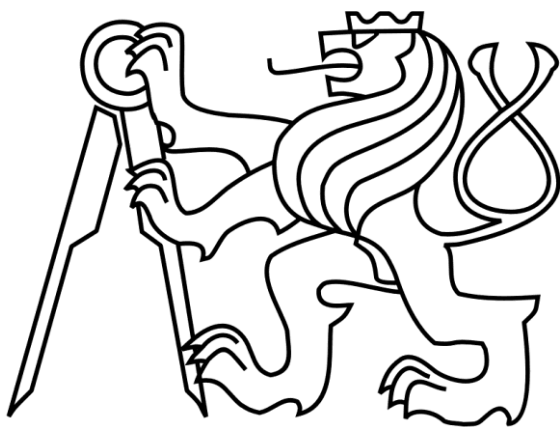


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



TEZE K DISERTAČNÍ PRÁCI

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra Elektroenergetiky

Ing. Bc. Petr BANNERT

KOLÍSÁNÍ NAPĚTÍ A FLICKER V ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVĚ

Doktorský studijní program: Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Elektroenergetika

Teze disertace k získání akademického titulu "doktor", ve zkratce "Ph.D."

Praha, únor 2011

Disertační práce byla vypracována v kombinované formě doktorského studia na katedře Elektroenergetiky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

Uchazeč: Ing. Bc. Petr BANNERT
Vyšší odborná škola a Střední škola Varnsdorf, p. o.
středisko VOŠ a SPŠ Varnsdorf, Mariánská 1100
Mariánská 1100, 407 47 Varnsdorf

Školitel: Prof. Ing. Josef TLUSTÝ, CSc.
katedra Elektroenergetiky
Fakulta elektrotechnická ČVUT
Technická 2, 166 27 Praha 6

Oponenti:

.....

.....

Teze byly rozeslány dne:

Obhajoba disertace se koná dne v hod. před komisí pro obhajobu disertační práce ve studijním oboru Elektroenergetika v zasedací místnosti č Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

S disertací je možno se seznámit na děkanátu Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze, na oddělení pro vědu, výzkum a zahraniční styky, Technická 2, Praha 6.

.....
předseda komise pro obhajobu disertační práce
ve studijním oboru

.....
Fakulta elektrotechnická ČVUT, Technická 2, Praha 6

1. SOUČASNÝ STAV A CÍLE PRÁCE	1
2. KOLÍSÁNÍ NAPĚTÍ	3
3. PROSTŘEDKY PRO OMEZENÍ KOLÍSÁNÍ NAPĚTÍ	4
4. PROBLEMATIKA MODELOVÁNÍ FLICKERU SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	6
5. ZÁVĚR	9
Seznam v tezích použité literatury	11
Seznam prací disertanta vztahujících se k disertaci	12
SUMMARY	13
RESUMÉ	14

1. SOUČASNÝ STAV A CÍLE PRÁCE

Na vyrobenou elektrickou energii se pohlíží jako na zboží. U každého zboží je potřeba stanovit indikátory a kritéria pro posuzování jeho kvality. Kvalita elektrické energie je ovlivňována technologickými zařízeními výrobce, distributora a spotřebitele. Provoz takových spotřebičů, jako jsou například obloukové pece, svářečí agregáty, asynchronní motory apod. a stále intenzivnější nasazování úsporných zařízení a spotřebičů, která mají často nelineární nebo proměnlivé provozní charakteristiky, vede ke vzniku zpětných vlivů na distribuční síť v podobě elektromagnetického rušení. Kolísání napětí, vedle vyšších harmonických, mezilehlých harmonických a nesymetrie napětí, patří do skupiny energetických rušení, která je součástí zmíněných elektromagnetických rušení. Kolísání napětí způsobuje vedle změn energetických poměrů také kolísání světelného toku elektrických světelných zdrojů nazývaný jako flicker, který je sekundárním projevem kolísání napětí.

Portál Leonardo ENERGY například uvádí: „Elektrická energie se zhoršenými parametry kvality se čím dál častěji stává nejdůležitějším problémem pro průmysl a firmy poskytující služby. Zhoršená kvalita dodávané elektrické energie způsobuje v evropském průmyslu zvýšené náklady přes 10 miliard € ročně¹. Z uvedeného vyplývá, že kvalita elektrické energie je v neustálém zájmu pozornosti.

