

Daniel Hlubeň, Rastislav Stolárik, Štefan Vaško

Kvalita elektrickej energie podľa platných STN

V tomto článku sú rozobrané základné normy v oblasti kvality elektrickej energie, hlavne norma STN EN 50160:2011, prípadne iné normy, ktoré s hodnotením kvality elektrickej energie súvisia.

Kľúčové slová: kvalita elektrickej energie, normy, vyššie harmonické

I. ÚVOD

Za posledných pár rokov došlo v oblasti merania kvality elektriny k značnej zmene. Verejnosť, dodávatelia a spotrebitelia sú viac informovaní o tom, že elektrina je tovar, a preto musí mať svoje parametre kvality. O parametroch kvality elektriny pojednáva norma STN 50 160:2011, ktorá definuje hlavné charakteristiky napätia v mieste spoločného bodu pripojenia používateľa vo verejných nízkonapäťových a vysokonapäťových elektrických distribučných sieťach. V skratke si predstavíme, aké požiadavky by mali byť splnené na napäťovej úrovni nn, prípadne ktoré kvalitatívne veličiny sa najčastejšie merajú.

Podrobný popis jednotlivých parametrov a požiadaviek prekračuje rozsah tejto publikácie. Viac o tejto problematike sa dočítate v príslušných normách [1], prípadne odborných publikáciách [2].

II. FREKVENCIA NAPÁJACEJ SIETE

Menovitá frekvencia napájacieho napätia musí byť 50 Hz. Keďže Slovenská republika je synchronne prepojená s ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity), musí byť frekvencia počas 100 % času merania v rozsahu 47 – 52 Hz (50 Hz + 4 % / -6 %) a počas 99,5 % roku v rozsahu 50 ± 1 % (49,5 Hz – 50,5 Hz).

III. VEĽKOSŤ NAPÁJACIEHO NAPÄTIA

Keďže sa v tejto kapitole venujeme len distribučnej sieti nízkeho napätia, normalizované napätie medzi krajným a neutrálnym vodičom je 230 V. Odchýlka napätia by nemala prekročiť ± 10 %. Počas každého obdobia jedného týždňa 95 % desaťminútových stredných efektívnych hodnôt napájacieho napätia musí byť v rozsahu $U_n \pm 10$ % a všetky desaťminútové stredné efektívne hodnoty v rozsahu $U_n + 10$ % / - 15 %.

IV. MIERA VNÍMANIA BLIKANIA – FLICKER

Rýchle zmeny napájacieho napätia sú spôsobené hlavne zmenami zaťaženia v sieti, spínaním vedení a pod. Hodnotený parameter je dlhodobá miera vnímania blikania (P_{fl}). Norma definuje, že v období jedného týždňa by dlhodobá miera vnímania blikania spôsobená kolísaním napätia mala byť menšia alebo sa rovnať 1 ($P_{fl} \leq 1$) počas 95 % času. Parameter číselne hodnotí mieru zmeny – rýchlosti a veľkosti – obálky napätia, keďže takéto zmeny ovplyvňujú hlavne svetelné zdroje (napájané nie elektronickými predradníkmi). Častá a rýchla zmena svetelného toku vplýva aj na človeka, ktorý to môže vnímať ako blikanie zdroja. Meraním sa má teda zistiť, či sa takéto stavy v sieti prejavujú, prípadne, či im treba zabrániť.

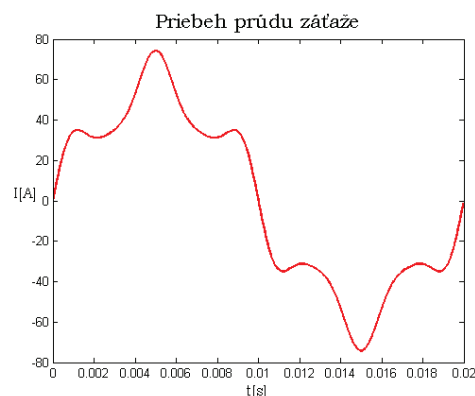
V. VEĽKOSŤ NAPÁJACIEHO NAPÄTIA

Nesymetria napájacieho napätia vzniká najmä v dôsledku nerovnomerného rozloženia záťaží medzi jednotlivé fázy siete. Následkom je nesymetria prúdu, ktorá následne vyvolá nesymetriu napätí v sieti. Norma [1] definuje, že za normálnych prevádzkových podmienok musí byť počas jedného týždňa 95 % desaťminútových stredných efektívnych hodnôt spätnej zložky napájacieho napätia v rozsahu 0 – 2 % súslednej (základnej) zložky napájacieho napätia.

