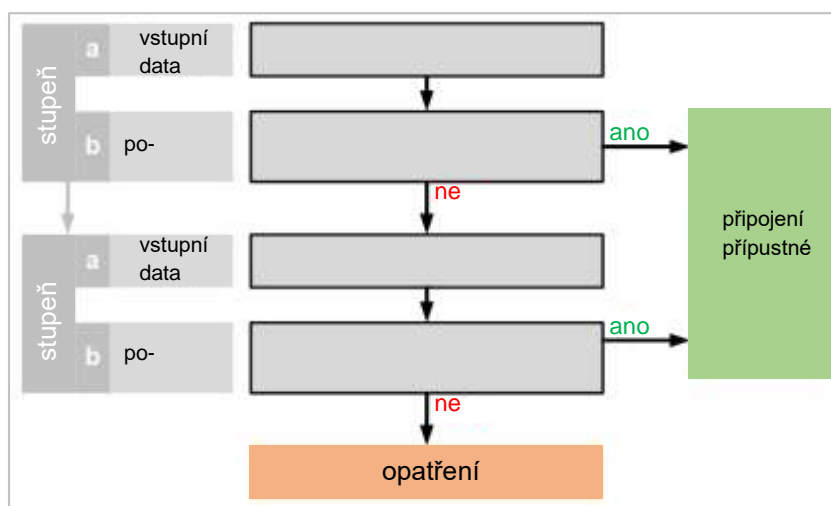


Technická pravidla pro posuzování zpětných vlivů na síť

Část B: Požadavky a posouzení

Oddíl II: Vysoké napětí



Za přípravu tohoto dokumentu odpovídá mezinárodní pracovní skupina EMC & Power Quality (D-A-CH-CZ).

Impresum a kontakt

Vydavatel:

OE Oesterreichs Energie

Brahmsplatz 3
A-1040 Wien
akademie@oesterreichsenergie.at

VSE Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Hintere Bahnhofstrasse 10
CH-5000 Aarau
www.strom.ch

CSRES – České sdružení regulovaných elektroenergetických společností

Na hroudě 19/2149
10000 Praha 10 – Strašnice
www.csres.cz

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN)

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
Bismarckstr. 33
10625 Berlin

Copyright

© VSE, OE, VDE FNN, CSRES

Tento dokument je chráněn autorskými právy. Jakékoli změny obsahu jsou zakázány. Autoři nenesou žádnou odpovědnost za chyby a vyhrazují si právo tento dokument kdykoli změnit bez dalšího upozornění.

Obsah

Předmluva.....	5
1. Změny napětí a flickr.....	6
1.1 Změny napětí.....	6
1.1.1 Pomalé změny napětí.....	6
1.1.2 Rychlé změny napětí.....	6
1.2 Flickr.....	6
1.2.1 Plánovací úrovně a poměrný příspěvek.....	6
1.2.2 Emisní limity.....	8
1.3 Posouzení.....	10
1.3.1 Zjednodušené posouzení (stupeň 1).....	10
1.3.2 Podrobné posouzení (stupeň 2).....	10
1.3.3 Schéma ke stanovení mezních hodnot emisí.....	12
1.3.4 Další poznámky k hodnocení.....	12
1.3.5 Metoda ověřování.....	14
2. Nesymetrie.....	15
2.1 Plánovací úrovně.....	15
2.2 Mezní hodnoty emisí.....	15
2.3 Posouzení.....	17
2.3.1 Zjednodušené posouzení (stupeň 1).....	17
2.3.2 Podrobné posouzení (stupeň 2).....	18
3. Harmonické, meziharmonické, supraharmonické.....	20
3.1 Harmonické.....	20
3.1.1 Plánovací úroveň.....	20
3.1.2 Mezní hodnoty emisí.....	20
3.1.3 Posouzení.....	22
3.2 Meziharmonické.....	25
3.2.1 Plánovací úroveň.....	25
3.2.2 Mezní hodnoty emisí.....	25
3.2.3 Posouzení.....	26
3.3 Supraharmonické.....	26
3.3.1 Plánovací úroveň.....	26
3.3.2 Mezní hodnoty emisí.....	26
3.3.3 Posouzení.....	26
3.4 Ověřovací měření.....	27
4. Komutační poklesy.....	28
4.1 Plánovací úrovně.....	28
4.2 Mezní hodnoty emisí.....	28
4.3 Posouzení.....	28
4.3.1 Stupeň 1 – Zjednodušené posouzení.....	29
4.3.2 Stupeň 2 – Podrobné posouzení.....	30
5. Napětí signálů.....	31
5.1 Úroveň signálu.....	31
5.2 Beurteilung.....	31
5.2.1 Ovlivnění úrovně zařízeními uživatelů sítě.....	31
5.3 Emise způsobené zařízeními uživatelů sítě.....	33

Seznam norem.....	34
Seznam literatury	35

Předmluva

Tento dokument shrnuje metody posuzování a výpočet mezních hodnot emisí pro zařízení uživatelů sítě pro připojení k veřejné síti nízkého napětí. Představuje druhý ze tří oddílů části B třetího vydání dokumentu Technická pravidla D-A-CH-CZ pro posuzování zpětných vlivů na síť

Vzhledem k tomu, že jsou tyto tři oddíly pro posuzování v sítích nízkého, vysokého a velmi vysokého napětí použitelné nezávisle na sobě, jsou obecné znalosti a specifikace z části A (Základy) v určitých bodech základním předpokladem pro použití tohoto dokumentu. Na všechny příslušné pasáže v dokumentu jsou uvedeny odpovídající odkazy.

Dokument slouží jak provozovatelům sítí, tak projektantům a zhotovitelům k řádnému posouzení zpětných vlivů zařízení uživatele sítě na síť v rámci plánování a ke stanovení odpovídajících mezních hodnot emisí pro kompatibilní provoz se sítí. Kromě toho lze již v počáteční fázi projektování posoudit, zda budou v případě potřeby požadována dodatečná opatření ke snížení emisí rušení.

Poznámka:

Mohou existovat národní pravidla, která se v požadavcích od tohoto dokumentu odlišují a při uplatňování mají přednost.

1. Změny napětí a flickr

1.1 Změny napětí

1.1.1 Pomalé změny napětí

Relativní pomalé změny napětí jsou vyhodnocovány jako odchylka napětí Δu .

Plánovací úrovně pro pomalé změny napětí ve veřejných sítích vysokého napětí nejsou stanoveny.

Podmínky:

- Při nerušeném provozu sítě nesmí velikost pomalé změny napětí způsobené **všemi výrobními a/nebo akumulacími zařízeními** v žádném společném napájecím bodu v této síti překročit hodnotu 2 % oproti napětí bez výrobních a/nebo akumulacích zařízení.

Provozovatel sítě může stanovit odchýlné mezní hodnoty pro pomalé změny napětí, pokud to typ a způsob provozu sítě umožňuje nebo vyžaduje.

Poznámka:

U odběrných zařízení je přípustná pomalá změna napětí stanovena na základě individuálních plánovacích směrnic provozovatele sítě.

1.1.2 Rychlé změny napětí

Plánovací úrovně pro rychlé změny napětí ve veřejných sítích vysokého napětí nejsou stanoveny.

Podmínky:

- Maximální změna napětí způsobená jedním zařízením uživatele sítě nesmí překročit 2 % v případě častých událostí (četnost opakování $r \geq 0,01 \text{ min}^{-1}$). Posouzení flickru musí být provedeno také pro četnosti opakování $r \geq 0,1 \text{ min}^{-1}$.
- Pro občasně změny napětí (několikrát za den s četností opakování $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$) jsou ve výjimečných případech po dohodě s provozovatelem distribuční sítě přípustná 3 %.

Rychlé změny napětí zařízení několika uživatelů sítě se zpravidla nepřekrývají, pokud k rychlým změnám napětí nedochází synchronizovaným způsobem.

Poznámka:

Pokud napětí během průběhu změny napětí klesne, pak je výsledná hodnota d kladná; pokud se napětí během průběhu změny napětí zvýší, pak je výsledná hodnota d záporná [EN 61000-4-15].

1.2 Flickr

Je-li znám relativní průběh změny napětí $d(t)$, lze hodnotu P_{st} určit počítačovou simulací nebo výpočtem pomocí analytické metody (srov. Část A: Základy). Nepravidelné změny napětí lze posoudit pouze měřením nebo speciálními simulacemi.

S rostoucím zkratovým výkonem sítě by se měly přípustné hodnoty P_{st} a P_{lt} ve veřejných sítích snižovat, protože ve většině případů je ovlivněno více systémů uživatelů sítě v souladu s principem šíření flickru.

1.2.1 Plánovací úrovně a poměrný příspěvek

Směrné hodnoty pro plánovací úrovně jsou:

$$L_{Pst MS} = 0,8$$

$$L_{P_{lt MS}} = 0,55$$

Aby bylo možné koordinovat emise na bezpečné úrovni, stanovili provozovatelé sítí plánovací úroveň pro síť vvn. Směrné hodnoty jsou:

$$L_{P_{st HS}} = 0,7$$

$$L_{P_{lt HS}} = 0,46$$

Maximální možná úroveň flikru přenášená ze sítě vvn do sítě vn je:

$$P_{st HS/MS} = T_{P_{st HS/MS}} \cdot L_{P_{st HS}} \quad (1-1)$$

Tak lze určit poměrný příspěvek pro všechna zařízení uživatelů sítě v síti vn:

$$\begin{aligned} P_{st MS ges} &= \sqrt[3]{L_{P_{st MS}}^3 - P_{st HS/MS}^3} \\ &= \sqrt[3]{L_{P_{st MS}}^3 - (T_{P_{st HS/MS}} \cdot L_{P_{st HS}})^3} \end{aligned} \quad (1-2)$$

$L_{P_{st MS}}$	Plánovací úroveň v síti vn
$P_{st MS ges}$	Poměrný příspěvek krátkodobé míry vjemu flikru pro všechny uživatele sítě přímo připojené k síti vn
$P_{st HS/MS}$	maximální možná přenesená úroveň flikru vvn/vn
$T_{P_{st HS/MS}}$	činitel přenosu vvn/vn
$L_{P_{st HS}}$	Plánovací úroveň v síti vn

S přihlédnutím k obvyklému koeficientu přenosu $T_{P_{st HS/MS}} = 0,8$ [IEC 61000-3-7] lze určit poměrný příspěvek ke krátkodobé míře vjemu flikru pro souhrn všech zařízení uživatelů sítě vn:

$$P_{st MS ges} = 0,7$$

Pro dlouhodobou míru vjemu flikru dostáváme podle rovnice (1-10):

$$P_{lt MS ges} = 0,46$$

Aplikace rovnice (1-2) a odpovídajících rovnic pro vyšší napěťové úrovně nabízí provozovateli sítě možnost individuálně navrhnout koordinaci rušení flikrem na všech úrovních sítě. To umožňuje optimálně využívat dostupné zdroje jak z technického, tak i ekonomického hlediska. Pokud za úrovně napětí odpovídají různí provozovatelé sítí, musí být koordinace prováděna společně mezi všemi zúčastněnými provozovateli sítí.

