

## 5.14 Provozní vlastnosti světelných zdrojů

### 5.14.1 Úvod

Provozní vlastnosti světelných zdrojů jsou dány souborem elektrických a světelně technických parametrů a jejich závislostmi na jiných parametrech, které jsou z hlediska vlastního provozu světelných zdrojů variabilní a jsou pokud možno nezávislé. Mohou to být například parametry –  $U$  (napětí na svorkách světelného zdroje),  $t$  (doba svícení od zapnutí),  $t_c$  (celková doba provozu od prvního zapnutí), poloha (poloha světelného zdroje v prostoru),  $T$  (okolní teplota), spínací cykly (počet spínacích cyklů za měrné období), atd. Závislé parametry jsou potom kvalitativní a kvantitativní ukazatele provozu zdroje za daných podmínek.

Provozní vlastnosti světelných zdrojů je tedy velice široký pojem a hned na začátku je třeba zvolit vhodný přístup k popisu a zejména rozdělení. Například světelné zdroje teplotní a výbojové, bez nebo s předřadnými obvody.

V technické praxi se potom uvažují jen ty funkční závislosti, které přímo či nepřímo souvisí s ekonomickou stránkou provozu (světelný tok, doba života, ...) a tedy s provozem z tohoto pohledu do jisté míry optimálním.

V následující laboratorní úloze se budeme blíže věnovat některým aspektům provozu nízkotlakých rtuťových výbojek-zářivek, které patří k progresivním zdrojům osvětlovací techniky.

### 5.14.2 Rozbor úlohy

Mezi nejčastěji užívané charakteristiky (vzhledem ke všem typům zdrojů), které popisují jejich provozní vlastnosti, patří závislosti vybraných parametrů na svorkovém napětí zdroje. Ty se nazývají křížové charakteristiky a udávají velikost změny zobrazených ustálených elektrických a světelně technických veličin na velikosti odchylky napájecího napětí od jmenovité hodnoty (osy jsou uvedeny v procentech se čtyřmi kvadranty a se středem ve sto procentech obou os). Příklad křížových charakteristik je uveden na Obr. 5-30a).

Výběr parametrů pro křížovou charakteristiku závisí na typu světelného zdroje, jeho elektrickém obvodu a pro zářivky se nejčastěji uvádějí:

- celkový proud odebíraný světelným zdrojem  $I$ , který lze měřit přímo (při velkém zkreslení odebíraného proudu (viz. kapitola 5.16) je třeba použít přístroj měřící skutečnou efektivní hodnotu (trueRMS, nelze použít klasické měřící soustavy),
- činný příkon  $P$  odebíraný zdrojem a případným předřadným obvodem (platí zde stejné kritérium jako v  $I$ ),
- napětí na výboji  $U_0$ , které měříme voltmetrem (jeho vstupní impedance musí být dostatečně velká aby neovlivňoval stabilitu samotného výboje a dále musí splňovat požadavky na vyšší napěťovou odolnost)
- světelný tok  $\Phi$  měřený v kulovém integrátoru, zde musíme znát jeho převodní konstantu  $v$  k (lm/mV), nebo lze také vycházet z hodnoty světelného toku zdroje při jmenovitém napětí, kterou udává výrobce, jak tomu bude v našem případě i u měrného výkonu zdroje
- měrný výkon světelného zdroje  $m_z$ , který lze chápat jako účinnost přeměny energie elektrické ve světelnou

$$m_z = \frac{\Phi_z}{P} = \frac{\Phi_z \cdot \frac{\Phi}{\Phi_{230}}}{P} \quad (\text{lm/W}; \text{lm, mV, mV, W}) \quad (5.68)$$

- účinnost  $\eta$ , která udává poměr činného příkonu výboje a příkonu celkového a tím zahrnuje ztráty v předřadných odvodech

$$\eta = \frac{P_0}{\Delta P + P_0} \cdot 100 = \frac{P_0}{P} \cdot 100 = \frac{U_0 \cdot I}{P} \cdot 100 \quad (-; \text{V, A, W}) \quad (5.69)$$