U každého energetického rušení, mezi něž kolísání napětí patří, je potřeba studovat jeho vznik, šíření, měření a omezení. Předkládaná disertační práce se věnuje vybraným oblastem této problematiky.

V současné době je již velmi dobře popsán systém vzniku a šíření kolísání napětí v síti. V oblasti šíření kolísání napětí se v odborné literatuře často vyskytuje popis šíření s omezením na pouze vybrané (ojedinělé) případy (viz např. [8], [9], [10]). Vzniká zde tedy prostor pro vytvoření sady modelových situací a snaha postihnout tuto oblast v komplexnějším měřítku.

Další důležitou a v odborné literatuře velmi diskutovanou problematikou je oblast omezení kolísání napětí. V poslední době se směr ubírá k progresivním technologiím FACTS (flexibilní systémy pro přenos střídavého proudu). V odborné literatuře je možné se blíže seznámit s jejich řešením a popisem

¹ <http://www.leonardo-energy.org/>

principu, který se často orientuje pouze na idealizovaný pohled (viz např. [5]). Tím, že jsou tyto systémy vybaveny prvky výkonové elektroniky a pracují často ve spínacích režimech, vzniká jejich provozem rušení. Vzniká tak tedy otázka, do jaké míry jsou platné uváděné idealizované modely a jaké další aspekty při řízení a modelování těchto systémů vznikají.

V neposlední řadě je aktuální otázkou systém měření a vyhodnocování flickeru, který se uskutečňuje s pomocí měřících přístrojů, tzv. měřičů blikání, které jsou koncipovány podle ČSN EN 60868 a dalších souvisejících dokumentů. Tento měřič je však koncipován na „klasickou“ 60 W žárovku, která jako světelný zdroj není v dnešní době aktuální. Vzniká tak tedy potřeba, jak tento přístroj modifikovat na jiné typy světelných zdrojů. V odborné literatuře se můžeme setkávat s různými přístupy k tomuto problému (viz např. [2], [6], [10]). Vzhledem k vývoji technologií v oblasti světelných zdrojů dochází k mohutné elektronizaci obvodů světelných zdrojů, která má pozitivní vliv na potlačení nebo úplnou eliminaci vlivu kolísání napětí na světelný tok. V této široké oblasti tak vzniká prostor pro studium vlivu kolísání napětí na světelný tok u současných a budoucích zdrojů světla a jeho případný dopad na změnu přístupu v měření a vyhodnocování flickeru.

Cíle disertační práce *Kolísání napětí a flicker v elektrizační soustavě* jsou právě zaměřeny na výše uvedené vzniklé prostory pro doplnění a obohacení této problematiky.

Hlavní cíle disertační práce:

1. Popsat základní problematiku, která s tématem souvisí.
2. Studovat šíření kolísání napětí v elektrizační soustavě a vytvořit modelové případy.
3. Studovat princip vybraných systémů FACTS pro omezení kolísání napětí se zaměřením na jejich fyzikální a matematické modely a zabývat se dalšími aspekty, které vznikají při jejich řízení a upravují tak idealizovaný pohled na ně.
4. Studovat vliv kolísání napětí na světelný tok elektrických zdrojů světla, prostřednictvím jejich možných explicitních nebo implicitních matematických modelů. Zároveň se zabývat současným pohledem na flicker moderních elektrických zdrojů světla.

2. KOLÍSÁNÍ NAPĚTÍ

Kombinace velkých změn proudu u spotřebičů a vysoká impedance rozvodné sítě může způsobit velké změny napájecího napětí. Tyto proudy mohou být činné nebo jalové. Jestliže se velké změny opakují v krátkých časových intervalech, způsobují zřetelné kolísání svítivosti. Z fyzikálního hlediska lze kolísání napětí přirovnat k amplitudové modulaci. Nosným signálem je napájecí napětí o síťovém kmitočtu a modulačním signálem je časově proměnný úbytek napětí. Kolísání napětí v elektrické síti může mít periodický, nebo čistě stochastický charakter. V případě periodického charakteru kolísání můžeme dále modulační složku rozdělit na harmonickou a neharmonickou.

