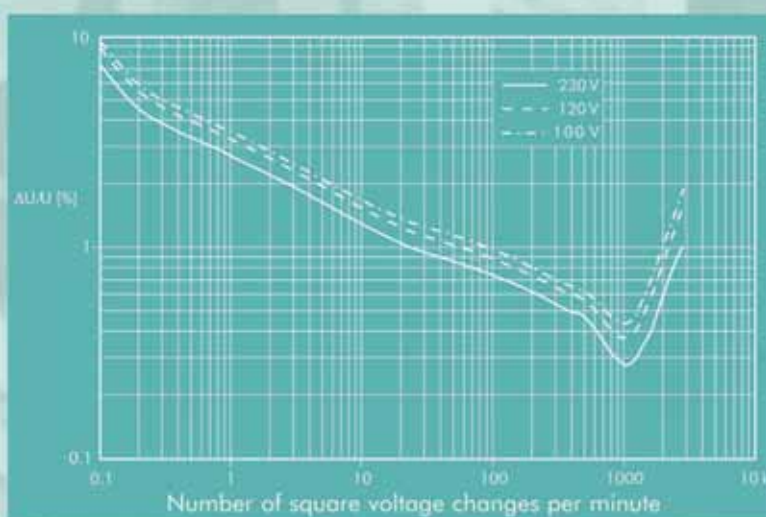
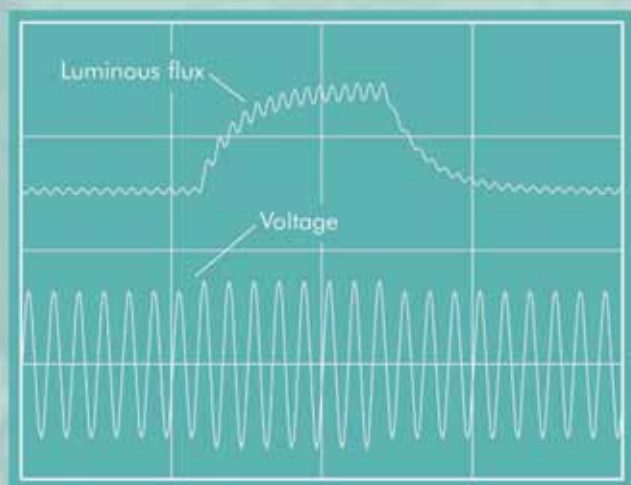


Kvalita elektrické energie - průvodce



Poruchy napětí *Měření flikru*

5.2.3



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE



Poklesy napětí

Poruchy napětí

Autor: Zbigniew Hanzelka & Andrzej Bień, AGH University of Science and Technology
October, 2005

Překlad: Josef Gavlas, Petr Krejčí, Pavel Santarius, FEI Technická univerzita Ostrava
Leden 2006



Tento Průvodce byl vytvořen v rámci programu Leonardo Power Quality Initiative (LPQI), což je evropský vzdělávací program podporovaný Evropskou komisí (v rámci programu Leonardo da Vinci) a Mezinárodní asociací mědi (International Copper Association). Více informací naleznete na www.lpqi.org.

Hungarian Copper Promotion Centre (HCPC)

HCPC je nezisková organizace financovaná producenty mědi a výrobci zpracovávajícími měď. Jejím cílem je podporovat používání mědi a měděných slitin a napomáhat jejich správné a účinné aplikaci. Služby HCPC, mezi něž patří i poskytování informací a technického poradenství, jsou dostupné zájemcům o využití mědi ve všech oborech. Sdružení rovněž slouží jako prostředník mezi výzkumnými organizacemi a průmyslovými uživateli a udržuje těsné styky s obdobnými středisky mědi ve světě.

Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB Technická univerzita Ostrava (FEI - TUO)

Fakulta elektrotechniky a informatiky zahájila svou činnost na VŠB Technické univerzitě v Ostravě od 1. ledna 1991. Fakulta zajišťuje všechny formy vysokoškolského studia (tj. bakalářské, magisterské a doktorské) ve studijním programu Elektrotechnika a informatika s ucelenou strukturou elektrotechnických oborů a inženýrské informatiky. Nedílnou součástí činnosti pedagogů na fakultě je i vědecko-výzkumná činnost, kde jedním z nosných programů je kvalita elektrické energie s hlavním zaměřením na problematiku monitorování parametrů kvality a na problematiku harmonických v elektrických sítích..

European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute je organizací založenou podporujícími členy ICA (International Copper Association) a IWCC (International Wrought Copper Council). ECI zastupuje největší světové producenty mědi a přední evropské výrobce při propagaci mědi v Evropě. ECI, který byl založen v roce 1996, se opírá o síť deseti národních organizací mědi (Copper Development Associations - 'CDAs') v Beneluxu, Francii, Německu, Řecku, Maďarsku, Itálii, Polsku, Skandinávii, Španělsku a Spojeném království. Navazuje na činnost sdružení Copper Products Development Association založeného v roce 1959 a INCRA (International Copper Research Association) založeného v roce 1961.