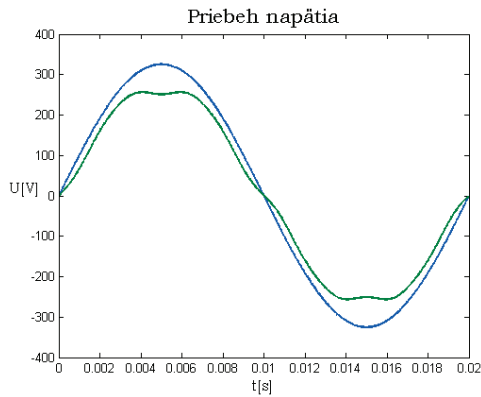
VI. HARMONICKÉ NAPÄTIA

Harmonické napätia sú napätia, ktorých frekvencia je celočíselným násobkom základnej frekvencie napájacieho napätia. Príčinou výskytu harmonických, či medziharmonických, sú predovšetkým nelineárne záťaže, spínané zdroje, oblúkové pece, spínanie polovodičovými súčiastkami a pod. Predpokladajme, že dodávateľ nám dodáva napätie s ideálnym sínusovým signálom. My však do tejto siete pripojíme zariadenie, ktorého prúd je zobrazený na Obr. 1.

Je zrejme, že takto deformovaný prúd nemôže vytvoriť úbytok napätia na vedení (impedancii) ako ideálna odporová záťaž, teda ideálny sínusový priebeh. Záťaž s priebehom odoberaného prúdu na vedení, ktorý je uvedený na obrázku vyššie (Obr. 1), vytvorí tomu zodpovedajúci úbytok napätia na vedení, ktorý sa následne superponuje na napätie siete. Rozdiel v napätiach je možné vidieť na Obr. 2.



Obr. 1 Prúd odoberaný záťažou



Obr. 2 Priebehy napätia na začiatku vedenia (modrá) a na konci (zelená)

Následne, takáto deformácia, resp. takto deformované napätie môže ovplyvniť činnosť iných zariadení napr. v mieste pripojenia, ktoré sú závislé od kvalitného napájania (napr. tie, ktoré sledujú prechod prúdu nulou). Ich nesprávna funkcia môže spôsobiť až poškodenie zariadenia. Preto norma definuje pre podiel vyšších harmonických v napätí limity, a to jednak určením limitných hodnôt pre každú individuálnu harmonickú do 25. harmonickú, jednak aj ich celkovým podielom (pozri Tab. 1).

TABUĽKA 1

Hodnoty jednotlivých harmonických napätí pre rády harmonických do 25 uvedených v percentách základného napätia U_n

Nepárne harmonické				Párne harmonické	
Nie násobky 3		Násobky 3		Rád h	Relatívne napätie (U_n)
Rád h	Relatívne napätie (U_n)	Rád h	Relatívne napätie (U_n)		
5	6,0 %	3	5,0 % ^a	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6 ... 24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

Úroveň (resp. zastúpenie) vyšších harmonických v sieti vyjadruje činiteľ celkového harmonického skreslenia napájacieho napätia definovaný nasledovne

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_1} \cdot 100 \% \quad (1)$$

kde

h je rád harmonickej,

U_h je veľkosť individuálnej harmonickej (efektívna hodnota),

U_1 je veľkosť základnej harmonickej (efektívna hodnota napätia na frekvencii 50 Hz).

Podľa [1] musí byť hodnota THD_V menšia alebo sa rovnáť 8 %. V súčasnosti platná norma nedefinuje limitné hodnoty pre celkové harmonické skreslenie prúdu THD_I , [1]. Činiteľ THD_I , vypočítaný týmto spôsobom by značne skresľoval výsledky, keďže najvyšší podiel vyšších harmonických v prúde je práve v oblasti nízkeho zaťaženia, hoci ich vplyv na sieť je vtedy minimálny. Preto je snaha hodnotiť podiel vyšších harmonických pomocou činiteľa TDD (Total Demand Distortion), pričom

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_L} \cdot 100 \% \quad (2)$$

kde:

h – rád harmonickej,

I_h je prúd harmonickej,

I_L je maximálny záťažový prúd v bode pripojenia (buď vypočítaný ako 12-mesačný priemer maximálnych odberov prúdov alebo určený podľa projektovej dokumentácie – zaťaženie profilu), v praxi sa často uvažuje hodnota primárneho prúdu prístrojového transformátora prúdu,

n je 25/40/50 alebo 60 (napr. USA).

VII. VEĽKOSŤ NAPÁJACIEHO NAPÄTIA

Napät'ové vlny, ktorých zložky nie sú celočíselným násobkom frekvencie základnej harmonickej, sa nazývajú medziharmonické. Podobne ako harmonické, v sieti sa začali objavovať s postupným nasadzovaním elektronických jednotiek napr. frekvenčných meničov. S súčasnosti platná norma limitné hodnoty neuvádza.

Môžu sa prejavovať ako diskkrétne frekvencie alebo ako široké spektrum frekvencií. Môžeme ich identifikovať v sieťach na rôznych napät'ových hladinách. Ich hlavný nepriaznivý účinok v sieti sa prejavuje predovšetkým v rušení signálov HDO.