Trojvnuťový transformátor

Trojvnuťové transformátory mají dvě galvanicky oddělená vinutí nižšího napětí (index US1 a US2), které mají vzájemnou induktivní vazbu. Jmenovitý výkon transformátoru je rozdělen mezi obě vinutí nižšího napětí, přičemž součet dílčích výkonů odpovídá jmenovitému výkonu transformátoru vn/nn.

$$S_{rT} = S_{US1} + S_{US2} \quad (1-3)$$

S_{US1}	(Absolutní) poměrná část výkonu strany nižšího napětí 1 ze jmenovitého výkonu jmenovitého výkonu transformátoru vn/nn
S_{US2}	(Absolutní) poměrná část výkonu strany nižšího napětí 2 ze jmenovitého výkonu transformátoru vn/nn
S_{rT}	Jmenovitý výkon transformátoru vn/nn

Relativní podíl strany nižšího napětí 1 ze jmenovitého výkonu transformátoru v_n/v_n určíme z:

$$p = \frac{S_{US1}}{S_{rT}} \quad (1-4)$$

p Relativní podíl strany nižšího napětí 1 ze jmenovitého výkonu transformátoru v_n/v_n

Poměrný (celkový) příspěvek ke krátkodobé míře vjemu flikru $P_{st MS ges}$ se rozdělí v poměru výkonů na obě vinutí nižšího napětí.

$$P_{st US1 ges} = P_{st MS ges} \cdot \sqrt{p} \quad (1-5)$$

$$P_{st US2 ges} = P_{st MS ges} \cdot \sqrt{1-p} \quad (1-6)$$

Při použití trojvnuťového transformátoru je třeba při určování mezních hodnot emisí nahradit hodnotu $P_{st MS ges}$ hodnotou $P_{st US1 ges}$ resp. $P_{st US2 ges}$.

1.2.2 Emisní limity

Celková úroveň flikru přípustná pro úroveň sítě je rozdělena mezi jednotlivé uživatele sítě pomocí rozdělovacího klíče.

Jako možný rozdělovací klíč je obecně uznáván činitel připojení k_A . Navíc je třeba vzít v úvahu faktor soudobosti g související s existujícími zařízeními generujícími flikr, který má na základě studií k dispozici provozovatel sítě.

Přípustné úrovně rušení flikrem ze zařízení uživatele sítě je třeba považovat za směrné hodnoty, které může provozovatel sítě upravit na vlastní odpovědnost na základě plánovacích výpočtů.

$$P_{st MS V} = P_{st MS ges} \cdot \sqrt{k_{A MS}} \cdot \sqrt{\frac{1}{g}} \quad (1-7)$$

Pro síť vn se použije následující činitel připojení.

$$k_{A MS} = \frac{S_A}{S_{MS}} \quad (1-8)$$

Přípustné emise rušení z jednoho systému uživatele sítě v síti vn jsou následující:

$$P_{st\ MS\ V} = P_{st\ MS\ ges} \cdot \sqrt{\frac{S_A}{S_{MS}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{g}} \quad (1-9)$$

$$P_{It\ MS\ V} = 0,65 \cdot P_{st\ MS\ V} \quad (1-10)$$

Celkový dostupný připojitelný výkon sítě vn S_{MS} určuje provozovatel sítě. Při zohlednění činitelů k_B , k_E , k_S jej lze přibližně určit ze jmenovitého výkonu napájecího transformátoru S_{rT} . Součet $k_B + k_E + k_S$ může být větší než 1.

$$S_{MS} = (k_B + k_E + k_S) S_{rT} \quad (1-11)$$

$P_{st\ MS\ ges}$	celkový přípustný krátkodobý flickr od zátěží, které jsou do sítě vn připojeny přímo
$P_{st\ MS\ V}$	přípustný maximální krátkodobý flickr zařízení uživatele sítě
$P_{It\ MS\ V}$	přípustný maximální dlouhodobý flickr zařízení uživatele sítě
S_A	instalovaný výkon zařízení uživatele sítě
S_{MS}	celkový dostupný připojitelný výkon sítě vn
S_{rT}	jmenovitý výkon transformátoru vvn/vn
g	činitel soudobosti sousedních zdrojů flickru ve stejné síti
k_{AMS}	činitel připojení vn
k_B	činitel spotřeby
k_E	činitel výroby
k_S	činitel akumulace

Poznámka 1:

Činitel soudobosti se určuje z počtu jednotek současně generujících flickr k počtu existujících jednotek generujících flickr v příslušné oblasti sítě nebo v zařízení uživatele sítě. (Pravděpodobnost časového překrytí flickru).

Poznámka 2:

Činitelé k_B , k_E , k_S se určují nezávisle na jevu.

Poznámka 3:

Pokud nejsou činitelé k_B , k_E , k_S známy, lze pro síť, ve kterých nelze očekávat připojení výroben ani akumulací, použít $k_B + k_E + k_S = 1$. Pokud nelze připojení výroben ani akumulací vyloučit doporučuje se použít $k_B + k_E + k_S = 1,35$.

Pro trojvůňové transformátory se v rovnici (1-11) namísto jmenovitého výkonu transformátoru vvn/vn použije poměrný (absolutní) výkon příslušné strany nižšího napětí (S_{US1} oder S_{US2}) (srovnej odstavec 1.2.1).

U malých připojených zátěží jsou limity rušivých emisí velmi nízké. Proto se pro každou instalaci uživatele sítě doporučuje minimální hodnota $P_{st\ MS\ V} = 0,35$ nebo $P_{It\ MS\ V} = 0,25$.

Pokud vedou výpočty podle rovnic (1-9) a (1-10) k mezním hodnotám emisí $P_{st\ MS\ V} > 0,75$ nebo $P_{It\ MS\ V} > 0,5$, omezí se maximální přípustná emise rušení pro zařízení uživatele sítě na $P_{st\ MS\ V} = 0,75$ nebo $P_{It\ MS\ V} = 0,50$.

1.3 Posouzení

V síti vn se posuzuje sdružené napětí.

Splnění připojovacích podmínek zařízení uživatelů sítě stanovených při posuzování zpravidla ještě neznamená, že mohou být provozována bez jakýchkoli dalších podmínek. Naopak je třeba vzít v úvahu také kumulativní účinek se zařízeními ostatních uživatelů sítě.

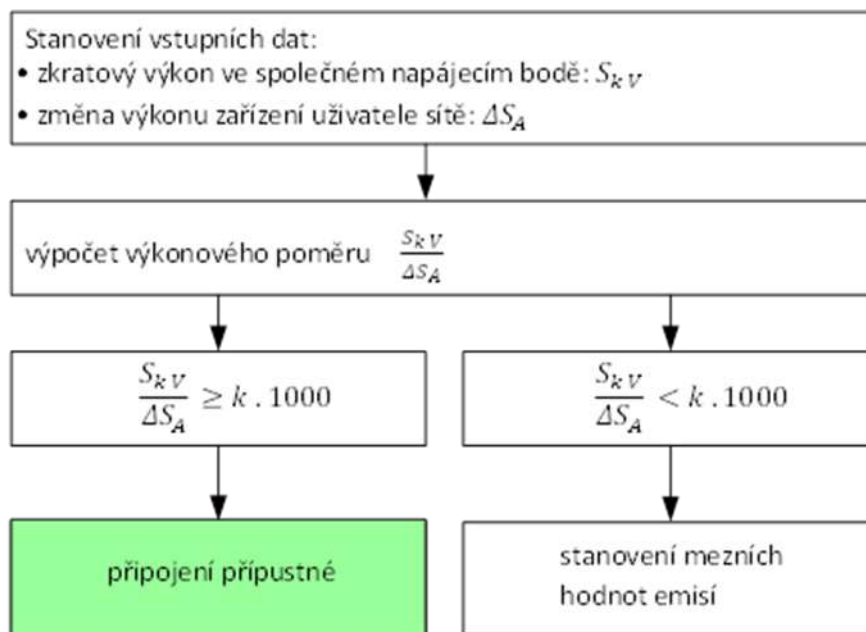
1.3.1 Zjednodušené posouzení (stupeň 1)

Zjednodušené posouzení se pro zařízení uživatelů sítě připojovaná k síti vn nepředpokládá .

Eine vereinfachte Beurteilung ist für Anlagen von Netzbenutzern zum Anschluss an das MS-Netz nicht vorgesehen.

1.3.2 Podrobné posouzení (stupeň 2)

Podrobné posouzení vychází z pravidelných změn napětí. Je třeba brát v úvahu nejnejpříznivější změny zdánlivého výkonu ΔS_A způsobující flickr.



Obr. 1-1 Schéma podrobného posouzení napětových změn a flickru

Činitel k se volí podle Tab. 1-1 .

Tab. 1-1 Činitel k

Způsob připojení	k
trojfázové	1
Dvoufázové (bez středního vodiče)	$\sqrt{3}$

Pokud je u zařízení uživatele sítě známa očekávaná, nejnejpříznivější četnost opakování, může být pro posouzení ve schématu na Obr. 1-1 použit výkonový poměr $k \cdot 1000$ podle tabulky Tab. 1-2.