Flicker je definován jako soubor rychlých změn světelného toku. Je definován jako sekundární parametr způsobený kolísáním amplitudy napětí.

Kolísání napětí se po vedeních šíří z místa svého vzniku všemi směry. Znamená to tedy, že kolísání napětí se šíří:

- a) směrem k nižším napěťovým úrovním,
- b) směrem k vyšším napěťovým úrovním,
- c) ve stejné napěťové hladině, ve které kolísání napětí vzniklo.

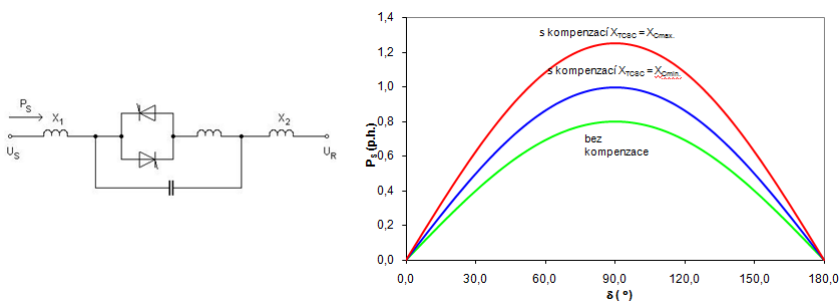
Zdroj kolísání napětí se může nacházet na straně sítě nebo na straně zátěže. Máme-li v určitém bodě sítě zdroj kolísání napětí, můžeme v jiném místě sítě, při znalosti její konfigurace a vybraných parametrů, určit transportní změnu velikosti tohoto kolísání. Pro jednotlivé případy můžeme stanovit tzv. transportní koeficienty šíření flickeru T_{pst} .

Při omezování kolísání napětí se snažíme o zvětšení zkratových výkonů. Velikost kolísání lze tedy snížit např. tím, že se zařízení vyvolávající kolísání napětí připojí do sítě s dostatečným zkratovým výkonem, nebo se provede zesílení sítě tím, že se zvětší její zkratový výkon. Zvětšením zkratového výkonu lze také omezit kolísání napětí vyvolané změnami činného a jalového výkonu.

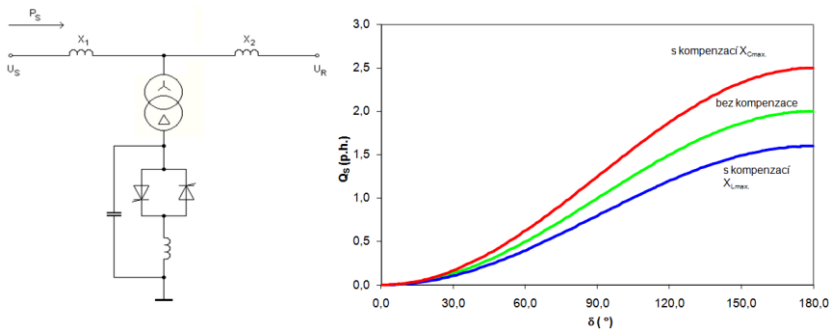
3. PROSTŘEDKY PRO OMEZENÍ KOLÍSÁNÍ NAPĚTÍ

Jako progresivní zařízení sloužící k potlačení kolísání napětí (ale nejen toho) se začínají stále více uplatňovat systémy FACTS (**F**lexible **A**lternating **C**urrent **T**ransmission **S**ystems). FACTS jsou tzv. flexibilní systémy pro přenos střídavého proudu. Vlastnosti aplikace technologie lze shrnout do následujících bodů:

- zvyšuje spolehlivost sítě,
- zvyšuje energetickou propustnost stávajících vedení,
- zlepšuje stabilitu napětí,
- posiluje odolnost sítě proti kolísání a rušivým vlivům,
- zlepšuje provozní hospodárnost,
- menší vliv na životní prostředí,
- minimalizace poklesů napětí způsobené poruchou.



