

## 5.18 Hodnocení stability světelného toku zdrojů

### 5.18.1 Úvod

Elektrický světelný zdroj může být napájen buď stejnosměrným nebo střídavým napětím, přitom pro všeobecné osvětlování přichází v úvahu pouze napájení napětím střídavým z rozvodné sítě nn s frekvencí 50Hz. Jelikož se napájecí napětí neustále mění a to nejen jeho absolutní hodnota ale i polarita, musí se zákonitě tato změna projevit i ve světelných parametrech. Každý zatím známý světelný zdroj generuje světelný tok, který je na napětí závislý a tudíž s jeho změnou nastává i změna světelného toku. Do jaké míry sinusové napětí s frekvencí 50Hz ovlivní stabilitu světelného toku je předmětem měření v této laboratorní úloze.

Důsledkem pulsujícího světelného toku v osvětlovacích soustavách dochází k řadě negativním jevům, které ovlivňují celkovou kvalitu osvětlení. K nejzávažnějším patří tzv. stroboskopický jev, při kterém se plynulý pohyb jeví jako trhaný a u rotujících částí pak toto vytváří milnou představu o rychlosti otáčení. Při určitých otáčkách se pak rotující součástka může jevit jako nehybná nebo dokonce točící se opačným směrem, což může při přehlédnutí vést k vážným úrazům.

V méně závažných případech míhání světelného toku, resp. jasu zdrojů a svítidel, jeví jako nepříjemný a rušivý element, který přispívá k rychlejší únavě zraku a snížení pracovního výkonu. Situace je kritická zejména při osvětlování pracovišť s monitory, kde interference kmitání způsobená snímkovou frekvencí monitoru a kmitání jasu zdrojů, působí velice rušivě, zvláště pokud jsou tyto plochy mimo oblast běžného zrakového úkolu.

### 5.18.2 Rozbor úlohy

Stabilita světelného toku je pojem, který je možné posuzovat ze dvou hledisek. V úloze se soustředíme na stabilitu krátkodobou, související se střídajícím se napájecím napětím. Napětí sítě jak již bylo řečeno, má frekvenci 50Hz. Střídavé napětí obsahuje dvě půlvlny, kladnou a zápornou, ovšem světelný zdroj může generovat pouze absolutní hodnotu toku a proto bude frekvence pulsace toku dvojnásobná, tedy 100Hz. Jelikož se tvar i velikost světelného toku může s polaritou napětí měnit, je nutné sledovat změnu v celém intervalu periody síťového napětí tedy minimálně po dobu 20 ms.

Abychom mohli takto rychlé změny toku zaznamenat, potřebujeme vhodný osciloskop. Použijeme proto digitální vzorkovací osciloskop propojený s počítačem kde si zaznamenané průběhy budeme moci uložit k pozdějšímu vyhodnocení.

Kritické místo systému je úprava signálu pro osciloskop do měřitelné podoby. Jelikož fotočlánek je schopen generovat pouze nepatrný fotoproud měřitelný citlivými galvanoměry nebo elektronickými mikroampérmetry, nepřípadá přímé propojení v úvahu. Navíc osciloskopický vstup je vstup napěťový. K přizpůsobení fotočlátku a osciloskopu použijeme speciální zesilovač, převodník proud → napětí, který nám malou úroveň proudu zesílí na měřitelnou úroveň napětí.

Pulsace světelného toku je vyvolaná změnou jasu aktivní svítící části zdroje. Jas a tok jsou veličiny mezi sebou přímo úměrné a světelný tok v různých směrech vytváří různou osvětlenost patřičných povrchů a ta je opět tomuto toku úměrná. Při relativním posuzování kolísání toku není tedy třeba integrovat celý tok zdroje ale stačí sledovat osvětlenost v malé části prostoru, zde přímo na fotočlátku. Změna této osvětlenosti je pak úměrná i celkové změně světelného toku.