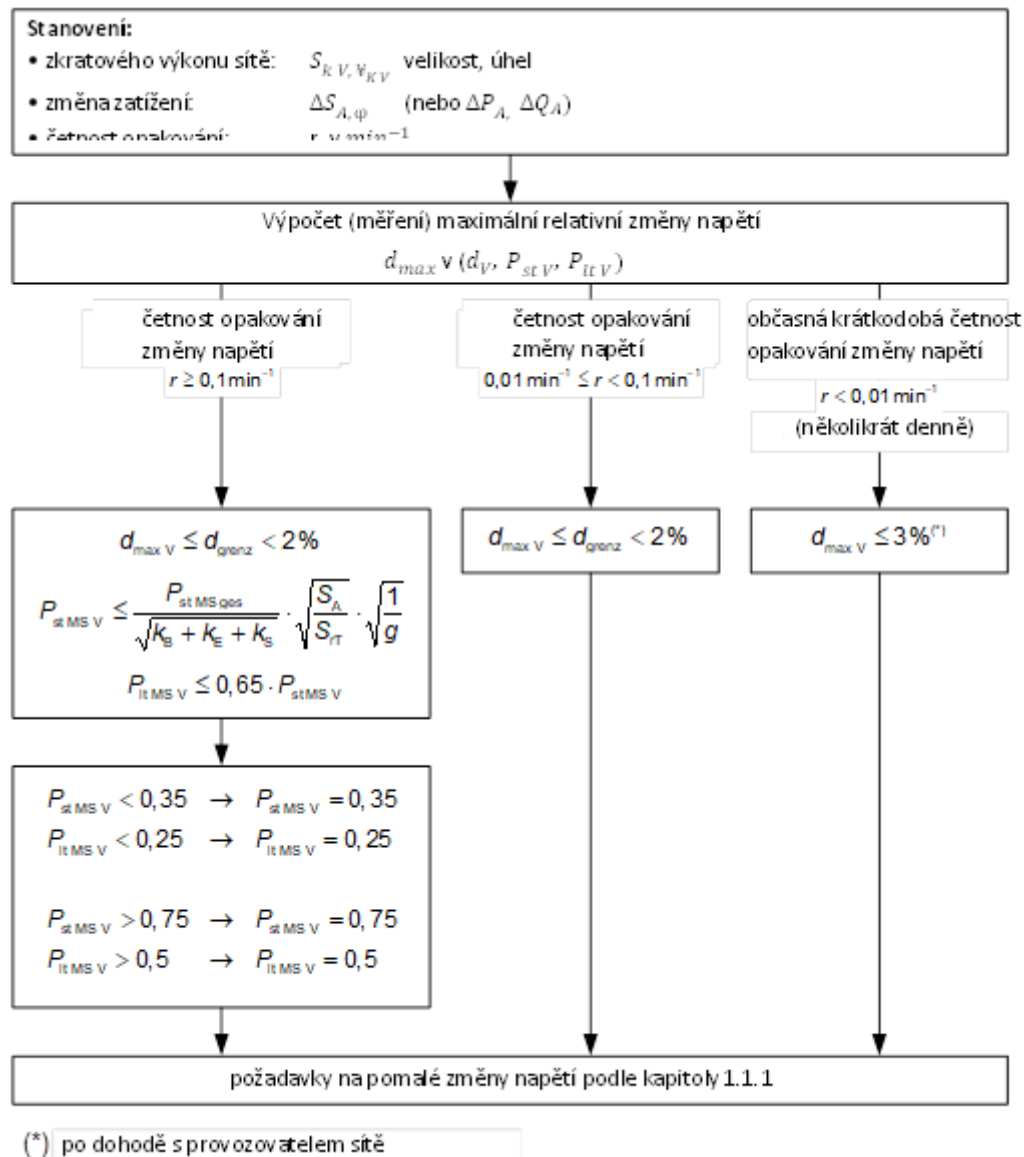
Tab. 1-2 Mezní hodnoty výkonového poměru pro různé četnosti opakování

Četnost opakování r / min^{-1}	Poměr výkonů $S_{kv} / \Delta S_A$
$r > 500$	$k \cdot 1000$
$10 \leq r \leq 500$	$135 \cdot k \cdot \sqrt[3]{r / \text{min}^{-1}}$
$r < 10$	$k \cdot 300$

1.3.3 Schéma ke stanovení mezních hodnot emisí

Pro každé zařízení uživatele sítě, které nesplňuje podmínky podrobného posouzení, se stanoví individuální specifikace mezních hodnot emisí. To je nezbytné, protože zařízení uživatelů sítě s vyšším výkonem mohou ovlivnit větší oblast sítě.

Schéma postupu výpočtu mezních hodnot emisí je na Obr. 1-2. Dále je vyžadováno splnění požadavků na pomalé změny napětí.



Obr. 1-2 Schéma ke stanovení mezních hodnot emisí pro rychlé změny napětí a flickr

Uvedené mezní hodnoty emisí jsou hodnoty orientační, které může být nutné snížit v závislosti na počtu zátěží generujících flickr.

1.3.4 Další poznámky k hodnocení

Posouzení zařízení uživatele sítě musí být provedeno podle následujících hledisek:

- Při určování dlouhodobé míry vjemu flikru zařízení uživatele sítě je třeba vzít v úvahu, že díky superpozici se zařízeními ostatních uživatelů sítě a složkou flikru z nadřazené sítě je součtová úroveň v souladu se zvolenou plánovací úrovní ve všech společných napájecích bodech sítě vn
- Rozhodujícím faktorem pro chování zařízení je zkratový výkon v místě připojení. Hodnoty Δu , d , P_{st} , P_{lt} získané v místě připojení se převedou na společný napájecí bod.
- Zkratový výkon ve společném napájecím bodě S_{kV} nebo v místě připojení S_{kAP} se vypočítá podle části A: Základy, oddíl 3. K určení relativní změny napětí je navíc nutná znalost změny zatížení v podobě změny zdánlivého výkonu ΔS_A zařízení uživatele sítě nebo posuzované jednotky.
- Při posuzování změny napětí je třeba vzít v úvahu četnost opakování r . Maximální změna napětí d_{max} způsobená provozem zařízení uživatele sítě se vypočítá z takové změny výkonu, která způsobí největší skok napětí nebo největší úroveň flikru.
- Vybere se takové sdružené napětí, ve kterém dochází k největším změnám napětí. Přechodné změny napětí, které nevyvolají flikr, se při určování $d_{max,i}$ neberou v úvahu.
- Emise rušení zařízení uživatele sítě je změna napětí d nebo míra vjemu flikru P_{st} , která je způsobena výhradně změnou zatížení tohoto zařízení ve společném napájecím bodě.
- Doba pozorování musí zahrnovat zejména tu část celkové provozní doby, během níž vzniká nejnepříznivější sled změn napětí.
- Krátkodobá míra vjemu flikru P_{st} v síti nebo výsledná křivka změny napětí $d(t)$ je výsledkem kumulativního účinku instalací všech uživatelů sítě v síti a je proto vždy vyšší než odpovídající hodnoty zařízení jednotlivého uživatele sítě.
- Při posuzování stávajících zařízení uživatelů sítě je třeba měření stanovit maximální hodnoty d a P_{sti} a P_{lti} . Zejména v případě stochastických změn napětí nepravidelné velikosti a formy lze spolehlivě posouzení provést pouze měřeními.
- Pro změny zatížení, ke kterým dochází pouze několikrát denně (např. zapínání velkých zátěží v zařízení uživatele sítě), se limity flikru nemají uplatňovat; pro řídké změny zatížení s $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$ lze povolit vyšší úrovně změny napětí (viz Obr. 1-2).

1.3.5 Metoda ověřování

Pro ověření přípustného vyzařování rušení jednotlivého zařízení zákazníka nebo pro ověření celkové emise rušení zařízení všech uživatelů sítě se vyhodnotí hodnoty 95% pravděpodobnosti za jeden týden:

- $P_{lt\ 95\%}$ a $P_{st\ 95\%}$ nesmí v žádném společném napájecím bodě sítě překročit přípustné hodnoty P_{lt} und P_{st} .
Kromě toho nesmí být žádná jednotlivá hodnota míry vjemu krátkodobého flikru vyšší než $1,3 \cdot P_{st}$.
- $P_{lt\ ges\ 95\%}$ a $P_{st\ ges\ 95\%}$ nesmí v žádném společném napájecím bodě sítě překročit přípustné hodnoty $P_{lt\ ges}$ a $P_{st\ ges}$.
Kromě toho nesmí být žádná jednotlivá hodnota míry vjemu krátkodobého flikru vyšší než $1,3 \cdot P_{st\ ges}$ sein.

Poznámka:

Při metrologickém prokazování je příp. třeba zohlednit hladinu pozadí.

2. Nesymetrie

Stanovení mezních hodnot emisí pro zařízení uživatele sítě je založeno na principu rozdělení přípustných příspěvků ke stupni nesymetrie napětí. Pro jednodušší vyhodnocení, jsou obvykle vyjádřeny jako proudy zpětné složky zařízení uživatele sítě.

Pokud se zařízení uživatele sítě skládá z nesymetricky připojených výrobních jednotek a/nebo akumulčních jednotek a/nebo spotřebičů, je třeba tyto jednotky rozdělit na fázové vodiče tak, aby nesymetrický výkon soustavy uživatele sítě byl během provozu co nejnižší.

2.1 Plánovací úroveň

Jako orientační hodnota pro plánovací úroveň nesymetrie napětí je v [IEC 61000-3-13] uvedena hodnota $L_{U2} = 1,8 \%$.

2.2 Mezní hodnoty emisí

Rovnice pro výpočet mezní hodnoty emisí zařízení uživatele sítě ve společném napájecím bodu vychází ze stejné metodiky jako pro zařízení připojovaná do sítí NN:

$$I_{2V} = \frac{s}{1000} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_B + k_E + k_S}} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \cdot I_A \quad (2-1)$$

S_A	instalovaný výkon zařízení uživatele sítě
S_{kV}	zkratový výkon
k_B	činitel výroby
k_E	činitel spotřeby
k_S	činitel akumulace
I_{2V}	přípustný proud zpětné složky zařízení uživatele sítě
I_A	proud zařízení uživatele sítě
s	činitel nesymetrie

Činitel nesymetrie s je do značné míry určen charakteristikami sítě vn a závisí mimo jiné na délce přívodů, rozdílech v délce mezi přívody a rozložení zařízení uživatelů sítě v rámci přívodů. Charakteristika sítě vn je reprezentována nejmenší hodnotou minimálního zkratového výkonu ze všech uzlů sítě v uvažované síti nn a dohodnutým napájecím napětím. V Tab. 2-1 jsou uvedeny referenční hodnoty činitele nesymetrie.

