různé třídy.

5 Koordinace mezi emisí s kompatibilními úrovněmi

Provozovatel distribuční soustavy je požádán uživatelem připojovaného zařízení, aby mu poskytl následující minimální informace:

- celková mez emise týkající se průmyslového závodu;

- očekávaná současná a budoucí úroveň rušení v PCC, zanedbávající rušení produkované vyšetřovaným závodem;
- rozsah hodnot impedance zdroje v přípojovacím bodu nezbytný pro vyhodnocení rušení; tento rozsah je závislý jak na konfiguraci distribuční soustavy tak i na kmitočtových charakteristikách.

Uživatel je požádán provozovatelem distribuční soustavy, aby mu poskytl informace ohledně:

- charakteristik zařízení určeného k instalování a jeho provozního režimu;
- charakteristik prostředků kompenzace účinníku;
- charakteristik případných filtrů pro kompenzaci harmonického proudu.

Uživatel je požádán výrobcem zařízení, aby mu poskytl následující minimální informace:

- plán instalace a charakteristiky připojovaného zařízení;
- úrovně emise jiných zařízení v instalaci a rušení šířené vedením z napájecí sítě;
- charakteristiky výrobního procesu.

Výrobce zařízení je požádán uživatelem, aby mu poskytl následující minimální informace:

- očekávané úrovně emise vyšetřovaného zařízení nebo systému při specifikovaných provozních podmínkách;
 - citlivost úrovní emise na změny například napájecí impedance, provozního napětí atd.
- b) Výběr vhodného pravidla sčítání respektujícího přítomnost různých zdrojů rušení v závodě.
- c) Vyhodnocení očekávané celkové úrovně emise závodu v PCC a vyhodnocení očekávané celkové úrovně rušení v IPC.

Překračuje-li buď celková emise zařízení nebo očekávaná úroveň rušení příslušnou kompatibilní úroveň, přičemž se bere v úvahu také budoucí rozvoj distribuční soustavy a možné zvětšení počtu zdrojů rušení v závodě, měla by se zvážit následující opatření:

- modifikace konfigurace distribuční soustavy ;
- změna charakteristik rušícího zařízení;
- použití filtrů nebo kompenzačních prostředků;
- tolerování výsledného rušení a zvětšení úrovně odolnosti poškozeného zařízení (toto opatření se nepoužije v PCC ale jen v bodech IPC).

Tento postup se opakuje dokud nejsou všechny požadavky splněny.

5.1 Kompatibilní úrovně pro spotřebiče v distribučních soustavách nízkého napětí

V normě ČSN EN 61000-2-2 se nesymetrie napětí uvažuje ve vztahu k dlouhodobým účinkům, tj. pro doby trvání 10 minut nebo delší. V této normě se nesymetrie napětí uvažuje ve vztahu k zpětné složce, která je složkou související s možnou interferencí se zařízením připojeným do veřejné distribuční soustavy.

POZNÁMKA Pro distribuční soustavy se středem přímo spojeným se zemí, může být nulová složka nesymetrie závažná.

Nesymetrie napětí způsobená jednofázovým odběrem připojeným na sdružené napětí je prakticky rovna poměru příkonu odběru a trojfázového zkratového výkonu distribuční soustavy.

Kompatibilní úroveň pro nesymetrii je zpětná složka o velikosti 2 % sousledné složky. V některých oblastech, zejména kde se připojují velké jednofázové zátěže, se mohou vyskytnout hodnoty až do 3 %.

5.2 Kompatibilní úrovně pro zařízení v průmyslových sítích

V normě ČSN EN 61000-2-4 se nesymetrie napětí uvažuje jen ve vztahu k zpětné složce, která je složkou související s možnou interferencí se zařízením připojeným do napájecích sítí pokrytých touto normou. V této normě se nesymetrie napětí uvažuje ve vztahu k dlouhodobému účinku, tj. pro doby trvání 10 minut nebo delší.

POZNÁMKA 1 Některé ochrany mohou být na nulovou složku napětí citlivé. Tomuto aspektu by se měla věnovat pozornost na úrovni instalace.

POZNÁMKA 2 Nulové složky napětí se uvažují hlavně při harmonických řádu násobků 3.

POZNÁMKA 3 Elektronické měniče produkují harmonické charakteristických řádů, což je způsobeno jejich topologií jsou-li použity při jejich jmenovitých provozních podmínkách. Odlišné provozní podmínky jako je nesymetrie, neideální okamžiky komutace atd. mohou způsobit harmonické jiných řádů.

Nesymetrie napětí způsobená jednofázovou zátěží připojenou na sdružené napětí je prakticky rovna poměru příkonu zátěže a třífázového zkratového výkonu. Není-li přítomna žádná silná jednofázová zátěž, mohou se aplikovat kompatibilní úrovně třídy 2.

Průmyslové sítě mnohdy představují náročné elektromagnetické prostředí. Pro účely hodnocení náročnosti jsou podle normy ČSN EN 61000-2-4 rozděleny do tříd prostředí (viz článek 4.3).

Kompatibilní úrovně pro nesymetrii napětí a změny síťového kmitočtu jsou uvedeny v níže uvedené tabulce 1.

Tabulka 1 – Kompatibilní úrovně pro nesymetrii napětí a změny síťového kmitočtu

Rušení	Třída 1	Třída 2	Třída 3
Nesymetrie napětí U_{neg}/U_{pos}	2 %	2 %	3 %
Odchyly kmitočtu sítě ^c Δf	±1 Hz	±1 Hz	±1 Hz
^c ±2 Hz v případě izolovaných sítí.			

5.3 Základní požadavky na odolnost proti nesymetrii napětí

Úroveň odolnosti zařízení připojených do veřejných distribučních soustav musí být alespoň rovná stejné hodnotě jako je kompatibilní úroveň ve vyšetřovaném napájecím bodu (PCC) podle tabulky 1 v článku 5.2 (třída 3: 3 %) nebo podle článku 5.1 (2 %).

Vzhledem k tomu že nesymetrií jsou nejvíce ohroženy pohony jsou další informace o odolnosti proti nesymetrii napětí uvedeny v příloze B.

5.4 Základní požadavky na potlačení emise nesymetrie napětí

Jelikož převládající příčinou nesymetrie v distribučních soustavách nízkého napětí jsou jednofázová zatížení téměř výlučně připojovaná mezi fází a střední vodič, je základním opatřením omezujícím nesymetrii napětí v distribučních soustavách nízkého napětí důsledné rozložení zátěží do všech tří fází (například rozložením zásuvkových okruhů instalace). Pro průmyslová nesymetrická zatížení platí požadavky podle kapitoly 6.

5.5 Plánovací úrovně

Pro určení mezí emise při respektování všech nesymetrických instalací se mohou použít indikativní hodnoty plánovacích úrovní. Plánovací úrovně specifikuje provozovatel distribuční soustavy pro všechny úrovně napětí tyto úrovně mohou být považovány za interní parametry kvality a její provozovatel je může n a základě požadavku poskytnout odběratelům. Plánovací úrovně pro nesymetrii napětí se rovnají nebo jsou menší než kompatibilní úrovně a měly by umožňovat koordinaci nesymetrie napětí mezi různými úrovněmi napětí. U plánovacích úrovní je možné stanovit jen indikativní hodnoty, protože se navzájem liší v závislosti na struktuře soustavy a na okolnostech. Indikativní hodnoty plánovacích úrovní pro nesymetrii napětí jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 – Indikativní hodnoty plánovacích úrovní pro nesymetrii napětí (zpětná složka)