Upozornění

Obsah tohoto materiálu nemusí nutně vyjadřovat názor Evropského společenství a není pro něj ani závazný. European Copper Institute a Hungarian Copper Promotion Centre odmítají odpovědnost za jakékoliv přímé, nepřímé či vedlejší škody, které mohou být způsobeny nesprávným využitím informací v této publikaci.

Copyright© European Copper Institute a Copper Development Association.

Česká verze byla připravena ve spolupráci HCPC a Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB – Technické Univerzity Ostrava. Reprodukce je možná za předpokladu, že materiál bude otištěn v nezkrácené podobě a s uvedením zdroje.



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Hungarian Copper
Promotion Centre
Képiró u. 9
H - 1053 Budapest
Maďarsko
Tel.: 00 361 266 4810
Tel.: 00 361 266 4804
E-mail: hpcp@euroweb.hu
Website: www.hcpcinfo.org



VŠB-TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky
a informatiky
Katedra el. měření
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba
Tel.: +420 597324279
Tel.: +420 596919597
E-mail: pavel.santarius@vsb.cz
Website: homen.vsb.cz/san50/



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B - 1150 Brussels
Belgium
Tel.: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org

Poruchy napětí

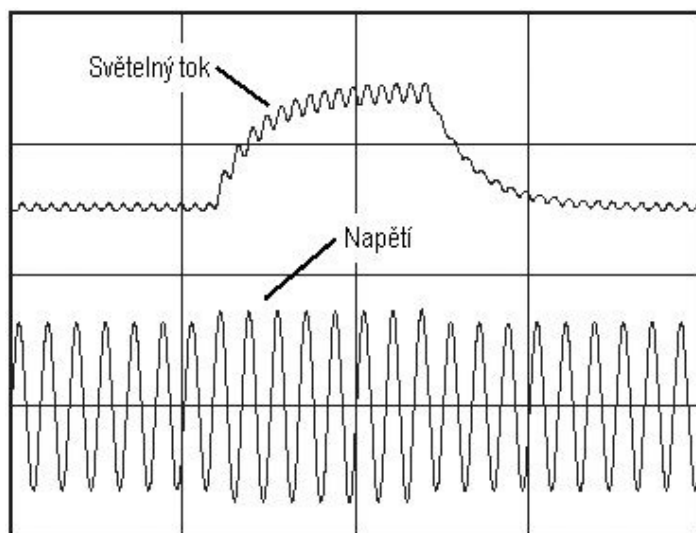
Úvod

Napětí napájecí sítě se mění s časem následkem poruch, ke kterým dochází při výrobě, přenosu a rozvodu elektrické energie. Vzájemné působení elektrických zátěží a sítě způsobuje další zhoršení kvality elektrické energie.

Výkonové zátěže, které odebírají kolísavý proud, jako jsou velké motorové pohony a obloukové pece, způsobují nízkofrekvenční periodické kolísání napětí, jenž vede k:

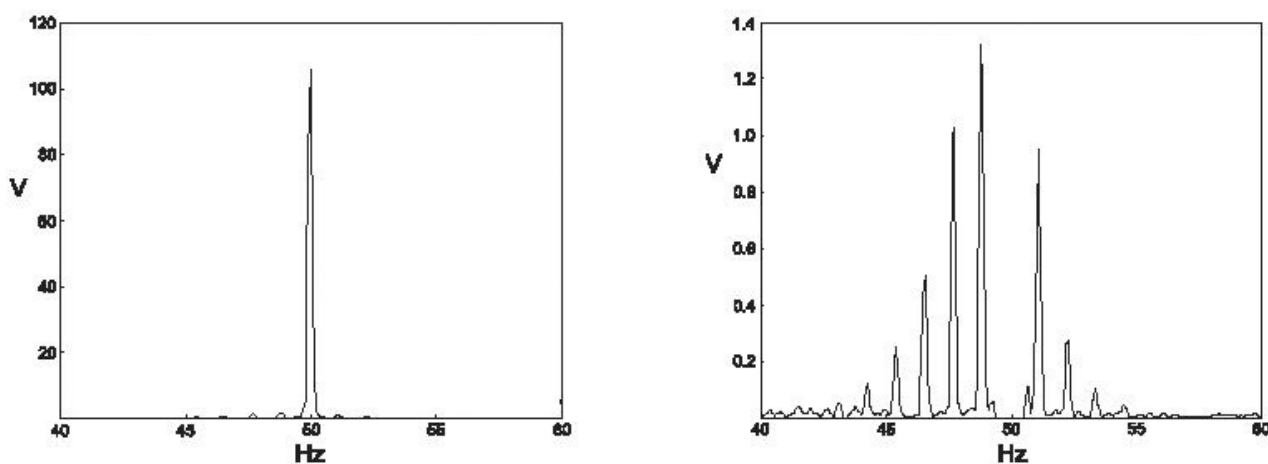
- blikání světelných zdrojů, což může vyvolat závažný psychologický neklid, psychickou a psychologickou únavu a dokonce i patologické vlivy na lidské bytosti,
- problémům se stabilitou elektrických zařízení a elektronických obvodů.

Obrázek 1 ilustruje případ, kdy malá změna napětí má zřetelný vliv na světelný tok žárovky.



