ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Je kvalita elektrickej energie merateľná ?

Ing. Marián Brúsil, Ing. Miroslava Bočkayová
ZTS Elektronika SKS s.r.o., Trenčianska 19,
018 51 Nová Dubnica
brusil@zts.elektronika.sk, bockayova@zts.elektronika.sk

1. februára 2007

Trenčianska 19,
Nová Dubnica 018 51
Slovenská republika
Tel.: +421 42 4430029
Fax.:+421 42 4431860

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

ÚVOD

- **Je kvalita sieťového napätia je merateľná ?**

  Od júla roku 2002 platí nová norma kvality pre výrobok "Elektrická energia". Novo vytvorená norma STN EN 50 160 „ Charakteristiky napätia elektrickej energie dodávanej z verejnej distribučnej siete" definuje hraničné hodnoty a tolerancie pre kvalitu napätia. Ktoré parametre sú relevantné a ktoré sa merajú? Permanentná či náhodná kontrola kvality napätia dáva tomu, kto vyrába a poskytuje elektrickú energiu istotu pri odstraňovaní problémov v elektrizačnej sieti a je príspevkom k zabezpečeniu kvality sieťového napätia.
- **Kvalita a ručenie za výrobok v oblasti Elektrická energia**

  Mnoho oblastí Európy disponuje kvalitným zásobovaním elektrickou energiou. Problémy ako výskyt väčších výkyvov napätia sú zriedkavé. Napriek tomu je úsilie v oblasti zabezpečenie kvality nutné. Jeden problém predstavuje napríklad znečistenie napätia vyššími harmonickými a prepätiami. Vysoké nasadenie zapojenie záťaží, ktoré zo siete odoberajú nelineárne, od sínusoidy odchylné prúdy a týmto spôsobujú vyššie harmonické, ovplyvňujú kvalitu elektrickej energie. Nový zákon o ručení za výrobky dáva spotrebiteľovi viac práv. Predovšetkým presúva zaťaženie z dôkazového konania pri reklamácii zo zákazníka na predajcu. Predajca musí dokázať, že jeho výrobok nevykazuje chyby. Čo ale znamená bezchybný v prípadoch sieťového napätia resp. Elektrickej energie? Ďalej popísaná norma stanovuje hraničné hodnoty pre kvalitu napätia. Predajca, v tomto prípade elektrárne resp. rozvodné závody dostávajú do ruky referenčné parametre pre jeho snaženie o zabezpečenie kvality jeho výrobku.
- **Kalibrácia meradiel kvality**

  Ak máme stanovené normou limity pre kvalitu napätia elektrickej energie, metódy merania, mala by byť zabezpečená aj nadväznosť meraní a meracích prostriedkov

  pre merateľné parametre, ktoré definuje norma STN EN 50160

1. Norma STN EN 50160

1.1 Rozsah platnosti

Táto norma uvádza hlavné charakteristiky napätia na napájacích koncových bodoch odberateľa vo verejných rozvodných sústavách elektrickej energie s nízkym a vysokým napätím za normálneho prevádzkového stavu.

Táto norma neplatí:

- **pre prevádzku po poruche** a na dočasné riešenie napájania prijaté na zásobovanie odberateľov elektrickou energiou počas prác súvisiacich s údržbou a výstavbou alebo na minimalizovanie rozsahu a trvania straty napájania;
- **v prípade, že odberateľova inštalácia alebo zariadenie nevyhovuje príslušným normám** alebo technickým požiadavkám na pripájanie zaťaženia vrátane hraničných hodnôt pre emisiu sprievodných porúch;
- **v prípade, že zariadenie na výrobu elektrickej energie nevyhovuje** príslušným normám alebo technickým požiadavkám na vzájomné prepojenie s rozvodnou sústavou elektrickej energie (napr. zabudované zariadenie na výrobu elektrickej energie);
- **vo výnimočných situáciách**, ktoré sa vymykajú kontrole dodávateľa, predovšetkým:
  - pri mimoriadnych poveternostných podmienkach a iných prírodných pohromách;
  - pri rušivom zásahu tretej strany;
  - pri nariadeniach vydaných verejnými úradnými orgánmi;
  - pri priemyselných akciách (spĺňajúcich zákonné požiadavky);
  - pri udalostiach spôsobených nepredvídateľnou okolnosťou;
  - pri výpadkoch v dodávke elektrickej energie spôsobených vonkajšími udalosťami.

Táto norma sa môže nahradiť buď úplne, alebo čiastočne podmienkami zmluvy uzatvorenej medzi jednotlivým odberateľom a dodávateľom elektrickej energie.

1.2 Predmet normy

Predmetom tejto normy je definovať a popísať charakteristiky napájacieho napätia s ohľadom na:

- frekvenciu,
- veľkosť,
- tvar vlny,
- súmernosť trojfázových napätí

Tieto charakteristiky podliehajú zmenám počas normálnej prevádzky napájacej sústavy v dôsledku zmien zaťaženia, porúch spôsobených určitými zariadeniami a výskytu porúch, ktoré spravidla spôsobujú vonkajšie udalosti.

Charakteristiky sa menia spôsobom náhodným z hľadiska času (so zreteľom na ľubovoľný daný časový okamih). Vzhľadom na tieto zmeny možno očakávať, že v malom počte prípadov sa môžu tieto charakteristiky prekročiť.

Niektoré javy ovplyvňujúce napätie sú vo výraznej miere nepredpovedateľné, takže je nemožné uvádzať pre zodpovedajúce charakteristiky presné hodnoty. Hodnoty uvádzané v tejto norme pre takéto javy, napr. pre poklesy napätia a prerušenia napätia, treba chápať v tomto zmysle.

1.3 Definície

V tejto norme platia nasledujúce definície.

- **1.3.1 odberateľ:** ten, kto kupuje elektrickú energiu od dodávateľa
- **1.3.2 dodávateľ:** strana, ktorá poskytuje elektrickú energiu prostredníctvom verejnej rozvodnej sústavy
- **1.3.3 napájacie koncové body:** bod pripojenia odberateľovej inštalácie k verejnej sústave
  POZNÁMKA - Tento bod sa môže líšiť napr. od bodu merania elektrickej energie alebo od bodu spoločného prepojenia.
- **1.3.4 napájacie napätie:** efektívna hodnota napätia v danom čase na napájacích koncových bodoch nameraná počas daného intervalu
- **1.3.5 menovité napätie sústavy (U_n):** napätie, podľa ktorého sa sústava projektuje alebo identifikuje a na ktoré sa vzťahujú niektoré prevádzkové charakteristiky
- **1.3.6 zmluvné napájacie napätie (U_c):** za normálnych okolností menovité napätie Un sústavy; ak sa na základe dohody medzi dodávateľom a odberateľom privádza na koncový bod napätie odlišné od menovitého napätia, toto napätie je zmluvným napájacím napätím U_c (pozri IEC 60050 (604-01-016))
- **1.3.7 nízke napätie (skratka: nn):** v tejto norme napätie používané na dodávku elektrickej energie, ktorého horná hranica menovitej hodnoty je 1 kV
- **1.3.8 vysoké napätie (skratka: vn):** v tejto norme napätie používané na dodávku elektrickej energie, ktorého menovitá efektívna hodnota sa pohybuje medzi 1 kV a 35 kV

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

- **1.3.9 normálny prevádzkový stav:** pre rozvodnú sústavu stav, ktorý vyhovuje odberu, prepínaniu sústavy a odstraňovaniu porúch automatickou ochranou sústavy za neexistencie mimoriadnych podmienok spôsobených vonkajšími vplyvmi alebo väčšími udalosťami
- **1.3.10 sprievodná porucha:** elektromagnetický jav šíriaci sa po sieťových vodičoch rozvodnej sústavy; v niektorých prípadoch sa jav šíri cez transformátorové vinutia, odtiaľ medzi sieťami pri rôznych úrovniach napätia. Tieto poruchy môžu znižovať výkon príslušenstva, zariadenia alebo sústavy alebo môžu spôsobiť poškodenie
- **1.3.11 frekvencia napájacieho napätia:** opakovacia frekvencia základnej vlny napájacieho napätia meraná v danom časovom intervale
- **1.3.12 kolísanie napätia:** zvýšenie alebo zníženie napätia spravidla spôsobené zmenou celkového zaťaženia rozvodnej sústavy alebo jej časti
- **1.3.13 rýchla zmena napätia:** jednorazová rýchla zmena efektívnej hodnoty napätia medzi dvoma následnými úrovňami, ktoré sa udržiavajú po určitý nešpecifikovaný čas
- **1.3.14 výkyvy napätia:** séria zmien napätia alebo cyklické kolísanie obalovej krivky napätia
- **1.3.15 blikanie:** dojem nestálosti zrakového vnímania vyvolaný podnetom svetla, ktorého jas alebo spektrálne rozloženie kolíše s časom
- POZNÁMKA - Výkyvy napätia spôsobujú zmenu jasu svietidiel, čo môže vyvolať optický jav nazývaný blikanie. Nad určitou prahovou hodnotou sa blikanie stáva nepríjemným. Nepríjemný pocit sa veľmi rýchlo zvyšuje s amplitúdou kolísania. Pri určitých opakovacích frekvenciách môžu byť nepríjemné dokonca aj veľmi malé amplitúdy.

- **1.3.16 miera vnímania blikania:** intenzita nepríjemného pocitu vyvolaného blikaním; definuje sa pomocou metódy UIE-IEC na meranie blikania a vyhodnocuje sa podľa nasledujúcich veličín:

- pomocou krátkodobej miery vnímania (P_{st}) meranej počas desiatich minút;
- pomocou dlhodobej miery vnímania (P_{lt}) vypočítanej z postupnosti 12 hodnôt P_{st} počas dvoch hodín podľa vzorca pre Plt.