Úroveň napětí	Plánovací úroveň L_{u2} (%)
vn	1,8 %
vvn	1,4 %
zvn	0,8 %

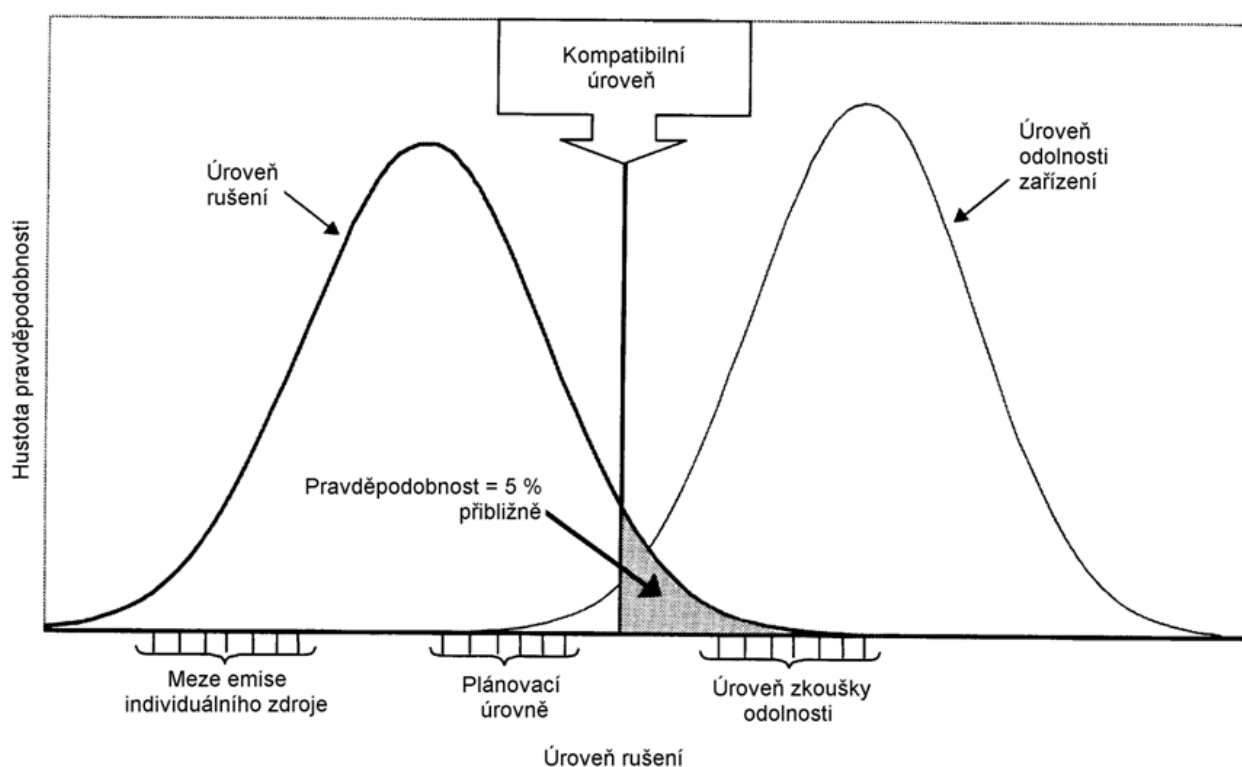
Postupy používající tyto plánovací úrovně pro stanovení mezí emise pro nesymetrické instalace individuálního odběratele se řídí podle následujících zásad:

- Plánovací úroveň je hodnota převzatá provozovatelem distribuční soustavy odpovědným za plánování a provoz v konkrétní oblasti a používá se při stanovení mezí emise nesymetrie pro velké zátěže a instalace, které jsou v této oblasti k soustavě připojeny. Používá se jako pomůcka při pokud možno spravedlivém rozložení nákladů na omezování emisí nesymetrie.

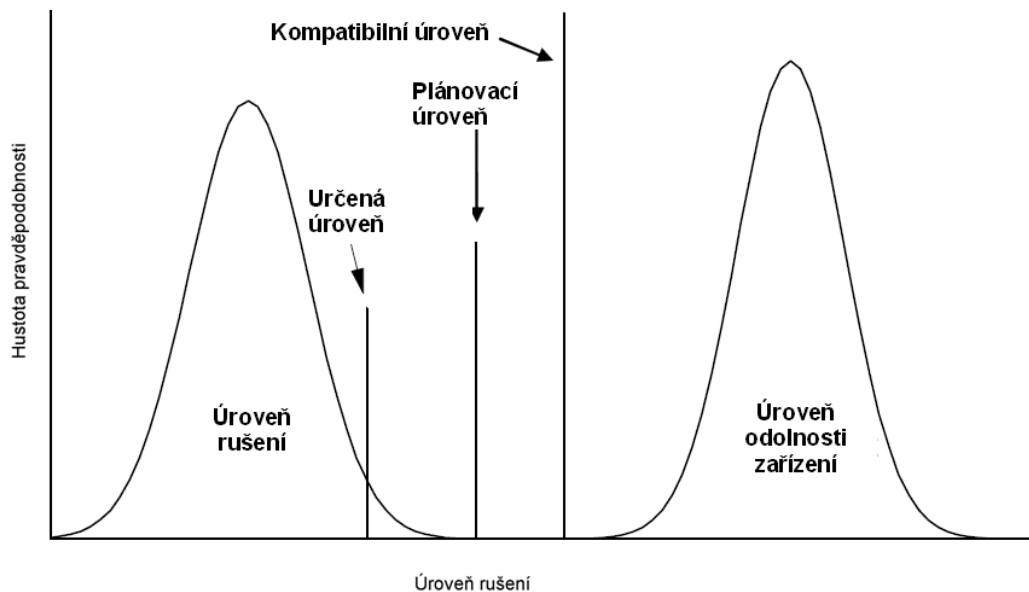
- Plánovací úroveň nemůže být vyšší než kompatibilní úroveň. Všeobecně je nižší o rezervu, která závisí na faktorech jako je sledovaný jev nesymetrie, struktura a elektrické charakteristiky napájecí distribuční soustavy (předpokládá se, že je vhodně navržena a udržována), úrovně pozadí nesymetrie a diagram příkonu zátěže. Je proto specifická k místu připojení.
- I když plánovací úroveň se týká hlavně velkého zařízení a instalace, musí se brát v úvahu také mnoho ostatních zdrojů nesymetrie a značně početná zařízení nízkého příkonu připojená na nízké napětí. Dostupná rezerva k urovnání emisí z velkých instalací závisí na účinnosti aplikací mezí pro zařízení nízkého příkonu. Jakákoliv obtíž v tomto ohledu je indikací požadavku na přísnější přístup k emisím nesymetrie ze zařízení nízkého příkonu. Cílem kontroly překročení je zajištění, aby předpokládaná úroveň nesymetrie nepřekročila kompatibilní úroveň.

5.6 Znázornění kompatibilních, emisních, odolnostních a plánovacích úrovní

Na obrázku 1 jsou znázorněny různé úrovně EMC a meze. I když to není matematicky přesné, ilustruje to vztahy mezi hodnotami. Obrázek má jen schematický význam. Konkrétně relativní polohy uvedených dvou křivek znázorňují, že se může vyskytnout překrytí, nemělo by se však interpretovat jako přesná indikace rozsahu překrytí.



Obrázek 1 – Vztah mezi kompatibilními, emisními, odolnostními a plánovacími úrovněmi

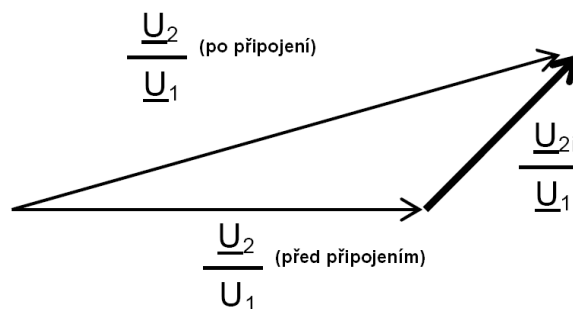


Obrázek 2 – Ilustrace základní koncepce kvality napětí týkající se jednoho místa uvnitř celé distribuční soustavy

Obrázek 2 znázorňuje rozložení pravděpodobností úrovně rušení a odolnosti v jakémkoliv jednom místě, která jsou normálně užší než ta, která jsou pro celou distribuční soustavu, takže ve většině míst se rozložení pravděpodobností úrovně rušení a odolnosti překrývají málo nebo vůbec se nepřekrývají. Interference se proto vůbec nepředpokládá a očekává se, že zařízení bude fungovat vyhovujícím způsobem. Elektromagnetická kompatibilita je mnohem pravděpodobnější než se jeví podle obrázku 2.