Tab. 2-1 Orientační hodnoty činitele nesymetrie s v závislosti na dohodnutém napájecím napětí a nejmenší hodnotě minimálního zkratového výkonu v síti vn

U_c	Činitel nesymetrie s					Nejmenší hodnota minimálního zkratového výkonu
	30	25	20	15	10	
≤ 10 kV	> 60 MVA	60 .. 35 MVA	35.. 25 MVA	25 .. 10 MVA	< 10 MVA	
> 10 kV	> 155 MVA	155 .. 90 MVA	90 .. 55 MVA	55 .. 30 MVA	< 30 MVA	

Pokud nejsou známy žádné další podrobnosti o struktuře sítě, doporučuje se pro faktor proporcionality hodnota $s = 15$.

Namísto přípustného zpětné složky proudu lze vypočítat a zadat jako mezní hodnotu přípustný nesymetrický výkon:

$$S_{A\ un} = \frac{s}{1000} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_B + k_E + k_S}} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \cdot S_A \quad (2-2)$$

s	<i>Proportionalitätsfaktor der Unsymmetrie</i>
$S_{A\ un}$	<i>zulässige unsymmetrische Leistung der Anlage des Netzbenutzers</i>
S_A	<i>Anschlussleistung der Anlage des Netzbenutzers</i>
S_{kV}	<i>Kurzschlussleistung</i>
k_B	<i>Bezugsfaktor</i>
k_E	<i>Erzeugerfaktor</i>
k_S	<i>Speicherfaktor</i>

Poznámka 1:

Činitelé k_B , k_E , k_S se určují nezávisle na jevu.

Poznámka 2:

Pokud nejsou činitelé k_B , k_E , k_S známy, lze pro síť, ve kterých nelze očekávat připojení výroben ani akumulací, použít $k_B + k_E + k_S = 1$. Pokud nelze připojení výroben ani akumulací vyloučit doporučuje se použít $k_B + k_E + k_S = 1,35$.

Jsou-li známy příslušné parametry, lze určit konkrétní činitel nesymetrie s podle následujícího vzorce:

$$s = \sqrt{1 - k_{NMS}} \cdot \frac{k_{uSS} \cdot G_{unMS}}{\sqrt{u_k}} \cdot 1000 \quad (2-3)$$

s	<i>činitel nesymetrie</i>
k_{NMS}	<i>podíl na poměrném příspěvku vyhrazený pro síť vn</i>
k_{uSS}	<i>korekční činitel závislý na charakteristice sítě</i>
G_{unMS}	<i>poměrný příspěvek v síti vn</i>
u_k	<i>napětí nakrátko transformátoru vvn/vn</i>

Rozsah hodnot poměrného příspěvku G_{unMS} v síti vn vyplývá z předpokládané plánovací úrovně pro stupeň nesymetrie napětí v síti vvn podle [EN 61000-3-13], plánovací úrovně pro stupeň nesymetrie napětí v síti vn podle [EN 61000-3-13] stejně jako reálného rozsahu hodnot pro součtový exponent α (1,4 .. 2,0) a koeficient přenosu mezi sítí vvn a vn (0,8 .. 0,9).

Korekční činitel k_{uSS} lze odhadnout pomocí následujícího aproximačního vzorce:

$$k_{uSS} = a + b \cdot \ln\left(\frac{S_{k\ min}}{MVA}\right) \quad (2-4)$$

$S_{k\ min}$	<i>nejmenší minimální zkratový výkon všech míst připojení v celé síti</i>
k_{uSS}	<i>korekční činitel závislý na charakteristice sítě</i>
a, b	<i>parametry z Tab. 2-2</i>

Parametry pro rovnici (2-4) jsou uvedeny v Tab. 2-2 .

Tab. 2-2 Parametr pro odhad korekčního činitele k_{uSS} v síti vn

U_c	a	b
-------	-----	-----

$\leq 10 \text{ kV}$	-0,31	0,28
$> 10 \text{ kV}$	-0,57	0,28

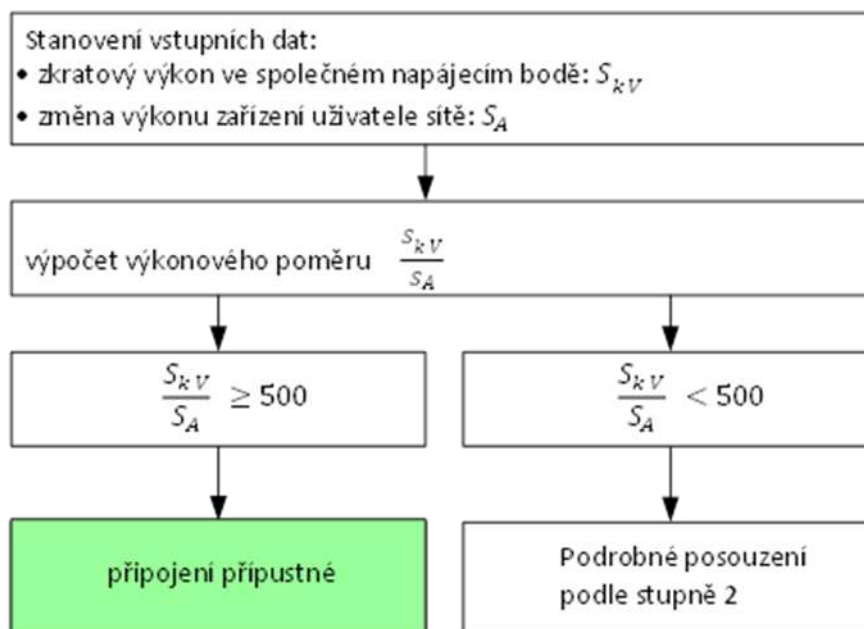
Orientační hodnoty $k_{N MS}$ jsou stanoveny v [IEC 61000-3-13]. Hodnoty podle Tab. 2-1 platí pro $k_{N MS} = 0$.

Má-li být hodnota $k_{u SS}$ stanovena s vyšší přesností, může se analogicky NN použít postup popsany v [IEC 61000-3-14] přímo k výpočtu $k_{u SS}$. Podle tohoto postupu, je třeba určit znovu hodnotu $k_{u SS}$ po každém dodatečně připojeném zařízení uživatele sítě nebo v případě změn ve struktuře sítě.

[IEC 61000-3-13] popisuje alternativní metodu výpočtu mezních hodnot emisí, která vede k podobným, poněkud konzervativnějším mezním hodnotám emisí, než postup popsany v tomto odstavci.

2.3 Posouzení

2.3.1 Zjednodušené posouzení (stupeň 1)



Obr. 2-1 Schéma zjednodušeného posouzení nesymetrie

Poznámka:

Za předpokladu, že nesymetrický výkon připojeného zařízení uživatele sítě za stanovených podmínek odpovídá instalovanému výkonu zařízení uživatele sítě, pak poměr $S_{kV}/S_A = 500$ vede k příspěvku ke stupni nesymetrie napětí $k_{U2} \approx 0,2 \%$.

2.3.2 Podrobné posouzení (stupeň 2)

Pokud jsou známy informace o podílu jednotlivých symetrických odběrných nebo výrobních jednotek v zařízení uživatele sítě, lze určit na základě následujících rovnic mezní poměr $S_{A \text{ unsym}}/S_A$ přičemž všechny výkony mají být dosazeny jako kladné:

$$\frac{S_{A \text{ unsym}}}{S_A} = \frac{1}{\sqrt{500}} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \quad (2-5)$$

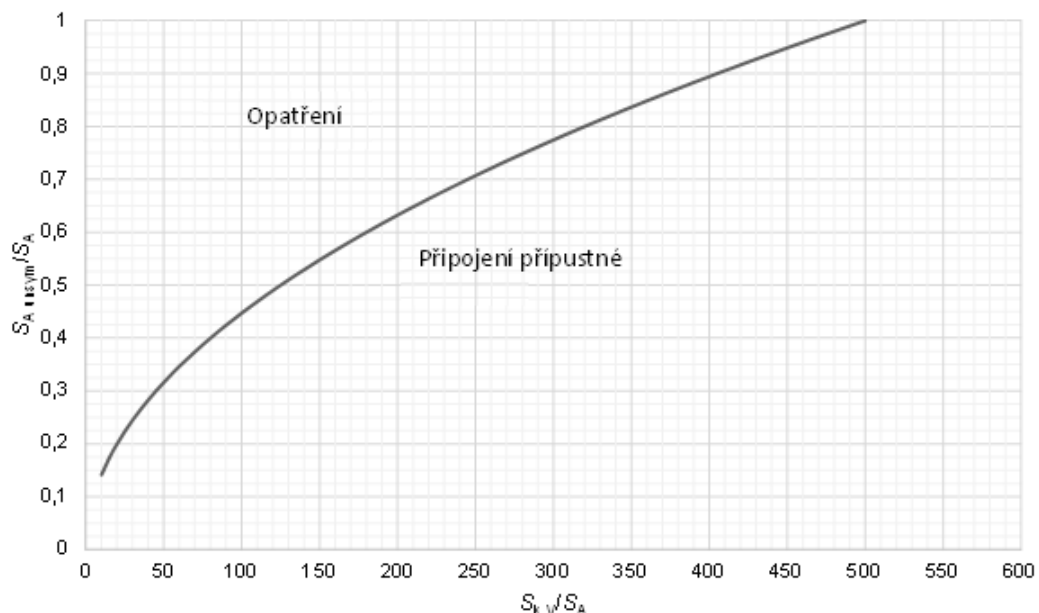
$$S_{A \text{ unsym}} = (S_{AB} - S_{AB \text{ sym}}) + (S_{AE} - S_{AE \text{ sym}}) + (S_{AS} - S_{AS \text{ sym}}) \quad (2-6)$$

$S_{A \text{ unsym}}$	nesymetrický podíl instalovaného výkonu zařízení uživatele sítě
S_{AB}	celkový výkon všech výrobních jednotek zařízení uživatele sítě
$S_{AB \text{ sym}}$	symetricky připojený výkon výrobních jednotek zařízení uživatele sítě
S_{AE}	celkový výkon všech odběrných jednotek zařízení uživatele sítě
$S_{AE \text{ sym}}$	symetricky připojený výkon odběrných jednotek zařízení uživatele sítě
S_{AS}	celkový výkon všech akumulačních jednotek zařízení uživatele sítě
$S_{AS \text{ sym}}$	symetricky připojený výkon akumulačních jednotek zařízení uživatele sítě
S_A	instalovaný výkon systému uživatele sítě
S_{kV}	zkratový výkon

Poznámka:

Nesymetrický podíl instalovaného výkonu zařízení uživatele sítě $S_{A \text{ unsym}}$ nijak nesouvisí s nesymetrickým výkonem $S_{A \text{ un}}$. Pokud hodnota $S_{A \text{ unsym}}$ převyšuje hodnotu S_A , použije se hodnota $S_{A \text{ unsym}}$ rovná S_A .