- **1.3.17 krátkodobý pokles napájacieho napätia:** náhle zníženie napájacieho napätia na hodnotu medzi 90 % a 1 % zmluvného napätia U_c, nasledované zotavením napätia po krátkom časovom úseku; zvyčajne trvanie poklesu napätia je medzi 10 ms a 1 minútou; hĺbka poklesu napätia sa definuje ako rozdiel medzi minimálnym efektívnym napätím počas poklesu napätia a zmluvným napätím; zmeny napätia, pri ktorých nenastáva zníženie napájacieho napätia na menej ako 90 % zmluvného napätia U_c sa nepokladajú za poklesy napätia
- **1.3.18 prerušenie napájania:** stav v ktorom je napätie na napájacích koncových bodoch nižšie ako 1 % zmluvného napätia U_c ; môže sa klasifikovať ako:

- vopred dohodnuté, keď sú odberatelia vopred informovaní, aby bolo možné vykonať plánované práce na rozvodnej sústave;
- nepredvídané, spôsobené trvalými alebo prechodnými poruchami spravidla v dôsledku vonkajších udalostí, porúch zariadenia alebo rušivých zásahov.

Nepredvídané prerušenie sa klasifikuje ako:

- dlhodobé prerušenie (dlhšie ako tri minúty) spôsobené trvalou poruchou;
- krátkodobé prerušenie (do troch minút) spôsobené prechodnou poruchou.

- **1.3.19 dočasné prepätie sieťovej frekvencie:** prepätie, ktoré sa vyskytuje na danom mieste a vyznačuje sa pomerne dlhým trvaním.

POZNÁMKA - Dočasné prepätia vznikajú zvyčajne v dôsledku prepínacích operácií alebo porúch (napr. náhle zníženie zaťaženia, poruchy jednej fázy, nelineárnosti).

- **1.3.20 prechodné prepätie:** krátkodobé kmitajúce alebo nekmitajúce prepätie, zvyčajne vo vysokej miere tlmené, ktoré trvá niekoľko milisekúnd alebo menej

POZNÁMKA - Prechodné prepätia spravidla spôsobuje blesk, prepínanie alebo aktivovanie poistiek. Nábehový čas prechodného prepätia môže kolísať od jednej mikrosekundy po niekoľko milisekúnd.

- **1.3.21 harmonické napätie :** sínusové napätie s frekvenciou rovnajúcou sa celočíselnému násobku základnej frekvencie napájacieho napätia; môže sa vyhodnocovať;

- jednotlivo podľa pomernej amplitúdy (u_h), ktorá je vo vzťahu k napätiu U_1 1 harmonickej (základnej), kde h je rádové číslo harmonickej frekvencie;
- súhrnne, napr. podľa koeficientu celkového skreslenia harmonickej frekvencie THD, ktorý sa vypočíta pomocou vzorca pre THD.

POZNÁMKA - Vyššie harmonické napájacieho napätia spôsobujú hlavne nelineárne záťaže odberateľov pripojené k všetkým úrovniam napätia napájacej sústavy. Harmonické prúdy, ktoré pretekajú cez impedanciu sústavy, sú príčinou vzniku harmonických napätí. Harmonické prúdy a impedancie sústavy a tým aj harmonické napätia na napájacích koncových bodoch sa menia v čase.

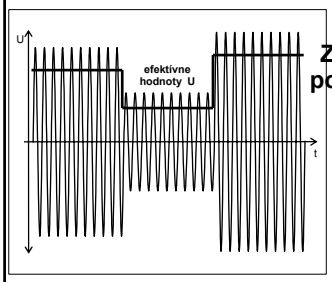
- **1.3.22 medziharmonické napätie :** sínusové napätie s frekvenciou nachádzajúcou sa medzi harmonickými frekvenciami, t.j. s frekvenciou, ktorá nie je celočíselným násobkom základnej frekvencie

POZNÁMKA - Medziharmonické napätia s tesne susediacimi frekvenciami sa môžu objavovať zároveň, pričom tvoria širokopásmové spektrum.

- **1.3.23 nesymetria napätia:** v trojfázovej sústave stav, v ktorom efektívne hodnoty fázových napätí alebo fázových uhlov medzi následnými fázami nie sú rovnaké
- **1.3.24 napätie sieťovej signalizácie:** signál superponovaný na napájacom napätí na prenos informácií vo verejnej rozvodnej sústave a do budov odberateľov; vo verejnej rozvodnej sústave je možné klasifikovať tri typy signálov:

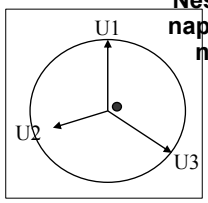
- signály hromadného diaľkového ovládania: superponované signály so sínusovým napätím v rozsahu medzi 110 až 3000 Hz
- signály vysokofrekvenčného prenosu po silnoprúdovom vedení: superponované signály so sínusovým napätím v rozsahu medzi 3 až 148,5 kHz;
- signály označenia siete: superponované krátkodobé zmeny (prechodové javy) vo vybratých bodoch napäťovej vlny.

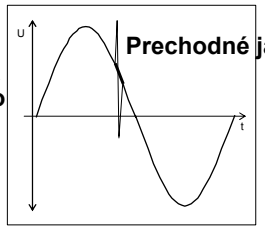
2. Merateľné parametre kvality



Zmeny napätia, poklesy, prepätia a prerušenia

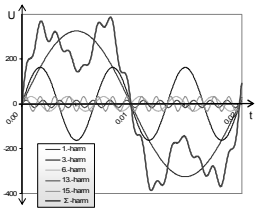
Nesymetria napájacieho napätia



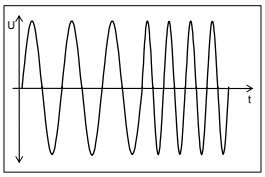


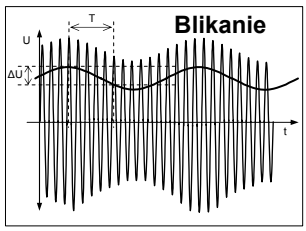
Prechodné javy

Harmonické zložky napätia



Zmeny frekvencie

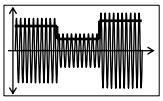
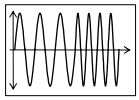
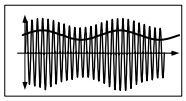
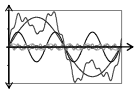
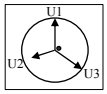




Blikanie

STN EN 50160

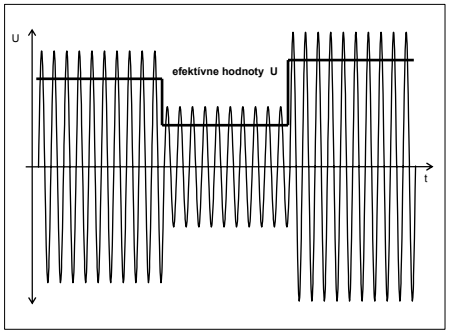
- *definícia charakteristík napájacieho napätia s ohľadom na:*
  - *veľkosť,*
  - *frekvenciu,*
  - *tvar vlny,*
  - *súmernosť trojfázových napätí.*

STN EN 50160 – Kolísanie napájacieho napätia

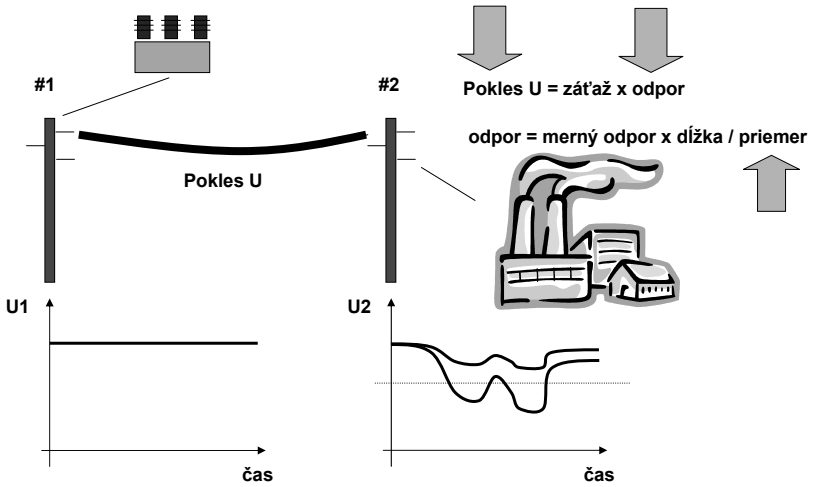
kolísanie napätia: *zvýšenie alebo zníženie napätia spravidla spôsobené zmenou celkového zaťaženia rozvodnej sústavy alebo jej časti*