5.7 Definice úrovně emise nesymetrie

Úroveň emise nesymetrie z instalace i do distribuční soustavy je rovna velikosti vektoru nesymetrie napětí (nebo proudu) (tj. $|\underline{U}_{2i}/\underline{U}_1|$), který je způsoben instalací v místě vyhodnocení. Toto je znázorněno na obrázku 3.



Obrázek 3 – Ilustrace vektoru emise $\underline{U}_{2i}/\underline{U}_1$ a jeho příspěvku zároveň s nesymetrií způsobenou jinými zdroji před připojením vyšetřované instalace do distribuční soustavy ve srovnání s měřenou nesymetrií po připojení vyšetřované instalace

Pokud tato velikost vektoru nesymetrie v distribuční soustavě má zvýšené úrovně, požaduje se, aby výše uvedená úroveň emise (tj. $|\underline{U}_{2i}/\underline{U}_1|$) byla menší než meze emise podle příslušných částí této normy.

Při určování úrovně emise z nesymetrických instalací by se měly brát úvahu nejhorší normální provozní podmínky zahrnující asymetrie, na které byla instalace odběratele projektována a trvající po dobu specifikovaného procentního časového údaje – např. více než 5% času, založeného na statistickém průměru (například dob výpadků jednofázové indukční pece). Kromě toho u velkých instalací ve srovnání s velikostí distribuční soustavy (např. $S_{sc}/S_i < 30$; je třeba poměr 30 upřesnit, aby vyhověl specifickým podmínkám).

6 Sumační zákon

Bylo zjištěno, že spojování účinků nesymetrie napětí od různých instalací může být vyjádřeno výsledným činitelem nesymetrie následovně:

$$u_2 = \sqrt{\sum_i u_{2i}^\alpha} \quad (1)$$

kde

u_2 je velikost výsledné úrovně činitele nesymetrie napětí pro uvažovanou agregaci (spojování několika po sobě následujících hodnot daného parametru, přičemž každá z nich je určena ve stejném časovém intervalu, za účelem získání hodnoty reprezentující delší časový interval; viz ČSN EN 61000-4-30) zdrojů nesymetrie (pravděpodobnostní hodnota);

u_{2i} je velikost různých zdrojů nebo úrovní emise nesymetrie určených ke spojování;

α je exponent, který závisí na různých faktorech diskutovaných v IEC/TR 61000-3-13. Pokud nejsou tyto faktory známy může se pro náhodné zdroje nesymetrie použít indikativní hodnota exponentu $\alpha = 1,4$.

7 Meze emise nesymetrie způsobené instalacemi připojovanými do soustavy vn (MV)

7.1 Etapa 1: zjednodušené vyhodnocení emise nesymetrie napětí

Význam etapy 1 je v jednoduchosti rozhodování o připojování malého počtu malých odběrů emitujících nesymetrii napětí.

Nesymetrie napětí instalace se může akceptovat bez dalšího vyšetřování pokud je splněno následující kritérium:

$$\frac{S_{ui}}{S_{sc}} = 0,2 \% \quad (2)$$

kde

S_{ui} je ekvivalent jednofázového výkonu nesymetrické instalace i (jednofázový ekvivalent);

S_{sc} je třífázový zkratový výkon v místě vyhodnocování.

Podle PNE 33 3430-0 kap. 5.3 jsou tyto hladiny v síti všeobecně zajištěny, pokud v zařízení jednoho odběratele při všech provozních stavech výsledné zatížení nevyvolá větší nesymetrii než $u_{(2)přip} = 0.7 \%$ v rozsahu minut (ustáleně).

Pokud toto kritérium není splněno mělo by se připojení vyšetřovat pole následující etapy 2.

7.2 Etapa 2: meze emise vztažené ke skutečným charakteristikám distribuční soustavy

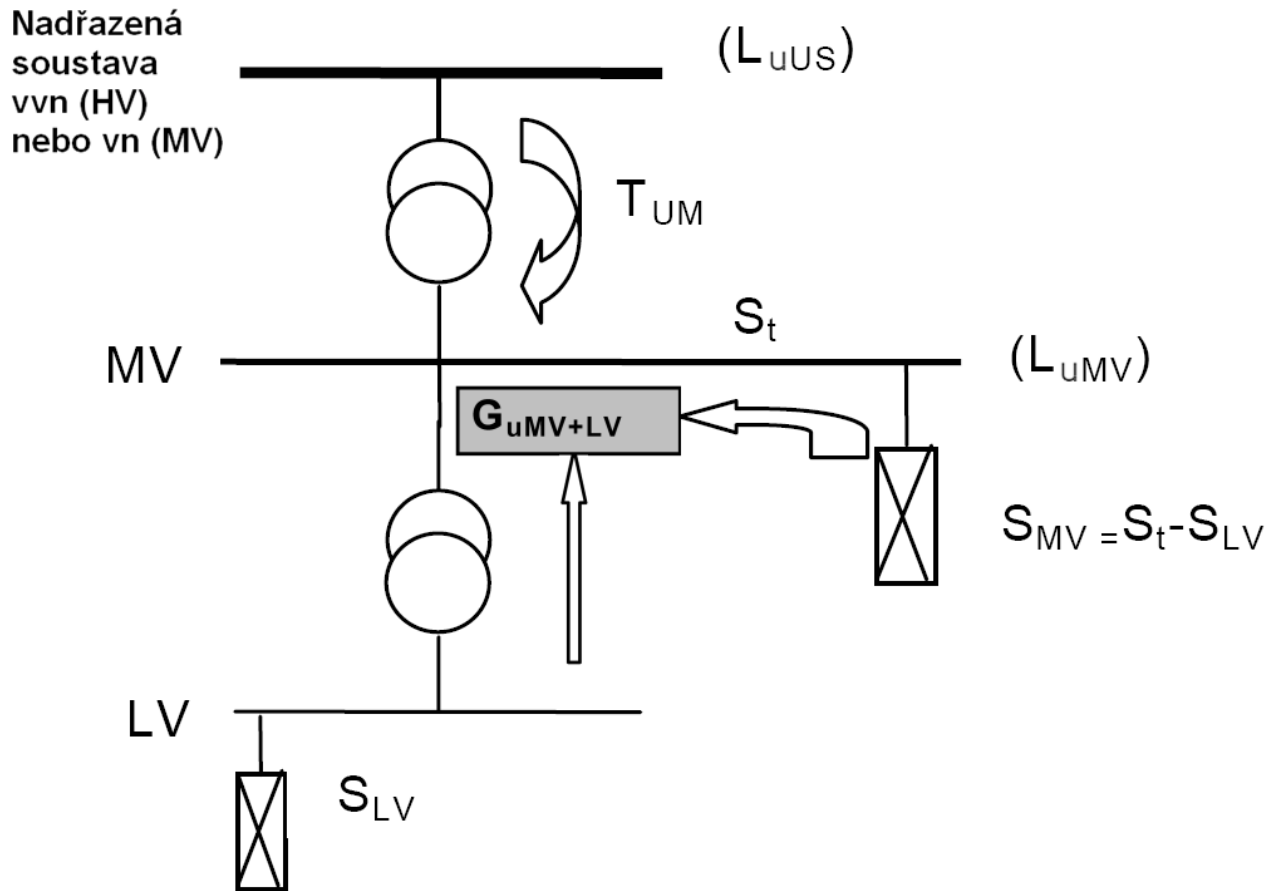
V této etapě je příslušná plánovací úroveň rozdělena pro každého uživatele distribuční soustavy podle jeho podílu příkonu, který odebírá ze soustavy. Toto zajišťuje, aby celková emise do dané soustavy nezpůsobila překročení plánovacích úrovní.

Níže uvedený přístup předpokládá šíření nesymetrie v distribuční soustavě podle jednoduchých zákonitostí.

