

## 5.7 Určení svítivosti zdroje srovnávací metodou pomocí Lummer-Brudhunovy kontrastní hlavice

### 5.7.1 Úvod

Srovnávací metody patří do kategorie nepřímých způsobů měření a jejich nevýhodou je nutnost použití známých normálů. Ve světelné technice se toto měření používá ke kalibraci měřících přístrojů a světelných zdrojů ale i k měření svítivosti, jasu, osvětlení a to především na fotometrických lavicích.

V tomto laboratorním cvičení si ověříme nejen principy srovnávacích měření ale i metody subjektivní, které nelze ve světelné technice přehlížet a které zvláště ve spojitosti s fotometrií mají své nenahraditelné místo, neboť používají skutečný reálný senzor – lidské oko.

Dalším cílem je ověření základních fotometrických zákonů.

### 5.7.2 Rozbor úlohy

Měření svítivosti světelného zdroje srovnávací metodou s použitím Lummer-Brudhunovy kontrastní hlavice využívá principů čtvercového zákona, který stanovuje pro bodový zdroj pokles osvětlenosti se čtvercem vzdálenosti od tohoto zdroje. Jestliže tedy známe svítivost zdroje v daném směru, jsme schopni určit osvětlenost v určité vzdálenosti od tohoto zdroje podle vztahu

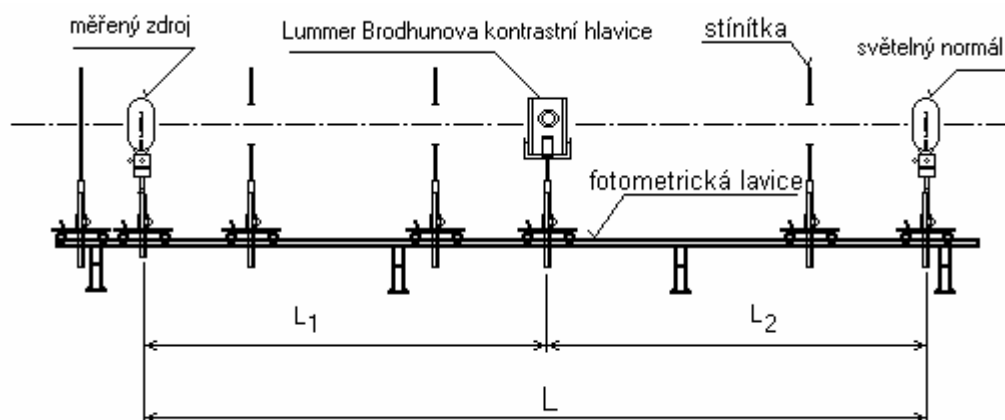
$$E = \frac{I}{r^2}, \quad (\text{lx; cd, m}) \quad (5.26)$$

kde  $I$  je svítivost v daném směru,

$r$  vzdálenost místa měření od zdroje.

Stejnou osvětlenost může způsobit jiný zdroj s jinou svítivostí ovšem v jiné vzdálenosti. Jelikož při tomto měření nepoužíváme žádný přímý měřicí přístroj, neurčujeme hodnotu osvětlenosti měřením ale výpočtem. Abychom mohli určit i osvětlenost od neznámého zdroje, kde pro výpočet chybí hodnota svítivosti, využijeme možnosti najít takový bod, kde osvětlenost od neznámého i známého zdroje je stejná. Tím můžeme tuto jedinou hodnotu vypočítat ze zdroje známého a pro zdroj neznámý pak vypočítat jeho svítivost. Využijeme poznatku rovnosti osvětleností např.  $E_1$  a  $E_2$  ve vzdálenostech  $r_1$  a  $r_2$  od příslušných zdrojů, tedy

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}, \quad (\text{lx; cd, m}) \quad (5.27)$$



Obr. 5-12 – Schématické rozmístění přípravků na fotometrické lavici

Problém se tedy zúžil na metodu hledání místa, kde se osvětlenosti od obou zdrojů rovnají. K tomuto účelu využijeme tzv. Lummer-Brudhunovu kontrastní hlavici. Jde o přípravek s jednoduchou optikou, která umožňuje subjektivním způsobem porovnávat osvětlenost dvou vstupních otvorů prostřednictvím změny jasu kontrolního obrazce. Uvnitř hlavice je speciálně tvarovaná plocha, která je systémem zrcátek prosvětlována z jedné i druhé strany. Prostup světla skrz průsvitný materiál vytváří různý jas povrchu závislý právě na intenzitě světla dopadajícího na vstupní šěrbinu. Vzniklý kontrastní