meranie priemerných 10 minútových efektívnych hodnôt - RMS

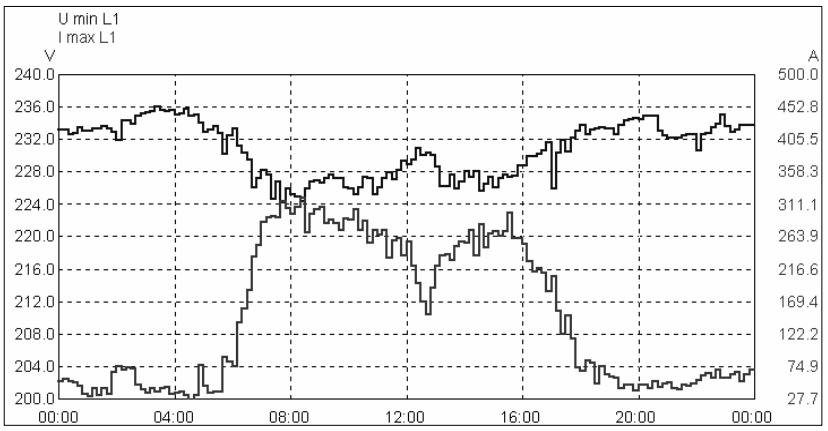


STN EN 50160
– Kolísanie napájacieho napätia

- meranie priemerných 10 minútových efektívnych hodnôt - RMS

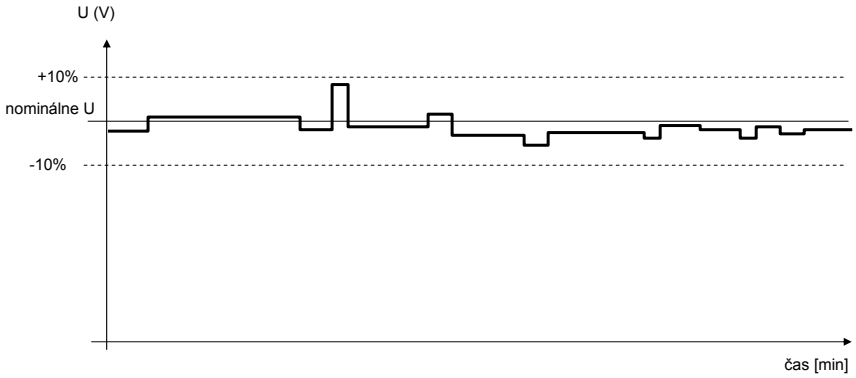


STN EN 50160
– Kolísanie napájacieho napätia



STN EN 50160
– Kolísanie napájacieho napätia

– ***zhoda s normou nastane vtedy ak počas viac ako 95 % týždňa sú 10 minútové efektívne hodnoty U v tolerancii U_c ± 10%***



STN EN 50160
– Pokles napájacieho napätia

pokles napájacieho napätia: *náhle zníženie napájacieho napätia na hodnotu medzi 90 % a 1 % zmluvného napätia Uc, nasledované zotavením napätia po krátkom časovom úseku,*

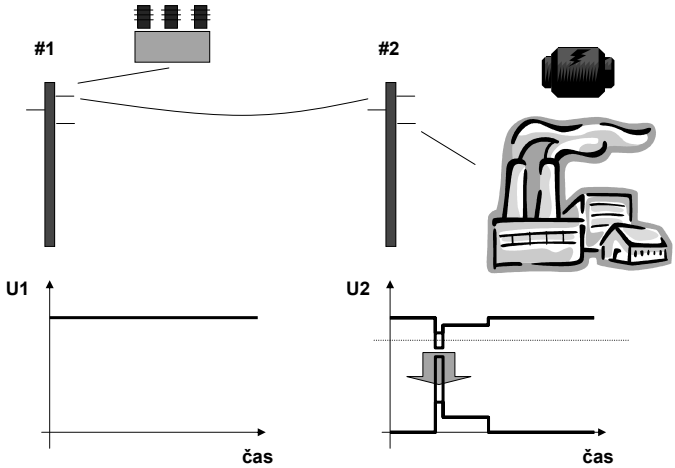
- *zvyčajne trvanie poklesu napätia je medzi 10 ms a 1 minútou,*
- *hĺbka poklesu napätia sa definuje ako rozdiel medzi minimálnym efektívnym napätím počas poklesu napätia a zmluvným napätím,*
- *zmeny napätia, pri ktorých nenastáva zníženie napájacieho napätia na menej ako 90 % zmluvného napätia Uc sa nepokladajú za poklesy napätia.*

meranie a vyhodnocovanie po každej polperióde

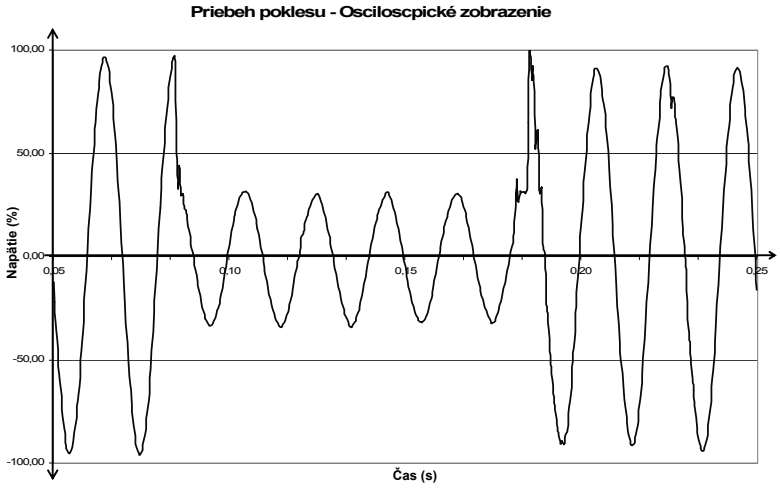
Charakteristické hodnoty:

Za normálneho prevádzkového stavu sa očakávané množstvo poklesov napätia za rok môže pohybovať od niekoľko desiatok po jedentisíc. Väčšina poklesov napätia má trvanie kratšie ako 1 sekundu a hĺbku menšiu ako 60 %. Zriedkavo sa však môžu vyskytnúť poklesy napätia s väčšou hĺbkou a dlhším trvaním. V niektorých oblastiach sa môžu veľmi často vyskytovať poklesy napätia s hĺbkami medzi 10 % až 15 % U_n ako dôsledok prepínania záťaží v inštaláciách odberateľov.

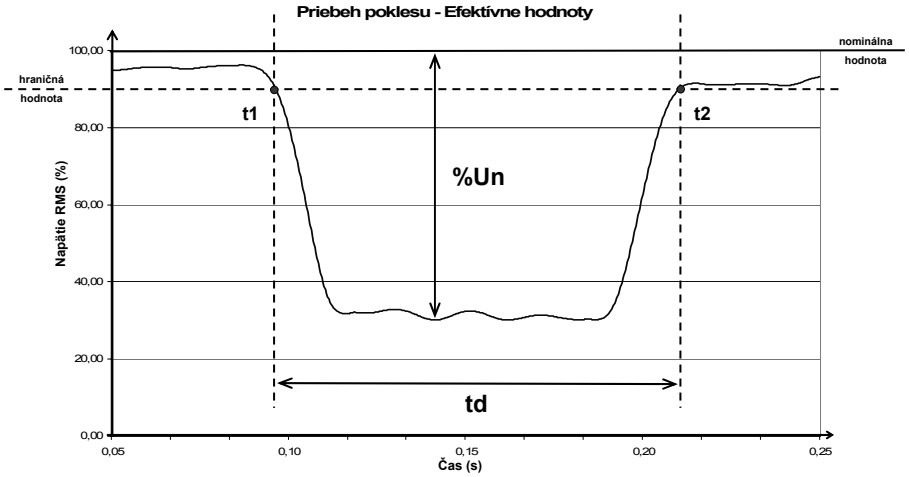
STN EN 50160
– Pokles napájacieho napätia



STN EN 50160
– Pokles napájacieho napätia



STN EN 50160
– Pokles napájacieho napätia



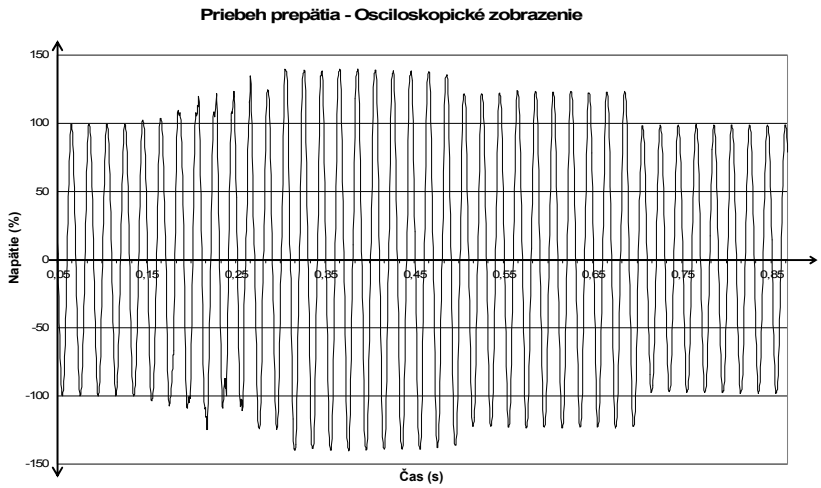
STN EN 50160
– Dočasné prepätie

dočasné prepätie sieťovej frekvencie: *prepätie, ktoré sa vyskytuje na danom mieste a vyznačuje sa pomerne dlhým trvaním*