- Přístup je založen na sumačním zákonu uvedeném v kapitole 6.
- Hodnoty nesymetrie se budou přenášet směrem od zdroje s útlumem.
- S ohledem na zkratové výkony je možno příspěvky z nižší do vyšší napěťové úrovně považovat za zanedbatelné.

7.2.1 Souhrnné emise určené k rozdělení mezi zdroje nesymetrie

Uvažujme typickou distribuční soustavu vn (MV) znázorněnou na obrázku 4, která může zajišťovat celkovou dodávku pro všechny instalace jak v místní soustavě vn (MV) (příkon S_{MV}) tak i v připojených soustavách nn (LV) (příkon S_{LV}). Cílem je stanovení mezí emise v distribuční soustavě vn (MV).



Legenda k obrázku a k následujícímu textu:

- MV vyšetřovaná soustava vn (*Medium Voltage*)
- LV vyšetřovaná soustava nn (*LowVoltage*)
- US nadřazená soustava (*Upstream System*)
- S_t schopnosti dodávky výkonu
- L_u plánovací úroveň nesymetrie
- G_u souhrnný příspěvek k nesymetrii

Obrázek 4 – Příklad vyšetřované distribuční soustavy vysokého napětí pro rozdělení příspěvků

Nejprve je nutné aplikování sumačního zákona (rovnice 1) pro určení souhrnného příspěvku všech zdrojů nesymetrie přítomných v konkrétní distribuční soustavě vysokého napětí MV. Nesymetrie v této distribuční soustavě je výsledkem kombinování úrovně nesymetrie přicházející z nadřazené soustavy (je třeba poznamenat, že nadřazená soustava může být vvn nebo jiná vn soustava, pro kterou vzájemné plánovací úrovně byly stanoveny předem) a nesymetrie, které jsou následkem všech kolísajících napětí instalací připojených k vyšetřované soustavě MV. Tato celková úroveň nesymetrie napětí by neměla překročit plánovanou úroveň ve vyšetřované soustavě MV (viz obrázek 4), danou vztahem:

$$L_{uMV} = \sqrt[\alpha]{G_{uMV}^\alpha + T_{uUM}^\alpha \cdot L_{uUS}^\alpha} \quad (3)$$

Algebraickou úpravou rovnice 3 souhrnný příspěvek nesymetrie, který se může přidělit úhrnu MV instalací napájených z vyšetřované soustavy MV, je dán vztahem:

$$G_{uMV+LV} = \sqrt[\alpha]{L_{uMV}^\alpha - T_{uUM}^\alpha \cdot L_{uUS}^\alpha} \quad (3a)$$

kde

- G_{uMV+LV} je maximální souhrnný příspěvek k úrovni nesymetrie přicházející od úhrnu MV a LV instalací, které mohou být napájeny ze sběrnice MV;
- L_{uMV} je plánovací úroveň pro nesymetrii napětí v soustavě MV;

- L_{uUS} je plánovací úroveň pro nesymetrie v nadřazené soustavě (protože mohou být potřeba různé plánovací úrovně pro úrovně nesymetrie napětí přecházející mezi vn a vn, byla jako obecný termín použita plánovací úroveň nadřazené soustavy);
- T_{uUM} je koeficient přenosu nesymetrie z nadřazené soustavy do vyšetřované soustavy MV (při zjednodušeném vyhodnocení se tento koeficient položit roven 1, v praxi je však menší než 1 s ohledem na vyrovňující vliv točivých strojů).
- α je sumační exponent (viz kapitola 6).

7.2.2 Individuální meze emise

Každému uživateli distribuční soustavy bude povolen jen zlomek souhrnných mezí emise G_{uMV+LV} . Přiměřeným přístupem je použití podílu dohodnutého příkonu S_i a schopnosti dodávky výkonu S_t soustavou MV. Takovéto kritérium je ve vztahu ke skutečnosti, že dovolený příkon uživatele distribuční soustavy je často spojen s podílem na investičních nákladech soustavy.

Při určování meze emise nesymetrie instalace zpráva IEC/TR 61000-3-13 zavádí činitel k_{uE} , který reprezentuje podíl globální nesymetrie, který může být konkrétně přidělen instalacím v distribuční soustavě MV a LV. Činitel k_{uE} určí provozovatel distribuční soustavy v závislosti na charakteristikách soustavy, na délce vedení a na její konfiguraci. Metoda odhadu činitele k_{uE} je uvedena v příloze A zprávy IEC/TR 61000-3-13.

$$E_{ui} = \alpha \sqrt[k_{uE}]{} \cdot G_{uMV} \cdot \sqrt[\alpha]{} \frac{S_i}{(S_t)} \quad (4)$$

kde

- E_{ui} je mez dovolené emise nesymetrie napětí instalace i přímo napájené z MV (%);
- k_{uE} je činitel, který reprezentuje podíl globální nesymetrie, který může být konkrétně přidělen instalacím v distribuční soustavě MV a LV. Činitel k_{uE} určí provozovatel distribuční soustavy v závislosti na charakteristikách soustavy, na délce vedení a na její konfiguraci
- G_{uMV+LV} je maximální souhrnný příspěvek k nesymetrii napětí přicházející od úhrnu MV instalací, které mohou být napájeny z vyšetřované soustavy MV;
- $S_i = P_i / \cos(\varphi)$ je dohodnutý příkon instalace odběratele i , nebo jmenovitý výkon v MVA vyšetřované rušivé instalace (buď zátěží nebo generátorů);
- S_t je schopnosti dodávky výkonu do vyšetřované soustavy včetně opatření pro budoucí nárůst zátěží;
- α je sumační exponent.

POZNÁMKA Rozptýlené generátory však mohou být také zdrojem nesymetrie napětí a je s tím třeba počítat.

V některých místech se může stát, že stávající úroveň nesymetrie je vyšší než normální podíl stávající instalace. V takovém případě se mez emise pro jakoukoliv novou instalaci zmenší nebo by se mohla zvětšit schopnost absorpce nesymetrie.

U uživatelů distribuční soustavy, kteří mají nízký dohodnutý příkon může výše uvedený postup (podle rovnice 4) vycházet s nereálně nízkými mezemi. Pokud mez emise vyjde menší než 0,2 %, pak se musí stanovit v této výši 0,2 %.

Může se také dát přednost vyhodnocování mezí zpětné složky proudu. V takovémto případě provozovatel distribuční soustavy poskytne údaje o zpětné složce impedance distribuční soustavy na základním kmitočtu tak, aby bylo umožněno vyjádření těchto mezí zpětné složky proudu:

$$E_{i2i} = \frac{E_{u2j}}{Z_2} \quad (5)$$

kde

- E_{u2i} je přípustná úroveň emise zpětné složky napětí instalace;
- E_{i2i} je přípustná úroveň emise zpětné složky proudu instalace;
- Z_2 je zpětná složka impedance distribuční soustavy na základním kmitočtu v místě vyhodnocování (způsob výpočtu této impedance je v IEC 60909)

7.3 Etapa 3: podmíněné připojování při vyšších úrovních emise

Za některých okolností může provozovatel distribuční soustavy připustit rušivou instalaci emitující nesymetrii napětí nad základními mezemi dovolenými v etapě 2. To je zejména případ, kdy meze etapy 2 jsou odvozeny při použití typických avšak opatrných charakteristik distribuční soustavy. Následující faktory mohou dovolit využít rezervu soustavy pro umožnění vyšších mezí emise, například:

- Některé instalace nevytvářejí výraznější nesymetrie, protože neobsahují velká zařízení. Proto schopnost dodávky výkonu ze soustavy nemusí být v některých dobách využita.
- Sumační zákon může být v některých případech příliš konzervativní; například některé instalace emitující nesymetrii napětí nemusí pracovat současně. Může se stát, že některé instalace se nikdy neprovozují současně s ohledem na omezení soustavy a zátěže.
- V některých případech se mohou definovat vyšší plánovací úrovně po novém přiřazení plánovacích úrovní mezi vn a vvn pro počítání s místními jevy jako je zvláštní efekt útlumu nebo absence rušivých instalací na určité úrovni napětí.
- Nesymetrické instalace nepracují současně nebo je menší přenosový činitel.
- V některých případech rušivé instalace mohou v normálních konfiguracích soustavy být ve shodě s jejími mezemi emise, zatímco při náhodou zhoršených konfiguracích soustavy (např. pokud blízký generátor je mimo provoz) se meze etapy 2 náhodně překračují.