obrazec nám pomáhá detekovat rozdíl jasů a tedy i rozdíl osvětleností jednotlivých vstupních otvorů. Posuvem hlavice po fotometrické lavici v optické ose se nám jeden segment obrazce tmavne a druhý zesvětluje podle toho, na kterou stranu se s hlavicí pohybujeme. Důležité je, že tímto způsobem můžeme právě nalézt bod (místo) kde kontrast mezi segmenty obrazce je nulový a kdy se nám jeví jako jediný obrazec s monotónním jasnem. V této vzdálenosti je osvětlenost od obou zdrojů stejná a můžeme tedy použít předcházejícího vztahu pro výpočet neznámé svítivosti měřeného zdroje.

Schématické uspořádání pracoviště ukazuje obrázek Obr. 5-12.

### 5.7.3 Úkol měření

Změřte svítivost neznámého zdroje při jmenovitém napětí. Dále proměřte změnu svítivosti při změně napájecího napětí a tuto závislost zpracujte graficky.

Vypočtete světelný tok tohoto zdroje, jestliže předpokládáme, že se jedná o ideální bodový zdroj se všesměrovým vyzařováním.

### 5.7.4 Postup měření

1. Na fotometrickou lavici umístíme všechny prvky tak jak je schématicky znázorněno na Obr. 5-12. Světelné zdroje umístíte co nejdále od sebe a zapište si souřadnice jejich polohy. Na fotometrické lavici je uvedeno centimetrové měřítko, kde můžete vzdálenost změřit s přesností na jednotky milimetrů. Clonky (stínítka) nastavte tak, aby vymezovaly svazek paprsků v ose. Clonku normálového zdroje umístíte asi 30-40 cm od zdroje. Správně bychom měli použít minimálně dvě clonky pro každý zdroj, což ovšem kvůli rozdílným hodnotám svítivosti by se vozík s hlavicí nedal dostatečně posouvat do hledaných poloh. Clonka blíže ke zdroji by měla vrhat na následující clonku světelný kužel takový, který bude v polovině mezi okrajem clonky a otvorem.
2. Připojte normálový a měřený zdroj přes regulační transformátory k napájení. Zkontrolujte rozsahy kontrolních voltmetrů. U normálového zdroje nastavte napětí 130V čemuž odpovídá svítivost 135 cd. U měřeného zdroje nastavte jmenovité napětí zdroje (110, 120, 220, 230V podle použitého zdroje).
3. Pomocí Lummer-Brodhunovy hlavice porovnávejte osvětlenost v různých místech na lavici tak, že hledáte takovou polohu hlavice, kde kontrolní obrazec splyne v bezkontrastní plochu. Zapište si polohu hlavice na lavici a vypočtete vzdálenosti od jednotlivých zdrojů světla. V této poloze rovněž zjistíte rozsah vzdáleností, pro který se kontrastní obrazec jeví stejně (bez viditelného vzniku kontrastu). Na základě této tolerance potom budete určovat možnou chybu měření.
4. Snižujte na měřeném zdroji napětí po 5V a pro každou hodnotu hledejte novou polohu hlavice a zapisujte si vzdálenosti. Pokud budou v pohybu bránit clonky, proveďte jejich posunutí do vhodnější polohy, ne však příliš blízko zdrojům. Pokud již nebude možné posun provádět měření ukončete. V každém bodě zjišťujte rovněž rozsah nastavení hlavice, kde není možné kontrast okem rozlišit.

### 5.7.5 Zpracování výsledků

Naměřené hodnoty vzdáleností přehledně uvedete do tabulek společně s vypočtenými hodnotami svítivosti. Vyneste příslušné hodnoty do grafů dle zadání. Uveďte příklad výpočtu pro zvolený řádek tabulky. Pro každou hodnotu vypočtete toleranční pásmo svítivosti. Do grafu závislosti svítivosti na napětí rovněž toto toleranční pásmo uveďte.

Tab. 5-3 - Příklad tabulky naměřených a vypočtených hodnot

U	r	r <sub>max</sub>	r <sub>min</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>1max</sub>	r <sub>1min</sub>	r <sub>2max</sub>	r <sub>2min</sub>	I	I <sub>max</sub>	I <sub>min</sub>	δ <sub>+</sub>	δ <sub>-</sub>
V	m	m	m	m	m	m	m	m	m	cd	cd	cd	%	%
230														
225														
...														

### 5.7.6 Závěr

Zhodnoťte výsledky měření, pojednejte o přesnosti měření. Jakými prostředky se dá přesnost měření zvýšit?