Alternativně lze pro posouzení použít následující obrázek (Obr. 2-2). Připojení zařízení uživatele sítě je přípustné, pokud dvojice hodnot $[S_{A \text{ unsym}}/S_A; S_{kV}/S_A]$ leží pod uvedenou křivkou.



Obr. 2-2 Diagram pro podrobné posouzení

Pokud leží dvojice hodnot $[S_{A \text{ unsym}}/S_A; S_{kV}/S_A]$ v nepřipustném rozsahu nad křivkou, musí se podle rovnice (2-1) vypočítat mezní hodnota emisí, kterou musí zařízení uživatele sítě dodržet.

Doporučuje se stanovit mezní hodnotu emise (absolutní hodnotu zpětné složky proudu I_{2V} nebo nesymetrického výkonu S_{Aun}) pro zařízení uživatele sítě, i když zařízení uživatele sítě leží v přípustném rozsahu.

Poznámka:

Pokud se zařízení uživatele sítě s instalovaným výkonem 400 kVA připojí v místě připojení se zkratovým výkonem 80 MVA, musí být podíl symetricky instalovaného výkonu alespoň 36,8 % (147 kVA).

Rovnice (2-1) může vést k nepřiměřeně malým emisním limitům. Proto se připouští velikost příspěvku ke stupni nesymetrie napětí od každé zařízení uživatele sítě bez ohledu na jeho velikost $k_{U2} = 0,2\%$. Přípustný proud zpětné složky I_{2V} je pak dán vztahem:

$$I_{2V} = \frac{1}{500} \cdot \frac{S_{kV}}{\sqrt{3} \cdot U_V} \quad (2-7)$$

S_{kV} zkratový výkon
 I_{2V} přípustný proud zpětné složky zařízení uživatele sítě
 U_V sdružené napětí

Odpovídající nesymetrický výkon se vypočte podle

$$S_{Aun} = \frac{1}{500} \cdot S_{kV} \quad (2-8)$$

S_{kV} zkratový výkon
 S_{Aun} nesymetrický výkon zařízení uživatele sítě

3. Harmonické, meziharmonické, supraharmonické

Stanovení mezních hodnot emisí zařízení uživatele sítě je v zásadě založeno na rozdělení přípustných příspěvků ke zkreslení napětí. Pro snadnější posouzení se obvykle vyjadřují jako harmonické resp. meziharmonické nebo supraharmonické proudy zařízení uživatele sítě.

Zatímco sítě nn a vn jsou obvykle provozovány jako paprskové sítě s napájením z jedné strany (nebo otevřené kruhy), je síť vvn obvykle provozovaná jako mřížová a je napájena z více napájecích bodů. Rovnice pro výpočet mezních hodnot emisí se proto liší pro sítě nn/vn a vvn.

3.1 Harmonické

3.1.1 Plánovací úroveň

Směrné hodnoty pro plánovací úroveň pro harmonická napětí ve veřejných sítích vysokého napětí jsou uvedeny v normě [IEC 61000-3-6].

Tab. 3-1 Plánovací úrovně pro harmonické složky napětí ve veřejných sítích vysokého napětí

Liché harmonické				sudé harmonické	
Různé od násobku 3		násobky 3			
v	Harmonické napětí v %	v	Harmonické napětí v %	v	Harmonické napětí v %
5	5,0	3	4,0	2	1,8
7	4,0	9	1,0	4	1,0
11	3,0	15	0,3	6	0,5
13	2,5	21	0,2	8	0,5
$17 \leq v \leq 37$	$1,9 \cdot \left(\frac{17}{v}\right) - 0,2$	$27 \leq v \leq 39$	0,2	$10 \leq v \leq 40$	$0,25 \cdot \left(\frac{10}{v}\right) + 0,22$

3.1.2 Mezní hodnoty emisí

Všechny mezní hodnoty pro harmonické řádu v se vztahují k příslušné harmonické podskupině podle [ČSN EN 61000-4-7].

Obecná rovnice pro výpočet mezní hodnoty emisí harmonického proudu řádu v zařízení uživatele sítě ve společném napájecím bodě je následující:

$$I_{v \text{ zul } v} = \frac{p_v}{1000} \cdot \frac{1}{k_v} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_B + k_E + k_S}} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \cdot I_A \quad (3-1)$$

- p_v činitel harmonické řádu v
 $I_{v \text{ zul } v}$ přípustný proud harmonické zařízení uživatele sítě
 I_A jmenovitý proud zařízení uživatele sítě
 S_{kV} zkratový výkon

S_A	instalovaný výkon zařízení uživatele sítě
k_v	rezonanční činitel harmonické řádu v
k_B	činitel spotřeby
k_E	činitel výroby
k_S	činitel akumulace

Poznámka 1:

Činitelé k_B , k_E , k_S se stanoví nezávisle na jevech (typu zpětného vlivu).

Poznámka 2:

Pokud nejsou činitelé k_B , k_E , k_S známy, lze pro sítě, v nichž se připojení výroben a akumulace neočekává, uvažovat $k_B + k_E + k_S = 1$. Pokud se nedá vyloučit, že jsou výrobní a akumulace do sítě připojeny, doporučuje se použít $k_B + k_E + k_S = 1,35$.

Poznámka 3:

Pro všechny harmonické od 2. do 19. řádu se doporučuje hodnota rezonančního činitele $k_v = 1,5$. Pro harmonické vyššího než 19. řádu se doporučuje $k_v = 1,0$.

Poznámka 4:

Pro sítě VN se použití impedančního úhlového faktoru nepředpokládá. Pokud by přesto byl pro některé místo připojení poměr X/R menší než 2,5, je provozovateli sítě při výpočtu vyhrazeno použití impedančního úhlového faktoru stejným způsobem jako v požadavcích na připojení zařízení uživatele do sítě NN.

Tab. 3-2 obsahuje směrné hodnoty činitele harmonické p_v .

Tab. 3-2 Směrné hodnoty činitele harmonické p_v pro výpočet přípustných harmonických proudů

v	p_v	v	p_v	v	p_v
2	4,8	15	0,4	28	0,3
3	5,1	16	0,6	29	0,7
4	2,6	17	2,1	30	0,3
5	12,4	18	0,5	31	0,6
6	1,0	19	1,6	32	0,2
7	7,4	20	0,4	33	0,1
8	0,9	21	0,2	34	0,2
9	1,2	22	0,4	35	0,5
10	1,1	23	1,2	36	0,2
11	4,3	24	0,3	37	0,5
12	0,8	25	1,0	38	0,2
13	3,1	26	0,3	39	0,1
14	0,7	27	0,1	40	0,2

Doporučuje se stanovit činitele k v rovnici (3-1) pro posuzovanou síť individuálně.

S přihlédnutím k těmto zjednodušujícím předpokladům ($k_B + k_E + k_S = 1$) lze pro výpočet přípustných mezních hodnot harmonických použít následující zjednodušenou rovnici:

$$v = 2 \dots 19: \quad I_{v \text{ zul}} = \frac{P_v}{1500} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \cdot I_A \quad (3-2)$$

$$v > 19: \quad I_{v \text{ zul}} = \frac{P_v}{1000} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \cdot I_A \quad (3-3)$$

Pokud se použije konzervativnější předpoklad $k_B + k_E + k_S = 1,35$, je pro výpočet přípustných mezních hodnot harmonických použitelná následující zjednodušená rovnice:

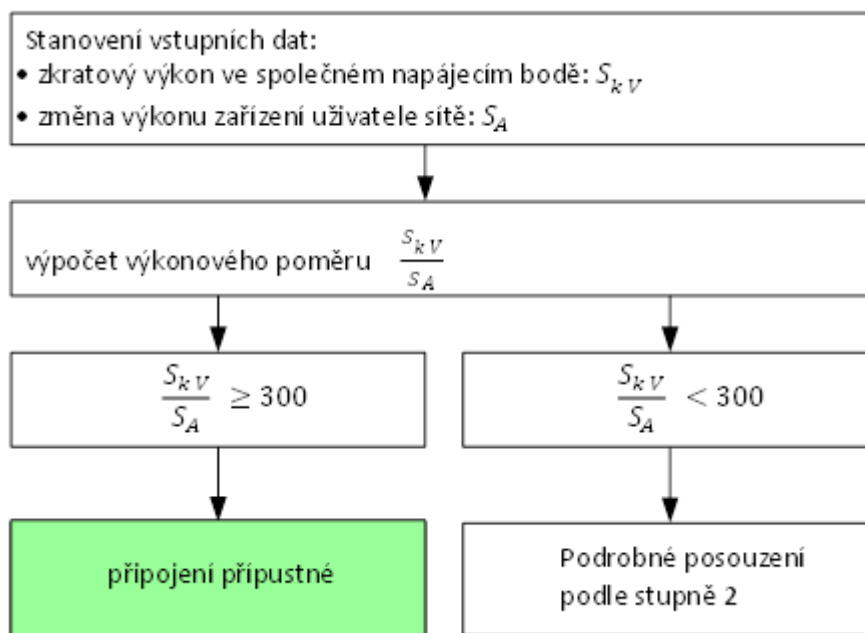
$$v = 2 \dots 19: \quad I_{v \text{ zul}} = \frac{P_v}{1743} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \cdot I_A \quad (3-4)$$

$$v > 19: \quad I_{v \text{ zul}} = \frac{P_v}{1162} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \cdot I_A \quad (3-5)$$

3.1.3 Posouzení

3.1.3.1 Zjednodušené posouzení (stupeň 1)

Zjednodušené posouzení se provede podle schématu na Obr. 3-1.