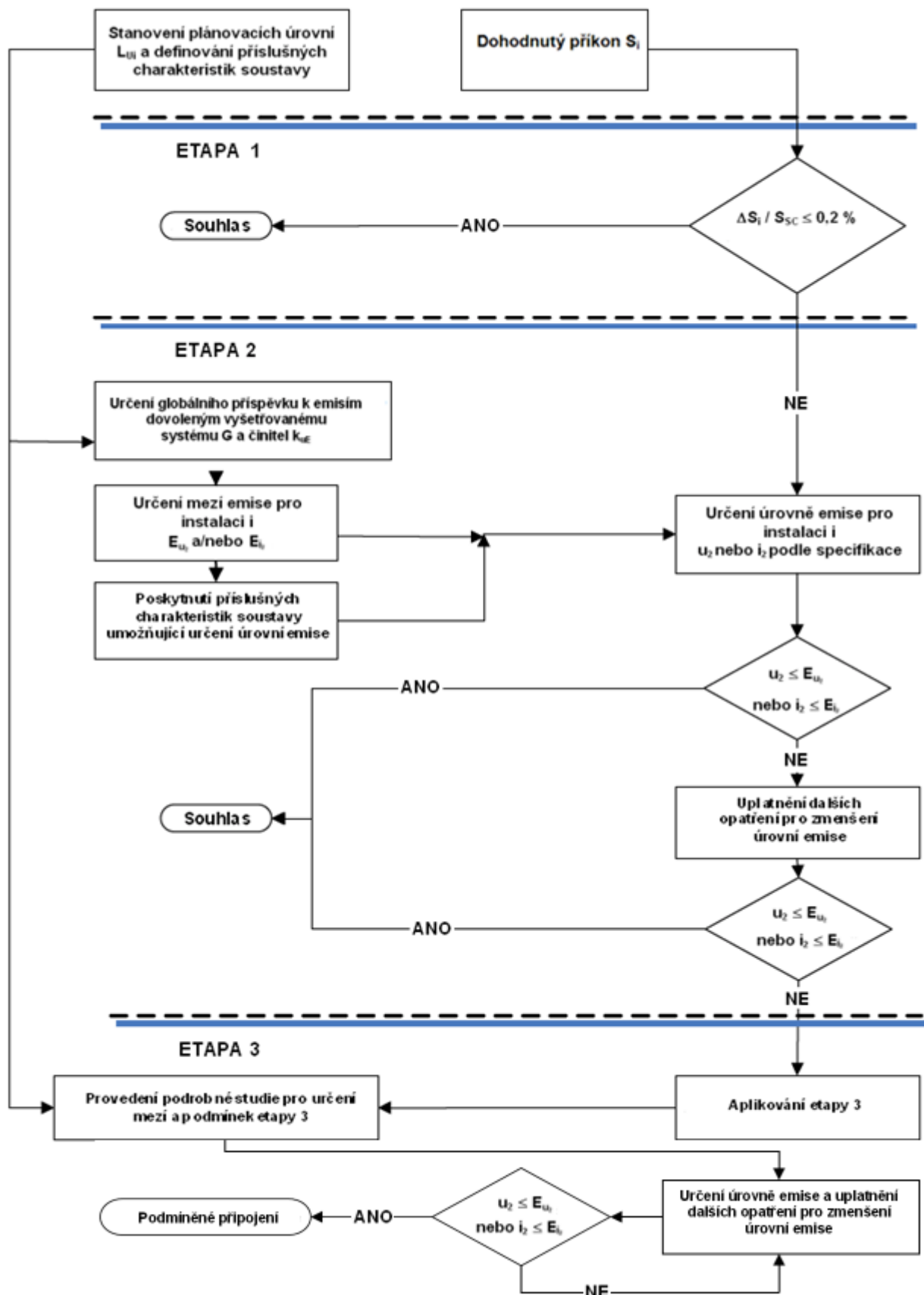
Ve všech těchto případech může provozovatel nebo vlastník soustavy rozhodnout o přidělení vyšších mezí emise v rámci etapy 3. Vždy se však musí provést pečlivá studie připojení při respektování předcházející nesymetrie a očekávaného příspěvku od vyšetřované instalace při různých možných provozních podmínkách. Přípustnost vyšších mezí emise bude poskytnuta uživateli distribuční soustavy jen podmíněčně a omezení může specifikovat přímo provozovatel nebo vlastník distribuční soustavy:

7.4 Vývojový diagram postupu vyhodnocování

Obrázek 5 uvádí přehled postupu vyhodnocování.

PROVOZOVATEL DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY

ŽADATEL „i“



Obrázek 5 – Vývojový diagram postupu vyhodnocování v distribuční soustavě vn

8 Meze emise nesymetrie po instalaci v soustavách vvn (HV)

8.1 Etapa 1: zjednodušené vyhodnocení emise nesymetrie

Pro připojování do soustav vvn v etapě 1 se mohou použít stejná kritéria jako v článku 7.1.

8.2 Etapa 2: meze emise vztažené ke skutečným charakteristikám distribuční soustavy

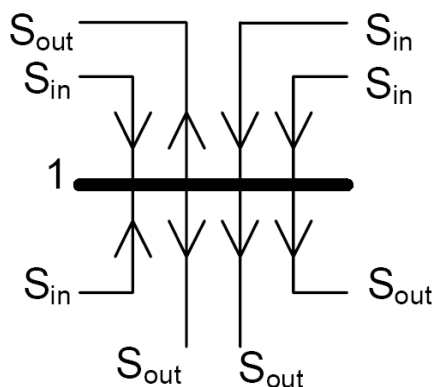
Přístup je obdobný jako pro vn instalace (viz 7.2). Avšak v konkrétním případě vvn instalací způsobujících nesymetrii napětí by podíl souhrnné úrovně nesymetrie určený k rozdělení mezi každého uživatele měl být založen na celkovém dostupném výkonu pro všechny instalace vvn a ne na celkové schopnosti dodávky výkonu soustavy. Je to způsobeno tím, že příspěvek vn a nn instalací způsobujících nesymetrii napětí se může zanedbat a proto při určování možných emisí nesymetrie v soustavách vvn se instalace vn a nn nemusí zahrnovat do celkové schopnosti dodávky výkonu.

8.2.1 Určení celkového dostupného výkonu

Je-li S_i zdánlivý výkon instalace i a S_t celkový dostupný výkon distribuční soustavy v místě vyhodnocení soustavy vvn (HV), pak poměr S_i/S_t je základní veličina pro určení mezí emise podle postupu v etapě 2.

8.2.1.1 První aproximace

Určení celkového dostupného výkonu S_t v soustavách vvn je mnohem složitější než v případě soustavy vn. Pokud se vyšetřuje případ instalace průmyslového uživatele distribuční soustavy připojovaného v dané soustavě vvn jako první základní informace je předpověď toků výkonu beroucí v úvahu rozvoj soustavy v budoucnu.