Obrázek 1 – Změna světelného toku způsobená dočasnou změnou napětí [1]

Opakující se malé změny amplitudy síťového napětí způsobují blikání světelných zdrojů. Tento jev je populárně označován jako „flickr“ a je významným parametrem kvality elektrické energie. Příklad spektra síťového napětí, kde je patrný flickr, je ukázán na obrázku 2. Zobrazené spektrum je typickým pro napětí sítě, která napájí velký nestacionární elektrický pohon. Žárovka, napájená ze stejného uzlu, bude blikat s frekvencí okolo 1 Hz.



Obrázek 2 – Spektrum napětí napájecí sítě; v grafu vpravo je potlačena složka 50 Hz

Flickr je vyjadřován dvěma parametry: krátkodobá míra vjemu flickru P_{st} a dlouhodobá míra vjemu flickru P_{lt} . Měření těchto parametrů je probráno v další části tohoto dokumentu.

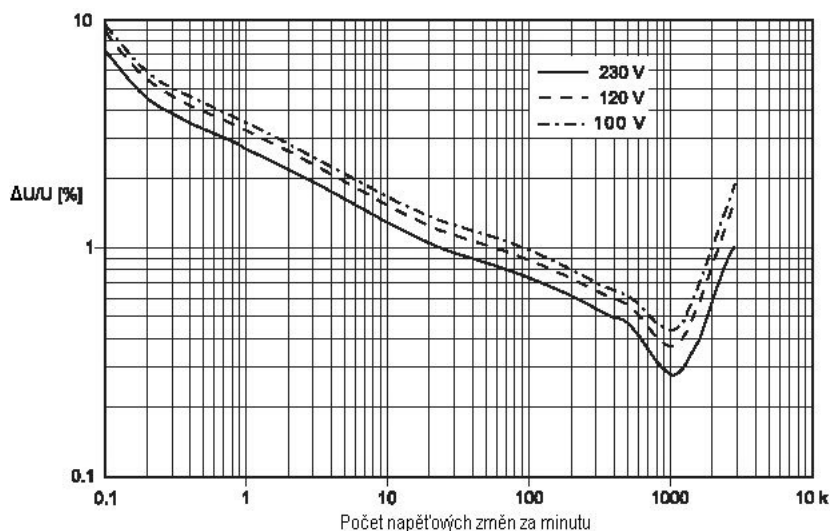
Posouzení kolísání napětí

Jev blikání světelných zdrojů byl znám od zavedení energetických sítí. Rychle rostl s nárůstem počtu zátěží a s nárůstem spotřeby elektrické energie. Byl proveden významný výzkum měření a zmírňování flikru. Pro kvantifikaci rozsahu jevu světelného blikání byl proveden výzkum za účelem vytvoření měřicího zařízení, postupů a metod pro zmírnění znečištění. Tato část pojednává o principech měření a všeobecných principech konstrukce měřicích zařízení.

Zpočátku byly konstrukce zařízení založeny na jednoduchém sledování světelného toku. Dalším krokem bylo vytvoření modelu lidské reakce – v podobě nepohodlí a nepříjemnosti – při kolísání světelného toku. Model byl vytvořen pro wolframovou žárovku 60 W, 230 V, protože to byl tehdy nejpoužívanější světelný zdroj v Evropě.

Obrázek 3 ukazuje práh vnímání flikru vykreslený pro procentuální napětovou změnu (osa y) a počet změn (osa x). Tam, kde velikost a frekvence změn leží nad křivkou, dochází pravděpodobně k rušení lidského pozorovatele, zatímco pod křivkou je účinek pravděpodobně nevnímátný. Čárkované křivky jsou pro wolframové žárovky s jiným jmenovitým napětím.

Dříve zařízení pro měření flikru obsahovaly typickou žárovku 60 W, 230 V, snímač světelného toku a analogový model pro simulaci lidské reakce. Následný výzkum z 80. let minulého století sdružoval aktivity v oblasti vyhodnocování flikru a nyní je soustředěn do aktivit UIE. Výsledný normalizovaný modelový přístroj je plně elektronický, měří kolísání napětí a simuluje obojí, odezvu světelného zdroje a lidskou reakci. Jsou odvozeny dva výsledky, jeden pro krátkodobou míru vjemu flikru P_{sb} , měřený v desetiminutových intervalech, a druhý pro dlouhodobou míru vjemu flikru P_{lt} , který je klouzavým průměrem hodnot P_{st} ve dvouhodinovém časovém okně.