Obr. 3-1 Schéma zjednodušeného posouzení

3.1.3.2 Podrobné posouzení (Stupeň 2)

Pokud jsou známy informace o podílu jednotlivých přístrojů nebo jednotek generujících harmonické uvnitř zařízení uživatele sítě, lze mezní poměr S_{OS}/S_A vypočítat na základě následujících rovnic:

$$\frac{S_{OS}}{S_A} = \frac{1}{\sqrt{300}} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \quad (3-6)$$

S_{OS}	<i>podíl generující harmonické v instalovaném výkonu zařízení uživatele sítě</i>
S_A	<i>instalovaný výkon zařízení uživatele sítě</i>
S_{kV}	<i>zkratový výkon</i>

Podrobné posouzení je založené na tom, že všechny významné jednotky v zařízení uživatele sítě, které generují harmonické, se sloučí do výsledného celkového výkonu S_{OS} generujícího harmonické.

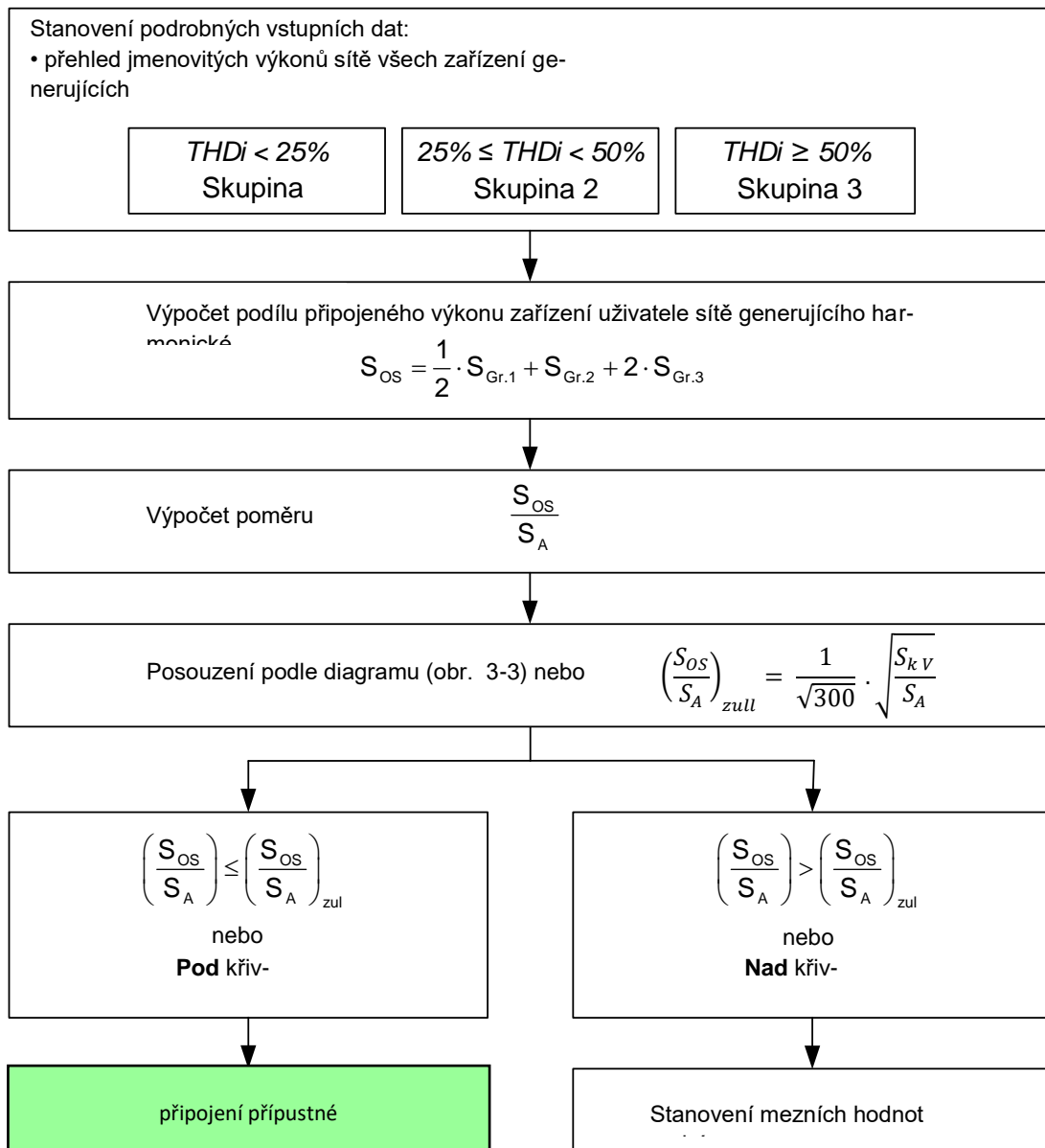
Pro určení podílu generujícího harmonické v instalovaném výkonu zařízení uživatele sítě se při zohlednění případných souběhů rozdělí všechny jednotky generující harmonické do tří skupin podle oddílu 6.7 v části A: Základy a jejich celkový výkon se určí podle následující rovnice:

$$S_{OS} = \frac{1}{2} \cdot S_{Gr1} + S_{Gr2} + 2 \cdot S_{Gr3} \quad (3-7)$$

S_{OS}	<i>podíl generující harmonické v instalovaném výkonu zařízení uživatele sítě</i>
S_{Gr1}	<i>celkový výkon všech jednotek zařazených do skupiny 1 ($THDi \leq 25\%$)</i>
S_{Gr2}	<i>celkový výkon všech jednotek zařazených do skupiny 2 ($25\% < THDi \leq 50\%$)</i>
S_{Gr3}	<i>celkový výkon všech jednotek zařazených do skupiny 3 ($THDi > 50\%$)</i>

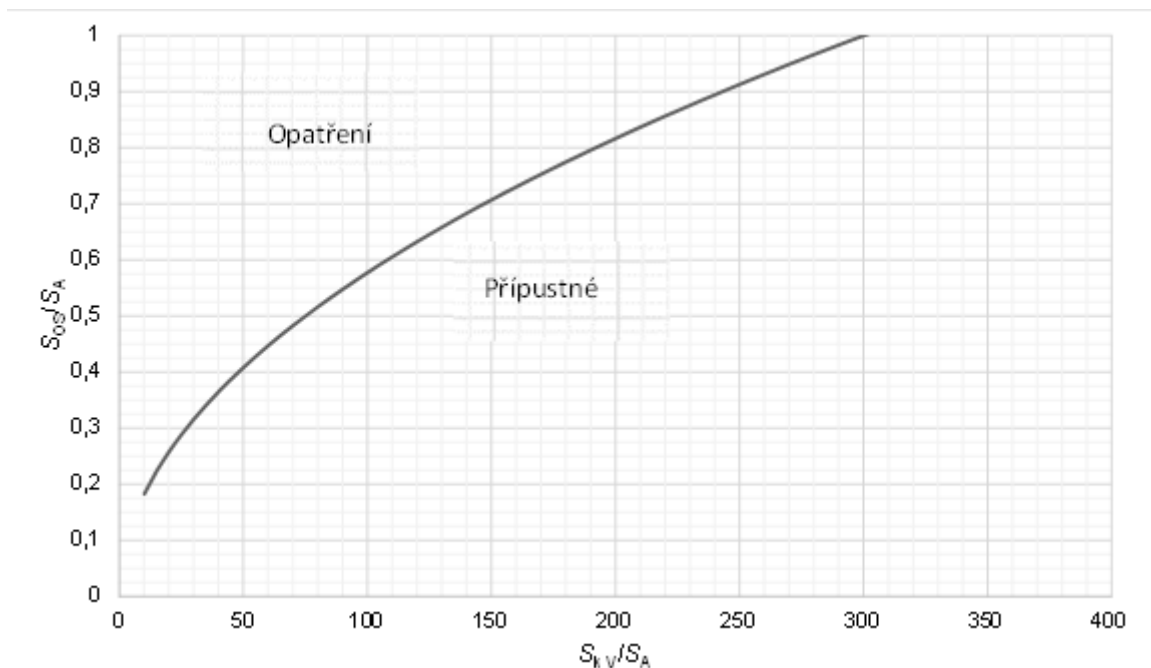
Pokud hodnota S_{OS} přesáhne hodnotu S_A dosadí se S_{OS} rovné S_A . Při sčítání se použijí jmenovité výkony. Pokud zařízení uživatele sítě využívá kromě spotřebičů generujících harmonické také zařízení pro výrobu a/nebo akumulaci generující harmonické, berou se v úvahu jejich jmenovité výkony bez znaménka.

Podrobné posouzení se provede podle schématu na Obr. 3-2.



Obr. 3-2 Schéma podrobného posouzení

Připojení zařízení uživatele sítě je přípustné bez opatření, pokud dvojice hodnot $[S_{OS}/S_A; S_{kV}/S_A]$ v grafu na Obr. 3-3 leží pod vyznačenou křivkou. Pokud dvojice hodnot $[S_{kV}/S_A; S_{OS}/S_A]$ leží v oblasti nad vyznačenou křivkou, odpovídající mezní hodnoty emisí, které musí zařízení uživatele sítě dodržet se vypočítají.



Obr. 3-3 Graf pro posouzení při přesné znalosti podílu generujícího harmonické v zařízení uživatele sítě

3.2 Meziharmonické

3.2.1 Plánovací úroveň

Směrné hodnoty plánovacích úrovní pro meziharmonické se na mezinárodní úrovni připravují.

3.2.2 Mezní hodnoty emisí

Všechny mezní hodnoty pro meziharmonické řádu μ se vztahují k příslušné meziharmonické podskupině podle normy [EN 61000-4-7].