Obrázek 6 – Určení S_t v jednoduché soustavě vvn

Celkový dostupný výkon se určí jednoduše:

$$S_t = \sum S_{out} \quad (6)$$

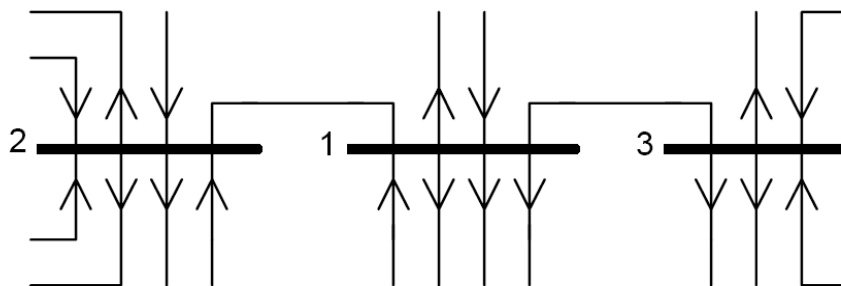
kde

- S_t (v MVA) je aproximace celkového příkonu všech instalací, u kterých meze emise je třeba přidělit v předvídatelné budoucnosti. V tomto případě to je součet výkonů odtékajících z vyšetřované sběrnice;
- S_{out} (v MVA) je výkon odtékající z vyšetřované sběrnice vvn (včetně rezervy pro budoucí nárůst zátěže);
- S_{in} (v MVA) je výkon přitékající do vyšetřované sběrnice.

Tato první aproximace S_t je konzervativní a pokud vede k nerealistickým mezím emise doporučuje se následující druhá aproximace.

8.2.1.2 Druhá aproximace

Pokud v nejbližším okolí vyšetřované rozvodny je důležitá instalace způsobující nesymetrii napětí doporučuje se následující postup.



Obrázek 7 – Určení S_t v mřížové soustavě vvn

Označme vyšetřovaný uzel 1 a obdobně 2, 3, . . . atd. ostatní uzly umístěné v okolí vyšetřovaného uzlu, pak hodnoty dostupného výkonu S_{t1} , S_{t2} , S_{t3} , . . . se vypočtou podle rovnice (6) přičemž se ignoruje výkon S_{out} tekoucí mezi těmito uzly.

Na síťovém kmitočtu se vypočtou koeficienty vlivu K_{u2-1} , K_{u3-1} , . . . (koeficient vlivu K_{un-m} je nesymetrie napětí, která je způsobena v uzlu m pokud jednotková změna napětí je aplikována v uzlu n; výpočet K_{un-m} obvykle vyžaduje počítačový program).

Rovnice (6) se nahradí rovnicí

$$S_t = S_{t1} + (K_{u2-1})^\alpha S_{t2} + (K_{u3-1})^\alpha S_{t3} + \dots \quad (7)$$

s přidáním dalších členů $(K_{un-m})^\alpha S_{tn}$ pokud zůstávají významné ve srovnání s S_{t1} .

8.2.2 Individuální meze emise

Přípustný globální příspěvek asymetrií ve vyšetřované soustavě a od nesymetrických instalací může být dodáván danou rozvodnou vvn včetně nesymetrických instalací napájených z nižších napěťových úrovní (DV) je dán vztahem:

$$G_{uHV+DV} = \sqrt[\alpha]{L_{uHV}^\alpha - T_{UH}^\alpha \cdot L_{uEHV}^\alpha} \quad (8)$$

kde

- DV je zkratka anglického termínu „downstream voltage“, což jsou napěťové úrovně soustav napájených z vyšetřované soustavy (ve směru toku odcházející energie);
- G_{uHV+DV} je maximální souhrnný příspěvek k úrovni nesymetrie přicházející od úhrnu HV a LV instalací, včetně nesymetrických instalací napájených z napěťových úrovní DV;
- L_{uHV} je plánovací úroveň pro nesymetrii napětí v soustavě MV;
- L_{uEHV} je plánovací úroveň pro nesymetrie v nadřazené soustavě zvn (viz tabulka 2);
- T_{uUM} je koeficient přenosu nesymetrie z nadřazené soustavy do vyšetřované soustavy MV.
- α je sumační exponent.

Každému uživateli distribuční soustavy bude povolen jen příspěvek E_{ui} což je zlomek souhrnných mezí emise G_{uHV+DV} . Přiměřeným přístupem je použití podílu dohodnutého příkonu S_i a schopnosti dodávky výkonu S_t soustavou EHV.

Činitel k_{uE} , který reprezentuje podíl globální nesymetrie, který může být konkrétně přidělen instalacím v distribuční soustavě (viz 7.2.2)

$$E_{uiHV} = \sqrt[\alpha]{k_{uE}} \cdot G_{uHV+DV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \quad (9)$$

kde

- E_{uiHV} je mez dovolené emise nesymetrie napětí instalace i přímo napájené z HV (%);
- k_{uE} je činitel, který reprezentuje podíl globální nesymetrie, který může být konkrétně přidělen instalacím v distribuční soustavě vn a nn. Činitel k_{uE} určí provozovatel distribuční soustavy v závislosti na charakteristikách soustavy, na délce vedení a na její konfiguraci

- G_{uHV+DV} je maximální souhrnný příspěvek k nesymetrii napětí přicházející od úhrnu vn instalací a od instalací na nižší úrovni napětí;
- S_i je dohodnutý příkon instalace odběratele i ;
- S_t je schopnosti dodávky výkonu do vyšetřované soustavy včetně opatření pro budoucí nárůst zátěží;
- α je sumační exponent.

8.3 Etapa 3: podmíněné připojování při vyšších úrovních emise

V soustavě vvn se postupuje stejně jako v článku 7.3.

Příloha A (normativní)

Měření a vyhodnocení nesymetrie napětí

Metody měření a vyhodnocení výsledků nesymetrie napětí definuje norma ČSN EN 61000-4-30 ed. 2. Metody měření jsou popsány pro každý důležitý typ parametru pro vyhodnocení výsledků nesymetrie napětí a jsou formulovány tak, aby umožnily získání spolehlivých, opakovatelných a porovnatelných výsledků bez ohledu na použitý vyhovující přístroj a bez ohledu na jeho podmínky prostředí. Tato norma předkládá metody měření pro měření v místě instalace připojovaného zařízení.

A.1 Elektrické hodnoty určené k vyhodnocení nesymetrie napětí

Nesymetrie napětí je v podstatě mnoháfázová a proto měření se provádějí ve vícefázových napájecích distribučních soustavách. Může být nutné měřit fázové napětí (*line-to-neutral*) nebo sdružené napětí (*line-to-line*) nebo napětí mezi středním vodičem a zemí v závislosti na kontextu. Účelem této normy není nařídít volbu elektrických hodnot určených k měření. Metody měření specifikované v normě IEC 61000-4-30 jsou takové, aby se v každém měřicím kanálu mohly vytvářet nezávislé výsledky.

Měření proudu se mohou provést na každém vodiči včetně nulového vodiče a vodiče ochranné země.

POZNÁMKA Často je užitečné měřit proud současně s napětím a přidružit měření proudu ve vodiči 1 k měřením napětí mezi tímto vodičem a referenčním vodičem, jako je zemní vodič nebo střední vodič.

A.2 Agregace měření přes časové intervaly

Základní měřicí časový interval pro velikosti parametru (napájecí napětí, harmonické, meziharmonické a nesymetrie) musí být časový interval 10 cyklů pro napájecí síť 50 Hz nebo časový interval 12 cyklů pro napájecí síť 60 Hz.

POZNÁMKA Nejistota měření je zahrnuta do protokolu nejistoty měření každého parametru.

Měřicí časové intervaly jsou agregovány (definice viz kapitola 2) po dobu 3 různých intervalů. agregace časových intervalů jsou

- třísekundový interval (150 cyklů pro jmenovitých 50 Hz nebo 180 cyklů pro jmenovitých 60 Hz),
- desetiminutový interval,
- dvouhodinový interval.

A.3 Měření nesymetrie napětí a proudu

Nesymetrie napájecího napětí se vyhodnocuje s použitím metody symetrických složek. Při podmínkách nesymetrie je kromě sousledné složky přítomna alespoň jedna z následujících složek: zpětná složka u_2 a/nebo nulová složka u_0 .

Základní složka efektivní hodnoty signálu vstupního napětí se měří v časovém intervalu 10 cyklů pro síť 50 Hz nebo časový interval 12 cyklů pro síť 60 Hz.

POZNÁMKA Účinek harmonických se minimalizuje použitím filtru nebo použitím algoritmu DFT.