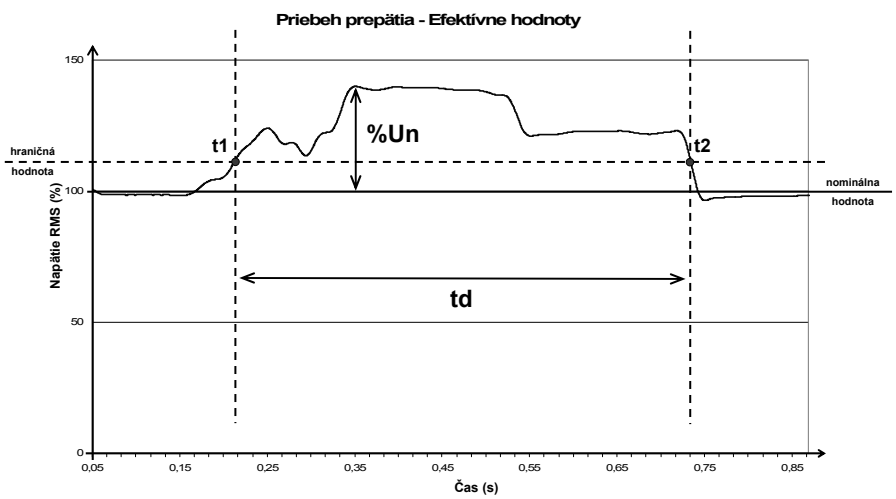
- *vzniká obyčajne počas poruchy vo verejnej rozvodnej sústave alebo v inštalácii odberateľa,*
- *zaniká po odstránení poruchy,*
- *prepätie zvyčajne dosahuje hodnotu napätia, medzi fázami v dôsledku posunutia nulového bodu trojfázovej napäťovej sústavy.*

meranie a vyhodnocovanie po každej polperióde

STN EN 50160
– Dočasné prepätie



STN EN 50160
– Dočasné prepätie

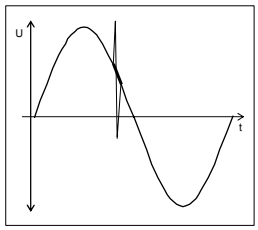


STN EN 50160
– Prechodné prepätie

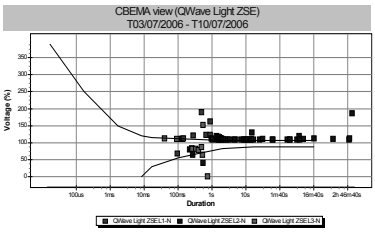
prechodné prepätie: *krátkodobé kmitajúce alebo nekmitajúce prepätie, zvyčajne vo vysokej miere tlmené, ktoré trvá niekoľko milisekúnd alebo menej*

- *hodnoty nebudú zvyčajne prekračovať špičkovú hodnotu 6 kV, avšak príležitostne sa môžu vyskytnúť aj vyššie hodnoty,*
- *nábehový čas sa pohybuje v širokom rozsahu od milisekúnd po menej ako jednu mikrosekundu.*

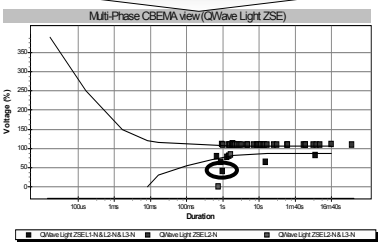
meranie a vyhodnocovanie v každej polperióde

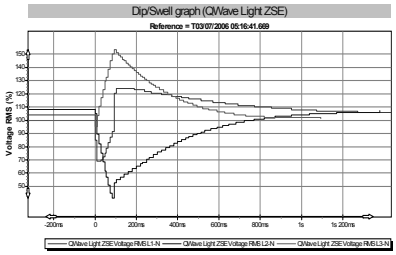


CEBEMA Graf *podľa STN EN 61000-2-4*



Agregácia





1 Klik

STN EN 50160
– Miera vnímania blikania

Miera vnímania blikania: *intenzita nepríjemného pocitu vyvolaného blikaním; definuje sa pomocou metódy UIE-IEC na meranie blikania a vyhodnocuje sa podľa nasledujúcich veličín:*

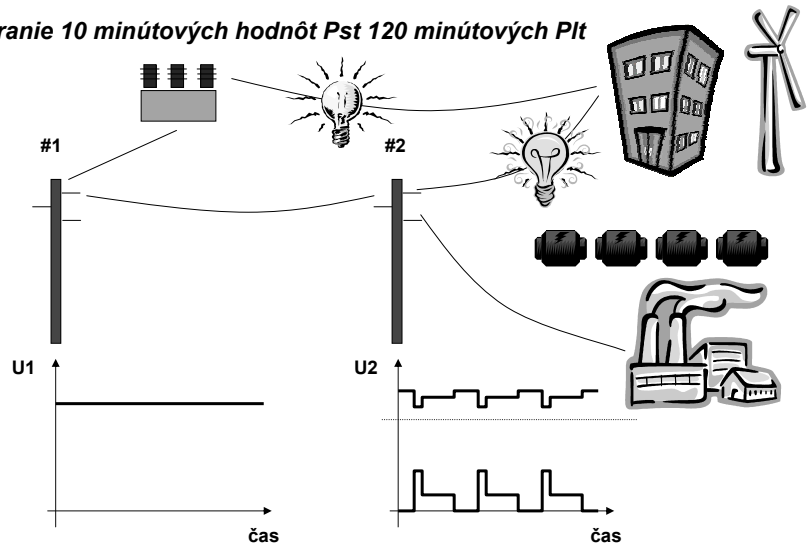
- *pomocou krátkodobej miery vnímania (P_{st}) meranej počas desiatich minút;*
- *pomocou dlhodobej miery vnímania (P_{lt}) vypočítanej z postupnosti 12 hodnôt P_{st} počas dvoch hodín podľa vzorca pre P_{lt}.*

meranie priemerných 10 minútových hodnôt a 120 minútových hodnôt

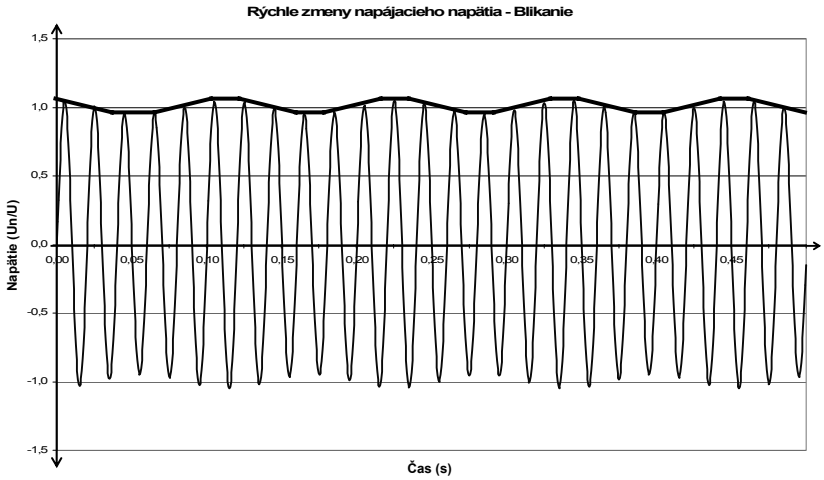
$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{n=1}^{12} \frac{P_{sti}^{\ 3}}{12}}$$

STN EN 50160
– Miera vnímania blikania

- meranie 10 minútových hodnôt Pst 120 minútových Plt



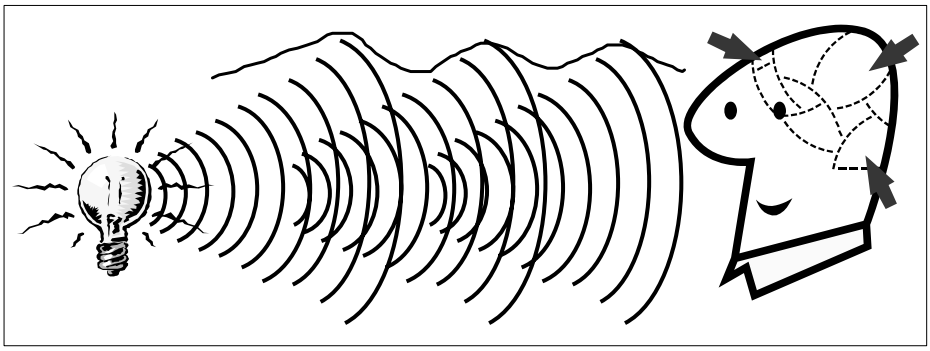
STN EN 50160
– Miera vnímania blikania



STN EN 50160
– Miera vnímania blikania

– zhoda s normou nastane vtedy ak počas viac ako 95 % týždňa sú hodnoty dlhodobej závislosti blikania Plt ≤ 1

Efekt sa prejavuje na ľudské zrakové vnímanie



STN EN 50160 – Prerušenia

prerušenie napájania: *stav v ktorom je napätie na napájacích koncových bodoch nižšie ako 1 % zmluvného napätia U_c. Môže sa klasifikovať ako:*

- *vopred dohodnuté, keď sú odberatelia vopred informovaní, aby bolo možné vykonať plánované práce na rozvodnej sústave,*
- *nepredvídané, spôsobené trvalými alebo prechodnými poruchami spravidla dôsledku vonkajších udalostí, porúch zariadenia alebo rušivých zásahov.*

Nepredvídané prerušenie sa klasifikuje ako:

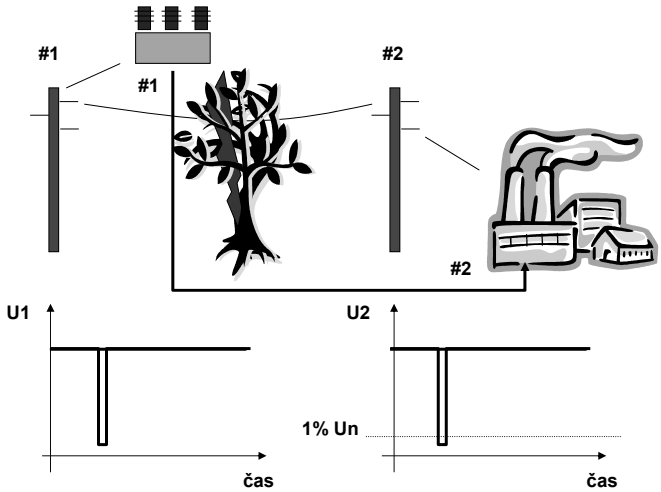
- *dlhodobé prerušenie (dlhšie ako tri minúty) spôsobené trvalou poruchou,*
- *krátkodobé prerušenie (do troch minút) spôsobené prechodnou poruchou.*

Charakteristické hodnoty:

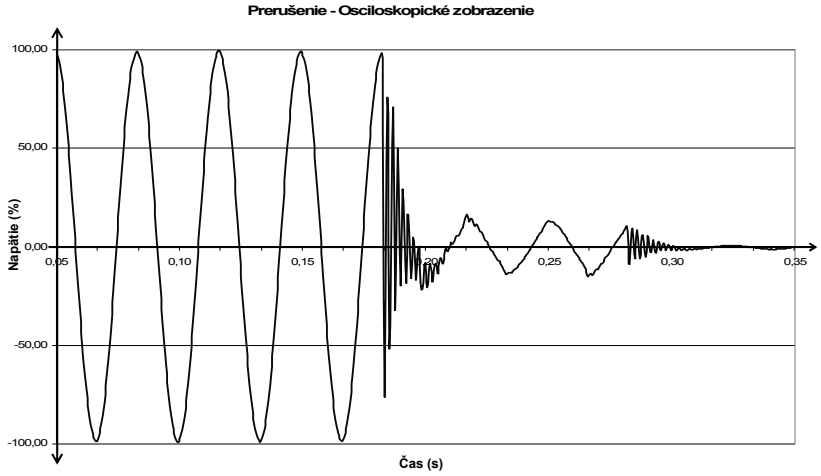
Za normálneho prevádzkového stavu sa ročný výskyt krátkodobých prerušení napájacieho napätia pohybuje od niekoľko desiatok po niekoľko sto. Trvanie približne 70% krátkodobých prerušení je pravdepodobne kratšie ako jednu sekundu.