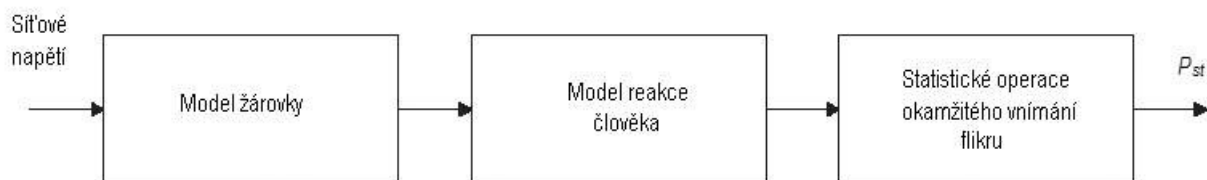
Obrázek 3 – Charakteristika vnímání flikru pro napětové změny aplikované na 60 W žárovku

Měření krátkodobé míry vjemu flikru

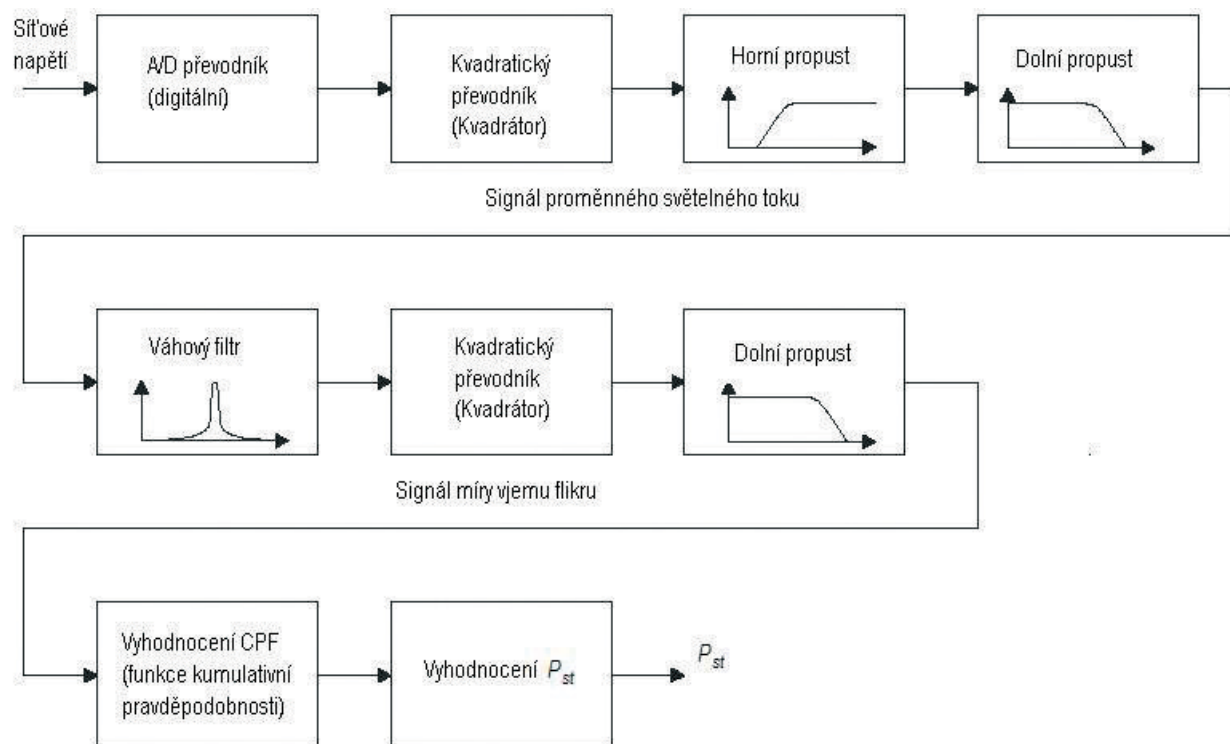
Blokový diagram zařízení předložený ve zprávě UIE je ukázáno na obrázku 4. Kolísání měřeného napětí je zpracováno použitím modelu světelného toku versus napětová charakteristika wolframové žárovky a model lidské reakce v závislosti na kolísání světelného toku. Jedná se o okamžité měření flikru. Různí lidé reagují odlišně na změny světelného toku a proto je hodnota P_{st} odvozena od statistického modelu založeného na experimentech s velkou skupinou jednotlivců.

Podrobný blokový diagram zařízení je ukázán na obrázku 5. Zobrazuje schéma zpracování napětového signálu podle UIE a definovaný v normalizačním dokumentu [2]. Zařízení vyráběná v souladu s těmito dokumenty mají za povinnost kopírovat charakteristiky prezentované na obrázku 3 s nejistotou menší než 5%.

Měření flikru



Obrázek 4 – Postup určení míry vjemu flikru P_{st}



Obrázek 5 – Struktura zařízení UIE měření míry vjemu flikru

A/D převodník je použit pouze v digitálním provedení zařízení. Kvadratický převodník a následující filtry vytváří model wolframové žárovky 60 W, 230 V. Dolní propust 0,05 Hz slouží pouze k odstranění konstantní složky, dále je měřeno pouze kolísání světelného toku, a horní propust 35 Hz reprezentuje dynamické vlastnosti žárovky.