- skutečný účinník  $\lambda$  vyjadřující jaká část ze zdánlivého příkonu je odebíraný činný výkon

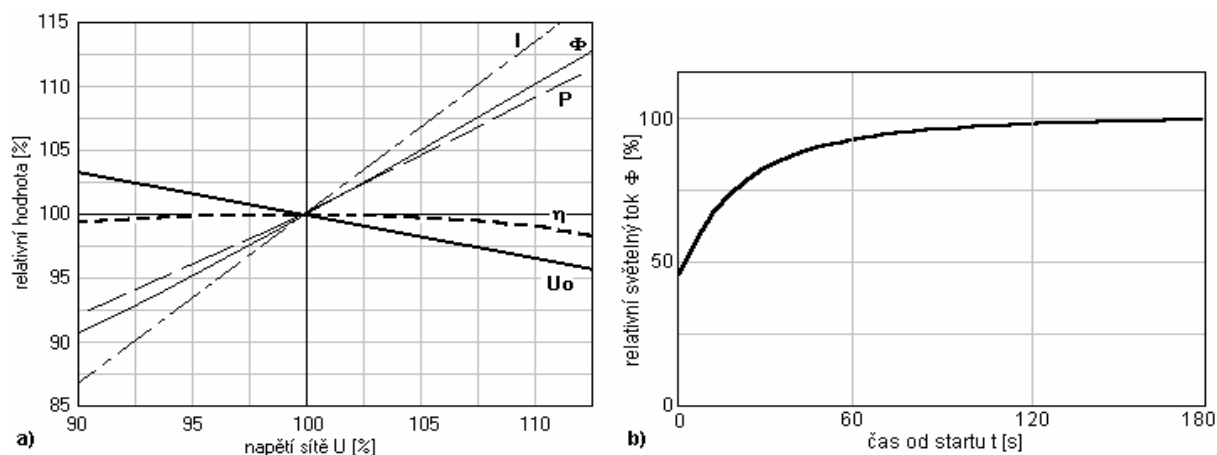
$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{P}{U \cdot I} \quad (-; W, V, A) \quad (5.70)$$

- a dále například střední doba života zdroje, teplota chromatičnosti či náhradní teplota chromatičnosti zdroje, atd.

V souhrnu jsou to tedy funkční závislosti  $I = f(U_1)$ ,  $P = f(U_1)$ ,  $\Phi = f(U_1)$ ,  $U_0 = f(U_1)$ ,  $\eta = f(U_1)$ ,  $\lambda = f(U_1)$ ,  $m_Z = f(U_1)$ .

Další významnou skupinou tvoří charakteristiky vyjadřující provozní vlastnosti světelného zdroje od jeho zapnutí po dobu, která odpovídá ustálení provozních parametrů. Těmito provozními parametry mohou být všechny uvedené u křížových charakteristik, ale tentokrát jsou funkcemi času, tedy například  $I = f(t)$ ,  $P = f(t)$ ,  $\Phi = f(t)$ ,  $U_0 = f(t)$ ,  $\eta = f(t)$ ,  $\lambda = f(t)$ ,  $m_Z = f(t)$ ,  $T_C = f(t)$ , .... Charakteristiky jsou opět vynášeny souhrnně a v relativních hodnotách. Příklad náběhu světelného toku je uveden na Obr. 5-30 b).