STN EN 50160 – Prerušenia

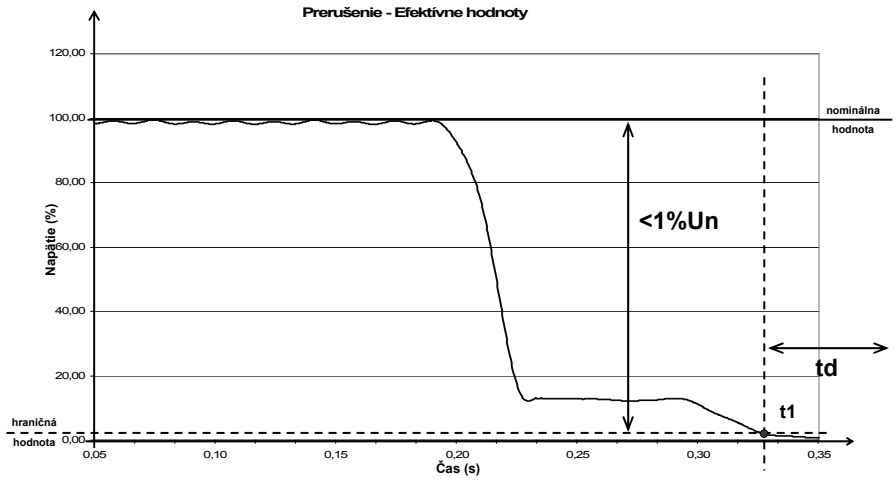
- meranie efektívnej hodnoty polperiódy



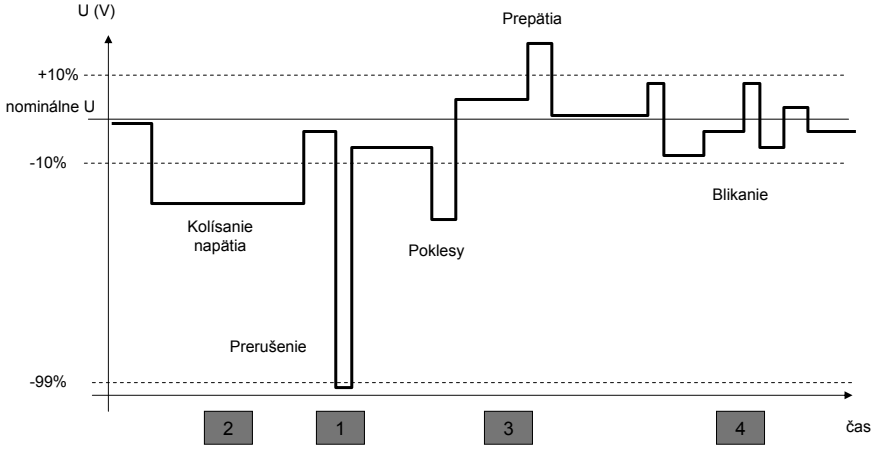
STN EN 50160
– Prerušenia



STN EN 50160
– Prerušenia

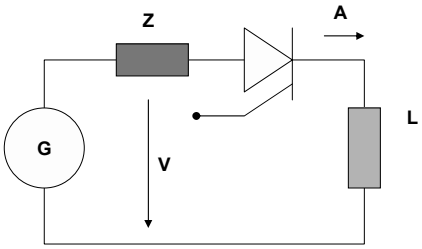


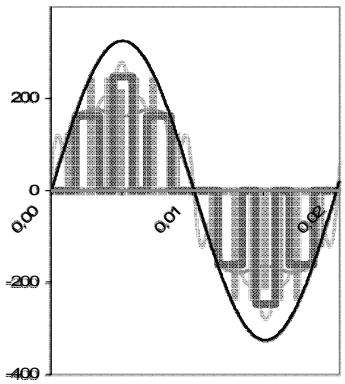
STN EN 50160
– Závažnosť udalostí



STN EN 50160
–Harmonické napätie

- pôvod vzniku harmonických a medziharmonických zložiek napätia





STN EN 50160 –Harmonické napätie

harmonické napätie : *sínusové napätie s frekvenciou rovnajúcou sa celočíselnému násobku základnej frekvencie napájacieho napätia; môže sa vyhodnocovať:*

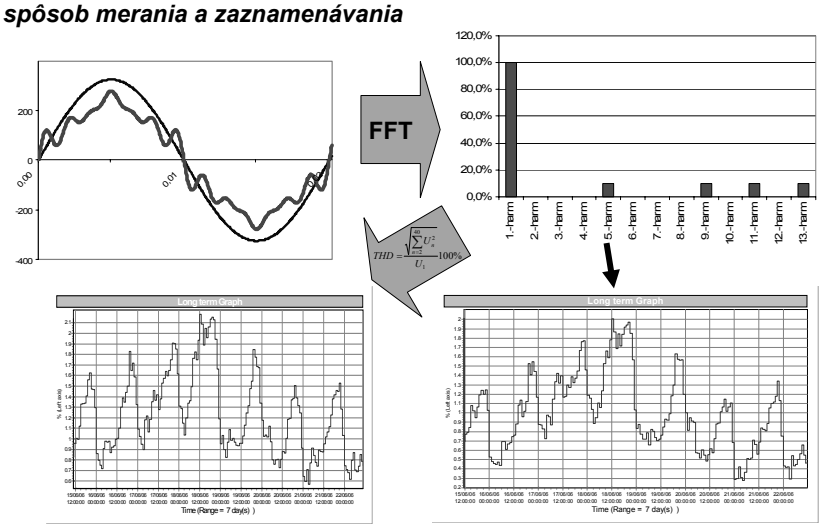
- *jednotlivo podľa pomernej amplitúdy (u_n), ktorá je vo vzťahu k napätiu U_1 1 harmonickej (základnej), kde n je rádové číslo harmonickej frekvencie napätia,*
- *súhrnne, napr. podľa koeficientu celkového skreslenia harmonického napätia THD, ktorý sa vypočíta pomocou vzorca pre THD.*

meranie percentuálnych podielov jednotlivých napätí harmonických získanej z Rýchlej Furierovej transformácie k základnej harmonickej

zaznamenajú sa priemerné 10 minútové hodnoty

STN EN 50160 –Harmonické napätie

- spôsob merania a zaznamenávania



STN EN 50160
–Napätie sieťovej signalizácie

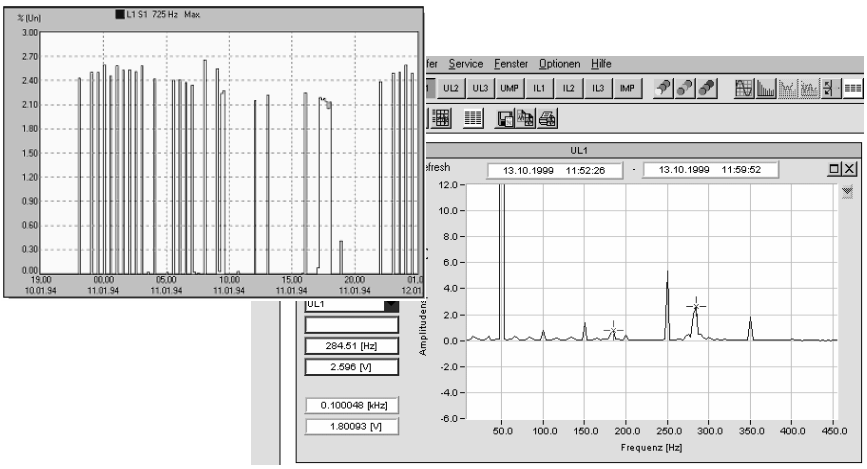
napätie sieťovej signalizácie: *signál superponovaný na napájacom napätí na prenos informácií vo verejnej rozvodnej sústave a do budov odberateľov; vo verejnej rozvodnej sústave je možné klasifikovať tri typy signálov:*

- *signály hromadného diaľkového ovládania: superponované signály so sínusovým napätím v rozsahu medzi 110 až 3000 Hz*
- *signály vysokofrekvenčného prenosu po silnoprúdovom vedení: superponované signály so sínusovým napätím v rozsahu medzi 3 až 148,5 kHz;*
- *signály označenia siete: superponované krátkodobé zmeny (prechodové javy) vo vybratých bodoch napäťovej vlny*

meranie priemerných 3 sekundových efektívnych hodnôt - RMS

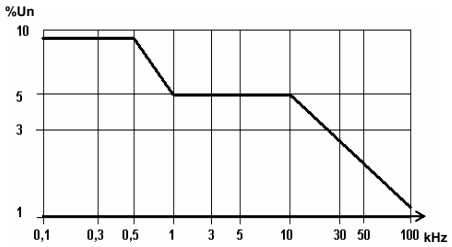
STN EN 50160
–Napätie sieťovej signalizácie