Druhá řada na obrázku 5 modeluje lidskou reakci na kolísání světelného toku. Reakce oka a mozku je modelována pomocí pásmového filtru podle následujícího vztahu:

$$K(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \cdot \frac{1 + s/\omega_2}{(1 + s/\omega_3)(1 + s/\omega_4)}$$

kde pro 60 W, 230 V žárovku:

$$k = 1.74802$$

$$\lambda = 2\pi \cdot 4.05981$$

$$\omega_1 = 2\pi \cdot 9.15494$$

$$\omega_2 = 2\pi \cdot 2.27979$$

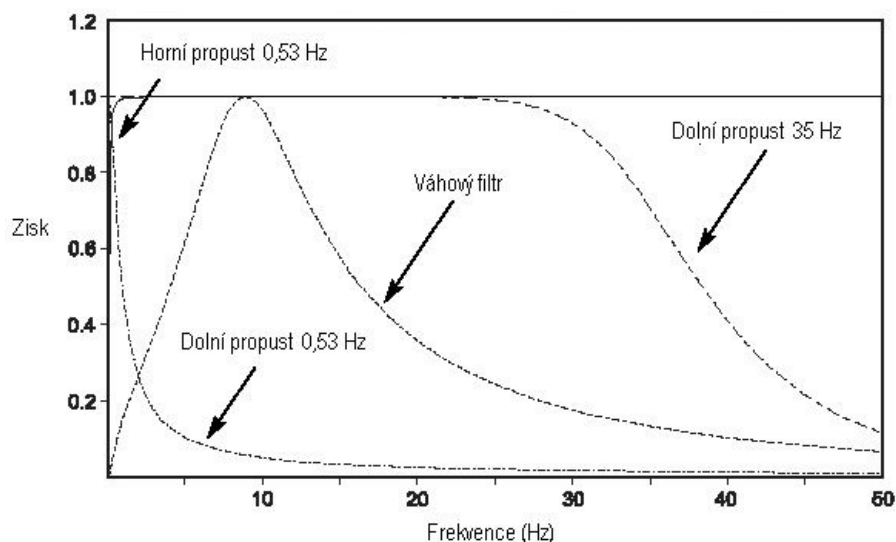
$$\omega_3 = 2\pi \cdot 1.22535$$

$$\omega_4 = 2\pi \cdot 21.9$$

Měření flikru

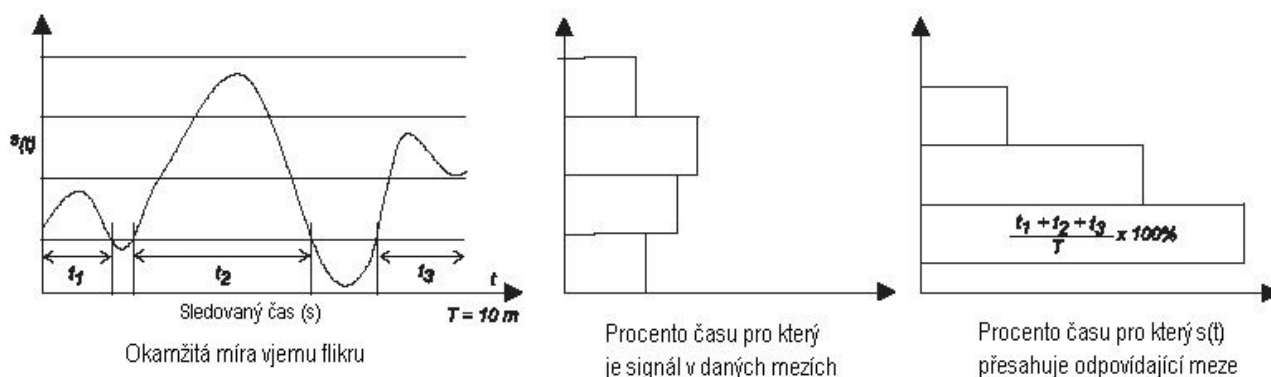
Tento filtr byl navržen na základě psychicko-psychologickém výzkumu vlivu změn světelného toku na člověka. Tento výzkum obsahoval analýzu vlivu frekvence a amplitudy změn světelného toku na lidské bytosti. Kvadratický převodník a dolní propust 0,53 Hz modelují efekt únavy ze změn světelného toku.

Obrázek 6 ukazuje amplitudovou charakteristiku všech filtrů použitých v zařízení



Obrázek 6 – Amplitudová charakteristika filtrů flikrmetru

Třetí řada na obrázku 5 ukazuje úsek digitálních statistických operací. Vyhodnocení P_{st} je založeno na funkci kumulativní pravděpodobnosti (CPF) počítané za sledovaný čas. Metoda vyhodnocení CPF je ukázána na obrázku 7.



Obrázek 7 – Proces vyhodnocení CPF

Měření flikru

Křivka vlevo ukazuje okamžitou míru vjemu flikru (osa y) zobrazenou v čase (osa x) pro sledovaný interval 10 minut. Vodorovný rastr představuje meze, které jsou využity pro třídění do skupin, jak je ukázáno na obrázku vpravo. Zde osa x představuje procento sledovaného času, ve kterém diskrétní okamžité hodnoty převyšují odpovídající meze. (Ukazuje příklad nejnižšího třídění do skupin).