Obr. 3. 1 – Příklad zapojení TCSC včetně provozní charakteristiky $P_S = f(\delta)$ pro různá X_{TCSC}



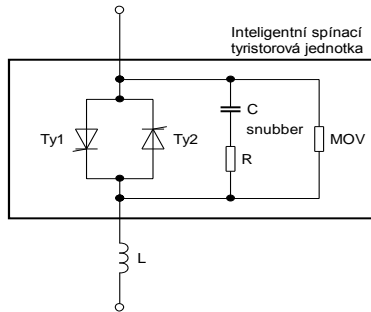
Obr. 3. 2 – Příklad zapojení TCSC včetně provozní charakteristiky $Q_S = f(\delta)$ pro různá X_{SVC}

Tyristorově řízená indukčnost jako základní prvek TCSC a SVC

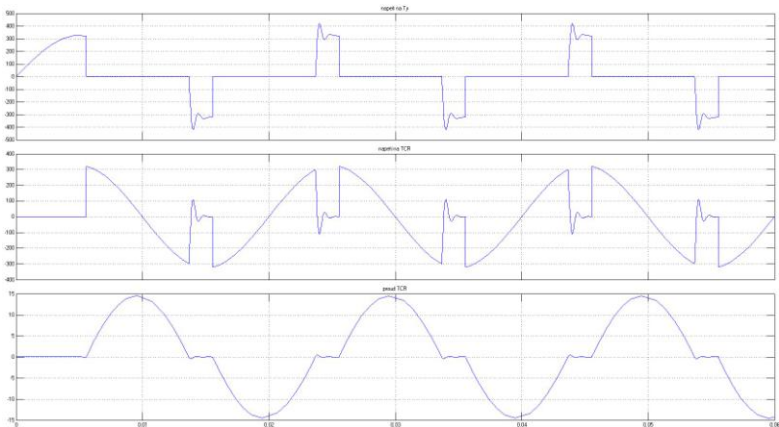
Závislost výsledné reaktance/susceptance na velikosti řídicího úhlu (v radiánech) je popsána následujícími vztahy (3.1) a (3.2):

$$X_{TCR}(\alpha) = X_L \cdot \frac{\pi}{2\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha} \quad (3.1)$$

$$B_{TCR}(\alpha) = B_L \cdot \frac{2\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha}{\pi} \quad (3.2)$$



Obr. 3. 3 – Náhradní schéma tyristorové jednotky



Obr. 3. 4 – Příklad časových průběhů napětí na Ty1+Ty2, napětí na TCR a proudu TCR při $\alpha = 100^\circ$

4. PROBLEMATIKA MODELOVÁNÍ FLICKERU SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

V současné době se elektrické světelné zdroje pro všeobecné osvětlení rozdělují do tří skupin podle fyzikálního principu vzniku světla. Patří sem teplotní, výbojové² a LED zdroje (**L**ight **E**mitting **D**iode, světlo emitující dioda). Skupina LED světelných zdrojů vznikla v posledních letech.

Časový průběh světelného toku elektrického světelného zdroje (ESZ) je dán jeho fyzikálním principem, konstrukčními a materiálovými vlastnostmi, časovými změnami napájecího napětí a okolními vlivy, jako je např. teplota prostředí. Při znalosti modelu ESZ lze studovat odezvu světelného toku na změny napájecího napětí (případně dalších vlivů) a stanovit parametry přenosové funkce ESZ. Při znalosti těchto parametrů lze pak následně posoudit, jaký vliv má kolísání napětí sítě na stabilitu světelného toku ESZ, případně je možné je použít pro návrh flickermetru pracujícího s jiným typem světelného zdroje, než pro jaký byl navržen.