- spôsob merania a zaznamenávania

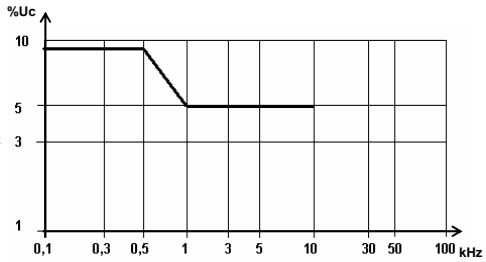


STN EN 50160
–Napätie sieťovej signalizácie

– ***zhoda s normou nastane vtedy ak počas viac ako 99 % dňa sú trojsekundové stredné hodnoty signálových napätí menšia alebo sa má rovnať hodnotám uvedeným na obrázkoch***



napäťové úrovne frekvencií signálov, v percentách *U*n, používané vo verejných rozvodných sústavách nízkeho napätia

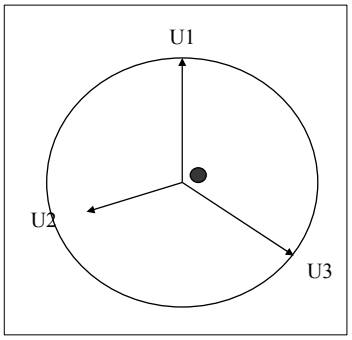


napäťové úrovne frekvencií signálov, v percentách *U*c, používané vo verejných rozvodných sústavách stredného – v SR vysokého napätia

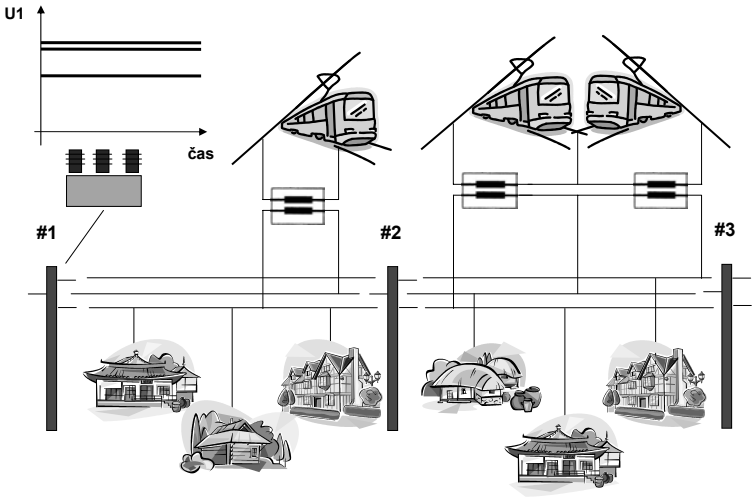
STN EN 50160
–Nesymetria

nesymetria napätia: v trojfázovej sústave stav, v ktorom efektívne hodnoty fázových napätí alebo fázových uhlov medzi následnými fázami nie sú rovnaké

meranie priemerných 10 minútových efektívnych hodnôt - RMS

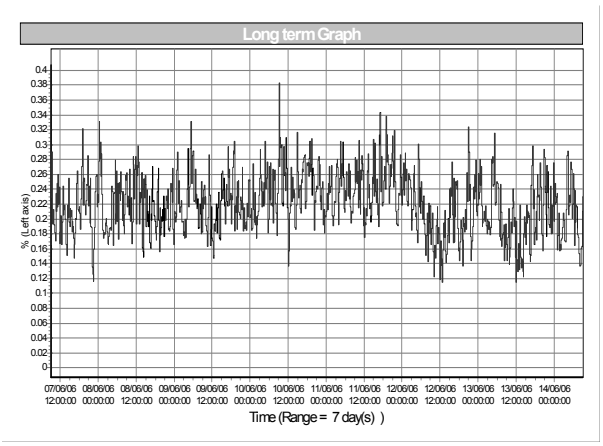


STN EN 50160 –Nesymetria



STN EN 50160 –Nesymetria

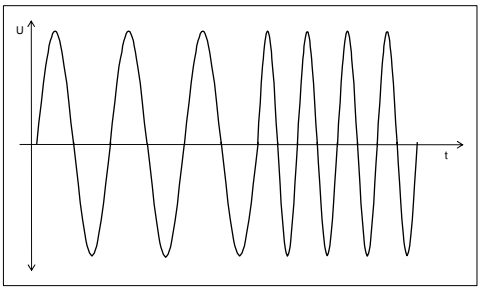
– *zhoda s normou nastane vtedy ak počas viac ako 95 % týždňa sú 10 minútové stredné hodnoty spätnej zložky napájacieho napätia v rozsahu 0 až 2 % súslednej zložky*



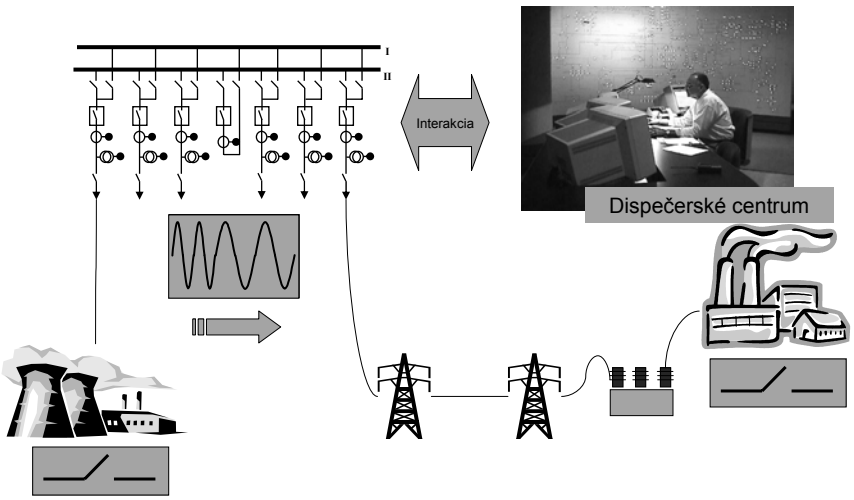
STN EN 50160
–Zmeny frekvencie

frekvencia napájacieho napätia: *opakovacia frekvencia základnej vlny napájacieho napätia meraná v danom časovom intervale*

meranie strednej hodnoty základnej frekvencie počas 10 sekúnd

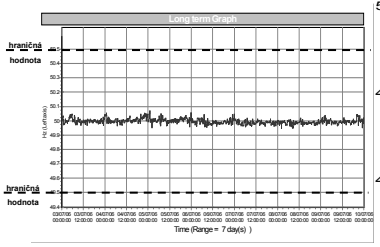


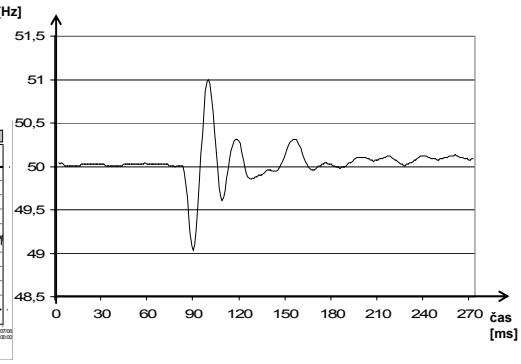
STN EN 50160
–Zmeny frekvencie



STN EN 50160
–Zmeny frekvencie

– *zhoda s normou nastane vtedy ak je:*
  – *sústava so synchrónnym pripojením počas viac ako 95 % týždňa v rozsahu 50Hz ±1% a 100% týždňa v rozsahu 50Hz +4/-6%*
  – *sústava bez synchrónneho pripojenia počas viac ako 95 % týždňa v rozsahu 50Hz ±2% a 100% týždňa v rozsahu 50Hz ±15%*





STN EN 50160
– Vyhodnocovanie

Parametre	OK%	počas času	hraničná hodnota	spriemerovanie
Zmeny frekvencie				
- synchrónne pripojenie	99,5%	1 rok	50Hz ± 1%	10 sekúnd
	100%	1 rok	50Hz +4/-6%	10 sekúnd
Kolísanie napätia	95%	1 týždeň	Uc ± 10%	10 minút
Blikanie	95%	1 týždeň	Plt ≤ 1	120 minút
Nesymetria	95%	1 týždeň	2%	10 minút
Harmonické	95%	1 týždeň	podľa harmonickej	10 minút
- THD (do 40 harmonickej)	95%	1 týždeň	8%	10 minút
Napätia sieťovej signalizácie	99%	1 deň	podľa grafu	3 sekundy

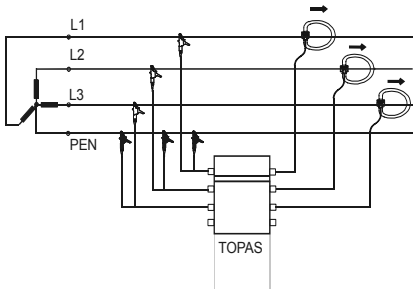
Parametre	hraničná hodnota	prepočítavanie
Podpätia a prepätia sieťovej frekvencie	90% a 110% Uc	polperióda
Krátke presušenia	1% Uc, ≤ 3min	polperióda
Dlhé prerušenia	1% Uc, > 3min	polperióda

3.1 Meracie metódy a zapojenia použité pri meraní parametrov kvality napájacieho napätia

Základné pripojenia meračov kvality do obvodu siete

TNC sieť :

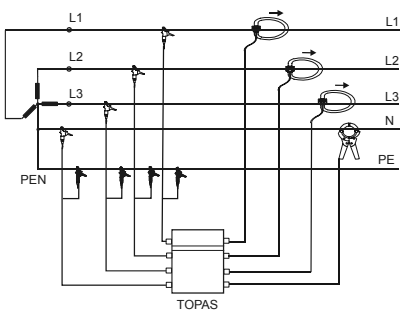
Toto je štandardná meracia konfigurácia pre 3 fázové siete s 3. napäťovými a 3. prúdovými senzormi.