Po vyzkoušení v praxi se dospělo ke sledovanému intervalu 10 minut a meze pro shromážděné údaje jsou nastaveny pro odpovídající percentily – tj. aby byly překročeny pro 0,1%, 1%, 3%, 10% a 50% sledovaného času deseti minut. V následujícím textu jsou tyto percentily označeny jako $P_{0,1}$, P_1 , P_3 atd., zatímco dolní index „s“ (tj. P_s , P_{3s}) označuje, že průměrování bylo provedeno podle následujících vztahů:

$$P_{1s} = (P_{0,7} + P_1 + P_{1,3})/3$$

$$P_{3s} = (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3$$

$$P_{10s} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5$$

$$P_{50s} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3$$

P_{st} je počítáno podle vztahu:

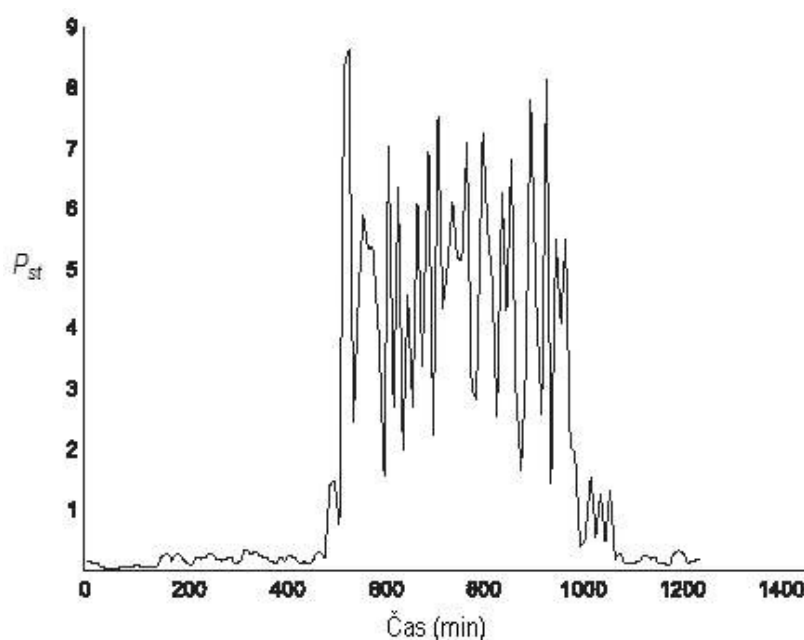
$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,052P_{1s} + 0,0657P_{3s} + 0,28P_{10s} + 0,08P_{50s}}$$

Hodnoty P_{st} jsou využity pro vyhodnocení P_{lt} pro delší sledované období podle:

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

kde N je počet period P_{st} během sledovaného času P_{lt} , tj. pro výpočet P_{lt} (2 hodiny) by bylo nutné měření 12 P_{st} (10 minut).

Obrázek 8 ukazuje záznam P_{st} v uzlu sítě, kde byla připojena oblouková pec. Je možno vidět, že provoz pece ovlivňuje hodnotu P_{st} . V tomto případě hodnota P_{st} kolísá v poměru 15:1.



Obrázek 8 – Hodnoty P_{st} stanovené v průběhu provozu obloukové pece

Kalibrování a ověření zařízení pro měření míry vjemu flikru

Měření flikru, jak je popsáno výše, je komplexní proces. Jestliže zařízení rozdílných konstrukcí a výroby mají přinášet shodné výsledky, jsou nutná jejich korektní homologace a kalibrace.

Homologační testy vyžadují ověření konstrukce, tj. že modelování je správné a statistický výpočet je dostatečně přesný, aplikací předem daného testovacího signálu a sledováním příslušných výstupů. Testovací signály by byly definovány pokud jde o modulační tvar vlny (sinusový nebo obdélníkový), amplitudu a frekvenci tak, že jsou stále reprodukovatelné a předvídatelné.

Kalibrace vyžaduje ověření každého vzorku zařízení, opět s předem danými vstupními signály, s cílem zajistit, že udávané výsledky jsou dostatečně přesné. Výrobci musí uvádět, jak často by měla být kalibrace opakována a zajistit jejich provádění.

Měření a stanovení flikru v napájecí energetické síti

Jak je uvedeno v úvodu, základním zdrojem kolísání napětí (a z něj vyplývající blikání světelných zdrojů) jsou velké elektrické zátěže.

Mechanismus je vysvětlen na obrázku 9.

Napětí v místě připojení zátěže je menší než zdrojové napětí v důsledku poklesu napětí

$$U_{Zn} = I_{zátěže} \cdot Z_{Zn}$$

kde:

$I_{zátěže}$ = proud zátěže,

Z_{Zn} = impedance sítě,

míněno z pohledu od bodů připojení zátěže (a, b).

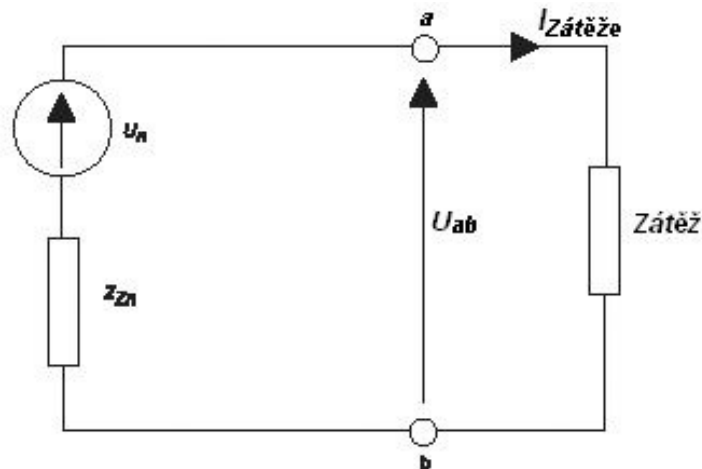
Potom napětí v bodech (a,b) je

$$U_{ab} = U_n - U_{Zn}$$

může to být vnímáno tak, že jakákoliv proudová změna I_Z , zejména v jalové složce, způsobí nežádoucí změnu v napětí U_{ab} .