Pro libovolný světelný zdroj (s výjimkou ESZ s elektronickým předřadníkem) obecně platí, že se zvyšujícím kmitočtem kolísání napětí klesá kolísání světelného toku. Z tohoto můžeme odvodit, že přenosová funkce těchto zdrojů odpovídá proporcionálnímu členu s dopravním zpožděním, resp. dolní propusti prvního nebo druhého řádu.

$$F(p) = \frac{K}{a_2 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + a_0} \quad (4.1)$$

4.1 Model teplotního zdroje v SIMULINKu

Teplota vlákna žárovky je základní veličinou, která ovlivňuje světelně technické parametry žárovky. Vlastní výpočet teploty vychází z nelineární Fourierovy-Kirchhoffovy rovnice, je dán vztahem:

$$T = \int_0^t \left[\frac{u^2(t)}{R(T)} - k(T) \cdot (T^4 - T_0^4) - Q_{\text{rad}}(T) \right] \cdot dt \quad (4.2)$$

² s podrobným členěním teplotních a výbojových zdrojů se můžeme např. seznámit v [7]

Poznámky k modelu žárovky:

- Zanedbává se indukčnost a mezi-závitová kapacita vlákna.
- Světelný tok vycházel z $V(\lambda)$ křivky pro denní vidění.
- Měrný elektrický odpor wolframu, měrná tepelná kapacita, odpor a emisivita jsou lineárně závislé na teplotě.
- Počáteční teplota (teplota okolí) je $20^\circ\text{C} \Rightarrow 293\text{K}$.
- Počítá se s rovnoměrným zářením do prostoru na všechny strany, tzn., že je zanedbáno záření do patice.

Transformace sálavého výkonu na světelný tok

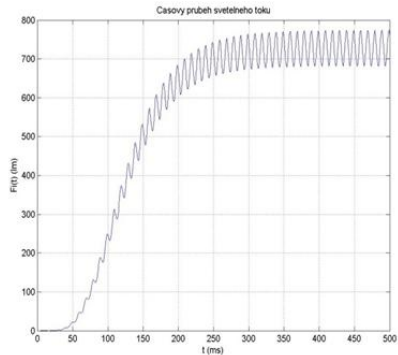
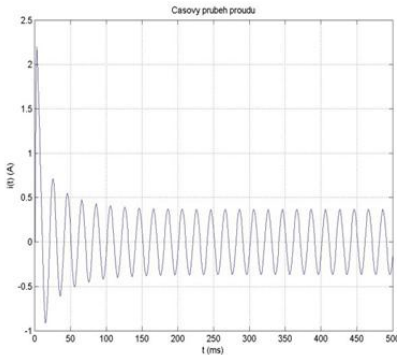
- a) Sálavý výkon ve viditelném spektru je určen prostřednictvím radiační funkce η :

$$Q_{R\lambda}(T) = \eta \cdot Q_R = [f_{R2}(\lambda_2 \cdot T, T) - f_{R1}(\lambda_1 \cdot T, T)] \cdot [\varepsilon \cdot S \cdot \sigma_0 \cdot (T^4 - T_0^4)] \quad (\text{W}) \quad (4.3)$$

- b) Vlastní výpočet světelného toku:

$$\Phi = K_m \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda = 683 \cdot Q_{R\lambda}(T) \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} V(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{lm}) \quad (4.4)$$

Příklady výstupů

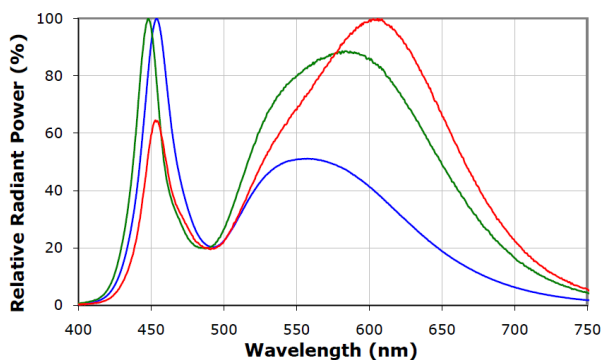


Obr. 4. 1 – a) průběh proudu při zapnutí, b) průběh světelného toku při zapnutí

4.2 Problematika modelování LED pro osvětlovací účely

Vzniklé světlo generovaného záření má většinou modrou barvu (LED na bázi nitridu galia a india - InGaN) a pro osvětlovací účely je nepoužitelné. Z tohoto důvodu se monochromatické světlo transformuje do širokopásmového záření pomocí luminoforu na bázi fosforu a dalších sloučenin (např. ytřito-hlinitý granát aktivovaný cerem – $Y_3Al_5O_{12}:Ce$).