Vlastní posouzení stability toku bude tedy stanoveno na základě průběhu relativního kolísání napětí, které je úměrné fotoproudu a ten je úměrný osvětlenosti fotočlátku. Z naměřeného průběhu je změna toku přímo patrná a kvalitativní posouzení určují dva činitele

- činitel vlnitosti světla a
- index míhání (flicker index)

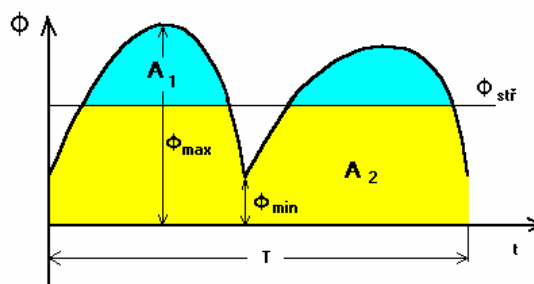
Činitel vlnitosti světla je vyjádřen poměrnou amplitudou periodického kolísání světelného toku a je vyjádřen vztahem

$$k = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{\Phi_{\max} + \Phi_{\min}} \quad (5.106)$$

Pro postžení i charakteru průběhu vlny nestačí posouzení pouze z maxima a minima toku, je třeba respektovat užitečné světelné množství dané tvarem vlny. Toto respektuje právě index mihání daný vztahem

$$f = \frac{A_1}{A_1 + A_2} \quad (5.107)$$

kde  $A_1$  a  $A_2$  jsou plochy nad a pod úrovní středního toku v rámci jedné zkoumané periody, dle obrázku



Obr. 5-40 – K definici indexu mihání

Jestliže součet ploch  $A_1$  a  $A_2$  nahradíme součinem střední hodnoty toku  $\Phi_{stř}$  a doby periody  $T$  můžeme vztah přepsat do podoby

$$f = \frac{A_1}{T \cdot \Phi_{stř}}, \quad (5.108)$$

kde střední hodnota světelného toku během jedné periody je aritmetickým průměrem dle vztahu pro střední hodnotu

$$\Phi_{stř} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \Phi(t) dt \quad (5.109)$$

Orientační hodnoty činitele vlnitosti a indexu mihání u vybraných zdrojů jsou uvedeny v tabulce

Tab. 5-20 – Hodnoty činitele vlnitosti a indexu mihání pro běžné zdroje světla připojené na jednofázové napětí 50Hz

| Světelný zdroj                            | k (%) | f (%) |
|---|-------|-------|
| žárovka 40W                               | 12    | 4,7   |
| žárovka 60W                               | 7     | 2,7   |
| žárovka 100W                              | 5     | 0,9   |
| zářivka denní                             | 58    | 15,2  |
| zářivka chladně bílá                      | 44    | 11,7  |
| zářivka teple bílá                        | 27    | 7,7   |
| rtuťová vysokotlaká výbojka s luminoforem | 73    | 25    |
| halogenidová výbojka                      | 38    | 11    |
| sodíková vysokotlaká výbojka              | 95    | 29    |

### 5.18.3 Úkol měření

Cílem měření je ověřit skutečnosti popsané v rozboru úlohy, zachytit průběh měnicího se světelného toku a vypočítat číselné hodnoty činitele vlnitosti a indexu mihání pro vybrané zdroje světla.

### 5.18.4 Postup měření

1. Pro měření použijeme selenový fotočlánek připojený přes transimpedanční zesilovač k digitálnímu osciloskopu. Osciloskop je propojen přes sériové rozhraní RS232 na port počítače, kde jej lze ovládat programem dso3850. Schéma zapojení vychází z následujícího obrázku