Obecná rovnice pro výpočet mezních hodnot emisí je následující:

$$I_{\mu \text{ zul}} = \frac{1}{k_{\mu}} \cdot \frac{g_{\mu}}{100} \cdot \frac{S_{kV}}{S_A} \cdot I_A \quad (3-8)$$

g_{μ}	činitel meziharmonické řádu μ
$I_{\mu \text{ zul}}$	přípustný meziharmonický proud
I_A	jmenovitý proud zařízení uživatele sítě
S_{kV}	zkratový výkon ve společném napájecím bodě
S_A	instalovaný výkon zařízení uživatele sítě
k_{μ}	rezonanční činitel meziharmonické řádu μ

Pro meziharmonickou μ zařízení uživatele sítě platí činitel meziharmonické g_{μ} podle tabulky Tab. 3-3.

Tab. 3-3 Činitele meziharmonických g_μ pro zjednodušený výpočet přípustných meziharmonických proudů

μ	g_μ
1 .. 2	$0,1/(\mu+0,5)$
3 .. 30	$0,2/(\mu+0,5)$
31 .. 39	$0,3/(\mu+0,5)$
3 ..39 ¹⁾	$0,1/(\mu+0,5)$

1) Platí pro meziharmonické na nebo v blízkosti frekvence HDO (srovnej s odstavcem 5.3)

Pokud dostaneme podle rovnice (3-8) mezní hodnotu I_μ/I_A větší než 2%, omezíme tuto hodnotu na 2%.

3.2.3 Posouzení

Posouzení založené na poměrech výkonů se pro meziharmonické neprovádí.

3.3 Supraharmonické

3.3.1 Plánovací úrovně

Směrné hodnoty pro plánovací úrovně se připravují na mezinárodní úrovni.

3.3.2 Mezní hodnoty emisí

Všechny mezní hodnoty pro supraharmonické frekvenčního pásma b ve frekvenčním rozsahu od 2 kHz do 9 kHz se vztahují na odpovídající pásmo 200 Hz podle [EN 61000-4-7].

Pro výpočet maximálních přípustných supraharmonických proudů zařízení uživatele sítě se použije následující rovnice.

$$I_{bzul} = \frac{1}{k_b} \cdot \frac{g_b}{100} \cdot \frac{S_{kV}}{S_A} \cdot I_A \quad (3-9)$$

I_{bzul} přípustný supraharmonický proud
 k_b činitel rezonance supraharmonické se střední frekvencí b
 S_{kV} zkratový výkon
 S_A instalovaný výkon zařízení uživatele sítě
 g_b činitel supraharmonické ve frekvenčním pásmu b

činitel supraharmonické se vypočítá podle:

$$g_b = 1,015 \cdot b^{-0,52} \cdot \left(\frac{0,05 \text{ kHz}}{b} \right) \quad (3-10)$$

b střední frekvence frekvenčního pásma b

3.3.3 Posouzení

Posouzení založené na poměrech výkonů se pro supraharmonické neprovádí.

3.4 Ověřovací měření

Pokud je to možné, provádí se ověřovací měření k posouzení emisí zařízení uživatele sítě v příslušném bodě sítě vn. Pokud se pro zjednodušení provádí měření v jednom bodě sítě nn (např. na straně nn transformátoru vn/nn, přičemž místo připojení zařízení uživatele sítě se ve skutečnosti nachází na straně vn transformátoru vn/nn.), je třeba při vyhodnocování proudů vzít v úvahu, že v případě transformátorů Dy nedochází k přenosu nulové složky ze strany nn na stranu vn. To platí bez ohledu na řád harmonické. Proto se při měření na straně nn a vyhodnocování na straně vn neuvažují emise generující nulovou složku (typicky harmonické proudy řádů dělitelných 3). Má-li být vyhodnocen příspěvek zařízení uživatele sítě k napětí, musí být měření vždy provedeno v příslušném bodě sítě vn. Pokud se přesto z důvodu zjednodušení provádí měření na straně nn, je v případě překročení mezních hodnot nutné metrologické ověření na straně vn.

Další pokyny k ověřovacím měřením naleznete v části A: Základy.

4. Komutační poklesy

4.1 Plánovací úrovně

Plánovací úrovně pro komutační poklesy nejsou specifikovány.

4.2 Mezní hodnoty emisí

Relativní hloubka komunikačních poklesů d_{Kom} usměrňovačů řízených frekvencí sítě v zařízeních spotřeby, výroby nebo akumulace nesmí být ve společném napájecím bodě překročena ani v nejnejpříznivějším provozním stavu $d_{\text{Kom}} = 5\%$.

4.3 Posouzení

Posouzení připojitelnosti s ohledem na komutační poklesy je nutné pouze pro usměrňovače řízené frekvencí sítě.

V síti vn lze ve většině případů komutační pokles jako takový stále identifikovat. Může být také zesílen výraznými komutačními oscilacemi, které však nemohou být ve výpočtu zohledněny. Hloubka komutačních poklesů může být s dostatečnou přesností vypočítána podle rovnice (4-1):

$$d_{\text{Kom}} = K \cdot \sin \alpha \cdot \frac{6}{p} \cdot \left(u_{\text{k Kom}} \cdot \frac{S_{\text{kV}}}{S_{\text{SRA}}} + 1 \right)^{-1} \quad (4-1)$$

Při posuzování je třeba vždy počítat s provozem při nejnejpříznivější hodnotě řídicího úhlu. Je třeba vzít v úvahu také přechodové děje při rozběhu. Při použití třífázového transformátoru s nestandardní vektorovou skupinou Dd5 nebo Yy0 (hvězda-hvězda) platí následující činitel $K = \sqrt{3}/2$. Pro připojení transformátoru se standardní vektorovou skupinou Dy5 nebo Yd5 (hvězda-trojúhelník) platí $K = 1$.

Při zjednodušujících předpokladech ($K = 1$, $\alpha = 90^\circ$, $p = 6$) dostaneme:

$$d_{\text{Kom}} = \left(u_{\text{k Kom}} \cdot \frac{S_{\text{kV}}}{S_{\text{SRA}}} + 1 \right)^{-1} \quad (4-2)$$

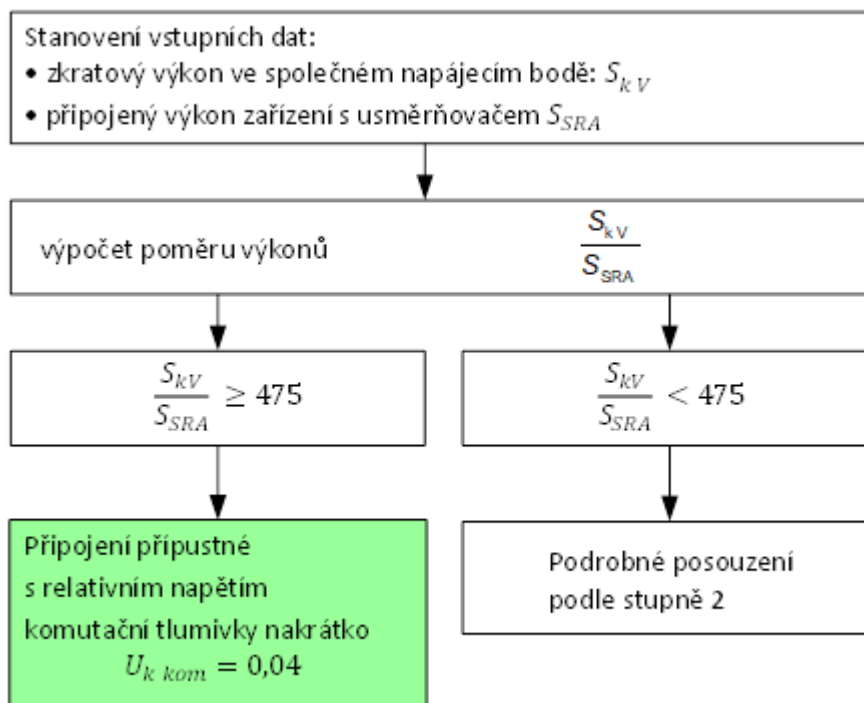
d_{Kom}	relativní hloubka komutačního poklesu (periodický přechodový napěťový pokles)
K	činitel připojení závislý na způsobu zapojení resp. vektorové skupině transformátoru
$u_{\text{k Kom}}$	relativní napětí nakrátko komutační reaktance
S_{kV}	zkratový výkon sítě ve společném napájecím bodě
S_{SRA}	připojený výkon zařízení s usměrňovačem
p	počet pulzů usměrňovače
α	řídicí úhel usměrňovače

Obecně stačí posuzovat každý usměrňovač samostatně, protože pravděpodobnost překrytí komutačních poklesů je nízká. Pokud je naopak provozováno několik usměrňovačů záměrně synchronně, je třeba dbát na to, aby nedošlo k překročení mezní hodnoty emisí v důsledku součtového účinku.

Pokud se při metrologickém ověření zjistí, že v pi komutaci převažují komutační oscilace, a tudíž již nelze jednoznačně identifikovat komutační poklesy, je nutné provést dodatečné posouzení harmonických, meziharmonických a supraharmónických podle kapitoly 5.3.

4.3.1 Stupeň 1 – Zjednodušené posouzení

Zjednodušené posouzení se provádí podle vývojového diagramu na Obr. 4-1.