Výsledné spektrum pak vznikne sečtením spektra modré LED a spektra fosforescence. Na následujícím obrázku (*obr. 4.2*) jsou uvedené příklady spekter pro tři různé rozsahy teploty chromatičnosti (CCT)³: studené bílé světlo (CCT = 5 000 až 10 000 K, modrá křivka); neutrální bílé světlo (CCT = 3 700 až 5 000 K, zelená křivka); teplé bílé světlo (CCT = 2 600 až 3 700 K, červená křivka).



Obr. 4. 2 – Složené emisní spektrum bílé LED

Pro zářivý tok generovaný PN přechodem platí:

$$\Phi_e = \frac{h \cdot c}{\lambda} \cdot \eta_{ex} \cdot \frac{I_D}{q_e} \quad (4.5)$$

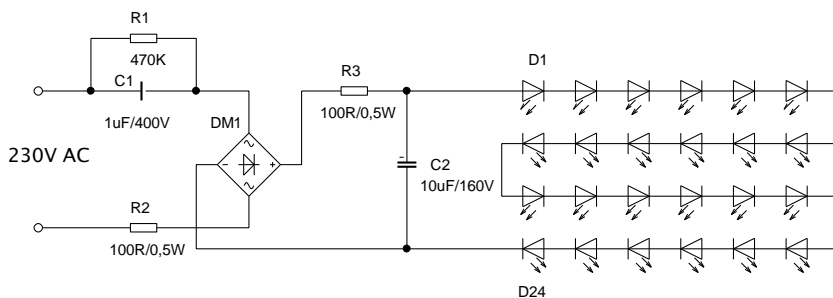
V některých katalogových listech výrobců LED se mimo jiné udává velikost zářivého toku generovaného PN přechodem. Pokud jej dáme do poměru s příkonem LED, který vypočteme z typických hodnot pro danou LED

³ převzato z katalogového listu <http://www.cree.com/products/pdf/xlamp7090xr-e.pdf>

(optimální hodnoty), dostaneme účinnost přeměny elektrického příkonu na zářivý tok:

$\eta_P = 100 \cdot \frac{\Phi_e}{U_F \cdot I_F} \cong 20\%$	(4.6)
--	-------

Tato účinnost se pohybuje kolem cca 20 %. Znamená to tedy, že 80 % elektrické energie se přemění v teplo.



Obr. 4. 3 – Příklad zapojení měniče pro napájení LED soustavy s RC filtrací

5. ZÁVĚR

Problematika kolísání napětí a flickeru v elektrizační soustavě je velmi široká a zasahuje do celé řady vědních oborů. Předkládaná disertační práce se snažila upozornit na vybrané problémy jednotlivých oblastí, které se vzájemně prolínají a doplňují.

V oblasti šíření kolísání napětí v elektrizační soustavě byly popsány modelové situace šíření tohoto energetického rušení pro situace, kdy v jednom případě byla zdrojem elektrizační soustava – síť a ve druhém případě časové změna odebírané příkonu vlivem zátěže. Do budoucna by bylo vhodné popsat další modelové situace, jako jsou např. vzájemné vztahy mezi propojenými podsítěmi a vlivu blíže specifikovaných elektrických zařízení. Dále by bylo přínosné rozšířit příkladovou část. Obohacením by byla možnost zavést do složitějších modelů sítě reálně naměřená data a studovat, jak se kolísání napětí projevuje v jednotlivých uzlech sítě. Tato část práce najde svůj význam zejména v teoretické rovině, např. při přípravě studentů.

V části, která se zabývá prostředky pro omezení kolísání napětí, byly popsány základní principy a matematické modely prvků SVC a TCSC, včetně jejich zapojení do systému a vlivu na parametry soustavy. Přínosem této části je popis problematiky řízení TCR obvodů (jako základní prvek SVC a TCSC systémů), která doplňuje a upřesňuje idealizovaný pohled na tyto prvky. Práce se zabývá možnostmi a limitními stavy jejich řízení. Dává tak návod, jak přesněji modelovat tyto prvky a jaký mají případný vliv na elektrizační soustavu. Do budoucna zde vzniká další prostor pro rozšíření a prohloubení studií chování těchto prvků, zejména pak v oblasti studia přechodových jevů a energetických rušení, která při jejich provozu vznikají. Dále by bylo vhodné propojit a porovnat teoretické studie a závěry s výsledky měření na reálných systémech.