Zanedbateľné však nie sú ani ďalšie efekty, ktoré boli spomenuté pri účinkoch vyšších harmonických. Medziharmonické často nie sú stacionárne, ale menia sa v určitom časovom pásme okolo strednej frekvencie, čo sťažuje ich meranie. [3]

VIII. VEĽKOSŤ NAPÁJACIEHO NAPÄTIA

Signál HDO (hromadné diaľkové ovládanie) využívajú energetické spoločnosti na riadenie spotreby domácností. Signál HDO slúži predovšetkým na:

- priame ovládanie elektrických spotrebičov,
- ovládanie na tarifné účely,
- prevádzkové energetické účely,
- ovládanie rôznych druhov osvetlenia,
- a pod.

Bez ohľadu na užitočnosť signálu HDO, z pohľadu kvality elektrickej energie predstavuje rušivý efekt, ktorý sa v sieti môže objaviť až niekoľkokrát za hodinu.

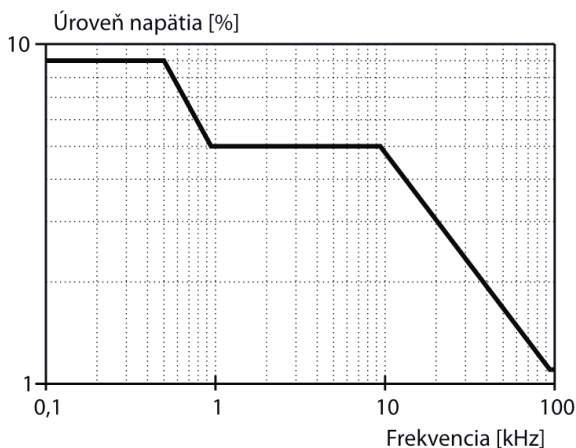
Prenos informácií od vysielateľa HDO k jednotlivým prijímačom sa uskutočňuje pomocou kódovaných impulzov vyšších frekvencií než je sieťová frekvencia. Najčastejšie využívané frekvencie sú 216,66 Hz (VSE, a.s.; ZSE, a.s.); 191 Hz (SSE, a.s.).

Signál HDO sa superponuje na signál napätia sieťovej frekvencie, čím ho deformuje. Keďže v tomto prípade signál HDO nie je celočíselným násobkom sieťovej frekvencie, hovoríme o tzv. medziharmonických, prípadne interharmonických.

Účinky interharmonických sú podobné ako účinky vyšších harmonických. Osobitne potrebné je venovať sa účinkom signálu HDO pri návrhu kondenzátorových batérií na kompenzáciu jalového výkonu, pretože môžu vyvolať nežiaducu rezonanciu. Počas rezonancie dochádza k „záhadným“ javom, ktoré si často nevieme vysvetliť, keďže odberatelia elektrickej energie nie sú dostatočne informovaní o možných následkoch. [3]

IX. VYSOKOFREKVENČNÉ SIGNÁLY

Vysokofrekvenčné signály sa môžu v sieti objaviť napríklad vtedy, ak distribučné spoločnosti používajú svoje siete na prenos rôznych signálov. V danom prípade však v období viac ako 99 % dňa trojsekundové stredné hodnoty napätí signálu musia byť menšie alebo sa rovnať hodnotám uvedeným v Obr. 3.



Obr. 2 Úrovně napětí frekvencí signálů v procentách U_n používaných vo verejných nízkonapäťových distribučných sieťach

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Výskum charakteristík

fotovoltaických komponentov pre efektívne projektovanie solárnych systémov, s ITMS kódom: 26220220080, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] STN 50160:2011 Charakteristiky napätia elektrickej energie dodávanej z verejnej elektrickej siete.
- [2] SZATHMÁRY, P.: Kvalita elektrickej energie. Banská Bystrica: PRO, 2003. 122 s. ISBN 80-89057-04-7
- [3] KOVÁCS, Z. – S ZATHMÁRY, P.: 47. Spoľahlivosť a kvalita elektrickej energie. Košice: Technická univerzita Košice, 2006. 301 s. ISBN 80-8073-620-0.
- [4] VARGA, L. – Hlubeň, D.: Meracie metódy v elektroenergetike / - 1. vyd. - Banská Bystrica : PRO - 2010. - 175 s.. - ISBN 978-80-89057-26-9.

ADRESY AUTOROV

Daniel Hlubeň, Technical University in Košice, Department of Power System Engineering, Másiarska 74, Košice, Slovak Republic, daniel.hluben@tuke.sk

Rastislav Stolárík, VÁDIUM s.r.o., Plzenská 2, Prešov, Slovak Republic, stolarik@vadium.sk,

Štefan Vaško, VÁDIUM s.r.o., Plzenská 2, Prešov, Slovak Republic, vasko@vadium.sk