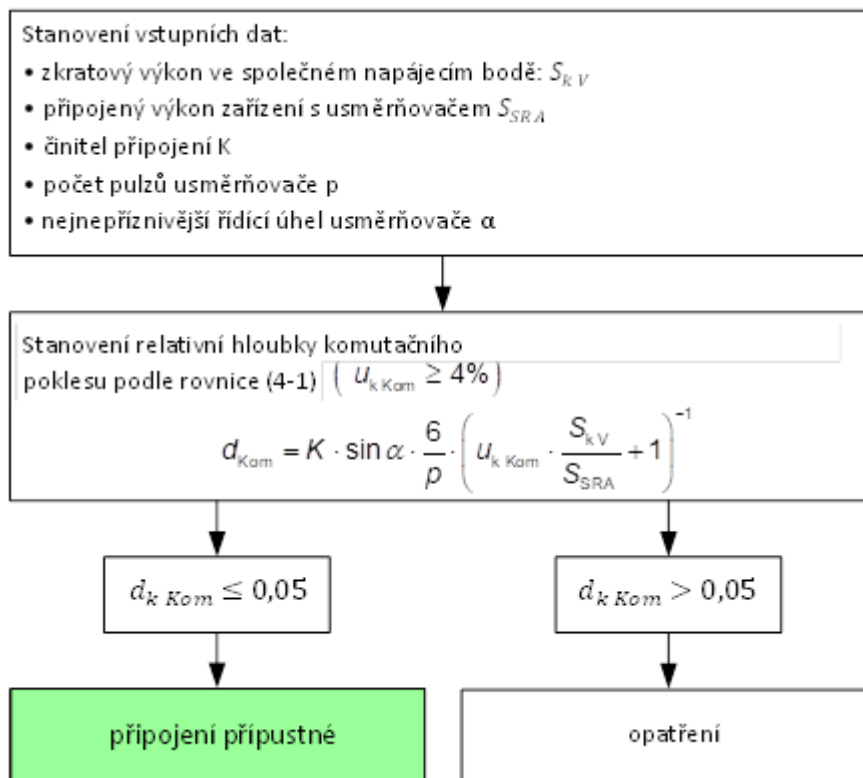


Obr. 4-1 Schéma zjednodušeného posouzení komutačních poklesů

Pokud zařízení obsahuje pouze jeden usměřovač se známým jmenovitým výkonem $S_{r\ Str}$, použije se pro zjednodušené posouzení tato hodnota namísto výkonu zařízení s usměřovačem S_{SRA} .

4.3.2 Stupeň 2 – Podrobné posouzení

Podrobné posouzení se provádí podle vývojového diagramu na Obr. 4-2.



Obr. 4-2 Schéma podrobného posouzení komutačních poklesů

5. Napětí signálů

5.1 Úroveň signálu

Aby byla zajištěna spolehlivá funkce přijímače HDO v distribuční síti, musí být minimální úroveň signálu pro všechny přijímače s dostatečnou rezervou nad jejich funkční úrovní.

Nepřípustně vysoké úrovně signálu mohou mít za následek rušení přístrojů nebo zařízení uživatelů sítě, které jsou připojeny zejména v sítích nn. Kompatibilní úrovně pro komunikaci v sítích jsou zadány v [EN 61000-2-2] (Tab. 5-1) a nesmějí být provozovatelem sítě překročeny.

Tab. 5-1 Kompatibilní úrovně pro komunikaci v sítích podle [EN 61000-2-12]

	Frekvenční rozsah	Úroveň signálu
TRA	0,11 kHz – 0,5 kHz	9 % U_c
	0,5 kHz – 3 kHz	9 % - 1,5 % (logaritmicky klesající s logaritmem frekvence)
PLC	3 kHz – 20 kHz	Připravuje se
	20 kHz – 148,5 kHz	Připravuje se

5.2 Beurteilung

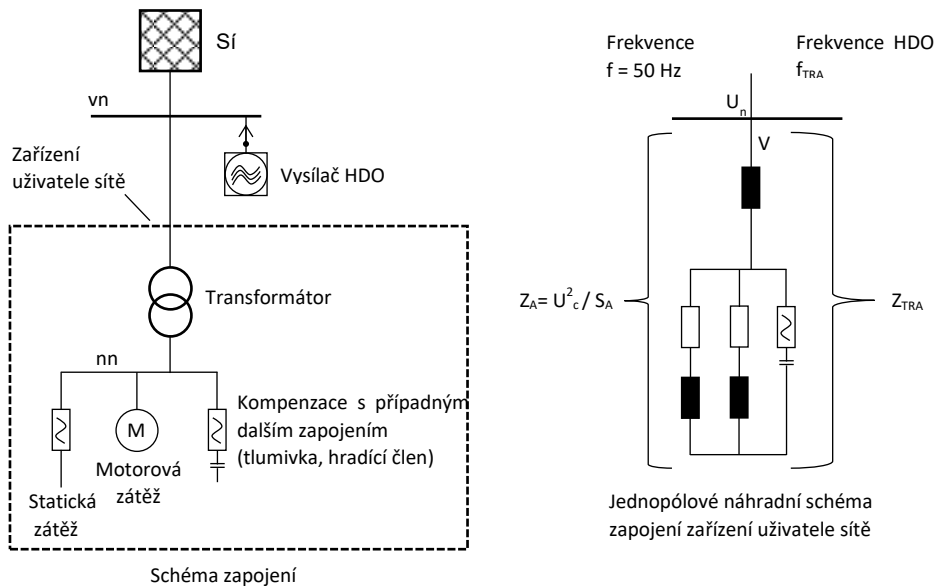
Pro posouzení se musí vzít v úvahu na jedné straně vliv frekvenčně závislé impedance zařízení uživatelů sítě resp. kompenzačních zařízení na úroveň signálu HDO a také vliv neúmyslných emisí zařízení uživatelů sítě v blízkosti frekvencí HDO.

5.2.1 Ovlivnění úrovně zařízeními uživatelů sítě

Zařízení spotřeby

Největší vliv na HDO způsobují motory a kompenzační zařízení. Tato zařízení jsou obvykle připojena na straně nn transformátoru. Ve výjimečných případech však mohou být kompenzační zařízení připojena přímo k síti vn.

Pokud provozovatel sítě provozuje nebo plánuje HDO v síti vn a společný napájecí bod V zařízení uživatele sítě je rovněž v této síti vn, musí být impedance na tónové frekvenci zařízení uživatele sítě Z_{TRA} dostatečně vysoká. Jinak dojde k nepřípustnému ovlivnění HDO



Obr. 5-1 Zjednodušené modelové zapojení k posouzení impedance zařízení Z_A [1]

Pro zařízení spotřeby ve společném napájecím bodě V v síti VN platí:

$$\varepsilon = \frac{Z_{TRA}}{Z_A} \geq 0,4 \quad (5-1)$$

ε činitel impedance
 Z_{TRA} impedance na tónové frekvenci
 Z_A impedance zařízení na 50 Hz (srovnávej s Obr. 5-1)

Za určitých podmínek, např. při nahromadění velkých zařízení uživatelů sítě s činitelem impedance $\varepsilon \approx 0,4$ nebo provozovaných kompenzačních zařízení, je popř. nutné impedanční faktor zvýšit. Požadovanou hodnotu je pak třeba odsouhlasit s provozovatelem sítě.

Pokud nelze impedanci na frekvenci HDO pro zařízení spotřeby určit s dostatečnou přesností ve fázi plánování z důvodu chybějících dat, doporučuje se provést měření při zařízení do provozu. Dodržení činitele impedance se prověří pomocí frekvenčně selektivního měření napětí/proudu.

Výrobný a akumulace

Vliv výroben a akumulací připojených k síti pomocí střídačů závisí na typu střídače, jeho jmenovitém výkonu a tónové frekvenci. Doporučuje se, aby provozovatel sítě provedl individuální posouzení každého souvisejícího zařízení uživatele sítě

Přímé připojení výroben a akumulačních zařízení (bez střídačů) k síti je bez zvláštních opatření přípustné až do hodnoty jmenovitých výkonů uvedených v tabulce Tab. 5-2 [1].

Tab. 5-2 Celkový připojitelný výkon výrobný a akumulace bez střídačů

Ve společném napájecím bodu	V posuzované oblasti napájení
500 kVA	1 MVA

Při překročení hodnot uvedených v tabulce Tab. 5-2 mohou být požadována zvláštní opatření. Ta budou stanovena na základě individuálního posouzení. Pokles úrovně signálu HDO způsobené výrobnou nebo akumulací nesmí překročit hodnotu

$$\Delta u_{\text{TRA}} = 2 \%$$

Snížená úroveň signálu HDO musí v každém případě s dostatečnou rezervou přesáhnout funkční napětí přijímačů. Pokud tomu tak není, musí uživatel sítě nainstalovat hradičící členy nebo přijmout jiné účinné opatření. Velikost požadované rezervy určuje provozovatel sítě.

Kombinovaná zařízení – resp. zařízení s přetokem

Okud zařízení uživatele sítě obsahuje spotřebu a/nebo výrobu a/nebo akumulaci, posuzuje se jako jako zařízení kombinované resp. s přetokem. Přitom se rozlišují dva případy:

1. převažuje podíl spotřeby, posouzení se provede podle odstavce Zařízení spotřeby.
2. převažuje společný podíl z výroby a/nebo akumulace, posouzení se provede podle odstavce Výrobní a akumulace.

5.3 Emise způsobené zařízeními uživatelů sítě

Pokud zařízení uživatele sítě způsobuje emise, jejichž frekvence odpovídá frekvenci HDO v síti nízkého napětí nebo leží v její bezprostřední blízkosti, nesmí tyto emise překročit hodnotu $0,1 \% U_c$.

Pokud zařízení uživatele sítě způsobuje emise, jejichž frekvence odpovídá postranním frekvencím HDO $f_{\text{TRA}} \pm 100 \text{ Hz}$ nebo se nachází v jejich bezprostřední blízkosti, nesmí tyto emise překročit hodnotu $0,3 \% U_c$.

Seznam norem

EN 61000-2-12:2.2004

Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 2-12: Prostředí - Kompatibilní úrovně pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením a signály ve veřejných rozvodných sítích vysokého napětí (IEC 61000-2-12:2003)

IEC/TR 61000-3-6 ED. 2.0:2008-02

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems

IEC/TR 61000-3-7 ED. 2.0:2008-02

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-7: Limits - Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems

IEC/TR 61000-3-13 ED. 1.0:2008 02

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-13: Limits - Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems

IEC/TR 61000-3-14 ED. 1.0:2011 10

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-14: Assessment of emission limits for harmonics, interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the connection of disturbing installations to LV power systems

EN 61000-4-7:2002+A1:2009

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-7: Prüf- und Messverfahren; Allgemeiner Leitfadens für Verfahren und Geräte zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten

EN 61000-4-15 ed.2:9.2011

Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-15: Zkušební a měřicí technika - Flikrmetr - Specifikace funkce a dimenzování

Seznam literatury

- [1] E-Control TOR D3: „Tonfrequenz-Rundsteuerung; Empfehlung zur Vermeidung unzulässiger Rückwirkungen.“, Version 2.1, 03/ 2006.