V poslední části práce byla nastíněna problematika modelování vlivu kolísání napětí na flicker světelných zdrojů. Byl zde popsán a vytvořen ucelený matematický model žárovky, s níž je normativně koncipovaný měřič blikání. Modifikace tohoto modelu umožňuje v budoucnu modelovat další typy těchto zdrojů, zejména pak halogenových. Dále zde byla popsána základní problematika modelování výbojových a LED světelných zdrojů, jejichž rozmanitost a rozsáhlost fyzikálních jevů je nad rámec této práce. Byla zde

dále navržena metodika pro měření a vyhodnocování přechodových charakteristik světelných zdrojů. V závěru práce byl také nastíněn současný a budoucí trend v oblasti zaváděných technologií světelných zdrojů, který vede k jejich mohutné elektronizaci. Ta má tak pozitivní vliv na potlačování nebo úplnou eliminaci kolísání světelného toku. Nabízí se tedy hypotéza, zda v blízké budoucnosti nezměnit přístup k měření a vyhodnocování kolísání napětí v elektrizační soustavě. Přínosem poslední části práce je detailní popis mechanismů transformace elektrické energie teplotních světelných zdrojů na světelný tok prostřednictvím radiační funkce. S tímto se v odborné literatuře nesetkáváme. Dalším přínosem je popis dějů, které se odehrávají ve výbojových a LED zdrojích světla s ohledem na flicker, zejména pak popis obvodového řešení světelných zdrojů LED. Dalším přínosem je návrh měřicí metody a postupu při vyhodnocování přechodových charakteristik světelných zdrojů, jako dalšího řešení pro popis chování těchto zdrojů.

Seznam v tezích použité literatury

- [1] BAXANT, P. *Světelné zdroje – LED diody využívané v elektrické instalaci a v elektrických zařízeních*. [online], [cit. 2011-20-01]. Dostupné na WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/>.
- [2] DRÁPELA, J. *Flickr způsobený meziharmonickými složkami napětí*. In *Konference ČK CIRED*. Tábor, 2006.
- [3] DVOŘÁČEK, V. *Světelné zdroje – světelné diody*. [online], [cit. 2011-20-01]. Dostupné na WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39810.
- [4] HABEL, J. a kol. *Světelná technika a osvětlování*. Praha : FCC PUBLIC, 1995.
ISBN 800-901985-0-3
- [5] HINGORANI, N. G., GYUGYI, L. *Understanding FACTS – Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems*. Piscataway USA : IEEE Press, 2000.
ISBN 0-7803-3455-8
- [6] KAMINSKÝ, D., BIČOVSKÁ, B., SANTARIUS, P., ŽÍDEK, J. *Závěrečná zpráva k řešení grantového úkolu 102/99/0655*. Finální soubor dokumentů řešitelských kolektivů 1999 – 2001.
- [7] RÉDR, M., PŘÍHODA, M. *Základy tepelné techniky*. Praha : SNTL, 1991.
- [8] SCHLABBACH, J., BLUME, D., STEPHANBLOME, T. *Voltage Quality in Electrical System*. London UK : The Institution of Electrical Engineers, 2001.
ISBN- 0 85296-975-9
- [9] TLUSTÝ, J. *Energetická rušení v distribučních a průmyslových sítích – úvod do problematiky*. Praha : ČVUT FEL – katedra elektroenergetiky, 1999.
- [10] MOMB AUER, W. *Flicker simulation and minimization*. FGH Mannheim-Rheinau 1987.