Ve skutečné energetické síti je tento jev mnohem složitější.

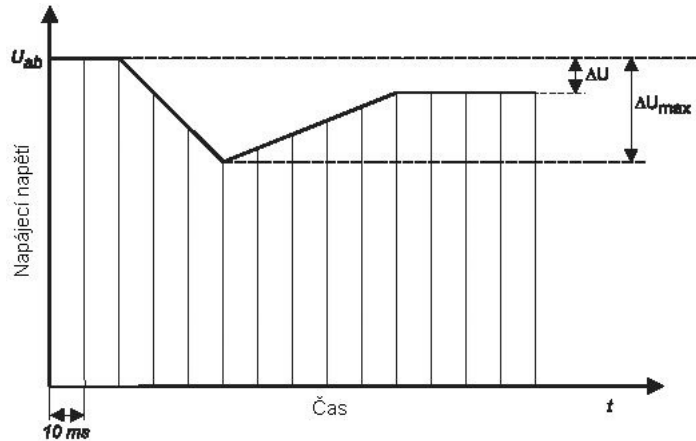
Často vzniká otázka, zda plánované připojení zátěže k síti by způsobilo flikr nebo zvýšení úrovně flikru nad předepsaný limit. Odpověď na tuto otázku závisí na parametrech energetické sítě a každé připojované zátěži, která může způsobit opačný efekt.



Obrázek 9 – Vliv zátěže na síť

Měření flikru

Jelikož působení zátěže nemůže být měřeno před připojením, vliv musí být odhadnut. O problémech kompatibility je pojednáno v normě IEC 61000-3-3 [5], ve které je stanovena referenční impedance zdroje (sítě) Z_S odpovídající $Re(Z_S) = 0,4 \Omega$ a $I_m(Z_S) = 0,25 \text{ W}$ při frekvenci 50Hz. Navíc norma stanovuje metodu zlepšení odhadu s uvažováním tvaru modula napájecího napětí – tj. výpočty předpokládají nejhorší případ obdélníkového tvaru modula a proto budou vyžadovat úpravu pro ostatní tvary modula.



Obrázek 10 – Příklad diagramu zatížení podle [5]

Obrázek 10 ukazuje jeden diagram podle [5], typický pro motorový pohon, ukazující jak jsou stanoveny změny napětí ΔU pro výpočet $d = \Delta U / U_{ab}$. Hodnoty parametrů ekvivalentního kroku závisí na t_1 , t_2 , t_3 , atd., jak to vysvětluje norma. Výpočet efektivní hodnoty napětí je prováděn v každé polovině cyklu.

Norma [5] vyžaduje, aby:

- hodnota parametru krátkodobé míry vjemu flikru $P_{st} \leq 1,0$
- hodnota parametru dlouhodobé míry vjemu flikru $P_{lt} \leq 0,65$
- stacionární relativní změna napětí $d \leq 3\%$
- maximální relativní změna napětí $d_{max} \leq 4\%$
- hodnota d v průběhu změny napětí by neměla přesáhnout 3% po dobu trvání delší než 200 ms

Jestliže zátěž způsobuje změny napětí U_{ab} méně často než jednou za hodinu nebo jestliže jsou změny výsledkem manuálního spínání, potom jsou přípustné hodnoty navýšeny o 33%. Je důležité poznamenat, že za předpokladu konstantního síťového napětí, tj. bez přítomnosti ověřované zátěže, by se jednalo o energetickou síť bez kolísání napětí.

Vlastnost míry vjemu flikru není aditivní – nemohou být prováděny matematické operace s výsledky měření P_{st} nebo P_{lt} .

Závěr

Flikr byl problém v elektrických sítích od jejich počátku. Od 80. let minulého století probíhal proces porozumění jevu a proces vnímání vedl ke standardizaci měřících metod a zařízení umožňujících spolehlivé měření flikru. Moderní zařízení, využívající techniky digitálního zpracování signálu, nyní umožňují, aby problémy flikru byly rychle vyhodnoceny a analyzovány.