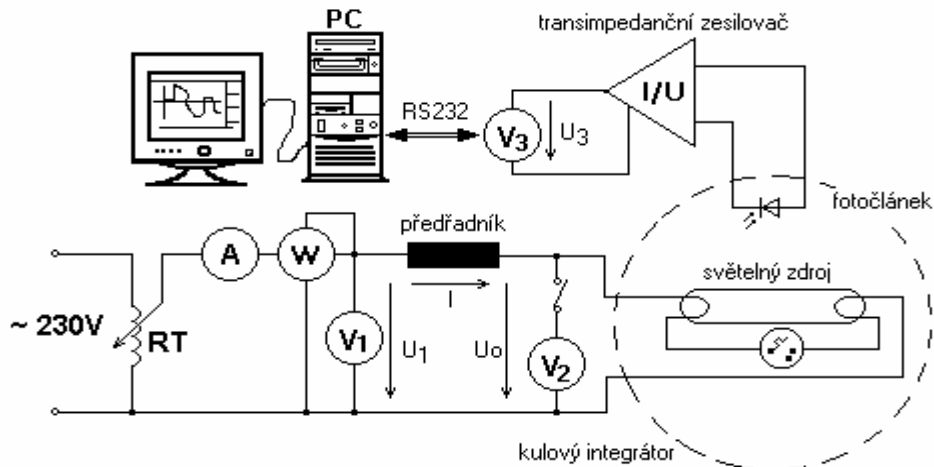
Provozní vlastnosti světelných zdrojů mohou být zkoumány i v delších časových úsecích, které odpovídají jejich celkové době života. Provozní parametr, který nás v tomto směru nejvíce zajímá, je světelný tok a popřípadě střední doba života světelného zdroje. Pokles světelného toku zdrojů má za dobu života tři rozeznatelné etapy. V prvním úseku nastává relativně velký pokles, kterému se říká zahoření. U teplotních zdrojů je to v prvních 6 hodinách a u výbojových zdrojů v prvních 100 hodinách svícení (například u zářivky je to -10 až -20% - závisí na typu použitého luminoforu). Další fáze je (po velkou většinu doby života) fází stabilního svícení a na konci životnosti zdroje dochází k pozvolnému, ale zrychlujícímu se poklesu světelného toku (je to spojeno s degradací materiálů). Obecně se dá říci, že pokles světelného toku a doba života světelného zdroje je úměrná tepelnému namáhání zdroje během života (to například souvisí i se spínacími cykly, které mohou být definovány v počtech za 24 hodin).



Obr. 5-30 – Příklad křížové charakteristiky nízkotlaké rtuťové výbojky nespécifikovaného typu za blíže neurčených provozních podmínek a); typický náběh světelného toku kompaktní zářivky DULUX s klasickým předřadníkem, při teplotě okolí 25°C, napětí 230V/50Hz a ve vodorovné pracovní poloze b)

Tím se dostáváme k poslední (alespoň v našem výčtu) skupině charakteristik, popisujících provozní parametry zdrojů v závislosti na pracovní teplotě a poloze. Tato záležitost se dotýká výhradně výbojových zdrojů světla. Měřeným provozním parametrem je opět světelný tok (i když samozřejmě lze uvažovat i jiné  $I$ ,  $P$ ,  $U_0$ ,  $\eta$ ,  $\lambda$ ,  $m_Z$ ,  $T_C$ , ...) a charakteristiky nejsou oddělené, ale jsou převážně parametrické ( $\Phi = f(T_o)$  pro definovanou polohu). Pracovní teplota je potom nahrazena teplotou okolní, kterou lze lépe interpretovat. Některé bližší specifika této problematiky jsou uvedeny v kapitole 5.15 a charakteristiky na Obr. 5-32.

Z předchozích odstavců je tedy zřejmé, že navrhnout optimální provoz například lineární zářivky s klasickým induktivním předřadníkem není zcela zřejmou záležitostí, a nerespektováním uvedených zákonitostí se můžeme dostat na nižší energetickou (ekonomickou) efektivnost (u jinak perspektivního zdroje) než má například obyčejná žárovka.



Obr. 5-31 – Schéma zapojení odvodu a uspořádání pracoviště pro měření náběhu světelného toku světelného zdroje a jeho křížových charakteristik

### 5.14.3 Úkol měření

Změřte a zpracujte náběh světelného toku předloženého světelného zdroje od jeho startu až po ustálený stav (při daných provozních podmínkách (poloha, okolní teplota, jmenovité napětí, ...)).