Zpětná složka u_2 se vyhodnocuje následujícím poměrem vyjádřeným v procentech:

$$u_2 = \frac{\text{zpětná složka}}{\text{sousledná složka}} * 100 \%$$

Pro 3-fázové systémy se toto může psát (s $U_{ij \text{ fund}}$ = základní napětí od fáze i k fázi j):

$$u_2 = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} * 100 \% \quad \text{kde } \beta = \frac{U_{12 \text{ fund}}^4 + U_{23 \text{ fund}}^4 + U_{31 \text{ fund}}^4}{(U_{12 \text{ fund}}^2 + U_{23 \text{ fund}}^2 + U_{31 \text{ fund}}^2)^2}$$

Nulová složka u_0 se vyhodnocuje velikostí následujícího poměru vyjádřeného v procentech:

$$u_0 = \frac{\text{nulová složka}}{\text{sousledná složka}} * 100 \%$$

Zpětná složka proudu se měří prostřednictvím měničů proudu a vyhodnocuje se jako zpětná složka u_2 .

Pokud se na vstup aplikuje střídavé trojfázové napětí, které splňuje požadavky podmínek „Zkušebního stavu 1“ (viz tabulka A.2), kromě zpětné a nulové složky nesymetrie v rozsahu 1 % až 5 % U_{din} , pak přístroj musí poskytovat nejistotu menší než $\pm 0,15$ % jak pro zpětnou tak i pro nulovou složku. Například přístroj udávající zpětnou složku 1,0 % musí poskytnout odečet x tak, aby $0,85 \% \leq x \leq 1,15 \%$.

A.4 Rozsah ovlivňujících veličin

Měření specifických charakteristik může být nepříznivě ovlivněno aplikací rušivých vlivů (ovlivňujících veličin) na vstup elektrického signálu, například měření nesymetrie napájecího napětí může být nepříznivě ovlivněno pokud tvar vlny napětí je současně vystaven rušení harmonickými.

Výsledný parametr měření musí být v rozsahu specifikované nejistoty dané v A.5 pokud všechny ostatní parametry jsou v rozsahu změn daných tabulkou A.1.

Tabulka A.1 – Rozsah ovlivňujících veličin (vstupních signálů)

Ovlivňující veličiny	Rozsah změn
Kmitočet	42,5 Hz – 57,5 Hz pro síť 50 Hz 51 Hz – 69 Hz pro síť 60 Hz
Velikost napětí (ustálený stav) pro třídu A	10 % – 200 % U_{din}
Velikost napětí (ustálený stav) pro třídu S	10 % – 150 % U_{din}
Nesymetrie	0 % – 5 %

A.5 Realizace ověřování a nejistota zkušebních stavů

Pro potvrzení, že implementace funkcí použitá v měřicím přístroji je správná, aplikují se níže uvedené zkoušky.

Nejistota přístroje se musí zkoušet pro každou měřenou veličinu následovně (viz tabulka A.2):

- vybere se měřená veličina (například efektivní hodnota velikosti napětí);
- všechny ostatní veličiny se udržují ve zkušebním stavu 1, ověří se nejistota měřené veličiny určené ke zkoušení v pěti bodech rovnoměrně rozmístěných v rozsahu ovlivňující veličiny (například pro třídu A 0 % U_{din} , 50 % U_{din} , 100 % U_{din} , 150 % U_{din} , 200 %);
- všechny ostatní veličiny se udržují ve zkušebním stavu 2, zkouška se opakuje;
- všechny ostatní veličiny se udržují ve zkušebním stavu 3, zkouška se opakuje.

Ostatní zkušební stavy se mohou použít jako doplňkové ke zkušebním stavům specifikovaným v tabulce 3; v tomto případě hodnoty zvolené pro každou ovlivňující veličinu musí být v rozsahu změn pro tuto ovlivňující veličinu.

POZNÁMKA Některé ovlivňující veličiny nesmí ovlivňovat hodnotu měřeného parametru (například harmonické nesmí ovlivňovat hodnotu nesymetrie). Jiné ovlivňující veličiny musí ovlivňovat hodnotu měřeného parametru (například harmonické musí ovlivňovat efektivní hodnotu). Požadavky na nejistotu musí být splněny v obou případech.

Tabulka A.2 – Nejistota zkušebních stavů pro třídu A a třídu S

Ovlivňující veličiny	Zkušební stav 1	Zkušební stav 2	Zkušební stav 3
Kmitočet	$f_{nom} \pm 0,5 \text{ Hz}$	$f_{nom} - 1 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$	$f_{nom} + 1 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$
Velikost napětí	$U_{din} \pm 1 \%$	Určeno flikrem, nesymetrií, harmonickými, mezipharmonickými (uvedeny níže)	Určeno flikrem, nesymetrií, harmonickými, mezipharmonickými (uvedeny níže)
Nesymetrie	$100 \% \pm 0,5 \% U_{din}$ všechny fázové úhly 120°	0,73 % $\pm 0,5 \% U_{din}$ Fáze A 0,80% $\pm 0,5 \% U_{din}$ Fáze B 0,87 % $\pm 0,5 \% U_{din}$ Fáze C všechny fázové úhly 120°	1,52 % $\pm 0,5 \% U_{din}$ Fáze A 1,40% $\pm 0,5 \% U_{din}$ Fáze B 1,28 % $\pm 0,5 \% U_{din}$ Fáze C všechny fázové úhly 120°
Harmonické	0% až 3% U_{din}	3. harmonická při 0° $10\% \pm 3\% U_{din}$ 5. harmonická při 0° $5\% \pm 3\% U_{din}$ 29. harmonická při 0° $5\% \pm 3\% U_{din}$	7. harmonická při 180° $10\% \pm 3\% U_{din}$ 13. harmonická při 0° $5\% \pm 3\% U_{din}$ 25. harmonická při 0° $5\% \pm 3\% U_{din}$
Mezipharmonické	0% až 0,5% U_{din}	při $7,5 f_{nom}$ $1\% \pm 0,5\% U_{din}$	při $3,5 f_{nom}$ $1\% \pm 0,5\% U_{din}$

A.6 Vyhodnocování nesymetrie napětí

Interval měření: doba posuzování minimálně jeden týden .

Technika vyhodnocování: mohly by se uvažovat desetiminutové hodnoty a/nebo dvouhodinové hodnoty. Jsou navrženy následující techniky pro obě hodnoty, mezi stranami by se však mohly dohodnout i jiné techniky vyhodnocování:

- mohl by se počítat počet nebo procenta hodnot během intervalu měření, které překračují smluvní hodnoty;
- hodnoty nejhoršího případu by se mohly porovnat se smluvními hodnotami (pro tuto možnost by interval měření mohl být odlišný, například jeden rok);
- jedna nebo více týdenních hodnot vyjádřených v procentech s pravděpodobností 95 % (nebo jiná procenta) by se mohly porovnat se smluvními hodnotami.

A.7 Nesymetrie krátkodobého poklesu napětí

Dokonce i velmi krátká nesymetrie může poškodit trojfázové zátěže s usměrňovačem nebo způsobit vypnutí nadproudových ochranných prostředků. Trojfázové krátkodobé poklesy napětí jsou často nesymetrické. Při výpočtu trojfázové nesymetrie během krátkodobého poklesu napětí jsou často užitečné rychle aktualizované efektivní hodnoty. Nesymetrie během krátkodobého poklesu napětí se často mění, takže nesymetrie by se mohla prezentovat v grafické formě nebo by se mohla prezentovat maximální hodnotou nesymetrie během krátkodobého poklesu napětí.

Během krátkodobého poklesu napětí může být často užitečné analyzovat odděleně nulovou složku, zpětnou složku a souslednou složku základního kmitočtu. Tento přístup dává informaci o tom jak se krátkodobý pokles napětí šíří v síti a může být užitečný při pochopení současných krátkodobých poklesů napětí a krátkodobých zvýšení napětí na různých fázích.

Příloha B (informativní)

Základní požadavky na odolnost elektrických výkonových pohonů proti nesymetrii a změnám kmitočtu napětí

Elektrické výkonové pohony tvořené elektrickými točivými stroji jsou nejčastějšími případy stížností na nesymetrii napájecího napětí. K posouzení oprávněnosti či neoprávněnosti takovýchto stížností je nutné přihlídnout k požadavkům na odolnost takovýchto odběrů proti nesymetrii a změnám kmitočtu napětí.