Základné pripojenia meračov kvality do obvodu siete

TNS sieť :

Toto je štandardná meracia konfigurácia pre 3 fázové siete so 4. napäťovými a 4. prúdovými senzormi.



ZTS Elektronika SKS s.r.o.

3.2 Metódy merania meradiel kvality elektrickej energie

Prístroje pre meranie kvality napätia vzorkujú obvykle merací signál nominálnou frekvenciou 10,24 kHz pre sieťovú frekvenciu 50 Hz. Vzorkovacia frekvencia je synchronizovaná s frekvenciou jedného z meracích kanálov. Synchronizačný rozsah je v súlade s normou STN EN 61000-4-30 50 Hz ± 15%, t.j. 42,5 ÷ 57,5 Hz. Namerané hodnoty sú podľa normy IEC 6100-4-30 založené na meraní 10. periód sieťovej frekvencie t.j. 200 ms intervaly merania. Pri meraní RMS efektívnych hodnôt napätia a prúdu sú tieto synchronizované voči prekročeniu nuly základnou harmonickou sieťového napätia. Rýchlou Fourierovou transformáciou FFT so špeciálnymi algoritmami sú analyzované priebehy napätia a prúdu a následne realizované potrebné výpočty

jednotlivých parametrov siete.

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Vzorce pre výpočet parametrov siete:

Činný výkon P:

$$P = \sum_{i=0}^{N-1} U_{i,rms} * I_{i,rms} * \cos(\varphi_i)$$

U	vzorka napätia
I	vzorka prúdu
i	počet vzoriek
N	číslo vzorky
φ_i	fázový uhol medzi U, I

Jalový výkon Q:

$$Q = \sum_{i=0}^{N-1} U_{i,rms} * I_{i,rms} * \sin(\varphi_i)$$

Zdanlivý výkon S:

$$S = \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} U_{i,rms}^2 * \sum_{i=0}^{N-1} I_{i,rms}^2}$$

Celkové hodnoty:

$$P_{tot} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$S_{tot} = S_1 + S_2 + S_3$$

Účinník:

$$\lambda = \frac{|P|}{S} \qquad \lambda_{tot} = \frac{|P_{tot}|}{S_{tot}}$$

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Napäťové javy podľa STN EN 50160 sú detekované na základe meraných polperiód 10 ms sieťovej frekvencie. Pri týchto sú detekované a zaznamenané podpätia a prerušenia každej periódy.

Blikanie je merané podľa metód v súlade s normou STN EN 61000-4-15/A1. Blikanie je vyhodnocované z RMS hodnôt počas 10 minút merania pričom hodnotí po sebe idúce rýchle zmeny rms napätia a robí prepočet ΔV/V. Pri parametri je definované ako P_{st} a P_{lt}, kde P_{st} je merané počas 10 minút a P_{lt} počas 120 minút.

Vyššie harmonické a medziharmonické sú merané pomocou FFT transformácie do 40-tej harmonickej. Výpočet FFT je realizovaný podľa normy EN 61000-4-7.

Výpočet celkového harmonického skreslenia napätia THD je realizovaný podľa:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_n^2}}{U_1}$$

n ... poradie harmonickej
U_1 ... rms hodnota základnej harmonického napätia
U_n ... rms hodnota harmonického napätia s poradím n

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} I_n^2}}{I_1}$$

n ... poradie harmonickej
I_1 ... rms hodnota základnej harmonického prúdu
I_n ... rms hodnota harmonického prúdu s poradím n

Signál HDO je vypočítavaný z FFT transformácie a porovnaný so zadanou hodnotou aká sa používa v príslušnej krajine.

4. Kalibrácia meradiel kvality elektrického napätia

Ako ste mali možnosť vidieť v predchádzajúcich kapitolách, merateľnosť parametrov napätia elektrickej siete je pomerne zložitá činnosť ako aj metódy, ktoré sú integrované v meracích zariadeniach pre realizovanie meraní.

V podstate pri kalibrácii meradla kvality napätia siete musíme zabezpečiť kalibráciu:

- RMS hodnoty napätia,
- RMS hodnoty prúdu,
- frekvencie,
- výkonu,
- napätia vyšších harmonických,
- harmonické skreslenia napätia a prúdu,
- blikania siete,
- podpätia sieťového napätia,
- prepätia sieťového napätia

4. Kalibrácia meradiel kvality elektrického napätia

Pre kalibráciu napätia, prúdu, frekvencie a výkonu môžeme použiť známe štandardné klasické metódy priameho merania pomocou kalibračných zdrojov resp. metódu priameho porovnania s etalónovým zariadením. Ale čo urobiť s kalibráciou ostatných parametrov pre meranie kvality napätia elektrickej siete – harmonické, blikanie, podpätia a prepätia. Na túto otázku existuje jedna z možných odpovedí realizovať simulácie s presne definovanými priebehmi napätia, ktoré zodpovedajú definovaným výpočtom daného parametra.

4.1 Simulácia harmonického skreslenia

V norme IEC 61000-3-2 pre emisiu harmonických prúdu, sú definované priebehy IEC A, IEC D ktorých obsah harmonických je založený na vzorcoch a vzťahoch, ktoré odvodilo Národné fyzikálne laboratórium (NPL) v Anglicku. V literatúre autorov z Národného výskumu v Kanade (NRC) (Inštitút pre národné meranie etalónov Ottava Kanada) zase teoreticky definovali priebehy NRC7030, NRC2, NRC3 a NRC4 a NRC5 pre výpočet charakteristík harmonických výkonových analyzátorov.

Práve tieto metódy sú základom pre testovanie a kalibrovanie meradiel kvality pre parameter vyššie harmonické.

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

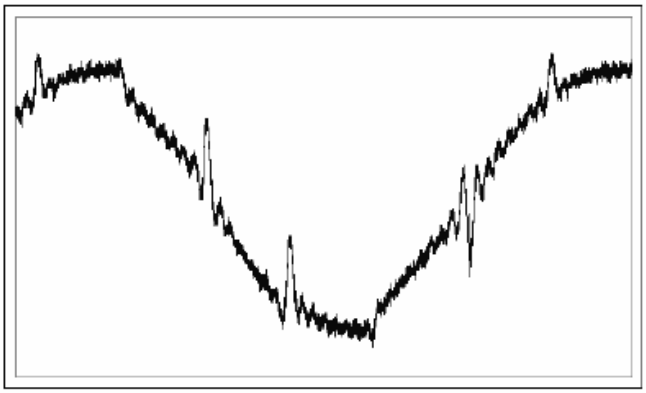
4.1 Simulácia harmonického skreslenia

V princípe ide o dve metódy:

1. Simulácia všetkých harmonických 1÷40 s definovaným rôznym % vztiahnutým k U_1, typický priebeh IEC A, IEC D, NRC2

2. Simulácia všetkých harmonických pri Un = 10 % U1, typický priebeh NRC 7030.

Simulácia všetkých harmonických 1÷40 s definovaným rôznym % vztiahnutým k U1, NRC2



Obrázok - Predinštalovaný NRC2 zložený priebeh harmonických

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Tabuľka - Menovitá amplitúda a fázové hodnoty pre predinštalovaný NRC2 zložený priebeh harmonických

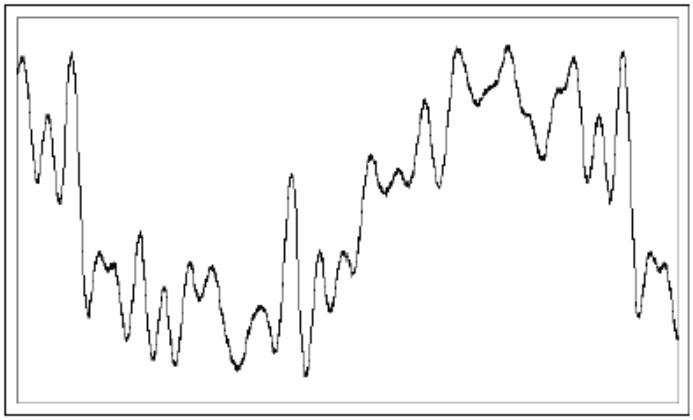
WAVE – priebeh
Harmonic – harmonické
% of Fundamental - % zo základnej
Phase – fáza

Wave	Harmonic	% of Fundamental	Phase
NRC2	1st	100.0 %	0°
	2nd	1.22 %	-139.1°
	3rd	2.12 %	-150.3°
	4th	2.53 %	-159.0°
	5th	6.04 %	-75.5°
	6th	2.46 %	115.8°
	7th	1.53 %	-47.5°
	8th	0.54 %	-39.2°
	9th	1.77 %	-125.0°
	10th	2.22 %	-143.6°
	11th	2.68 %	-59.6°
	12th	2.72 %	139.9°
	13th	1.28 %	-76.3°
	14th	0.36 %	3.7°
	15th	2.03 %	-112.1°
	16th	2.05 %	-128.3°
	17th	1.53 %	-36.8°
	18th	3.02 %	167.4°
	19th	1.69 %	-62.1°
	20th	0.33 %	137.6°
	21st	2.35 %	-101.2°
	22nd	1.89 %	-120.9°

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Wave	Harmonic	% of Fundamental	Phase
NRC2	23rd	0.68 %	-18.5°
	24th	3.31 %	-169.3°
	25th	1.66 %	-43.2°
	26th	1.01 %	172.7°
	27th	2.49 %	-89.3°
	28th	1.66 %	-120.3°
	29th	0.16 %	-157.6°
	30th	3.47 %	-150.0°
	31st	1.33 %	-22.7°
	32nd	1.62 %	-168.9°
	33rd	2.42 %	-74.3°
	34th	1.46 %	-124.8°
	35th	0.78 %	-158.8°
	36th	3.44 %	-128.8°
	37th	0.90 %	20.1°
	38th	2.12 %	-145.2°
	39th	2.31 %	-53.0°
	40th	1.70 %	-125.5°
	41st	1.40 %	-134.9°
	42nd	3.54 %	-113.5°
	43rd	0.92 %	73.6°
	44th	2.78 %	-130.3°
	45th	2.12 %	-36.4°
	46th	2.25 %	-128.8°
	47th	1.80 %	-124.7°
	48th	3.25 %	-102.8°
	49th	1.13 %	122.2°

Simulácia všetkých harmonických pri Un = 10 % U1, typický priebeh NRC 7030.