Literatura:

- [1] Guide to Quality of Electrical Supply for Industrial Installations, Part 5, Flicker and Voltage Fluctuations, Power Quality Working Group WG2, 2000.
- [2] IEC 60868, Flickermeter, Functional and Design Specifications, 1986.
- [3] IEC 60868-0, Amendment 1, Flickermeter, Functional and Design Specifications, 1990.
- [4] IEC 61000-4-15:1997, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques – Section 15: Flickermeter – Functional and Design Specifications.
- [5] IEC 61000-3-3:1995, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 3: Limitation of Voltage Fluctuations and Flicker in Low-voltage Supply Systems for Equipment with Rated Current $\leq 16\text{A}$.
- [6] Mombauer W: EMV Messung von Spannungs-schwankungen und Flickern mit dem IEC-Flickermeter,

Reference & Founding* Partners

European Copper Institute* (ECI) <i>www.eurocopper.org</i>	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid <i>www.etsii.upm.es</i>	LEM Instruments <i>www.lem.com</i>
Akademia Gornicz-Hutnicza (AGH) <i>www.agh.edu.pl</i>	Fluke Europe <i>www.fluke.com</i>	MGE UPS Systems <i>www.mgeups.com</i>
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC) <i>www.citcea.upc.edu</i>	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) <i>www.htw-saarland.de</i>	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg <i>www.uni-magdeburg.de</i>
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) <i>www.ceiuni.it</i>	Hogeschool West-Vlaanderen Departement PIH <i>www.pih.be</i>	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) <i>www.miedz.org.pl</i>
Copper Benelux* <i>www.copperbenelux.org</i>	International Union for Electricity Applications (UIE) <i>www.uie.org</i>	Università di Bergamo* <i>www.unibg.it</i>
Copper Development Association* (CDA UK) <i>www.cda.org.uk</i>	ISR - Universidade de Coimbra <i>www.isr.uc.pt</i>	University of Bath <i>www.bath.ac.uk</i>
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) <i>www.kupferinstitut.de</i>	Istituto Italiano del Rame* (IIR) <i>www.iir.it</i>	The University of Manchester <i>www.manchester.ac.uk</i>
Engineering Consulting & Design* (ECD) <i>www.ecd.it</i>	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) <i>www.kuleuven.ac.be</i>	Wroclaw University of Technology* <i>www.pwr.wroc.pl</i>
EPRI Solutions Inc <i>www.epri.com/eprisolutions</i>	Laborelec <i>www.laborelec.com</i>	

Editorial Board

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	david.chapman@copperdev.co.uk
Prof Angelo Baggini	Università di Bergamo	angelo.baggini@unibg.it
Dr Araceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	ahernandez@etsii.upm.es
Prof Ronnie Belmans	UIE	ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be
Dr Franco Bua	ECD	franco.bua@ecd.it
Jean-Francois Christin	MGE UPS Systems	jean-francois.christin@mgeups.com
Prof Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	adealmeida@isr.uc.pt
Hans De Keulenaer	ECI	hdk@eurocopper.org
Prof Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	jan.desmet@howest.be
Dr ir Marcel Didden	Laborelec	marcel.didden@laborelec.com
Dr Johan Driesen	KU Leuven	johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be
Stefan Fassbinder	DKI	sfassbinder@kupferinstitut.de
Prof Zbigniew Hanzelka	Akademia Gornicz-Hutnicza	hanzel@uci.agh.edu.pl
Stephanie Horton	ERA Technology Ltd	Stephanie.Horton@era.co.uk
Dr Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	antoni.klajn@pwr.wroc.pl
Kees Kokee	Fluke Europe BV	kees.kokee@fluke.nl
Prof Wolfgang Langguth	HTW	wlang@htw-saarland.de
Jonathan Manson	Gorham & Partners Ltd	jonathanm@gorham.org
Prof Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl
Carlo Masetti	CEI	masetti@ceiuni.it
Mark McGranaghan	EPRI Solutions	mmcgranaghan@eprisolutions.com
Dr Jovica Milanovic	The University of Manchester	jovica.milanovic@manchester.ac.uk
Dr Miles Redfern	University of Bath	eesmar@bath.ac.uk
Dr ir Tom Sels	KU Leuven	tom.sels@esat.kuleuven.ac.be
Prof Dr-Ing Zbigniew Styczynski	Universität Magdeburg	Sty@E-Technik.Uni-Magdeburg.de
Andreas Sumper	CITCEA-UPC	sumper@citcea.upc.edu
Roman Targosz	PCPC	cem@miedz.org.pl

	<i>Prof Zbigniew Hanzelka</i>
	 AGH-UST Al. Mickiewicza 30 30-059 Kraków Poland Tel: (012) 617 28 78 Fax: (012) 633 22 84 Email: hanzel@uci.agh.edu.pl Web: www.agh.edu.pl
	<i>Dr eng Andrzej Bień</i>
	 AGH-UST Al. Mickiewicza 30 30-059 Kraków Poland Tel: (012) 617 28 73 Fax: (012) 633 22 84 Email: abien@uci.agh.edu.pl Web: www.agh.edu.pl



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Hungarian Copper
Promotion Centre
Képiró u. 9
H - 1053 Budapest
Magarsko
Tel.: 00 361 266 4810
Tel.: 00 361 266 4804
E-mail: hcpc@euroweb.hu
Website: www.hcpcinfo.org



VŠB-TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky
a informatiky
Katedra el. měření
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba
Tel.: +420 597324279
Tel.: +420 596919597
E-mail: pavel.santarius@vsb.cz
Website: homen.vsb.cz/san50/



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B - 1150 Brussels
Belgium

Tel.: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org