B.1 Společné principy

Požadavky v těchto člancích se musí použít při navrhování odolnosti pohonů proti nízkofrekvenčním rušením.

Pokud jde o požadavky na odolnost, výrobce může prokázat shodu zkoušením, výpočtem nebo simulací. Pokud není stanoveno jinak je to postačující k prokázání, že obvod napájení vyhovuje požadovanému kritériu shody a že jmenovitá zatížení vstupních obvodů (filtrů atd.) nebudou překročena.

POZNÁMKA 1 Několik z těchto jevů se kmenovými normami nepožaduje, jsou však důležité pro dimenzování obvodů napájení pohonů. Je obtížné zkoušet odolnost proti mnohým z těchto jevů zejména pokud vstupní proud překračuje 16 A nebo vstupní napětí překračuje 400 V. Zkušenost mnoha let však ukazuje, že pokud obvod napájení pracuje správně, řídicí část a pomocná zařízení jsou všeobecně odolná. Toto je díky normálnímu oddělení, které v pohonech existuje. Příklady takovýchto oddělení jsou zajištěny výkonovým napájením a časovými konstantami pomocných procesů jako jsou ventilátory.

Shoda s těmito požadavky podle ČSN EN 61800-3 musí být uvedena v uživatelské dokumentaci.

POZNÁMKA 2 Elektrické provozní podmínky pro hlavní a pomocné napájení, pokud je použito, jsou již definovány v provozních podmínkách obsluhy pohonů v příslušných normách IEC 61800-1, IEC 61800-2 nebo IEC 61800-4. Tyto provozní podmínky zahrnují změny kmitočtu, rychlost změn kmitočtu, změny napětí, kolísání napětí, nesymetrie napětí, harmonické a komutační poklesy.

POZNÁMKA 3 Možné následky překročení vyznačených úrovní jsou:

- F Funkční se zhoršením provozu;
- T Vypnutí nebo přerušování práce způsobené ochrannými prostředky;
- D Trvalé poškození (pojistky jsou přípustné).

Takovéto následky by se neměly považovat za záležitost EMC, ale jako část bezpečnostní analýzy pokud je relevantní.

B.1.1 Kritéria shody (funkční kritéria)

Funkce systému se týká funkcí pohonu jako celku, které jsou stanoveny výrobcem.

K určení funkce pohonu při vnějších rušeních se musí použít kritéria shody. Jelikož pohon je částí sledu funkcí většího procesu, než je samotný pohon, účinek na tento proces způsobený změnami funkce pohonu je těžké předvídat. Tento důležitý aspekt pro velké systémy by však měl být pokryt plánem EMC.

Hlavními funkcemi pohonu jsou přeměna energie mezi elektrickou formou a mechanickou formou a zpracování informací nezbytných k provedení těchto přeměn.

Tabulka B.1 třídí účinky daného rušení do tří funkčních kritérií (kritéria shody): A, B a C jak pro pohon jako celek tak i pro jeho dílčí součásti.

Tabulka B.1 – Kritéria k prokázání shody pohonu pro případ elektromagnetických rušení

Položka	Funkční kritérium (kritérium shody) ^a		
	A	B	C
Všeobecná funkce systému	V provozní charakteristice nejsou žádné pozorovatelné změny Provoz podle určení ve stanovené toleranci	Pozorovatelné změny provozní charakteristiky (pozorovatelné nebo slyšitelné) Samo se obnovuje	Výpadek, změny v provozních charakteristikách. Spouštění ochranných prostředků ^b Samo se neobnovuje
Speciální funkce systému Chování tvorby točivého momentu	Odchylka točivého momentu ve stanovených mezích	Dočasná odchylka točivého momentu je mimo stanovené meze Samo se obnovuje	Ztráta točivého momentu Samo se neobnovuje
Funkce dílčí součásti Provoz výkonové elektroniky a budících obvodů	Žádná chybná funkce výkonového polovodiče	Dočasná chybná funkce, která nemůže způsobit nežádoucí výpadek PDS	Výpadek, spouštění ochranných prostředků ^b Žádná ztráta uloženého programu Žádná ztráta uživatelského programu Žádná ztráta nastavení Samo se neobnovuje
Funkce dílčí součásti Informační, procesní a snímací funkce	Nerušená komunikace a výměna dat s externími přístroji	Dočasně rušená komunikace avšak bez chybového hlášení interních nebo externích přístrojů, které by mohlo způsobit výpadek	Chyby v komunikaci, ztráta dat a informací Žádná ztráta uloženého programu Žádná ztráta uživatelského programu Žádná ztráta nastavení Samo se neobnovuje
Funkce dílčí součásti Provoz displejů a ovládacích panelů	Žádné změny informací viditelných na displeji, jenom nepatrné kolísání intenzity světla signálů LED nebo nepatrné pohybování písmen	Viditelné dočasné změny informací, nežádoucí svícení signálů LED	Výpadek, trvalá ztráta informací nebo nedovolený provozní režim, zřejmě chybné informace na displeji Žádná ztráta uloženého programu Žádná ztráta uživatelského programu Žádná ztráta nastavení
^a	Funkční kritéria A, B, C – Chybné starty nejsou přípustné. Chybný start je nežádoucí změna od logického stavu „STOP“, který může způsobit rozběh motoru.		
^b	Funkční kritérium C – Funkce se může obnovit zásahem obsluhy (ruční opětovné nastavení). Odpojení pojistkami je dovoleno u sítí komutovaných měničů pracujících v režimu střídače.		

B.2 Pohony nízkého napětí

Pohony musí vyhovovat úrovním odolnosti uvedeným v tabulce B.2. Výrobce může ověřit odolnost výpočtem, simulací nebo zkouškou.

Tabulka B.2 – Minimální požadavky na odolnost proti nesymetrii a změnám kmitočtu napětí na vstupech/výstupech napájení pohonů nízkého napětí

Jev	První prostředí		Druhé prostředí		Funkční kritérium (kritérium shody)
	Odkaz na normu	Úroveň	Odkaz na normu	Úroveň	
Nesymetrie napětí ^a	IEC 61000-2-2	2 % zpětná složka	IEC 61000-2-4 Třída 3	3 % zpětná složka	A
Změny kmitočtu	IEC 61000-2-2	±2 %	IEC 61000-2-4	±2 % ±4 % pokud napájení je odděleno od veřejné napájecí sítě	A
Rychlost změny kmitočtu		1 %/sekunda		±1 %/s 2 %/s pokud napájení je odděleno od veřejné napájecí sítě	A

^a Netýká se jednofázových pohonů.

B.3 Pohony jmenovitého napětí nad 1 000 V

Pohony musí vyhovovat úrovním odolnosti uvedeným v tabulce B.3. Výrobce může ověřit odolnost výpočtem, simulací nebo zkouškou.

Tabulka B.3– Minimální požadavky na odolnost proti nesymetrii a změnám kmitočtu napětí na vstupech/výstupech síťového napájení pohonů jmenovitého napětí nad 1 000 V

Jev	Odkaz na normu	Úroveň	Funkční kritérium (kritérium shody)
Nesymetrie napětí	IEC 61000-2-4 Třída 2	2 % zpětná složka	A ^a
Změny kmitočtu	IEC 61000-2-4	±2 % ±4 % pokud napájení je odděleno od veřejné napájecí sítě	A ^b A ^c
Rychlost změny kmitočtu		±1 %/s 2 %/s pokud napájení je odděleno od veřejné napájecí sítě	A ^b A ^c

^a Možný následek překročení úrovně je F nebo T. V druhém případě by dodavatel systému měl poskytnout informace o skutečném chování PDS (viz poznámka 3 v článku B.1).
^b Možný následek překročení úrovně je F (viz poznámka 3 v článku B.1).
^c Možný následek překročení úrovně je T (viz poznámka 3 v článku B.1).