2. Různé světelné zdroje dle zadání budou napájeny buď přímo z napájecí sítě 230V/50Hz (žárovky, kompaktní zářivky s vestavěným předřadníkem) a nebo přes příslušný předřadný prvek (zářivky, výbojky). Po ustálení světelných podmínek se provede vlastní měření daného zdroje, data se uloží na disk k pozdějšímu zpracování.
3. Program ovládání osciloskopu spusťte dávkou `osc` z příkazového řádku DOSu (`c:\>osc`). Dávka zajistí správné nastavení portu a možnost exportu dat do textového formátu, který je možné načíst v programu MS Excel, kde data můžete vyhodnotit.
4. Po spuštění programu je nutné nastavit vhodnou rychlost časové základny (2ms/div) a nastavit vhodnou citlivost kanálu. Při měření se bude používat pouze jeden kanál (např. A). Pro zvolenou citlivost je nutné dále nastavit nulovou hodnotu se zacloněným fotočlánkem a nebo při světelných podmínkách laboratoře. (Stabilita osvětlení v laboratoři je zajištěna elektronickými předřadníky a nebude tudíž ovlivňovat vlastní měření).
5. Připojte světelný zdroj s příslušným předřadníkem a startérem pokud jsou nutné, na napájecí napětí a vyčkejte ustálení. Poté nastavte fotočlánek do takové polohy vůči zdroji, kdy využijete plně rozsah osciloskopu. Pozor však na změnu konstantních světelných podmínek při naklánění fotočlánku či změně jeho polohy.
6. Přeneste naměřený průběh do počítače a uložte jej pod vhodným názvem na disk..
7. Vypněte zdroj od napájecího napětí a zkontrolujte nastavení nulové hodnoty. Pokud klidová hodnota nebude nulová, zapište si korekční hodnotu, kterou budete naměřené výsledky korigovat.
8. Stejně postupujte u všech testovaných zdrojů.



Obr. 5-41– Ideové schéma zapojení měřicího pracoviště

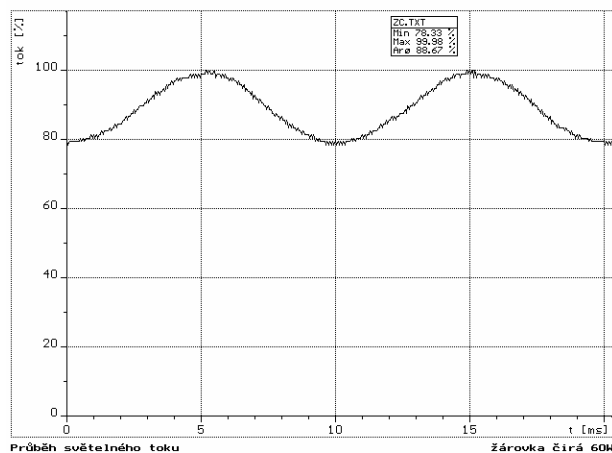
### 5.18.5 Zpracování výsledků

Po ukončení měření můžete data zpracovat přímo na místě datovým analyzátozem DATAGRAF a nebo zpracovat doma v jiném vhodném programu (Matlab, MS Excel, 602 Pro PC, apod.). Do protokolu uvedete zaznamenané průběhy světelného toku v rámci jedné periody síťového napětí, přepočítané na procentuální podíl vůči maximální hodnotě toku.

Z naměřených maximálních a minimálních hodnot pro příslušné zdroje vypočtete činitel vlnitosti sv. toku. Z naměřených hodnot zjistíte střední hodnotu světelného toku. Provedte rozřídění hodnot na hodnoty menší a větší než je hodnota střední a určete jednotlivé plochy  $A_1$  a  $A_2$ , pomocí nichž určete index míhání. Hodnoty indexu míhání i činitele vlnitosti vyjádřete v procentuálních hodnotách.

Tab. 5-21 – Hodnoty činitele vlnitosti a indexu míhání u změřených zdrojů při frekvenci napětí 50Hz

| Světelný zdroj | k (%) | f (%) |
|----------------|-------|-------|
| žárovka 60W    | 12,15 | 3,65  |



Obr. 5-42– Průběh světelného toku čiré žárovky 60W v jedné periodě síťového napětí

### 5.18.6 Závěr

Zhodnoťte naměřené hodnoty a průběhy, porovnejte je s tabulkovými hodnotami uvedenými v rozboru úlohy. Zamyslete se nad možností vylepšení hodnot vhodným způsobem zapojení. Zkuste modelově vypočítat hodnoty činitelů či průběhy toku zdrojů v soustavě vícefázové u vybraného jednoho zdroje. Zapřemýšlejte nad možností vzniku stroboskopických jevů u různých zdrojů pro rotační pohyb.