Změřte a zpracujte křížové charakteristiky předloženého světelného zdroje s vynesáním závislostí  $I = f(U_1)$ ,  $P = f(U_1)$ ,  $\Phi = f(U_1)$ ,  $U_0 = f(U_1)$ ,  $\eta = f(U_1)$ ,  $\lambda = f(U_1)$ ,  $m_z = f(U_1)$ .

### 5.14.4 Postup měření

1. Zapojte pracoviště podle schématu zapojení (viz. Obr. 5-31), přičemž do obvodu připojte měřený světelný zdroj, který umístíte do kulového integrátoru.
2. Připojte na napájení všechny zdroje obvodu (transimpedanční zesilovač fotočlánek, digitální multimetry, PC), kromě obvodu světelného zdroje.
3. Nastavte a nakonfigurujte, podle pokynů vyučujícího, všechny zařízení a přístroje v obvodu.
4. Spusťte záznamové zařízení, je-li v obvodě a připojte světelný zdroj k napájecímu obvodu s jmenovitým napětím 230 V. Současně zaznamenávejte časový průběh světelného toku zdroje od startu až po jeho ustálení.
5. Po uvedení světelného zdroje do ustáleného stavu (světelné a elektrické veličiny jsou konstantní), proveďte odečet všech měřených hodnot v odvodu pro vynesání křížových charakteristik (viz. Obr. 5-31).
6. Měření v bodu 5. opakujte pro hodnoty napájecího napětí ( $U_1$ ) v rozsahu 190-240V po 5V. Po provedené změně napětí necháme obvod cca 5 min ustálat a následně provedeme odečet.
7. Všechny výsledky zpracujte v grafické podobě a proveďte jejich rozbor s ohledem na odst.5.14.2 a 5.14.5.

### 5.14.5 Zpracování výsledků

Hodnoty časového průběhu světelného toku zdroje od startu po ustálení, změřené voltmetrem 3, přepočítejte na relativní hodnoty a to tak, že ustálená hodnota světelného toku na konci měření (5-10min) je rovna 100%.

Zaznamenané průběhy  $(I, P, \Phi, U_0, \eta, \lambda, m_z) = f(U_1)$  pro sestavení křížové charakteristiky měřeného světelného zdroje zpracujte také do tabulky, kde budou uvedeny jednak změřené veličiny a dále jejich relativní hodnoty vztahované ke jmenovitému provoznímu napětí.

Změřené hodnoty ale nejsou přesné a je třeba je přepočítat vzhledem k zapojení obvodu. Tedy proud  $I$  procházející tlumivkou a výbojovým prostorem:

$$I = I_A - I_W - I_{V1} \quad (5.71)$$

kde proud napětíovou cívku wattmetru můžeme zanedbat (elektronický wattmetr). Činný příkon zdroje s předřadníkem potom:

$$P = P_W - P_{V1} \quad (5.72)$$

Voltmetr pro měření napětí na výboji V2 je třeba volit s velkou vstupní impedancí, aby nedocházelo k ovlivňování výboje a proto rozdíl v proudu, který způsobí, je zanedbatelný (nebo lze odpojit).

Tabelární zpracování může být zpracováno např. dle následující Tab. 5-11.

Tab. 5-11 – Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro sestavení křížových charakteristik daného světelného zdroje

U <sub>1</sub>		I <sub>A</sub>	I		P <sub>W</sub>	P		Φ		U <sub>0</sub>		η		λ		m <sub>Z</sub>	
V	%	mA	mA	%	W	W	%	mV	%	V	%	%	%	-	%	lm/W	%
240	104,3																
235	102,2																
230	100			100			100		100		100		100		100		100
225	97,8																
...	...																

#### 5.14.6 Závěr

Zhodnoťte měření z hlediska důsledků změřených závislostí pro praktickou aplikaci měřeného světelného zdroje.