Obrázok - Predinštalovaný NRC7030 zložený priebeh harmonických

Tabuľka - Menovitá amplitúda a fázové hodnoty pre predinštalovaný NRC7030 zložený priebeh harmonických

WAVE – priebeh,
Harmonic – harmonické
% of Fundamental - % zo základnej
Phase – fáza

Wave	Harmonic	% of Fundamental	Phase
NRC7030	1st	100.0 %	0°
	2nd	10.0 %	-115.5°
	3rd	10.0 %	1.1°
	4th	10.0 %	-179.6°
	5th	10.0 %	13.3°
	6th	10.0 %	9.3°
	7th	10.0 %	73.5°
	8th	10.0 %	152.1°
	9th	10.0 %	-19.9°
	10th	10.0 %	-167.8°
	11th	10.0 %	85.9°
	12th	10.0 %	-37.3°
	13th	10.0 %	16.1°
	14th	10.0 %	-28.1°
	15th	10.0 %	94.0°
	16th	10.0 %	-173.4°
	17th	10.0 %	129.5°
	18th	10.0 %	-113.9°
	19th	10.0 %	37.6°
	20th	10.0 %	-52.3°
	21st	10.0 %	1.5°
	22nd	10.0 %	14.3°
	23rd	10.0 %	150.2°
	24th	10.0 %	7.1°
	25th	10.0 %	161.3°

4.2 Simulácia blikania

Norma IEC 61000-4-15 (Meranie blikania a požadované špecifikácie) definuje meranie blikania ako krátkodobé („st“) – pozorovanie periódy 10 minút. Simulácia blikania je poskytovaná pomocou obdĺžnikovej alebo sínusovej modulácie výstupného signálu. Na etalónovom zariadení je možné zvoliť frekvenciu opakovania a zmenu amplitúdy. Tiež je možné kalibrovať prístroj s predinštalovanými kombináciami zmien amplitúdy a frekvencie, výstupom ktorých je P_{st} rovnajúce sa jednej.

Tabuľka – Parametre pre simulačný režim blikania - flikra

Rozsah napätia	1 mV až 1020 V
Rozsah prúdu	29 μA až 20.5 A
Frekvencia základnej	50 a 60 Hz
Rozsah modulácie amplitúdy	± 100 %
Modulácia frekvencie	0.1 Hz až 40 Hz
Typ modulácie	Obdĺžnik alebo sínus
Krátkodobá (10 min) neistota modulácie amplitúdy	± 0.1 % z menovitého výstupu + 0.05 % z rozsahu
Neistota času modulácie blikania	± 0.1 ms
Nastavenia pre P_{ST} = 1	Zmeny napätia ΔV/V %
Zmeny za minútu:	230 V, 50 Hz
1 z/min	2.724 %
2 z/min	2.211 %
7 z/min	1.459 %
39 z/min	0.906 %
110 z/min	0.725 %
1620 z/min	0.402 %

4.3 Simulácia prepätia a podpätia

V tomto režime užívateľ môže naprogramovať na výstupe etalónového prístroja, odchýlku - zmenu amplitúdy počas špecifikovaného časového intervalu. Užívateľ môže zvoliť tri parametre: čas nábehu, klesania – rampy, šírku udalosti a odchýlku amplitúdy v %. Čas rampy je perióda času, za ktorý sa zmení výstupná hodnota zo svojej menovitej hodnoty na zvolenú modifikovanú hodnotu. Šírka udalosti je možné zvoliť od 0.032 sekundy až do 60.0 sekúnd. Odchýlka amplitúdy je zvolená ako percento z menovitej hodnoty. Hodnota je kladná pre prepäťové udalosti a záporná pre podpätia.

Vytvárať a editovať priebehy je možné v režime napätia aj prúdu.

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Tabuľka – Parametre pre simulačný režim podpätia & prepätia

Rozsah napätia	1 mV až 1020 V
Rozsah prúdu	29 μA až 20.5 A
Frekvencia základnej	50 a 60 Hz
Rozsah modulácie amplitúdy	± 100 %
Čas rampy – nábehu	0.01 až 1 sekunda
Trvania podpätia alebo prepätia	0.032 až 60 sekúnd

ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Použitá literatúra:

Norma EN 50160
Norma IEC 61000-4-30
Norma IEC 1000-4-15
Firemná literatúra LEM NORMA
Firemná literatúra FLUKE

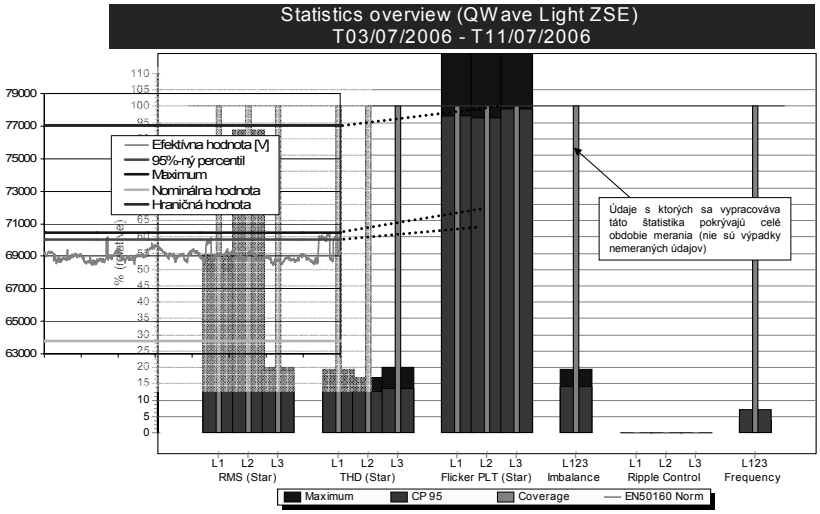
ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Monitorovanie kvality napätia

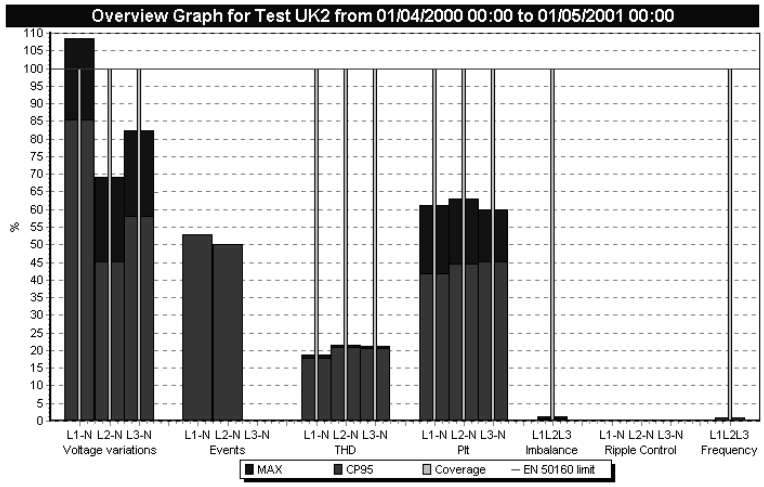
Prehľad výrobkov

QWave Power	QWave Nomad	QWave Light
3U/3I Pevný	3U/3I Prenosný	3U Pevný

STN EN 50160 – Štatistický náhľad

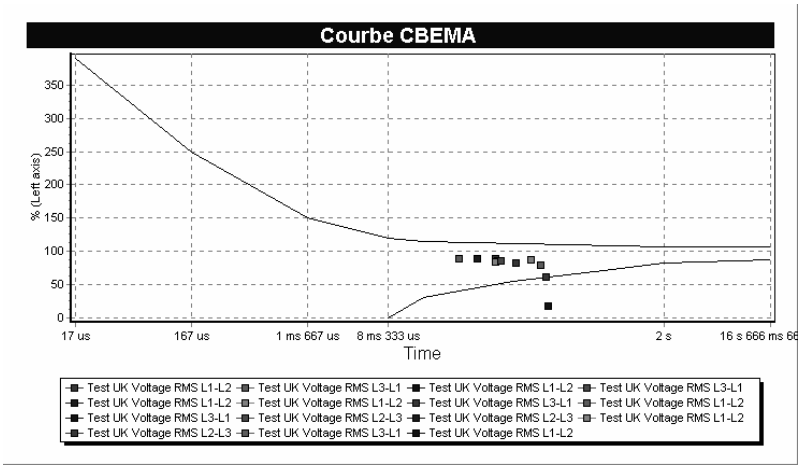


Rýchly prehľad parametrov STN EN 50160



ZTS Elektronika SKS s.r.o.

CBEMA Krivka **(poklesy/prepätia)**
CBEMA graf je ukazovateľom udalostí (poklesy/prepätia) podľa ich hĺbky a dĺžky trvania. CBEMA vymedzuje limity pre moderné elektronické vybavenie



ZTS Elektronika SKS s.r.o.

Ďakujem za pozornosť

Trenčianska 19,
Nová Dubnica 018 51
Slovenská republika
Tel.: +421 42 4430029
Fax.:+421 42 4431860