Seznam prací disertanta vztahujících se k disertaci

Ostatní publikace

- [A1] BANNERT, P.: „Návrh generátoru flickeru“. In *Mezinárodní vědecká konference ELEKTROENERGETIKA 2004*, Brno.
- [A2] BANNERT, P., HABEL, J., KYNCL, J., TLUSTÝ, J.: „Matematický model flickeru žárovek“. In *Odborná konference ELEN 2004*, ČVUT FEL, Praha. ISBN 80-239-3565-8
- [A3] BANNERT, P.: „Měřič blikání“. In *Odborná konference ELEN 2004*, ČVUT FEL, Praha, ISBN 80-239-3565-8
- [A4] BANNERT, P., KYNCL, J.: „Inteligentní výkonová zátěž“. In *Mezinárodní vědecká konference ELECTRIC POWER ENGINEERING 2005*, Kouty nad Desnou.
- [A5] BANNERT, P., KYNCL, J.: „Inteligentní zátěž pro testování alternativních zdrojů energie“. In *Mezinárodní vědecká konference ELEKTROENERGETIKA EE 2005*, Stará Lesná.

Podíl spoluautorství u všech uvedených publikací je dělen mezi jednotlivé autory vždy rovným dílem.

Na uvedené publikace nebyly registrovány žádné ohlasy ani recenze.

Summary

The thesis of *Voltage Fluctuation and Flicker in Power Distribution Network* attempts to see this problem in a wider context. The first chapter sums up the basic ideas, reviews the causes of the fluctuation, deals with its evaluation and measuring. Next the paper deals with description of voltage fluctuation spreading across the network. Correlations for spreading transport coefficients are extrapolated here for the cases where the fluctuation originates in the network or where it is caused by the connected load dependent change of current.

Mentioned here there also is a model example to illustrate the theoretical part showing the calculation methodology. Next part deals with the field of voltage fluctuation suppressing focusing on longitudinal compensation through TCSC (Thystor Controlled Series Capacitor) as well as the transversal compensation through SVC (Static VAr Compensator). The paper deals with such units modeling as a whole and their integration into the system. It focuses on the analysis of the TCR (Thystor Controlled Reactor) that makes the principal construction element of the systems. Here the paper aims at the field of its control and limits considering its setting up. The final part deals with modeling and measuring of how voltage fluctuation affects the light flux of discharge lamps as well as the progressive LED lighting systems. It also deals with designing a measuring method and procedures for the transitional characteristics identification and parameter setting, which describe such lighting systems. The trends are also mentioned here in the field of the up-to-date lighting system technologies and how they affect the flicker or voltage fluctuation measuring.

Resumé

Disertační práce *Kolísání napětí a flicker v elektrizační soustavě* se snaží postihnout problematiku kolísání napětí a flickeru v elektrizační soustavě v širším kontextu. V první kapitole se věnuje shrnutí základních pojmů, příčin vzniku kolísání napětí, jeho vyhodnocování a problematikou jeho měření. Dále se zabývá popisem šíření kolísání napětí v elektrizační soustavě. Jsou zde odvozeny vztahy pro stanovení transportních koeficientů šíření pro případy, kdy zdrojem kolísání je síť, nebo časová změna odebíraného proudu vlivem připojené zátěže. Zároveň je zde uveden modelový příklad, který doplňuje teoretickou část a poukazuje na metodiku výpočtu. Další část se věnuje problematice omezování kolísání napětí se zaměřením na podélnou kompenzaci systému TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor) a příčnou kompenzaci systému SVC (Static VAr Compenzator). Práce se zabývá modelováním těchto prvků jako celku a jejich zapojením do systému. Podrobněji se zabývá rozborem vlastností a chování prvku TCR (Thyristor Controlled Reactor), který tvoří základní stavební prvek uvedených systémů. Zde se práce snaží poukázat na problematiku jeho řízení a limitní možnosti z hlediska jeho nastavení. Poslední část práce se věnuje problematice modelování a měření vlivu kolísání napětí na časový průběh světelného toku teplotních, výbojových a progresivních LED zdrojů světla. Dále se zabývá návrhem metody měření a postupu při identifikaci a parametrizaci přechodových charakteristik, které chování světelných zdrojů v této oblasti popisují. Je zde také poukázáno na vývojový trend v oblasti nasazovaných technologií světelných zdrojů a na jeho případný vliv na změnu přístupu k měření flickeru, respektive kolísání napětí v elektrizační soustavě.

Poznámky:

Poznámky: