



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

VLIV POLOHY SVĚTELNÉHO ZDROJE NA JEHO PROVOZNÍ PARAMETRY

EFFECT OF LIGHT SOURCE POSITION ON OPERATING PARAMETERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETER MÚDRY

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BAXANT, Ph.D.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Peter Múdry

ID: 119541

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Vliv polohy světelného zdroje na jeho provozní parametry

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem práce je zjistit, jakým způsobem poloha světelného zdroje při provozu ovlivňuje světelně technické parametry, tj. především světelný tok, popř. návazně elektrické parametry. Student bude prakticky měřit vybrané světelné zdroje, kde lze předpokládat velké ovlivnění polohou a vytvoří přehled, který pomůže např. při konstrukci nových svítidel, zejména svítidel s vyšším krytím.

1. Rozdělení světelných zdrojů podle principu přeměny.
2. Světelně technické vlastnosti světelných zdrojů.
3. Vliv teploty na provozní vlastnosti.
4. Souvislost polohy a teploty u výbojových zdrojů.
5. Měření světelného toku v závislosti na poloze zdroje.
6. Vyhodnocení vlivu na další parametry.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 26.5.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

MÚDRY, P. *Vliv polohy světelného zdroje na jeho provozní parametry* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 52 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D..

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

Vliv polohy světelného zdroje na jeho provozní parametry

Peter Múdry

vedoucí: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2011

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Bachelor's Thesis

Effect of Light Source Position on Operating Parameters

by

Peter Múdry

Supervisor: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Brno University of Technology, 2011

Brno

ABSTRAKT

Hlavnou úlohou tejto bakalárskej práce je zistiť, ako ovplyvňuje pracovná poloha svetelného zdroja svetelno-technické parametre svetelného zdroja, poprípade iné úzko súvisiace veličiny ako napríklad teplotu svetelného zdroja. Cieľom práce je zmerať svetelný tok vybraných svetelných zdrojov, u ktorých sa dá predpokladať výrazné ovplyvnenie svetelného toku pracovnou polohou zdroja a spracovať namerané výsledky. Táto práca spracúva: svetelno-technické parametre svetelných zdrojov, teoretické informácie o vplyve teploty a polohy na prevádzkové vlastnosti svetelných zdrojov, optimálne pracovné podmienky svetelných zdrojov a zaoberá sa elektrickým výbojom v osvetľovacej technike.

KLÍČOVÁ SLOVA: svetelný zdroj; pracovná poloha; svetelný tok; svetelno-technické parametre; žiarivky; výbojky; tepelné svetelné zdroje; elektrický výboj; luminofor; prevádzkové parametre; luxmeter

ABSTRACT

The main task of this bachelor's thesis is to find out, how does the working position of light source influence the lighting parameters of light source and possibly other closely related variables as temperature of light source etc. Purpose of this work is to measure luminous flux of some selected light sources', where significant influence on luminous flux caused by working position of source can be expected and to process measured results. This work processes: lighting parameters of light sources', theoretical information about influence of temperature and position on operating parameters of light sources, optimal working conditions of light sources and deals with electrical discharge in lightings.

KEY WORDS:

light source; working position; luminous flux; lighting parameters; fluorescent lamps; discharge lamps; heat lamps; electrical discharge; luminophor; operating parameters; illuminance meter

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	13
1 ÚVOD	15
2 ROZDELENIE SVETELNÝCH ZDROJOV PODĽA PRINCÍPU PREMENY ENERGIE	16
3 SVETELNO – TECHNICKÉ VLASTNOSTI SVETELNÝCH ZDROJOV	17
3.1 ŽIARIVÝ TOK	17
3.2 SVETELNÝ TOK.....	17
3.3 PRÍKON SVETELNÉHO ZDROJA.....	17
3.4 MERNÝ VÝKON	17
3.5 SVETELNÉ MNOŽSTVO	18
3.6 SVIETIVOSŤ	18
3.7 INTENZITA OSVETLENIA	18
3.8 JAS.....	19
3.9 OSVIT	19
3.10 ŽIVOT SVETELNÉHO ZDROJA	19
3.11 TEPLOTA CHROMATIČNOSTI.....	19
3.12 INDEX PODANIA FARIEB.....	19
4 VPLYV TEPLOTY A POLOHY NA PREVÁDZKOVÉ VLASTNOSTI SVETELNÝCH ZDROJOV	20
4.1 KLASICKÁ ŽIAROVKA	20
4.2 HALOGENOVÁ ŽIAROVKA.....	20
4.3 NÍZKOTLAKOVÁ ORTUŤOVÁ VÝBOJKA (ŽIARIVKA LINEÁRNA)	21
4.4 KOMPAKTNÁ ŽIARIVKA.....	22
4.5 NÍZKOTLAKOVÁ SODÍKOVÁ VÝBOJKA.....	22
4.6 VYSOKOTLAKOVÁ SODÍKOVÁ VÝBOJKA	22
4.7 VYSOKOTLAKOVÁ ORTUŤOVÁ VÝBOJKA	23
4.8 VYSOKOTLAKOVÁ HALOGENIDOVÁ VÝBOJKA.....	23
4.9 LED SVETELNÝ ZDROJ	24
5 ELEKTRICKÝ VÝBOJ	25
5.1 PRINCÍP A ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI ELEKTRICKÉHO VÝBOJA	25
5.2 NÍZKOTLAKOVÝ OBLÚKOVÝ VÝBOJ V ŽIARIVKÁCH.....	27
5.3 VYSOKOTLAKOVÝ OBLÚKOVÝ VÝBOJ VO VYSOKOTLAKOVÝCH ORTUŤOVÝCH VÝBOJKÁCH....	27
5.4 LUMINOFOR A FOTOLUMINISCENCIA	28
6 MERANIE SVETELNÉHO TOKU V ZÁVISLOSTI NA POLOHE SVETELNÉHO ZDROJA ..	29
6.1 POSTUP MERANIA A ZOSTAVENIE PRACOVISKA- METÓDA Č.1.....	29

6.2 POSTUP MERANIA A ZOSTAVENIE PRACOVISKA- METÓDA Č.2.....	30
6.3 CHLADENIE MERANÝCH SVETELNÝCH ZDROJOV	31
6.4 ZAPOJENIE SVETELNÝCH ZDROJOV DO SIETE.....	33
6.4.1 PRIAME PRIPOJENIE NA SIET'	33
6.4.2 PRIPOJENIE VYSOKOTLAKOVÝCH VÝBOJOK	33
6.4.3 PRIPOJENIE LINEÁRNEJ ŽIARIVKY	34
6.5 SPRACOVANIE VÝSLEDKOV	34
6.6 VÝSLEDKY MERANIA, ZÍSKANÉ MERANÍM POMOCOU METÓDY Č.1.....	35
6.6.1 KLASICKÁ ŽIAROVKA	35
6.6.2 HALOGENOVÁ ŽIAROVKA	36
6.6.3 NÍZKOTLAKOVÁ ORTUŽOVÁ VÝBOJKA (LINEÁRNA ŽIARIVKA)	37
6.6.4 KOMPAKTNÁ ŽIARIVKA	37
6.6.5 VYSOKOTLAKOVÁ ORTUŽOVÁ VÝBOJKA	39
6.6.6 VYSOKOTLAKOVÁ SODÍKOVÁ VÝBOJKA	40
6.6.7 VYSOKOTLAKOVÁ HALOGENIDOVÁ VÝBOJKA	41
6.6.8 LED SVETELNÝ ZDROJ	43
6.7 VÝSLEDKY MERANIA, ZÍSKANÉ MERANÍM POMOCOU METÓDY Č.2.....	44
6.7.1 KOMPAKTNÁ ŽIARIVKA	44
6.8 PREHLAD NAMERANÝCH ZÁVISLOSTÍ.....	45
7 ZÁVER.....	47
7.1 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	47
7.2 VÝSLEDOK PRÁCE A JEJ PRÍNOS	47
7.3 NÁVRH ĎALŠIEHO POSTUPU	48
POUŽITÁ LITERATURA	49
POUŽITÉ PŘÍSTROJE	50
PŘÍLOHA A- MERANIE SVETELNÝCH ZDROJOV V GUĽOVOM INTEGRÁTORE.....	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Rozdelenie elektrických svetelných zdrojov.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 4-1 Vplyv polohy klasickej žiarovky (60 W) na jej teplotu.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4-2 Závislosť svetelného toku lineárnej žiarivky na teplote okolia.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 4-3 Závislosť svetelného toku kompaktnej žiarivky na teplote okolia.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 4-4 Vplyv polohy halogenidovej výbojky na tvar výbojovej cesty.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 4-5 Doplnujúci popis k Obr.4-4.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 5-1 Rozloženie elektrónovej teploty a teploty plynu v elektrickom výboji v závislosti na tlaku</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 5-2 Závislosť merného výkonu ortuťového výboja na tlaku pár ortuti</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 6-1 Zostavenie pracoviska č.1: goniofotometer so svetelným zdrojom a ventilátorom.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 6-2 Princíp zmeny polohy svetelného zdroja na ramene goniofotometru.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 6-3 Zostavenie pracoviska č.2: goniofotometer so svetelným zdrojom, senzorom luxmetru a ventilátorom.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 6-4 Osadenie ventilátora (12 V) na svetelnom zdroji</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 6-5 Schéma zapojenia vysokotlakovej sodíkovej výbojky TESLA SHC 250 W</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 6-6 Schéma zapojenia lineárnej žiarivky OSRAM L 36W/21-840</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 6-7 Závislosť svetelného toku na polohe - klasická žiarovka.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 6-8 Závislosť svetelného toku na polohe - halogénová žiarovka</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 6-9 Závislosť svetelného toku na polohe – lineárna žiarivka</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 6-10 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.1.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 6-11 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.2.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 6-12 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.3.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 6-13 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková ortuťová výbojka.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 6-14 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková ortuťová výbojka + malý ventilátor</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 6-15 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková sodíková výbojka</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 6-16 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková sodíková výbojka + malý ventilátor</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 6-17 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková halogenidová výbojka č.1</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 6-18 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková halogenidová výbojka č.2</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 6-19 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková halogenidová výbojka č.3</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 6-20 Závislosť svetelného toku na polohe – LED svetelný zdroj</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 6-21 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.1.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 6-22 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.4.....</i>	<i>45</i>

<i>Příloha A- 1 Návrh zostavenia pracoviska pre meranie v guľovom integrátore (perspektívny pohľad vnútri guľového integrátoru)</i>	<i>51</i>
<i>Příloha A- 2 Návrh zostavenia pracoviska pre meranie v guľovom integrátore (bočný pohľad na guľový integrátor)</i>	<i>52</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 6–1</i>	<i>Prehľadová tabuľka závislostí svetelného toku na polohe svetelných zdrojov</i>	<i>46</i>
-----------------	---	-----------

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Veličina	Značka jednotky
A	veľkosť osvetľovacej plochy	m ²
d	priemer horáku	m
E _{max.}	maximálna intenzita osvetlenia	lx
E _{poloha}	intenzita osvetlenia v danej polohe	lx
E	intenzita osvetlenia	lx
f	frekvencia	Hz
H	osvit	lx.s
I _s	stredná svietivosť svetelného zdroja	cd
I _v	svietivosť svetelného zdroja	cd
I	elektrický prúd	A
J	prúdová hustota	A.m ⁻²
K	spektrálna svetelná účinnosť	lm.W ⁻¹
l	vzdialenosť osvetľovanej plochy	m
l _e	vzdialenosť elektród	m
L	jas svietiaceho povrchu	cd.m ⁻²
p	tlak	Pa
P	príkon	W
Q	svetelné množstvo	lm.s
Q _e	energia žiarenia	W.s
R _a	index podania farieb	-
t	čas	s
T _C	teplota chromatičnosti	K
T _V	život svetelného zdroja	h
T	termodynamická teplota	K
U	elektrické napätie	V
λ	vlnová dĺžka	m
Φ _e	žiarivý tok	W

Značka	Veličina	Značka jednotky
Φ	svetelný tok	lm
η	merný výkon	lm.W ⁻¹
v	teplota	°C
Ω	priestorový uhol	sr
LED	light emitting diode	
UV žiarenie	ultrafialové žiarenie	

1 ÚVOD

Táto práca sa zaoberá problematikou vplyvu polohy svetelného zdroja na jeho prevádzkové parametre a to hlavne na svetelný tok. Z hľadiska čistého užívateľa svetla môže byť zaujímavý len svetelný tok alebo intenzita svetla. Na druhej strane, z hľadiska výrobcu alebo prevádzkovateľa svetelného zdroja, sú už zaujímavé aj veličiny ako napríklad príkon, teplota, účinnosť alebo taká životnosť svetelného zdroja. Práca sa skladá z teoretickej a praktickej časti.

V teoretickej časti práce je stručné rozdelenie svetelných zdrojov z pohľadu princípu premeny energie a sú tu definované najdôležitejšie svetelno-technické parametre svetelných zdrojov. Na teoretickej úrovni je rozobraný vplyv polohy svetelného zdroja na prevádzkové parametre a s ním úzko súvisiaci vplyv teploty na prevádzkové vlastnosti. V tejto časti práce je ďalej definovaný princíp elektrického výboja a jeho použitie v osvetľovacej technike. Ďalej táto časť sa venuje luminoforom, ktoré sú dôležitou súčasťou výbojových svetelných zdrojov.

Praktická časť pozostáva z vlastného merania svetelného toku vybraných svetelných zdrojov, vyhodnotenia nameraných údajov a zdôvodnenia výsledkov merania.

2 ROZDELENIE SVETELNÝCH ZDROJOV PODĽA PRINCÍPU PREMENY ENERGIE

Svetlo je elektromagnetické žiarenie, ktoré je schopné prostredníctvom zrakového orgánu vzbudiť zrakový vnem. Vlnové dĺžky λ viditeľného svetla sú v rozmedzí od 380 nm do 780 nm. Kde vlnovej dĺžke 380 nm zodpovedá farba fialová a vlnovej dĺžke 780 nm farba červená.[5]

Vo svetelnom zdroji premenou elektrickej energie na svetelnú energiu vzniká svetlo. Tento proces môže prebiehať tromi nasledujúcimi fyzikálnymi spôsobmi:

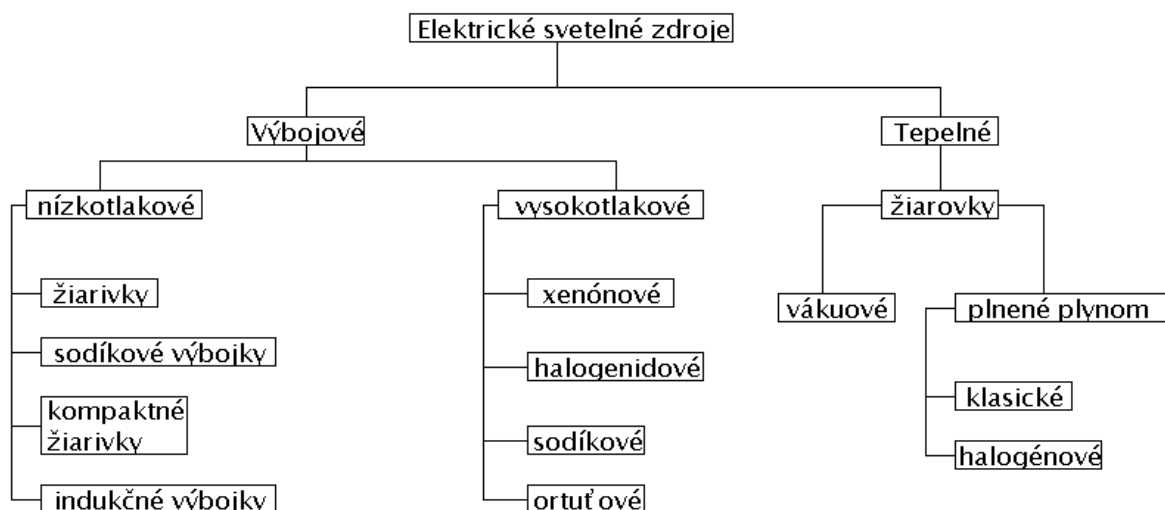
1. inkadescenciou tj. tepelným budením pri zahriati telesa na vysokú teplotu,
2. vybudením atómov plynu alebo pár kovu v elektrickom výboji,
3. luminiscenciou pevných látok. [3]

Žiarovka ako tepelný zdroj svetla, funguje na princípu inkadescencie popísanej v bode 1. Prúd prechádzajúci vodivou pevnou látkou s vysokou teplotou topenia (wolfram) ju zahreje na teplotu, pri ktorej dochádza k emisii viditeľného žiarenia. Na tomto princípu pracujú klasické wolfrámové a halogénové žiarovky. [3]

Výbojka ako výbojový zdroj svetla pracuje podľa princípu popísaného v bode 2. Elektrická energia sa premení na kinetickú energiu pohybujúcich sa elektrónov. Následne sa elektróny zrážajú s molekulami plynov (halogenidy) alebo s kovovými parami (sodík, ortuť). Ako výsledok týchto zrážok dochádza k emisii viditeľného žiarenia. Na tomto princípu pracujú vysokotlakové aj nízkotlakové výbojové zdroje. [3]

Luminiscencia je jav, pri ktorom hmota (luminofor) emituje žiarenie, ktorého intenzita je väčšia než teplotné žiarenie hmoty pri rovnakej teplote. Ide v podstate o vybudenie a následné samovoľné odbudenie atómov vhodných plynov, pár kovov alebo pevných látok. Na tomto princípe fungujú svetlo emitujúce diódy a luminofory, ktoré pokrývajú žiarivky a niektoré vysokotlakové výbojky. [3]

Základné rozdelenie elektrických svetelných zdrojov je zobrazené na Obr. 2-1 [1 str. 109].



Obr. 2-1 Rozdelenie elektrických svetelných zdrojov

3 SVETELNO – TECHNICKÉ VLASTNOSTI SVETELNÝCH ZDROJOV

Základné vlastnosti na rozoznávanie respektíve výber svetelných zdrojov sú svetelno-technické, elektrické, kolorimetrické a ekonomické vlastnosti.

Táto kapitola sa bude zaoberať hlavne svetelno-technickými vlastnosťami svetelných zdrojov, ktoré vyjadrujú účinky svetelného zdroja na zrakový orgán. V závere kapitoly budú spomenuté aj najdôležitejšie kolorimetrické veličiny, ktoré akceptujú farebné vlastnosti svetla.

3.1 Žiarivý tok

Žiarivý tok Φ_e svetelného zdroja je množstvo žiarivej energie prenesenej tokom fotónov za jednotku času.

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt} \quad (W; W_{s,s}) \quad (3.1)$$

Jednotkou žiarivého toku je watt (W). Ide o veličinu energetickú, pomocou žiarivého toku je definovaný svetelný tok. [3]

3.2 Svetelný tok

Svetelný tok Φ vyjadruje schopnosť žiarivého toku spôsobiť zrakový vnem. Táto veličina rešpektuje citlivosť ľudského oka.

$$\Phi = K \cdot \Phi_e \quad (lm; lm \cdot W^{-1}, W) \quad (3.2)$$

Kde K je spektrálna svetelná účinnosť. Jednotkou svetelného toku je lúmen (lm). [3]

3.3 Príkon svetelného zdroja

Aby bolo možné zadefinovať merný výkon η jednu z najdôležitejších veličín popisujúcich svetelný zdroj, je nutné spomenúť príkon svetelných zdrojov P (W). Príkon je množstvo energie spotrebovanej svetelným zdrojom za jednotku času. Táto veličina popisuje svetelný zdroj z hľadiska elektrického.

U svetelných zdrojov bez predradného obvodu, je výkon zdroja totožný s jeho príkonom. U zdrojov s predradným obvodom ako sú žiarivky alebo výbojky, je nutné k príkonu svetelného zdroja pripočítať príkon predradného obvodu (tlmivky). Toto navýšenie príkonu pokrýva straty v predradnom obvode (tlmivke). [3]

3.4 Merný výkon

Veličina merný výkon η sa používa na posúdenie účinnosti premeny elektrickej energie na svetlo. Vyjadruje podiel vyžiareného svetelného toku Φ ku príkonu zdroja P .

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (lm \cdot W^{-1}; lm, W) \quad (3.3)$$

Jednotkou merného výkonu je lúmen na watt ($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$). [3]

3.5 Svetelné množstvo

Svetelné množstvo Q je súčin svetelného toku Φ a doby, počas ktorej svetelný zdroj svieti.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \Phi dt \quad (\text{lm} \cdot \text{s}; \text{lm} \cdot \text{s}) \quad (3.4)$$

Základnou jednotkou svetelného množstva je lúmen sekunda ($\text{lm} \cdot \text{s}$). Často používaná je jednotka lúmen hodina ($\text{lm} \cdot \text{h}$). [3]

3.6 Svietivosť

Svietivosť I_V je veličina popisujúca priestorovú hustotu svetelného toku v danom smere. Je to podiel svetelného toku Φ vyžiareného v niektorom smere do nekonečne malého priestorového uhlu a veľkosti tohto uhlu Ω .

$$I_V = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}) \quad (3.5)$$

Hlavná jednotka svietivosti je kandela (cd). Jednotka priestorového uhlu je steradián (sr).

Keď vyžaruje bodový zdroj súhrnný svetelný tok do celého priestorového uhlu ($\Omega = 4\pi \text{sr}$) potom hovoríme o priemernej hodnote svietivosti respektíve o strednej svietivosti zdroja. [3]

$$I_s = \frac{\Phi}{4\pi} \quad (\text{cd}; \text{lm}, -) \quad (3.6)$$

3.7 Intenzita osvetlenia

Intenzita osvetlenia E je veličina, ktorá udáva ako je uvažovaný predmet alebo plocha osvetlená dopadajúcim svetelným tokom. Intenzita osvetlenia v danom bode plochy A je podiel svetelného toku Φ , ktorý dopadá na element plochy dA .

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (\text{lx}; \text{lm}, \text{m}^2) \quad (3.7)$$

Závislosť intenzity osvetlenia E na svietivosti zdroja I_V a na vzdialenosti osvetľovanej plochy l je definovaná nasledovne. Intenzita osvetlenia klesá s druhou mocninou vzdialenosti osvetľovanej plochy od zdroja.

$$E = \frac{I_V}{l^2} \quad (\text{lx}; \text{cd}, \text{m}) \quad (3.8)$$

Jednotka intenzity osvetlenia je lux (lx). 1 lx je intenzita osvetlenia svetelným tokom 1 lm dopadajúcim rovnomerne na plochu 1 m^2 .

Svetelný zdroj o svietivosti 1 cd vysieľa do priestorového uhlu 1 sr svetelný tok 1 lm tento svetelný tok osvetľuje vo vzdialenosti 1 m plochu 1 m^2 intenzitou 1 lx. [3]

3.8 Jas

Jas L svietiaceho povrchu svetelného zdroja v niektorom smere je podiel svietivosti I_V a veľkosti svietiacej plochy A .

$$L = \frac{dI_V}{dA} \quad (\text{cd.m}^{-2}; \text{cd, m}^2) \quad (3.9)$$

Jednotkou jasu je kandela na meter štvorcový (cd.m^{-2}). Keď porovnávam dva povrchy pri rôznom jase, hovoríme o ich vzájomnom pomere jasov (kontraste). [3]

3.9 Osvit

Osvit H je súčin intenzity osvetlenia E a jeho trvania (doba osvitu).

$$H = \int_{t_1}^{t_2} E dt \quad (\text{lx.s}; \text{lx, s}) \quad (3.10)$$

Jednotkou osvitu je lux sekunda (lx.s). [3]

3.10 Život svetelného zdroja

Život svetelného zdroja T_V (h) je doba funkčnosti zdroja do okamžiku, keď prestal splňovať stanovené požiadavky. Obvykle sa vyjadruje v hodinách. Používajú sa dva pojmy užitočný a fyzický život zdroja. Užitočný život je doba funkčnosti zdroja, počas ktorej sa parametre zdroja zachovávajú v stanovených medziach. Fyzický život je celková doba svietenia do okamžiku úplnej straty schopnosti prevádzky. [3]

3.11 Teplota chromatičnosti

Teplotou chromatičnosti T_C (K) je označovaná ekvivalentná teplota tzv. čierneho žiariča, pri ktorej je spektrálne zloženie žiarenia týchto zdrojov blízke. Táto veličina má výrazný vplyv na vhodnosť použitia svetelného zdroja na konkrétne zrakové činnosti. Náhradná teplota sa používa u svetelných zdrojoch s čiarovým spektrom, teda u výbojových svetelných zdrojoch. Teplota chromatičnosti popisuje svetelný zdroj z hľadiska kolorimetrického. [3]

3.12 Index podania farieb

Účinok svetelného zdroja na farbu a vzhľad predmetu ním osvetleným definuje akosť podania farieb. Vzhľad je pritom porovnávaný so vzhľadom týchto telies pri osvetlení normalizovaným druhom svetla. Toto normalizované môže byť denné svetlo alebo svetlo od obvyčajnej žiarovky. Číselné vyjadrenie stupňa zhodnosti farebného vnemu predmetov osvetlených uvažovaným zdrojom a farby tých istých predmetov osvetlených normalizovaným zdrojom sa nazýva index podania farieb R_a (-). Index podania farieb popisuje svetelný zdroj z hľadiska kolorimetrického. [3]

4 VPLYV TEPLOTY A POLOHY NA PREVÁDZKOVÉ VLASTNOSTI SVETELNÝCH ZDROJOV

V tejto kapitole sa analyzuje vplyv teploty a polohy na vlastnosti svetelných zdrojov. Informatívne sú tu zobrazené pracovné teploty svetelných zdrojov a doporučené prevádzkové polohy zdrojov.

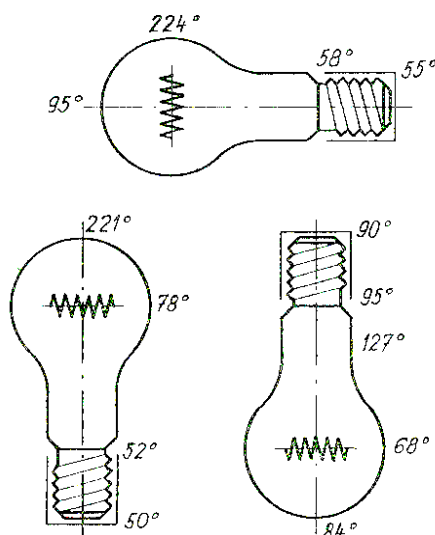
Teplota okolitého prostredia má vplyv na parametre svetelných zdrojov a to hlavne na svetelný tok. U tepelných svetelných zdrojov je tento vplyv minimálny, ale u výbojových zdrojov je nutné s týmto vplyvom počítať pri ich prevádzke. U LED svetelných zdrojoch je závislosť svetelného toku na teplote veľmi výrazná.

Poloha svetelného zdroja ovplyvňuje hlavne svetelný tok zdroja a následne aj jeho teplotu. U tepelných svetelných zdrojov je vplyv polohy zanedbateľný. U výbojových svetelných zdrojov poloha výrazne ovplyvňuje svetelný tok zdroja aj jeho teplotu. U LED svetelných zdrojov poloha nemá vôbec žiadny vplyv na prevádzkové vlastnosti zdroja, alebo len minimálny.

4.1 Klasická žiarovka

Pracuje v širokom intervale prípustných prevádzkových teplôt okolitého prostredia pri zanedbateľnom vplyve na parametre žiarovky. Teplota vlákna obyčajných žiaroviek sa podľa príkonu (40-200W) pohybuje v rozmedzí (2000-2640) °C. [4]

Poloha žiarovky má minimálny vplyv na svetelný tok. Poloha ovplyvňuje teplotu na povrchu banky a teplotu päťice podľa Obr. 4-1 [4]. [4]



Obr. 4-1 Vplyv polohy klasickej žiarovky (60 W) na jej teplotu

4.2 Halogénová žiarovka

Prevádzka halogénovej žiarovky, obzvlášť jej svetelný tok, je skoro úplne nezávislá na teplote okolia či sa jedná o jednopäťicové alebo dvojpäťicové prevedenie. Teplota vlákna

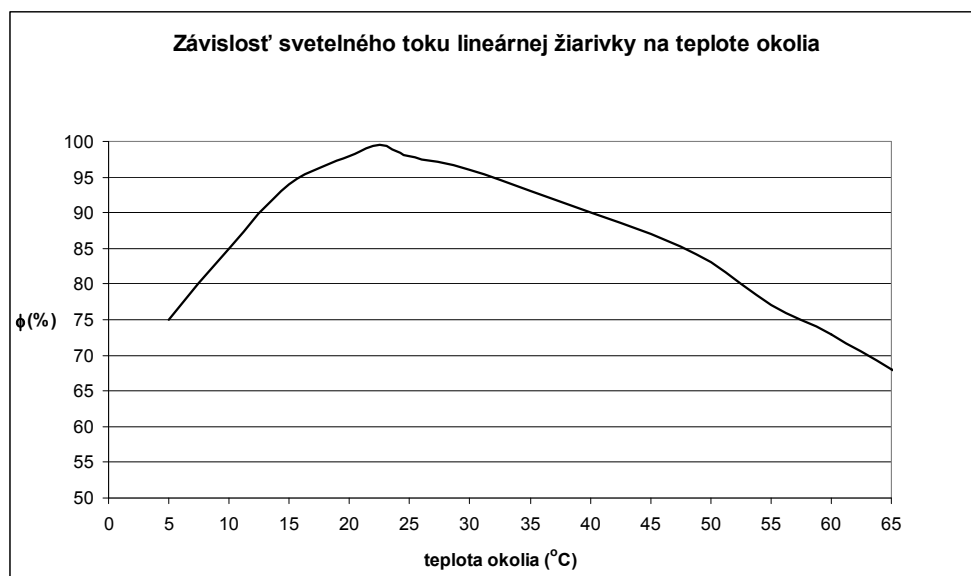
halogénovej žiarovky sa pohybuje v intervale (2000-3200) °C. Teplota v mieste päťice nesmie prekročiť 300 °C inak dôjde k oksydočeniu prívodu a prerušeniu zatavenia priechodky. [3]

U dvojpäťicovej (lineárnej) halogénovej žiarovky prevádzkovej vo zvislej polohe môže tepelná difúzia obmedziť koncentráciu halogénu na spodnej časti, takže v hornej teplejšej časti neprebíha halogénový cyklus. Tento jav sa zmenší, keď je rozdiel atómových hmotností halogénu a inertného plynu minimálny. Zmes brómu a kryptónu je veľmi výhodná naopak zmes jódu a argónu podmieňuje prevádzku vo vodorovnej polohe. Dlhé lineárne žiarovky o priemere trubice 8 až 10 mm sa prevádzkujú len vo vodorovnej polohe, lebo príchytka vlákna zabraňuje previsom a deformáciám len v tejto polohe. [3] Pre kratšie lineárne halogénové žiarovky do (500 W) je poloha ľubovoľná. Nad (500 W) je doporučená prevádzková poloha vodorovná.

U jednopäťicovej halogénovej žiarovky je poloha svietenia ľubovoľná. [6] [7]

4.3 Nízkotlaková ortuťová výbojka (žiarivka lineárna)

Optimálny tlak pár ortuti v trubici o priemere 25 až 50 mm (najbežnejšia veľkosť 38mm) sa dá zachovať vtedy, keď má najchladnejšie miesto teplotu 40 °C až 45 °C (tlak pár závisí na teplote najchladnejšieho miesta na povrchu výbojovej trubice). Keď je žiarivka prevádzkovaná pri izbovej teplote 20 °C až 25 °C, je stena trubice vyhriata na teplotu 40 °C až 45 °C. [3] Pri použití v uzavretých svietidlách sa môže teplota steny trubice ohriať až na 65 °C, takže sa svetelný tok zmenší až o 20 až 25%. Závislosť svetelného toku lineárnej žiarivky na teplote je znázornená na Obr. 4-2 [1 str.124]. Sú možné dve riešenia tohto problému. Za prvé sa môže svietidlo vetrať, keď je súčasťou systému osvetlenia a klimatizácie. Vtedy je vzduch odsávaný z miestnosti cez svietidlá. Druhé riešenie je možné pri použití amalgámových žiariviek pracujúcich účinne pri vyšších teplotách. [3]

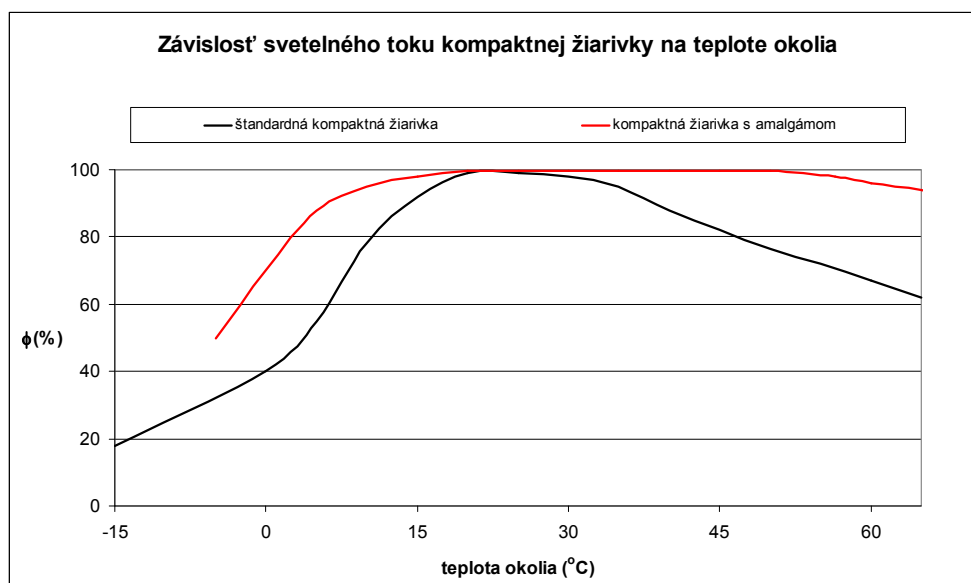


Obr. 4-2 Závislosť svetelného toku lineárnej žiarivky na teplote okolia

Poloha je ľubovoľná pri priemere 26 a 38mm. U priemeru 16mm pri prevádzke vo zvislej polohe sa žiarivky umiestňujú s päťicou s tlačou dole. U kruhových žiariviek je pri vertikálnej prevádzke päťica dole. [6]

4.4 Kompaktná žiarivka

Vplyv zvýšenej respektíve zníženej teploty okolia môže spôsobiť zmenšenie svetelného výkonu až o 80%. Tento problém sa rieši náhradou ortuti amalgámom india, ktorý jednak spôsobuje posunutie maxima svetelného výkonu žiarivky v závislosti na okolitej teplote smerom k vyšším teplotám, jednak robí túto závislosť menej strmú. Pracovný rozsah teplôt, pri ktorých je svetelný tok konštantný sa rozširuje od +5 °C do +65 °C, pričom ešte pri teplote -5 °C je svetelný tok o 20% a pri teplote +60 °C o 30% vyšší ako u žiariviek bez amalgámu. [1] Závislosť svetelného toku štandardnej žiarivky a žiarivky s amalgámom na teplote je zobrazená na Obr. 4-3 [1 str. 130].



Obr. 4-3 Závislosť svetelného toku kompaktnej žiarivky na teplote okolia

V súčasnosti vyrábané kompaktné žiarovky majú ľubovoľnú polohu svietenia. [6] [7] [8]

4.5 Nízkotlaková sodíková výbojka

Výbojka pracuje pri pracovnej teplote výbojkovej trubice 270 °C. Zvýšenie prevádzkovej teploty, obzvlášť v mieste zatavenia priechodiek, vedie ku zvýšeniu tlaku sodíkových pár respektíve k zvýšeniu napätia na výbojke. Po prekročení kritického hodnoty výbojka zhasne. [3]

Poloha je obmedzená na vodorovnú rovinu s maximálnou odchýlkou 20 °. Inak dochádza ku kondenzácii sodíku v chladnejšej časti výbojkovej trubice a vzniku červenej farby v teplejšej časti. Len u výbojok malých výkonov (35 W, 55 W) sa dovoľuje i zvislá poloha horenia s päticou nahor. [3] U väčších výkonov (nad 55 W) je pracovná poloha vodorovná. [6] [7]

4.6 Vysokotlaková sodíková výbojka

Výbojka pracuje pri pracovnej teplote steny výbojkovej trubice až 1200 °C. Zvýšenie prevádzkovej teploty, obzvlášť v mieste zatavenia priechodiek, vedie ku zvýšeniu tlaku sodíkových pár respektíve k zvýšeniu napätia na výbojke. Po prekročení kritického hodnoty výbojka zhasne. Doporučená poloha svietenia pre staršie typy výbojok je vodorovná až zvislá s päticou nahor. [3] Pre súčasne vyrábané vysokotlakové sodíkové výbojky je poloha svietenia ľubovoľná. [6] [7]

4.7 Vysokotlaková ortuťová výbojka

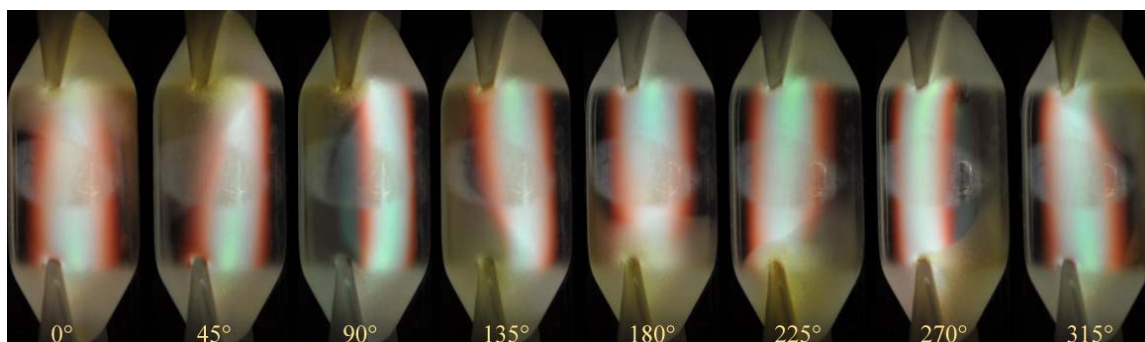
Výbojka funguje spoľahlivo pri pracovnej teplote obalu horáku do 700 °C. [3] Výbojka má vysokú odolnosť voči zmenám teploty. Okolité teplota má malý vplyv na prevádzkové parametre a výbojky spoľahlivo fungujú do teploty -20 °C až -25 °C. [1]

Keď výbojka svieti vo vodorovnej polohe, dochádza k prehnutiu výbojového zväzku ku stene horáka, tepelné straty sa zväčšujú a svetelný tok poklesne až o 7%. [3] V súčasnosti vyrábané ortuťové výbojky majú ľubovoľnú polohu svietenia. [6] [7]

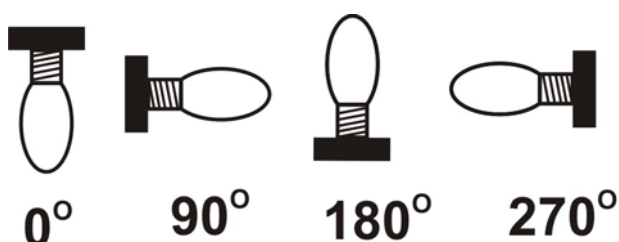
4.8 Vysokotlaková halogenidová výbojka

Geometria kremenného horáku musí zabezpečiť dostatočne vysokú teplotu potrebnú pre funkciu výbojky. Vyžaduje to 700 °C až 750 °C minimálne. [3]

Vo vodorovnej polohe môže extrémne zúženie výboja viesť k vyhnutiu výboja smerom ku stene horáku a spôsobiť nadmerné lokálne prehriatie kremeňa až k bodu mäknutia. Je preto potrebné zamedziť, aby konce horáku neboli príliš chladné a to obzvlášť vtedy, keď je doporučená poloha vodorovná. Vzhľadom k vysokým prevádzkovým teplotám sa obmedzuje pracovná poloha päticou nahor na najmenšiu mieru. V takomto prípade dochádza ku kondenzácii jodidu v spodnej časti horáku, kde je najnižšia teplota. Tento problém sa u univerzálnych výbojkách odstraňuje úpravou pomeru $d:l_e=1:4$, kde d je priemer horáku a l_e je vzdialenosť elektród. [3] U nových výbojok sa horák vyrába z polykrištalickeho oxidu hlinitého. [1] Zmena polohy halogenidovej výbojky respektíve horáku výbojky ovplyvňuje prevádzkové parametre výbojky ako napríklad elektrické, fotometrické a tepelné parametre. Keď výbojka pracuje v polohe zvislej s päticou hore, je elektrický výboj v horáku rovnomerne rozložený medzi elektródami a svetlo sa produkuje z maximálnej plochy výboja. Výboj sa nedotýka steny horáku, takže prenos tepla je sprostredkovaný hlavne radiáciou, čo vedie ku stabilizácii výboja. Časť tepla z výboja je odvedená vedením tepla, ktoré zahrieva časti výbojky a následne rozptýl tepla prebieha cez päticu. Naopak ak výbojka pracuje tiež vo zvislej polohe ale s päticou dole, dochádza ku stabilizácii výboja za rovnakých podmienok. V tejto pozícii sa cez päticu neodvádza teplo, takže pätica je minimálne zahrievaná. Najpoužívanějšía pracovná poloha výbojky je vodorovná. V tejto pozícii sa výboj vychýľuje od svojej strednej cesty medzi elektródami, k hornej stene horáku. Takto dochádza k predĺženiu výbojovej cesty. Toto predĺženie výbojovej cesty vyvolá zmenu dynamického odporu výboja, čo väčšinou vedie k zníženiu výkonu výbojky. Tento pokles výkonu sa prejaví na znížení svetelného toku, zmenou vnútorného tlaku a výrazná zmena nastane v spektre emitovaného svetla. [2] Z Obr.4-4 [2] je vidieť, že poloha výbojky ovplyvňuje tvar výbojovej cesty vnútri v horáku. Na Obr.4-5 je zobrazený doplnujúci popis, ktorý zobrazuje aká poloha výbojky prislúcha k daným stupňom zobrazeným na Obr.4-4. Na Obr.4-5 sú zobrazené len štyri hlavné polohy a to 0°, 90°, 180° a 270°. Ostatné polohy a to 45°, 135°, 225° a 315° sú polohy situované medzi štyrmi hlavnými. Princíp natáčania zdrojov je proti hodinám, kedy sa začína s polohou 0°, pokračuje poloha 45° a poloha 90° atď.



Obr. 4-4 Vplyv polohy halogenidovej výbojky na tvar výbojovej cesty



Obr. 4-5 Doplnujúci popis k Obr.4-4

V súčasnosti vyrábané vysokotlakové halogenidové výbojky majú doporučené polohy svietenia a to vodorovnú u výbojok tubovitého tvaru (nad 1000 W). U výbojok eliptického tvaru (nad 400 W) je doporučená pracovná poloha zvislá s päticou hore. U menších výkonov je poloha svietenia ľubovoľná či ide o tvar eliptický alebo tubovitý. [6] [7] [8]

4.9 LED svetelný zdroj

Výkonnosť diód závisí dosť výrazne na okolitej teplote. Všeobecne platí, že zvýšenie teploty o 50 °C znamená zmenšenie výkonu o 30%. Čím výkonnejšia LED, tým je vyššia teplota a nižšia životnosť a tiež pri vyššej teplote klesá svietivosť a to sa dá kompenzovať len kvalitným chladením. [3]

Poloha LED svetelného zdroja nemá vplyv na svetelný tok . [6] [7] [8]

5 ELEKTRICKÝ VÝBOJ

Výbojové svetelné zdroje produkujú svetlo pomocou vzniku viditeľného žiarenia v elektrickom výboji popripade premenou neviditeľného žiarenia vo vrstve luminoforu. U výbojových svetelných zdrojov je vplyv polohy na svetelno-technické parametre výrazný, preto bude táto kapitola venovaná elektrickému výboju, výbojovým svetelným zdrojom a luminoforu.

5.1 Princíp a základné vlastnosti elektrického výboja

Druh elektrického výboja je závislý na druhu plynu, jeho tlaku, na tom, či sú elektródy studené alebo nažhavené a na parametroch napájacieho obvodu. Vo vodičoch existujú voľne elektróny na vedenie prúdu, ale v plynach nie sú k dispozícii, preto je nutné atómy plynu najprv ionizovať, aby bolo možné vedenie prúdu. [5] Vo výbojovej trubici s dvoma elektródami, na ktoré je zapojené elektrické napätie, sa budú vzniknuté elektróny posúvať k anóde a kladné ióny ku katóde. Súčet prúdu elektrónov a iónov dáva celkový prúd prechádzajúci trubicou. Iónový prúd tvorí iba 0,1 % až 1 % celkového prúdu, čo má za následok malá pohyblivosť iónov. Pre vedenie elektrického prúdu v plyne je dôležitá prítomnosť prvotných elektrónov, ktoré sa získavajú:

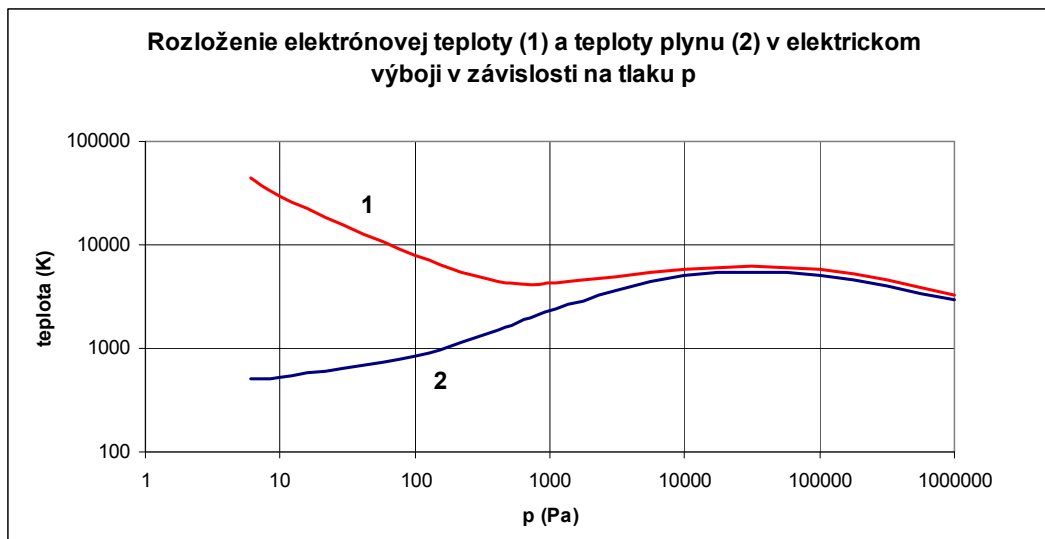
- autoemisiou - priloženie elektrického napätia na katódu,
- termoemisiou- pri vysokej teplote katódy. [3]

Elektróny pri svojom pohybu k anóde narážajú na atómy plynu. Zrážky sú pružné a nepružné a dochádza pri nich k odovzdávaniu kinetickej energie. Pri pružnej zrážke elektrónu s atómom sa zemní rýchlosť atómu, ale usporiadanie elektrónov v atóme sa nemení. Pri nepružnej zrážke dochádza k vybudeniu atómu a vyžiareniu fotónu [5]

V osvetľovacej technike našiel uplatnenie dúťnavý a oblúkový výboj. Využíva sa dvoch typov oblúkového výboja, a to oblúk nízkotlakový (žiarivky) a vysokotlakový oblúk (vysokotlaková ortuťová výbojka). Schopnosť samostatného udržania sa oblúkového výboja je zaručená dostatočným zahriatím katódy veľkou prúdovou hustotou a následnou termoemisiou elektrónov. [5]

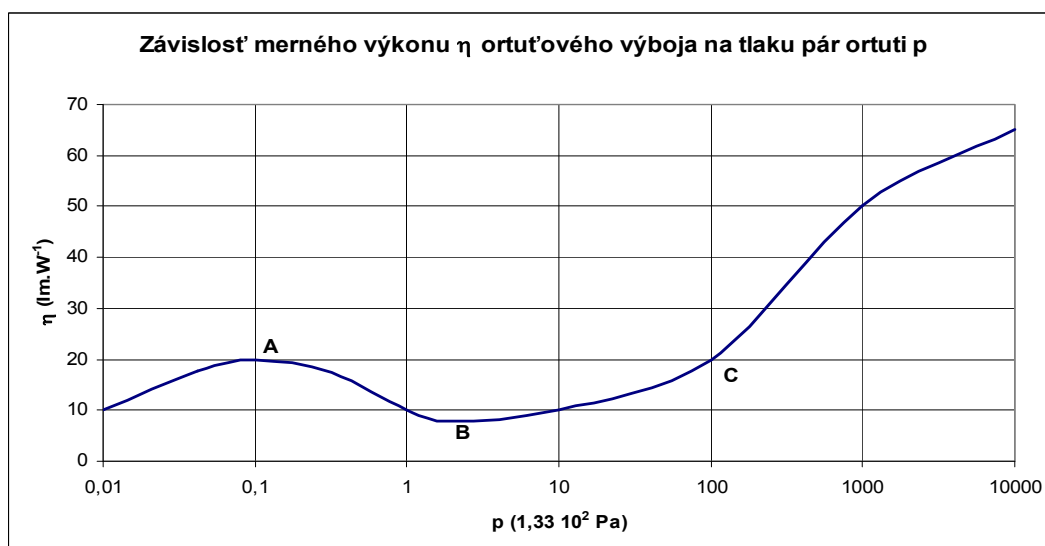
Nízkotlakový oblúkový výboj je charakteristický malými prúdovými hustotami (desiatky $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$). Naopak vysokotlakový oblúkový výboj sa vyznačuje vyššími prúdovými hustotami (nad $1\text{ A}\cdot\text{cm}^{-2}$). [3]

Oba typy oblúkového výboja sa odlišujú rozložením rýchlosti elektrónov v plazme, ktorá je charakterizovaná teplotou. U nízkotlakového výboja je teplota plynu len o málo vyššia než je teplota steny výbojky a len málokedy presiahne 550 K, zatiaľ čo elektrónová teplota je rádovo 105 K. Vo vysokotlakovom výboji je teplota plynu a elektrónová teplota skoro rovná. Teplota plynu sa postupne zvyšuje a to hlavne pružnými zrážkami a tak elektrónová teplota postupne klesá až sa obe teploty vyrovnajú na teplote 4000 K až 6000 K vid. Obr. 5–1 [3 str. 55]. [3]



Obr. 5-1 Rozloženie elektrónovej teploty a teploty plynu v elektrickom výboji v závislosti na tlaku

Na Obr. 5–2 [3 str. 147] je zobrazená závislosť merného výkonu ortuťového výboja na tlaku pár ortuti. V oblasti bodu *A* pri malej prúdovej hustote a tlaku pár pracujú žiarivky. V oblasti medzi bodmi *A* a *B* dochádza k zmenšeniu merného výkonu v dôsledku, že pri zvyšujúcom sa tlaku pár sa zväčšuje počet pružných zrážok medzi elektrónmi a atómami ortuti. Energia vznikajúca vplyvom pružných zrážok sa zväčšuje respektíve merný výkon sa znižuje, súčasne sa zvyšuje teplota plynu a veľká časť príkonu zdroja sa prenáša vedením tepla na stenu výbojovej trubice. V bode *B* dosiahne teplota takej hodnoty, že dochádza k teplotnému žiareniu pár ortuti. Hranica medzi nízkotlakovou (žiarivka) a vysokotlakovou oblasťou (vysokotlaková výbojka) ortuťového výboja je bod *B*. Pri ďalšom zvyšovaní tlaku sa merný výkon prudko zvyšuje. Od bodu *B* sa dá pozorovať, že výboj sa zmršťuje smerom k ose horáka a nevyplňuje celý prierez, ako je tomu u nízkotlakového výboja. [3]



Obr. 5-2 Závislosť merného výkonu ortuťového výboja na tlaku pár ortuti

Nízkotlakový oblúkový výboj produkuje prevažne monochromatické rezonančné žiarenie, a to pre ortuťové pary ($\lambda=253,7$ nm) a sodíkové pary ($\lambda=589$ nm; $\lambda=589,6$ nm). Vysokotlakový

oblúkový výboj je charakteristický menším podielom rezonančného žiarenia, spektrum výboja sa stáva po častiach spojité. [5]

5.2 Nízkotlakový oblúkový výboj v žiarivkách

Optimálna účinnosť žiarivky je podmienená výstupom UV žiarenia ortuťového výboja. Tu hrá dôležitú úlohu predovšetkým tlak pár ortuti, prúdová hustota a tlak a druh plniaceho plynu. Tlak pár ortuti je daný teplotou najchladnejšieho miesta žiarivky. [1] Trubica žiarivky sa plní ortuťou a prímiesou vzácneho plynu ako napríklad argon niekedy neon. [3] Pracovní tlak ortuťových pár dosahuje hodnotu 1 Pa. [1] Prímies vzácneho plynu zvyšuje intenzitu rezonančných čiar ortuti. Pridaním argónu sa podstatne zvýši tlak v trubici a úmerne k tomu sa skráti stredná voľná dráha atómu ortuti. [1] Tím dôjde k podstatnému zvýšeniu pravdepodobnosti zrážok atómov ortuti s elektrónmi a obmedzí sa ich difúzia na steny trubice. Celý postup je spojený s prechodom metastabilných atómov ortuti na energetické hladiny, kde dochádza k vyžiareniu fotónu. Kombinácia argónu s ortuťou je vhodná aj z hľadiska zapalovania žiarivky. [3]

Po zapálení vzniká v žiarivke nízkotlakový výboj, v ktorom sú ionizované a vybudené atómy ortuti. Nízkotlakový výboj produkuje rezonančné žiarenie, ktoré je absorbované vo vrstve luminoforu. Nízkotlakový výboj je tiež zdrojom viditeľného žiarenia, takže spektrum žiarivky sa skladá z kombinácie spojitého pásma žiarenia luminoforu a viditeľných čiar nízkotlakového ortuťového výboja. [3]

Nízkotlakový ortuťový výboj pri izbovej teplote 20 °C až 25 °C, keď je trubica žiarivky zohriata na teplotu 40 °C až 45 °C produkuje:

- 67,37 % energie vo forme ultrafialové žiarenia,
- 2,63 % energie vo forme viditeľného žiarenia,
- 6 % energie vo forme stratového infračerveného žiarenia,
- 25 % energie tvoria nežiarivé straty.[3]

Energetická bilancia žiarivky o výkone 40 W s teplotou chromatickosti $T_c=3500$ K vyzerá nasledovne. Zo spotrebovaných 40 W je 0,7 W premenených priamo na svetlo a 25,5 W na rezonančné žiarenie. Časť 13,8 W tvoria straty na elektródach a časť straty, ktoré spôsobujú oteplenie trubice. Z 25,5 W premenených na UV žiarenie sa 7,7 W premení na svetlo v luminofore. Takže dohromady sa premení na svetlo len 21 % z celkového príkonu žiarivky. Zostatok 17,8 W, čo činí 79 % príkonu, sa premení na teplo v luminofore a podľa teplotného režimu v ktorom žiarivka pracuje, sa rozdelí na straty (prúdením, vedením, žiarením). Rozdelenie tepelných strát na žiarivé a nežiarivé závisí na umiestnení zdroja. [3]

5.3 Vysokotlakový oblúkový výboj vo vysokotlakových ortuťových výbojkách

Hlavná časť svetla vzniká v ortuťových parách pri tlaku 10^5 Pa a časť svetla vzniká premenou UV žiarenia v luminofore. Vysokotlakové ortuťové výbojky pracujú pri vysokom tlaku a vysokej prúdovej hustote oproti žiarivkám. Tím je docielené zvýšenie merného výkonu, posun vyžarovania energie k väčším vlnovým dĺžkam a k vzniku spojitého spektra, ktorého intenzita s

narastajúcim tlakom narastá. Hlavný podiel žiarenia pripadá na nerezonančné čiary, z ktorých časť leží v UV a štyri veľmi výrazne vo viditeľnej oblasti spektra.[1]

Vysokotlakové ortuťové výbojky pracujú pri vysokých tlakoch, kedy sa všetka ortuť v horáku vyparí a takto dochádza k režimu v oblasti prehriatych ortuťových pár. Je tu výrazná závislosť tlaku nasýtených ortuťových pár na teplote. V tomto režime i malé zmeny teploty steny trubice vyvolávajú značné zmeny tlaku, a tým i zmeny parametrov výboja. Aby výbojky nepracovali v režime nasýtených pár, plnia sa presnými dávkami ortuti. Takto dôjde v normálnych pracovných podmienkach k úplnému vypareniu ortuti a výboj prebieha v režime prehriatych pár. Tlak je pritom určený množstvom dávkovanej ortuti a mení sa priamo úmerne efektívnej teplote horáku, teda podstatne pomalšie ako v oblasti nasýtených pár. [1]

5.4 Luminofor a fotoluminiscencia

Luminofony sú látky, ktoré premienia absorbovanú energiu na optické žiarenie. Premena na optické žiarenie sa deje za oveľa nižších teplôt ako je toho u teplotného žiarenia. V osvetľovacej technike sa využíva fluorescenčná fotoluminiscencia. Fluorescenčné žiarenie trvá iba počas budenia. Emitovaný fotón z luminoforu má vždy menšiu energiu než fotón látkou absorbovaný. Zostatok energie absorbovaného fotónu sa mení v kryštalickej mriežke luminoforu na teplo. Vysoká teplota luminoforu spôsobuje straty a tak dochádza k horšiemu vybudeniu žiarenia. Emitované žiarenie má väčšiu vlnovú dĺžku λ než žiarenie budiace. Na budenie luminoforu je veľmi vhodné krátkovlnné ultrafialové žiarenie, ktoré vzniká v elektrickom výboji.

Nízkotlakový ortuťový výboj, vznikajúci v žiarivke produkuje cez 50 % žiarivej energie v ultrafialovej oblasti žiarenia. Prevod tejto inak stratovej energie pomocou luminoforu, umožnil zvýšenie merného výkonu žiariviek.

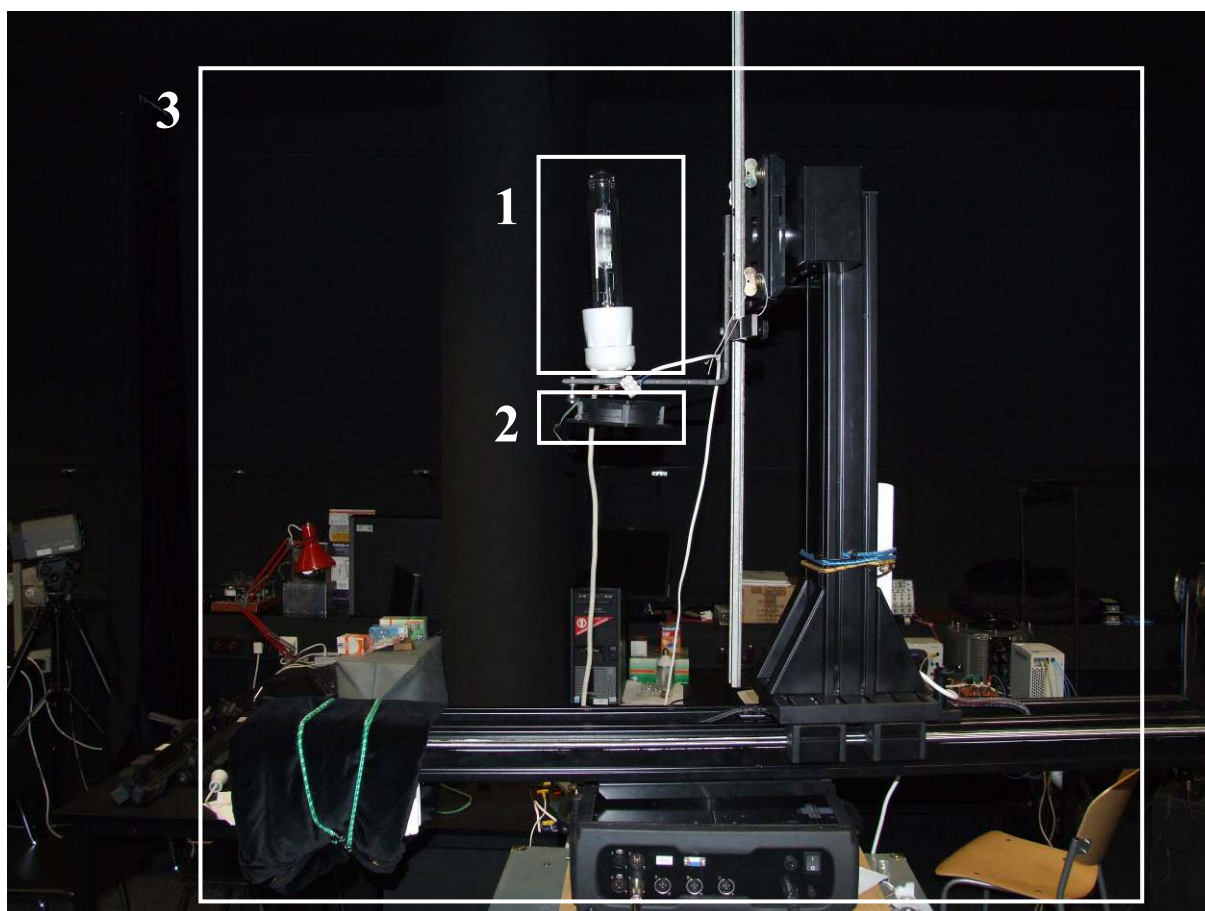
Vysokotlakový ortuťový výboj tiež emituje žiarenie v ultrafialovej oblasti. U vysokotlakových ortuťových výbojok sa luminofor využíva na doplnenie ortuťového spektra o svetlo z červenej časti spektra. Takto dochádza ku korekcii čiarového spektra ortuťového výboja, ktoré je z hľadiska farby nevyhovujúce bez použitia luminoforu. U týchto výbojok sa používa luminofor iba na spomenutú farebnú korekciu, a nezohráva nijakú dôležitú úlohu v produkcii svetla vo viditeľnej oblasti. [3]

6 MERANIE SVETELNÉHO TOKU V ZÁVISLOSTI NA POLOHE SVETELNÉHO ZDROJA

6.1 Postup merania a zostavenie pracoviska- metóda č.1

Meranie svetelného toku v závislosti na polohe svetelného zdroja sa realizovalo pomocou PC programu *EMLUX POLOHOVACÍ*. Pomocou tohto programu bol ovládaný goniofotometer, ktorý natáčal merané svetelné zdroje do požadovaných polôh. Následne luxmeter zaznamenával intenzitu osvetlenia E daného zdroja v konkrétnej polohe a exportoval namerané údaje do PC.

Na rameno goniofotometru sa upevňovali pomocou železných príchytiek merané svetelné zdroje. Zostavenie goniofotometru so svetelným zdrojom je na *Obr. 6-1*, kde je označovaný svetelný zdroj (1), ventilátor (2), a goniofotometer (3).

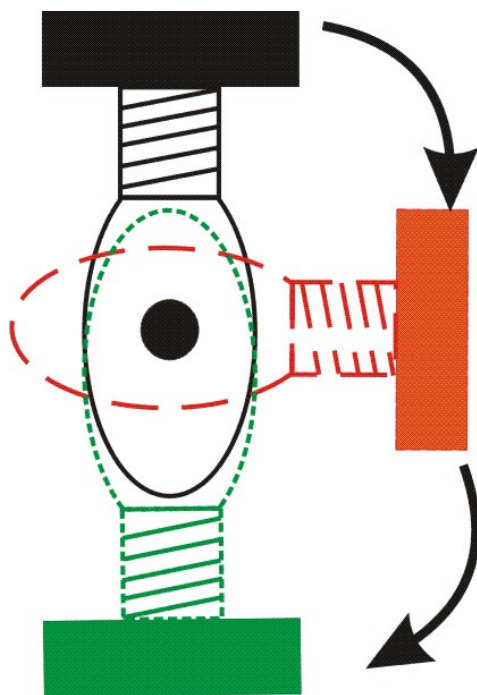


Obr. 6-1 Zostavenie pracoviska č.1: goniofotometer so svetelným zdrojom a ventilátorom

Luxmeter bol upevnený na stene, kolmo k ramenu goniofotometru vo vzdialenosti približne 5 m. Z toho vyplýva, že luxmeter zaznamenával hodnoty svetelného toku, prichádzajúce kolmo od svetelného zdroja. Pripevnenie svetelných zdrojov na rameno goniofotometru bolo zrealizované tak, aby počas zmeny polohy svetelného zdroja bol stred zdroja stále v osi so stredom ramena goniofotometru. Bolo to nutné preto, aby luxmeter meral údaje stále z jedného miesta svetelného zdroja. Ak by luxmeter meral údaje v každej polohe svetelného zdroja z iného miesta zdroja, meranie by nemalo zmysel, lebo by sa z nameraných údajov nedalo vyfiltrovať,

kedy má na svetelný tok vplyv poloha a kedy zväčšená respektíve zmenšená svietivosť daného bodu svetelného zdroja.

Svetelné zdroje boli pootáčané po jednom stupni. Po pootočení zdroja o jeden stupeň sa čakalo jednu sekundu. Preto sa zvolil taký malý krok natáčania zdrojov, aby sa parametre zdroja mali čas ustáliť a aby sa menili plynule. Počiatočná poloha bola zvislá s päticou hore od ktorej sa natáčaním prešlo k vodorovnej polohe a nakoniec sa svetelný zdroj dostal do pozície zvislej s päticou dole. Princíp zmeny polohy zdroja respektíve natáčania svetelného zdroja goniofotometrom je zobrazený na Obr. 6-2.



Obr. 6-2 Princíp zmeny polohy svetelného zdroja na ramene goniofotometru

6.2 Postup merania a zostavenie pracoviska- metóda č.2

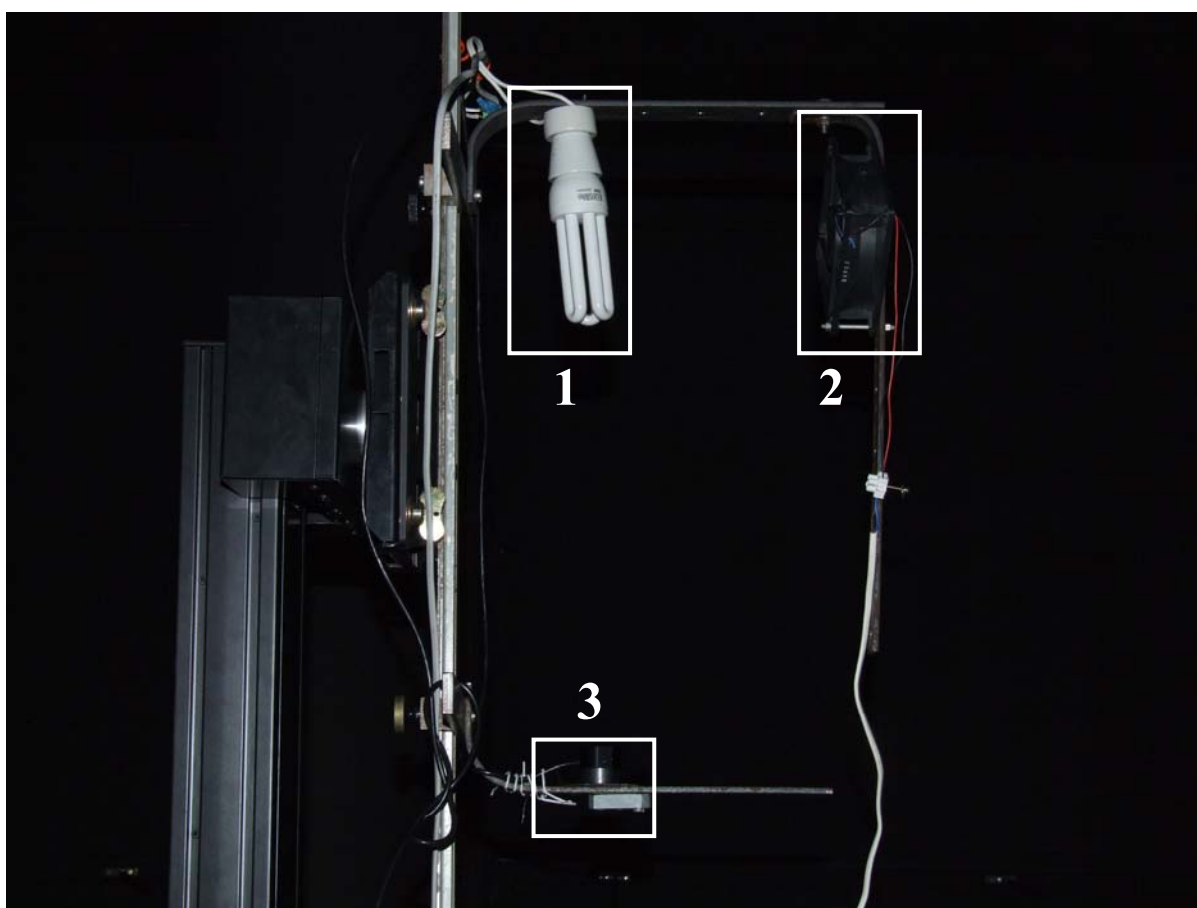
U tohto merania a samotnom zostavení pracoviska sa vychádzalo už zo skúsenosti pri meraní z podkapitoly 6.1 *Postup merania a zostavenie pracoviska- metóda č.1*. Luxmeter, ktorý bol u metódy č.1 umiestnený na stene sa presunul bližšie ku svetelným zdrojom a to na konštrukciu upevnenú na goniofotometer. Toto premiestnenie bolo uskutočnené v zmyslu zväčšenia presnosti merania. Poloha ventilátora sa tiež zmenila vid'. podkapitola 6.3 *Chladenie meraných svetelných zdrojov* odstavec 3. Toto meranie bolo zamerané hlavne na kompaktné žiarivky, u ktorých pri meraní č.1 sa dosiahli zaujímavé výsledky.

Samotné meranie svetelného toku, v závislosti na polohe svetelného zdroja, bolo prevedené úplne identicky ako v podkapitole 6.1 *Postup merania a zostavenie pracoviska -metóda č.1* odstavec 1 pomocou PC programu *EMLUX POLOHOVACÍ*.

Bola vytvorená jednoduchá železná konštrukcia na ktorú bolo možné pripevniť svetelný zdroj, senzor luxmetru a "malý" ventilátor. Následne celá konštrukcia pozostávajúca z dvoch častí sa pripevnila na rameno goniofotometru. Na prvej časti konštrukcie bol samotný senzor luxmetru a na druhej bol ventilátor spolu so svetelným zdrojom. Ventilátor bol situovaný kolmo k svetelnému zdroju a senzor luxmetru bol v jednej rovine so svetelným zdrojom. Zostavenie

pracoviska pre metódu č.2 je na Obr. 6–3, kde je označovaný svetelný zdroj (1), ventilátor (2), a senzor luxmetru (3).

Podmienka na to, aby luxmeter meral údaje o svetelnom toku stále z jedného miesta svetelného zdroja, ostala zachovaná aj pri tomto meraní. Luxmeter respektíve senzor luxmetru sa pohyboval spolu so svetelným zdrojom takže, v každej pozícii zaznamenával luxmeter hodnoty z rovnakého miesta alebo z rovnakého smeru, pričom poloha svetelného zdroja sa menila. V tomto prípade luxmeter zaznamenával hodnoty svetelného toku prichádzajúce rovnobežne s osou svetelného zdroja. Tu je rozdiel oproti metóde č.1, kde luxmeter zaznamenával hodnoty svetelného toku prichádzajúce kolmo od svetelného zdroja. Princíp natáčania zdroja po jednom stupni ostal rovnaký ako u metódy č.1 v podkapitole 6.1. *Postup merania a zostavenie pracoviska- metóda č.1* odstavec 4.



Obr. 6-3 Zostavenie pracoviska č.2: goniofotometer so svetelným zdrojom, senzorom luxmetru a ventilátorom

6.3 Chladenie meraných svetelných zdrojov

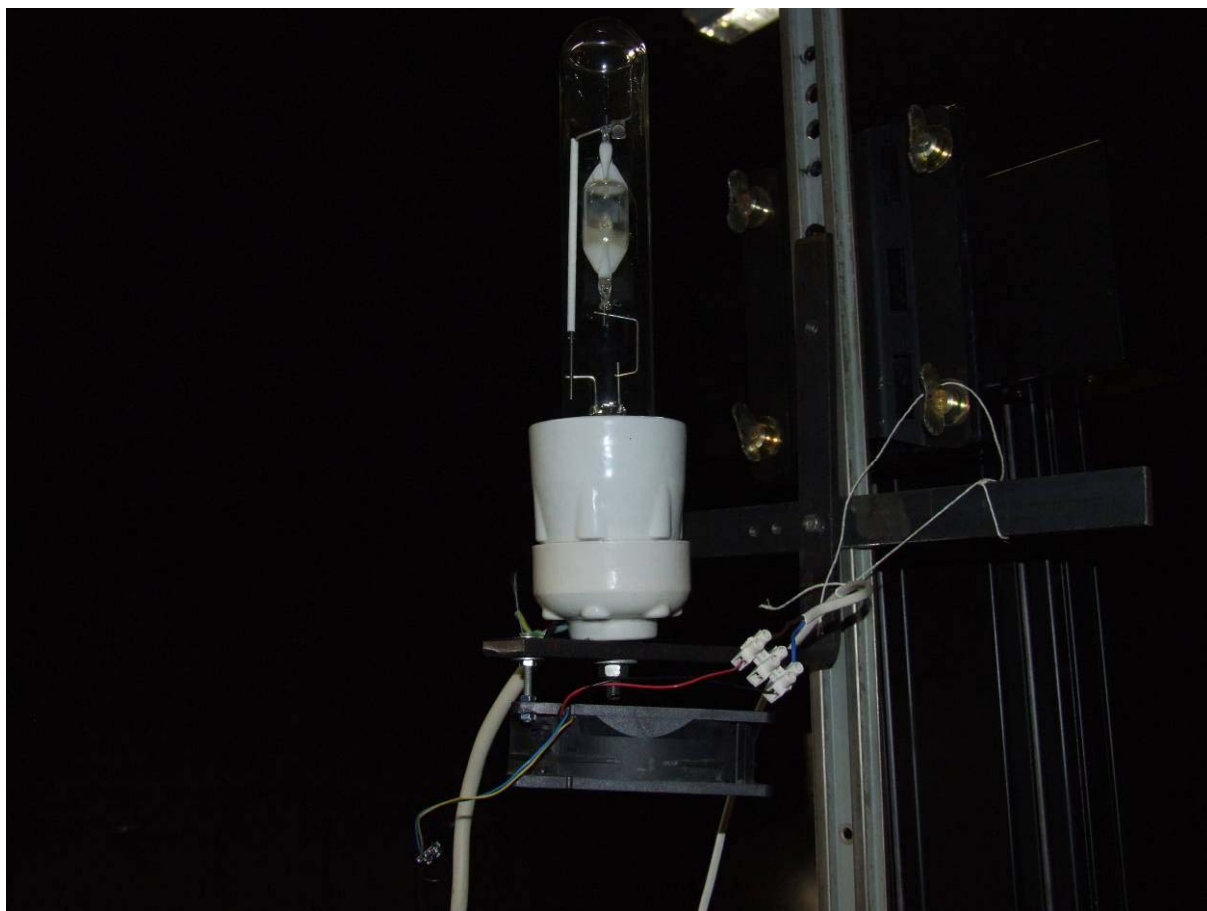
S možnosťou ovplyvnenia alebo minimalizovania vplyvu polohy svetelného zdroja na svetelný tok, boli prevedené merania, keď sa svetelný zdroj chladil “malým” alebo “veľkým” ventilátorom.

Meranie s “malým” ventilátorom u zostavenia pracoviska č.1 bolo realizované tak, že svietidlo bolo ofukované 12 V ventilátorom umiestnením v osi svetelného zdroja pod päticou. Ventilátor fúkal smerom na päticu oddola. Ventilátor rotoval spolu s meraným svetelným

zdrojom, takže chladenie bolo rovnaké v každej polohe. Umiestnenie ventilátora pod päticou sa zvolilo preto, aby vzduch prúdil okolo zdroja v smere osi rovnomerne. Zvažovalo sa umiestnenie ventilátora také, že ventilátor by bol umiestnený v osi svetelného zdroja nad zdrojom. Takto by sa docielilo priame ofukovanie svetelného zdroja. Problém by bol v tom, že v praxi by sa takéto prevedenie neujalo z toho dôvodu, že ventilátor by vytváral akúsi clonu svetelnému zdroju. Ofukovanie kolmo k osi svetelného zdroja nie je veľmi vhodné z dôvodu nerovnomerného chladenia a následnému vzniku lokálnych pnutí v bankách svetelných zdrojov. Osadenie ventilátora je na *Obr. 6-4*. Ventilátor bol napájaný zo stabilizovaného jednosmerného zdroja napätím 12 V pri prúde 0,4 A.

Meranie s „malým“ ventilátorom u zostavenia pracoviska č.2 vyzeralo tak, že ventilátor bol umiestnený kolmo k svetelnému zdroju. Takto bol svetelný zdroj ofukovaný z boku. Ventilátor samozrejme rotoval spolu s meraným svetelným zdrojom a chladenie zostávalo nemenné v každej pozícii. Toto chladenie bolo viac intenzívne ako chladenie „malým“ ventilátorom u zostavenia pracoviska č.1, lebo bola chladená väčšia plocha svetelných zdrojov. Tento princíp chladenia nebol ideálny z hľadiska rovnomernosti, ale na pokusné chladenie postačoval. Osadenie ventilátora je zobrazené na *Obr.6-3*.

Ofukovanie prevedené „veľkým“ ventilátorom vyzeralo nasledovne. Ventilátor s výkonom 150 W bol umiestnený v spodnej časti fotogoniometru. Jeho pozícia bola nemenná. Vzduch fúkaný ventilátorom prúdil šikmo smerom nahor. Meraný svetelný zdroj bol ofukovaný vždy z inej strany v závislosti na vlastnej polohe, lebo ventilátor nerotoval - mal stálu polohu.



Obr. 6-4 Osadenie ventilátora (12 V) na svetelnom zdroji

6.4 Zapojenie svetelných zdrojov do siete

6.4.1 Priame pripojenie na sieť

Svetelné zdroje:

- Halogénová žiarovka
- Klasická žiarovka
- Kompaktné žiarivky
- LED

Všetky vymenované zdroje sa pripojovali priamo na sieť 230V/50Hz s päticou E 27 pomocou dvojžilového kábla.

6.4.2 Pripojenie vysokotlakových výbojok

Svetelné zdroje:

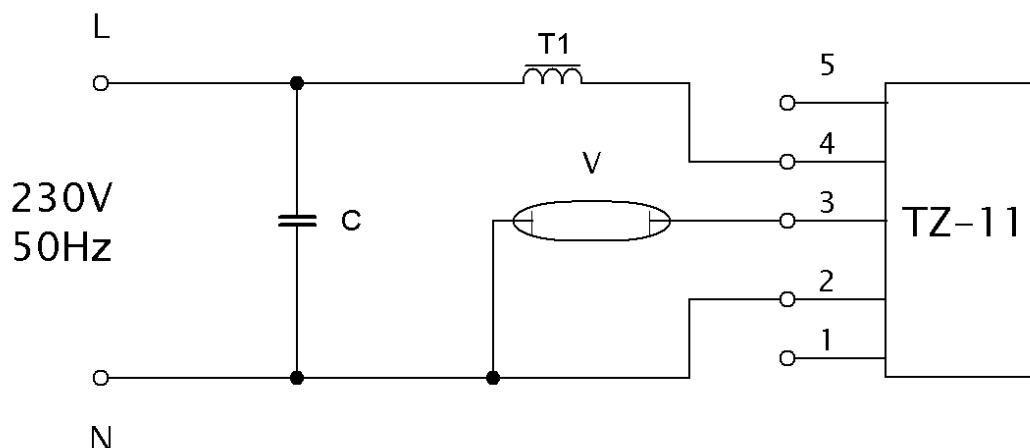
- Vysokotlaková sodíková výbojka
- Vysokotlaková ortuťová výbojka
- Vysokotlaková halogenidová výbojka

Všetky vymenované zdroje sa pripojovali na sieť cez tlmičku, zapalovač a kompenzačný kondenzátor. U výbojok výkonov 400 W a 250 W bola použitá päťica E 40 a u výbojok o výkone 150 W bola použitá päťica E 27.

Schéma zapojenia vysokotlakovej sodíkovej výbojky je zobrazená na *Obr. 6–5*. Na tomto obrázku je označovaný kompenzačný kondenzátor (C), tlmička (T1), výbojka (V) a zapalovač (TZ-11). Bola použitá tlmička o výkone 250 W a tyristorový zapalovač TZ-11.

Vysokotlaková ortuťová výbojka bola zapojená podľa rovnakého schéma ako vysokotlaková sodíková výbojka len bez zapalovača.

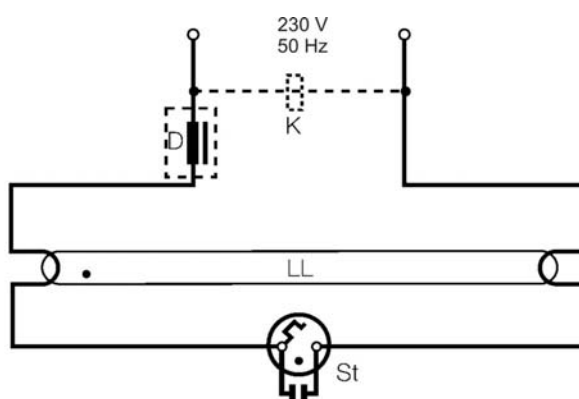
Vysokotlakové halogenidové výbojky sa pripojovali elektrickú sieť cez svietidlá o výkonoch 150 W a 250 W. V týchto svietidlách bol integrovaný predradný obvod s kompenzačným kondenzátorom, tlmičkou a zapalovačom. Tieto svietidlá nebolo možné priamo umiestňovať na rameno fotogoniometru kvôli veľkosti. Takže z objímky umiestnenej na svietidle bol elektrický prúd pomocou kábla privedený do objímky umiestnenej na ramene fotogoniometru.



Obr. 6-5 Schéma zapojenia vysokotlakovej sodíkovej výbojky TESLA SHC 250 W

6.4.3 Pripojenie lineárnej žiarivky

Lineárna žiarivka sa pripojuje na sieť cez predradný obvod. V tomto obvode sa nachádza štartér, tlmička a kompenzačný kondenzátor. Schéma zapojenia lineárnej žiarivky OSRAM L 36W/21-840 je na Obr. 6-6 [6]. Na tomto obrázku je označovaný štartér (St), výbojka (LL), tlmička (D) a kompenzačný kondenzátor (K).



Obr. 6-6 Schéma zapojenia lineárnej žiarivky OSRAM L 36W/21-840

6.5 Spracovanie výsledkov

Luxmeter zaznamenával hodnoty intenzity osvetlenia E (lx). Závislosť intenzity osvetlenia E na svietivosti zdroja I_V a na vzdialenosti osvetľovanej plochy l je definovaná nasledovne.

$$E = \frac{I_V}{l^2} \quad (\text{lx; cd, m}) \quad (6.1)$$

Z rovnice (6.1) pre svietivosť zdroja I_V platí.

$$I_V = E \cdot l^2 \quad (\text{cd; lx, m}) \quad (6.2)$$

Keď vyžaruje bodový zdroj súhrnný svetelný tok do celého priestorového uhlu ($\Omega=4\pi sr$) potom hovoríme o priemernej hodnote svietivosti respektíve o strednej svietivosti zdroja I_S .

$$I_S = \frac{\Phi}{4\pi} \text{ (cd; lm, -)} \quad (6.3)$$

Z rovnice (6.3) pre svetelný tok Φ platí.

$$\Phi = I_S \cdot 4\pi \text{ (lm; cd, -)} \quad (6.4)$$

Dosadením rovnice (6.2) do (6.4) pri predpoklade, že rovnica (6.2) platí tak isto aj pre strednú svietivosť zdroja I_S , získame nasledujúcu rovnicu.

$$\Phi = I^2 \cdot 4\pi \cdot E = C \cdot E \text{ (lm; m, -, lx)} \quad (6.5)$$

Z rovnice (6.5) vyplýva, že svetelný tok je súčin intenzity osvetlenia E a konštanty C . V prípade merania je konštanta C v danom smere nepremenná, takže svetelný tok je priamo úmerný intenzite osvetlenia.

Z nameraných hodnôt intenzity osvetlenia boli vypočítané percentuálne veľkosti svetelného Φ (%) toku vzťahované k referenčnej hodnote. Referenčná hodnota bola u každého svetelného zdroja maximálna hodnota intenzity osvetlenia daného zdroja. Percentuálny svetelný tok sa vypočítal Φ (%) podľa nasledujúcej rovnice.

$$\Phi = \frac{E_{poloha}}{E_{max.}} \cdot 100 \text{ (%; lx, lx, -)} \quad (6.6)$$

Kde E_{poloha} je intenzita osvetlenia v konkrétnej polohe, $E_{max.}$ je maximálna intenzita osvetlenia daného svetelného zdroja.

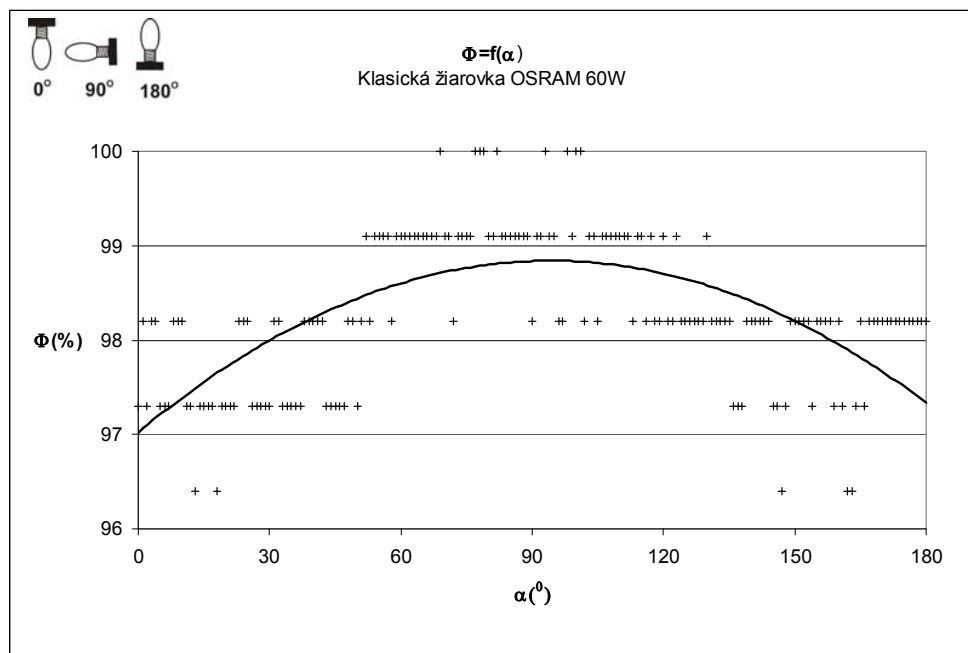
Z vypočítaných hodnôt percentuálneho svetelného toku boli vynesené grafické závislosti na polohe.

6.6 Výsledky merania, získané meraním pomocou metódy č.1

Namerané hodnoty intenzity osvetlenia $E(lx)$ a vypočítané hodnoty svetelného toku Φ (%) sú uvedené v *Tab. 1* umiestnenej v elektronickej prílohe v súbore *Príloha BP.xls*. Grafické závislosti svetelného toku na polohe zdroja sú uvedené v nasledujúcich podkapitolách.

6.6.1 Klasická žiarovka

Zo závislosti na *Obr. 6–7* je vidieť, že poloha má minimálny vplyv na svetelný tok klasickej žiarovky. Po preložení krivky nameranými hodnotami je vidieť nevýrazná závislosť, pri ktorej žiarovka svieti najlepšie vo vodorovnej polohe a najhoršie vo zvislých polohách či sa jedná o polohu s päticou hore alebo dole. Ale rozdiely medzi maximálnou a minimálnou hodnotou svetelného toku sú maximálne 2 %. V týchto 2 % sú zahrnuté aj chyby merania, ktoré sa dosť výrazne prejavujú u luxmetra pri meraní malých odchýlok. Takže sa dá povedať, že svetelný tok kolíše okolo hodnoty 98 % a mení sa minimálne s polohou.

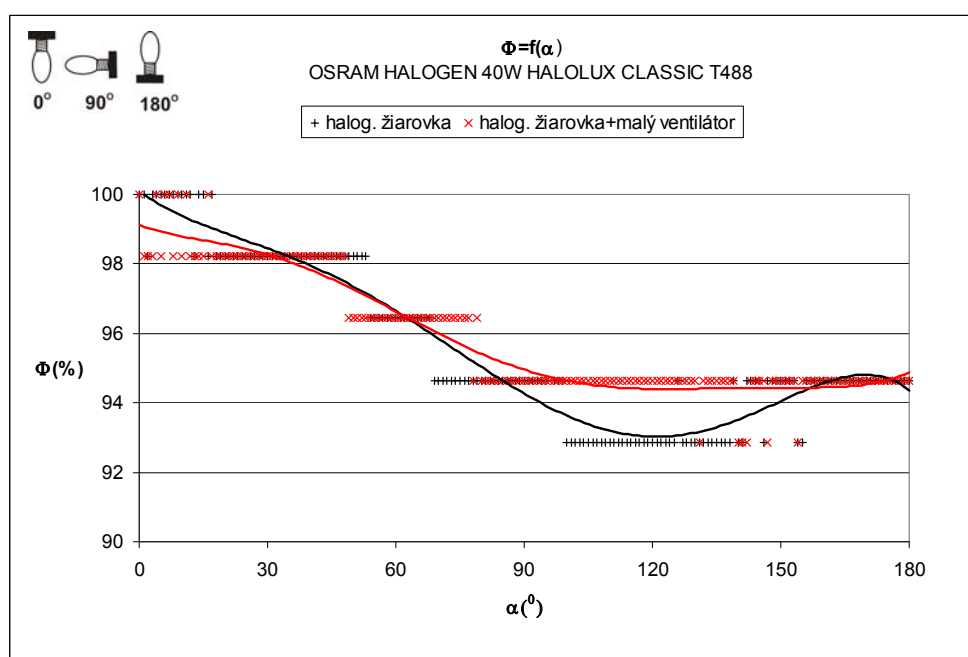


Obr. 6-7 Závislosť svetelného toku na polohe - klasická žiarovka

6.6.2 Halogénová žiarovka

Zo závislosti na Obr. 6–8 je vidieť, že halogénová žiarovka svieti najlepšie pri zvislej polohe s päticou hore. Keď žiarovka prechádza do vodorovnej polohy svetelný tok klesá na hodnotu okolo 95%. V polohe 120 ° dochádza k minimu svetelného toku o hodnote 93 %. Následne sa svetelný tok vracia na hodnotu 95 % vo zvislej polohe s päticou dole.

Pri ofukovaní halogénovej žiarovky malým ventilátorom, závislosť svetelného toku na polohe zhruba kopíruje tú istú závislosť bez ventilátora. Závislosť je menej strmá a po prechode vodorovnou polohou sa závislosť stabilizuje na hodnotu 95 %.

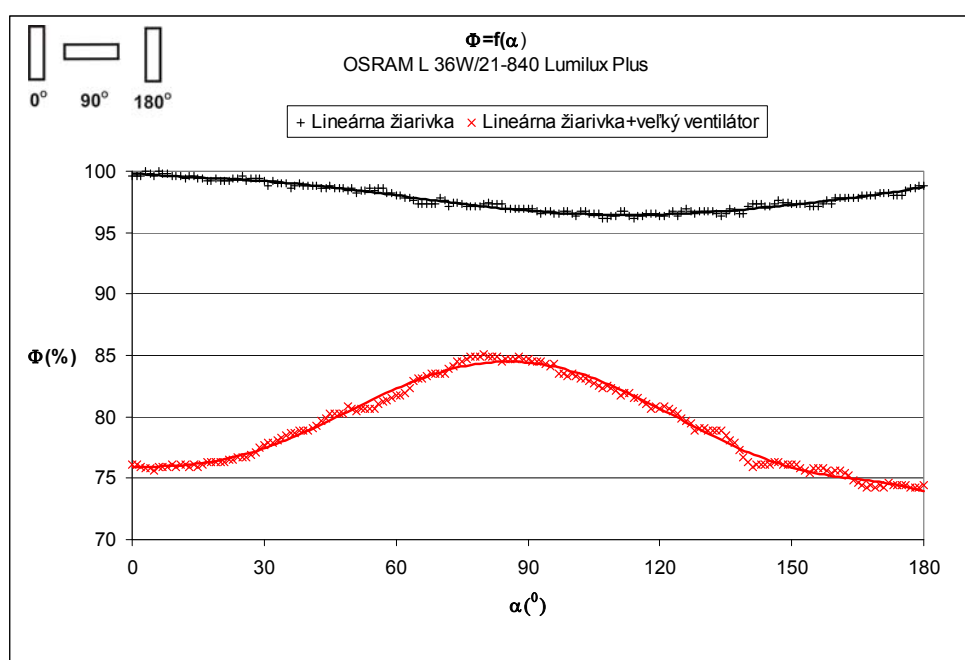


Obr. 6-8 Závislosť svetelného toku na polohe - halogénová žiarovka

6.6.3 Nízkotlaková ortuťová výbojka (lineárna žiarivka)

Zo závislosti na Obr. 6–9 je vidieť, že svetelný tok lineárnej žiarivky v závislosti na polohe sa mení minimálne. Odchýlka od maxima je do 5 %.

Lineárna žiarivka ofukovaná veľkým ventilátorom svietila vo zvislej pozícii až od 25 % horšie ako nechladená žiarivka. Tento výrazný pokles sa dá pripísať vplyvu zníženej teploty, ktorú výkonný ventilátor spôsobil na trubici žiarivky. Vo zvislej pozícii nerovnomerným chladením mohli vzniknúť v žiarivke miesta s rozdielnymi teplotami. Následne pary ortuti difundovaly do teplejších miest smerom nahor kde mali potrebný tlak a teplotu. Na druhej strane zas vo spodnej časti žiarivky klesol tlak pár ortuti teda klesal i svetelný tok. Je vidieť, že vo vodorovnej polohe žiarivka svietila až o 10 % lepšie ako vo zvislej pozícii. Je to pravdepodobne spôsobené tým, že žiarivka bola rovnomernejšie chladená ako vo zvislej pozícii.

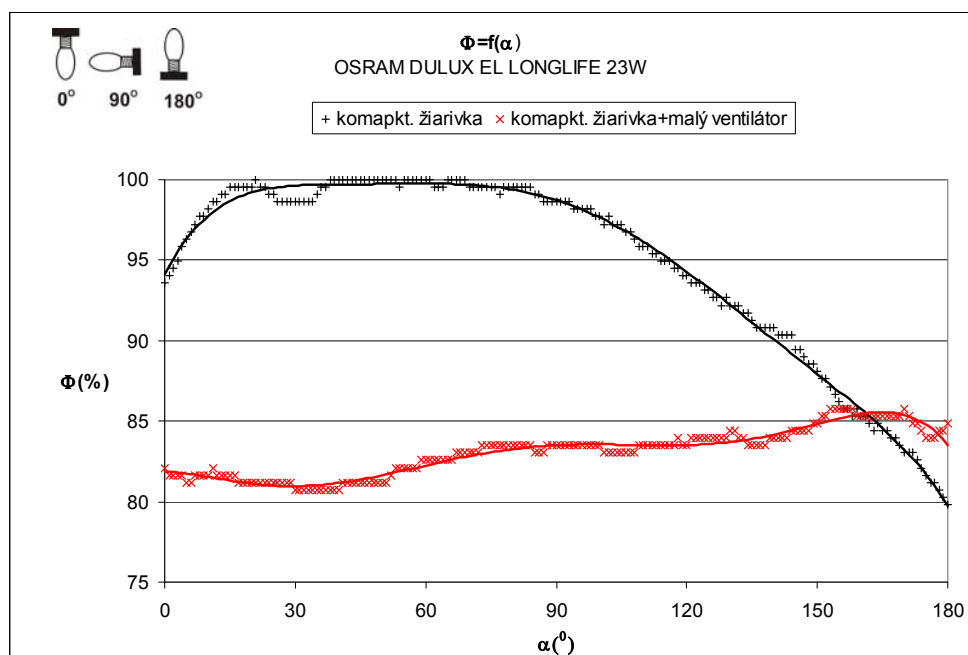


Obr. 6-9 Závislosť svetelného toku na polohe – lineárna žiarivka

6.6.4 Kompaktná žiarivka

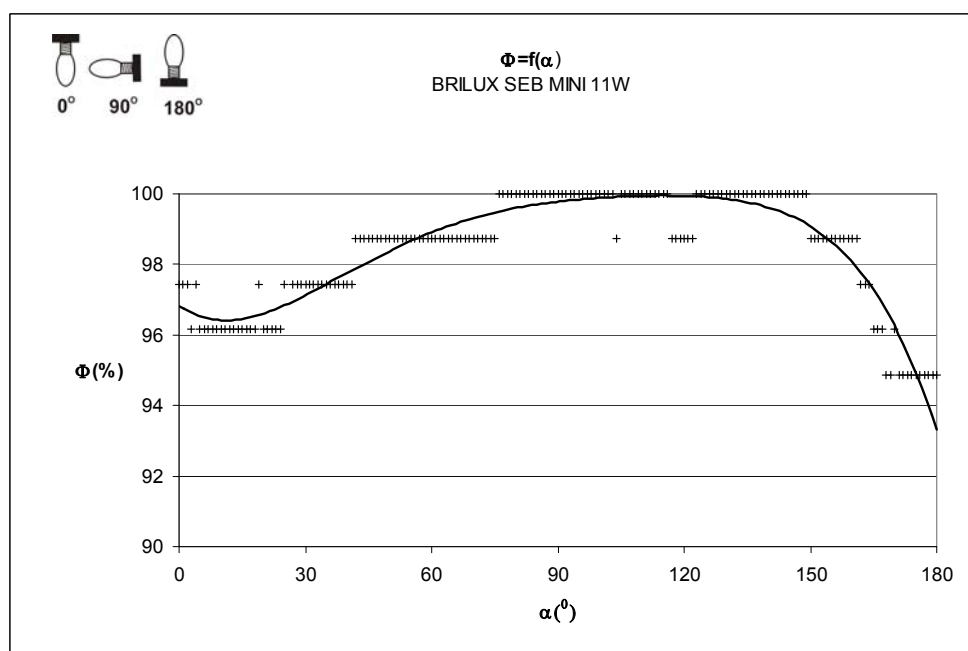
Zo závislosti na Obr. 6–10 je vidieť, že žiarivka svieti najlepšie vo zvislej polohe s päticou hore až vo vodorovnej polohe. Pri otáčaní z vodorovnej polohy do polohy zvislej s päticou dole klesá svetelný tok až na 80 %. Tento pokles sa dá pravdepodobne pripísať zvýšenej teplote na vrchole žiarivky respektíve zníženej teplote v spodnej časti žiarivky. V mieste nižšej teploty dochádza ku zníženiu tlaku pár a z toho k následnému zníženiu svetelného toku.

Ofukovaním žiarivky dôjde k poklesu svetelného toku na hodnotu okolo 83%, ale vplyv polohy sa zhruba vylúči.



Obr. 6-10 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.1

Zo závislosti na Obr. 6–11 je vidieť, že svetelný tok v závislosti na polohe mal anomálny priebeh, čo sa dá pripísať špirálovitému tvaru žiarivky.

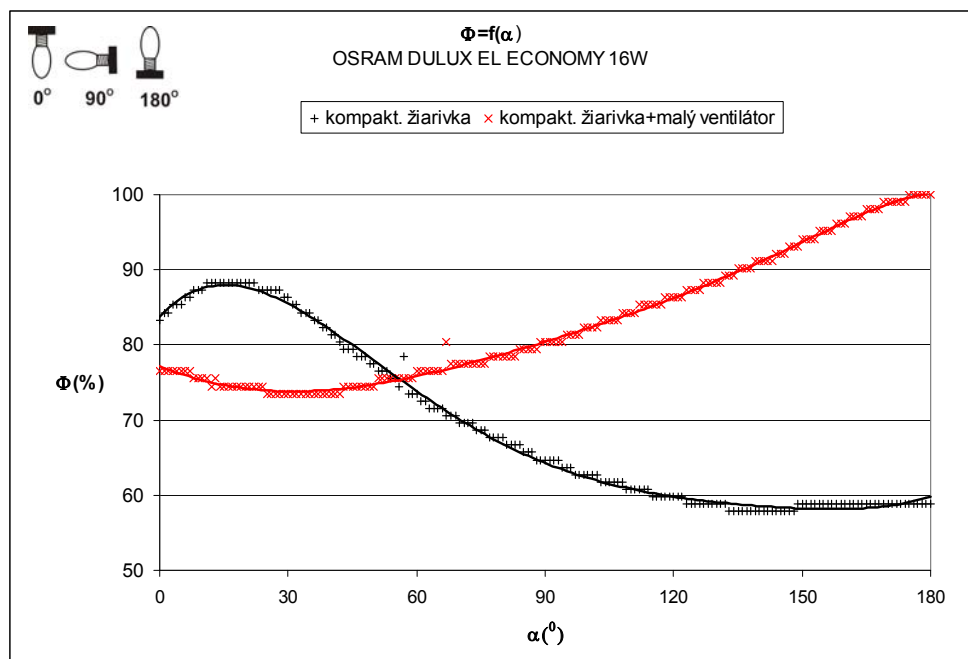


Obr. 6-11 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.2

Zo závislosti na Obr. 6–12 je vidieť, že žiarivka bez ofukovania svieti najlepšie vo zvislej pozícii s päticou hore. Zmenou polohy smerom ku vodorovnej až zvislej s päticou dole, svetelný tok klesá až na 60 %.

Ofukovaním žiarivky vo zvislej pozícii s päticou hore, svetelný tok poklesol o 10 % vzhľadom k závislosti bez ofukovania. Od polohy 60 ° začal svetelný tok narastať až na 100 % v polohe zvislej s päticou dole. Nárast svetelného toku by sa dal pravdepodobne pripísať

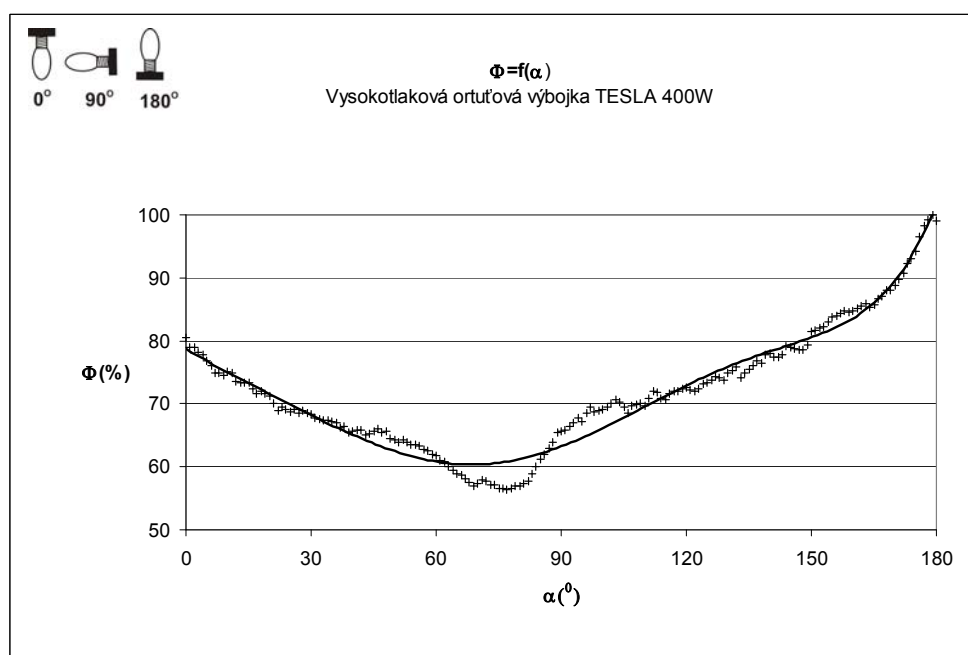
rovnomernejšiemu rozdeleniu tepla okolo žiarivky. Nedá sa vylúčiť vplyv chladenia na elektrický obvod žiarivky.



Obr. 6-12 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.3

6.6.5 Vysokotlaková ortuťová výbojka

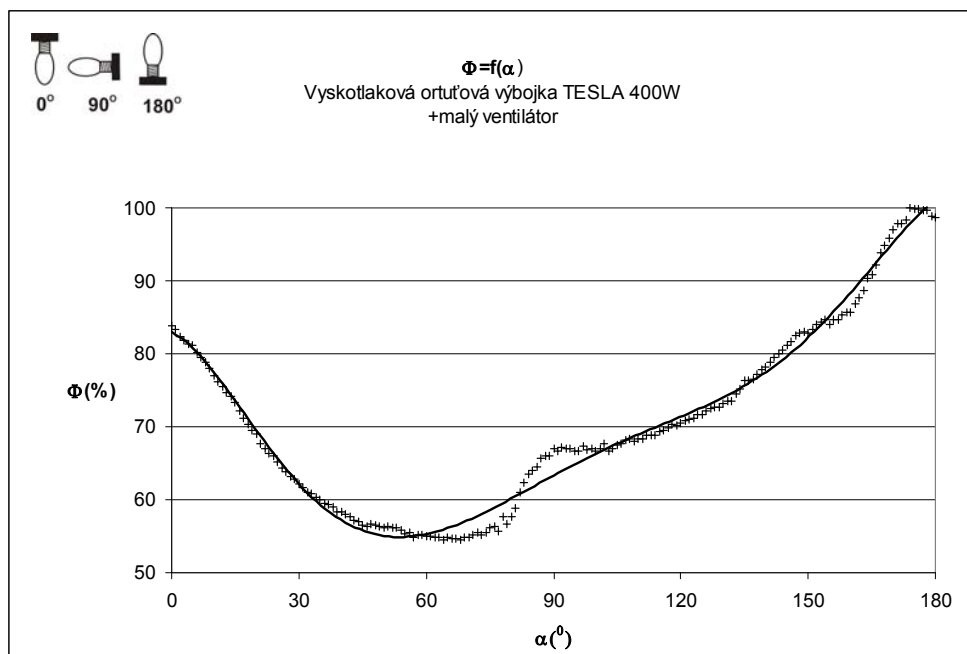
Zo závislosti na Obr. 6-13 je vidieť, že minimum svetelného toku dosahuje výbojka vo vodorovnej polohe. Pravdepodobne dochádza k vyhnutiu výbojového zväzku ku stenám výbojky a následným tepelným stratám.



Obr. 6-13 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková ortuťová výbojka

Závislosť na Obr. 6–13 nebola umiestnená do jedného grafu so závislosťou na Obr. 6–14 napriek tomu, že išlo o tú istú výbojku, lebo bol použitý iný predradný obvod s inými parametrami. Tieto dve situácie sa nedali vzťahovať na jednu referenčnú hodnotu, pretože výbojka svietila inak pri použití dvoch rôznych predradných obvodov.

Zo závislosti na Obr. 6–14 je vidieť, že závislosť je v úseku polohy zvislej s päticou hore až polohy vodorovnej omnoho strmšia ako závislosť na Obr. 6–13.

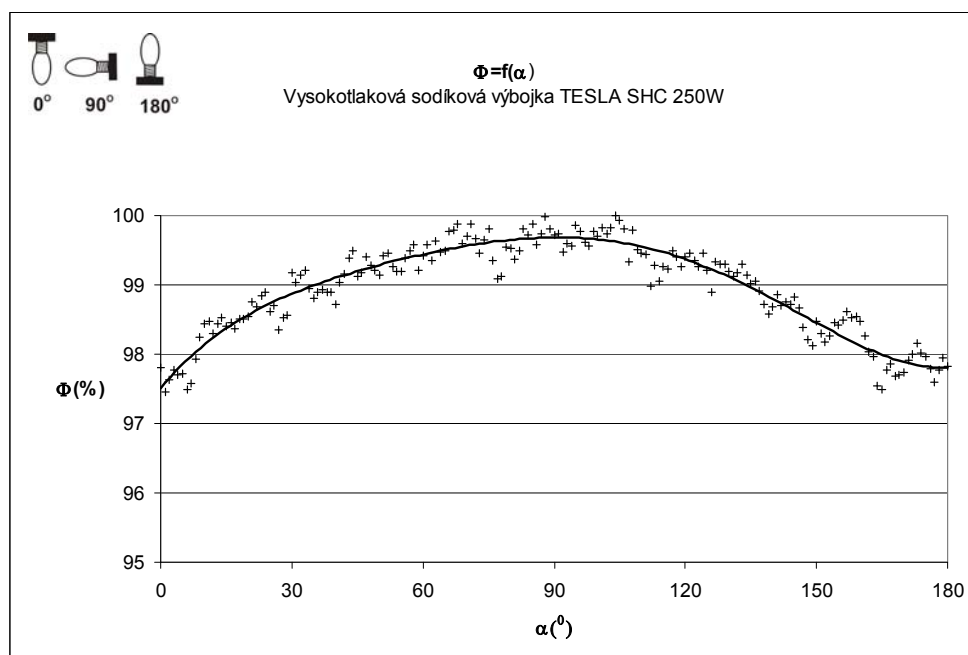


Obr. 6-14 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková ortuťová výbojka + malý ventilátor

6.6.6 Vysokotlaková sodíková výbojka

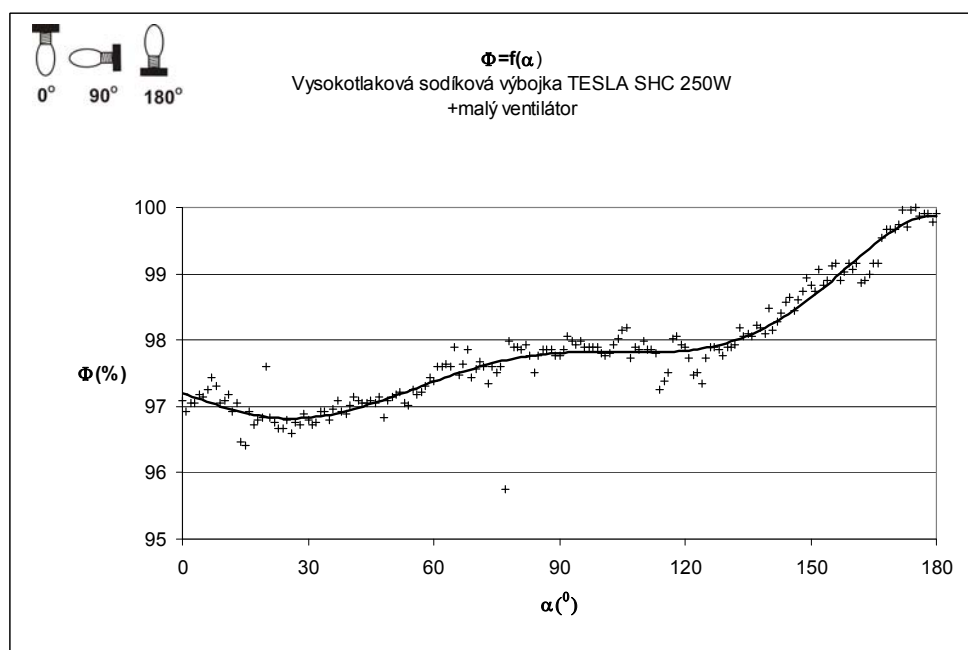
Zo závislosti na Obr. 6–15 je vidieť, že sodíková výbojka svieti najlepšie vo vodorovnej polohe. Táto poloha je aj doporučená poloha svietenia pre staršie výbojky typu TESLA SHC. Vo zvislých polohách či už s päticou hore alebo dole, svetelný tok klesol na hodnotu okolo 97 %. Meranie vysokotlakovkej sodíkovej výbojky bolo nutné opakovať viackrát a následne hodnoty spriemerovať z dôvodu vysokej citlivosti svetelného toku na kolísanie sieťového napätia.

Závislosť na Obr. 6–15 nebola umiestnená do jedného grafu so závislosťou na Obr. 6–16 napriek tomu, že išlo o tú istú výbojku, lebo bol použitý iný predradný obvod s inými parametrami. Tieto dve situácie sa nedali vzťahovať na jednu referenčnú hodnotu, pretože výbojka svietila inak pri použití dvoch rôznych predradných obvodov.



Obr. 6-15 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková sodíková výbojka

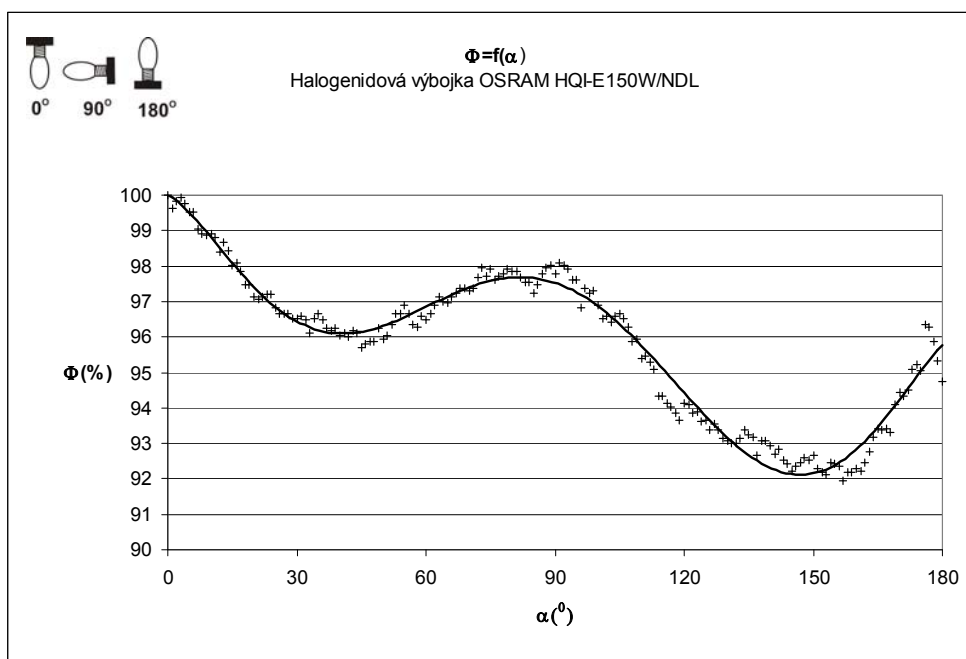
Zo závislosti na Obr. 6-16 je vidieť, že ofukovaním bol svetelný tok výbojky ovplyvnený.



Obr. 6-16 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková sodíková výbojka + malý ventilátor

6.6.7 Vysokotlaková halogenidová výbojka

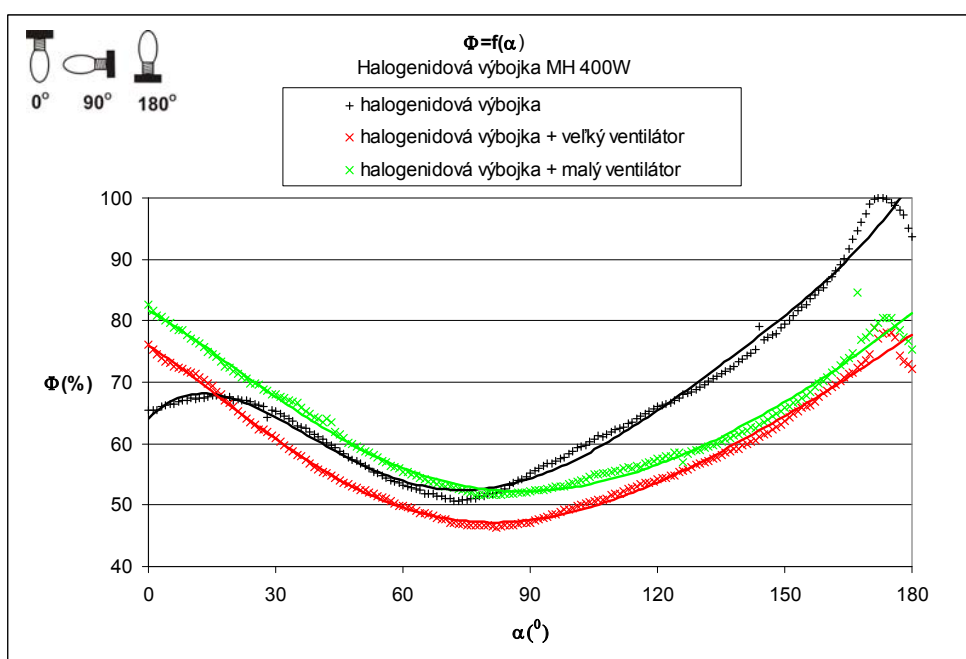
Na Obr. 6-17 je vidieť anomálny priebeh závislosti svetelného toku na polohe halogenidovej výbojky.



Obr. 6-17 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková halogenidová výbojka č.1

Zo závislosti na Obr. 6-18 je vidieť, že halogenidová výbojka svieti najhoršie pri vodorovnej polohe ak je ofukovaná malým, veľkým ventilátorom alebo ak nie je vôbec ofukovaná. Vo vodorovnej polohe dochádza k vyhnutiu výbojového zväzku ku stenám výbojky a následným tepelným stratám.

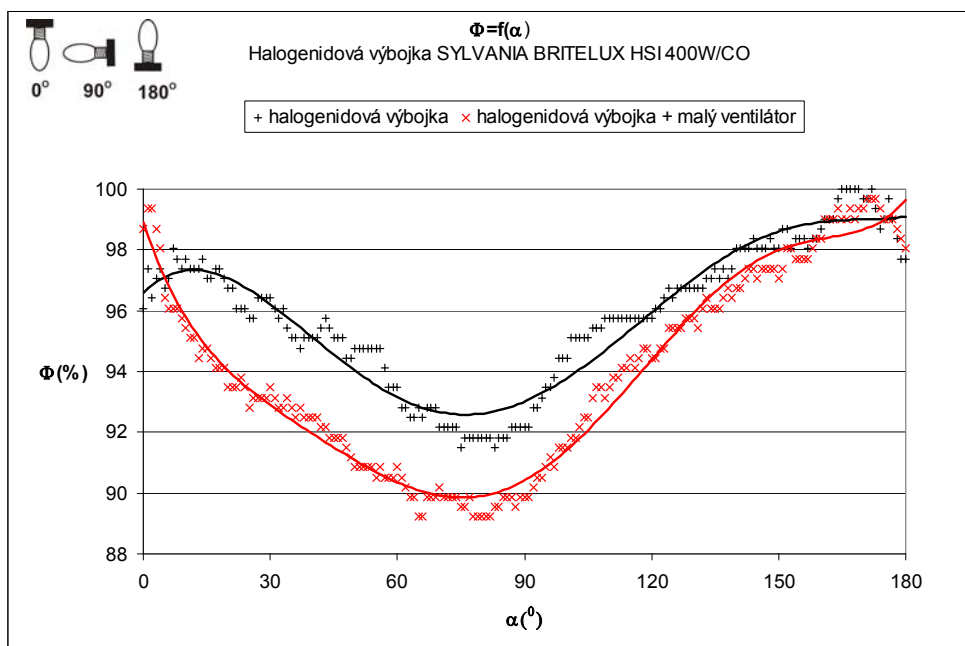
Ofukovaním či už malým alebo veľkým ventilátorom sa podarilo ovplyvňovať svetelný tok v závislosti na polohe iba vo vybraných polohách.



Obr. 6-18 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková halogenidová výbojka č.2

Zo závislosti na Obr. 6-19 je vidieť, že halogenidová výbojka svieti najhoršie vo vodorovnej polohe či už je ofukovaná ventilátorom alebo nie je.

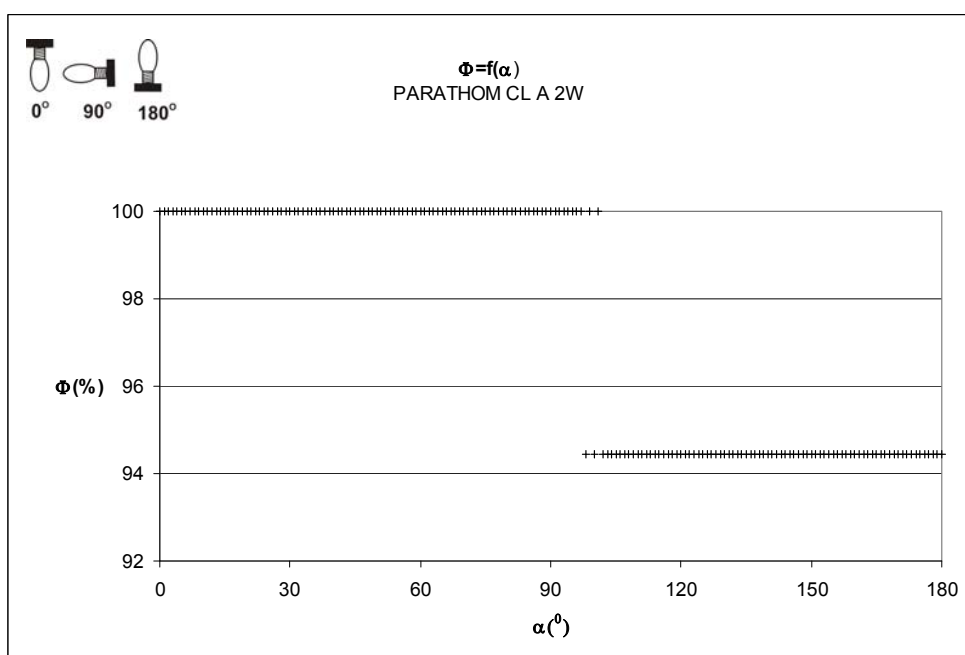
Ofukovaním sa podarilo ovplyvniť závislosť svetelného toku na polohe.



Obr. 6-19 Závislosť svetelného toku na polohe – vysokotlaková halogenidová výbojka č.3

6.6.8 LED svetelný zdroj

Meranie LED svetelného zdroja bolo ovplyvnené nepresnosťou spôsobenou nízkym rozlíšením luxmetra. Meranie bude potrebné zopakovať, pričom bude potrebné clonku luxmetra posunúť bližšie k LED svetelnému zdroju. Dá sa predpokladať, že poloha má minimálny vplyv na svetelný tok LED svetelného zdroja. Grafická závislosť svetelného toku na polohe LED svetelného je vidieť na Obr. 6-20.



Obr. 6-20 Závislosť svetelného toku na polohe – LED svetelný zdroj

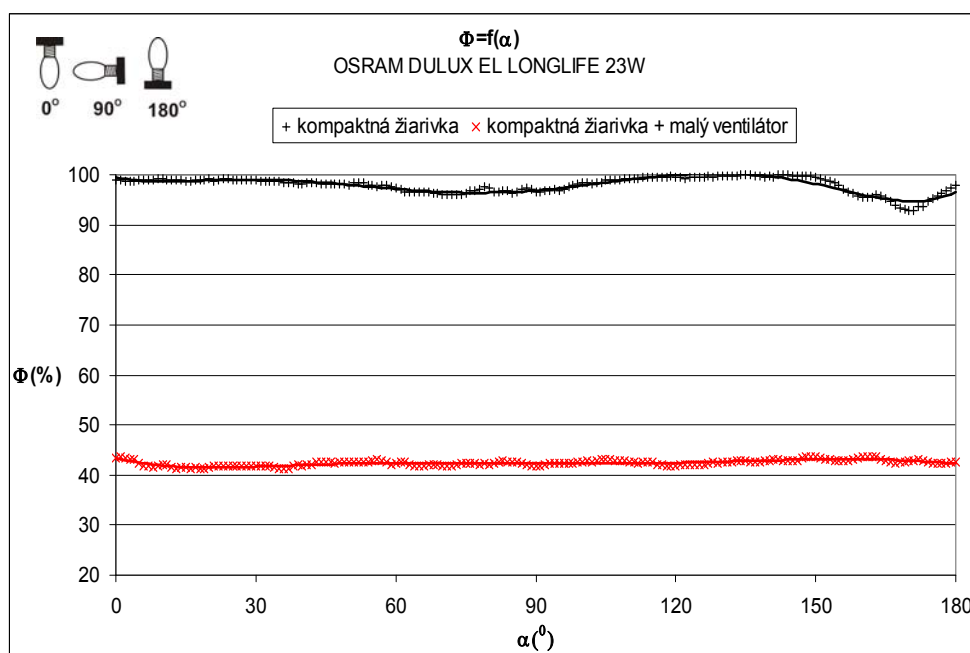
6.7 Výsledky merania, získané meraním pomocou metódy č.2

Namerané hodnoty intenzity osvetlenia $E(\text{lx})$ a vypočítané hodnoty svetelného toku $\Phi(\%)$ sú uvedené v Tab. 2 umiestnenej v elektronickej prílohe v súbore *Príloha BP.xls*. Grafické závislosti svetelného toku na polohe zdroja sú uvedené v nasledujúcich podkapitolách.

6.7.1 Kompaktná žiarivka

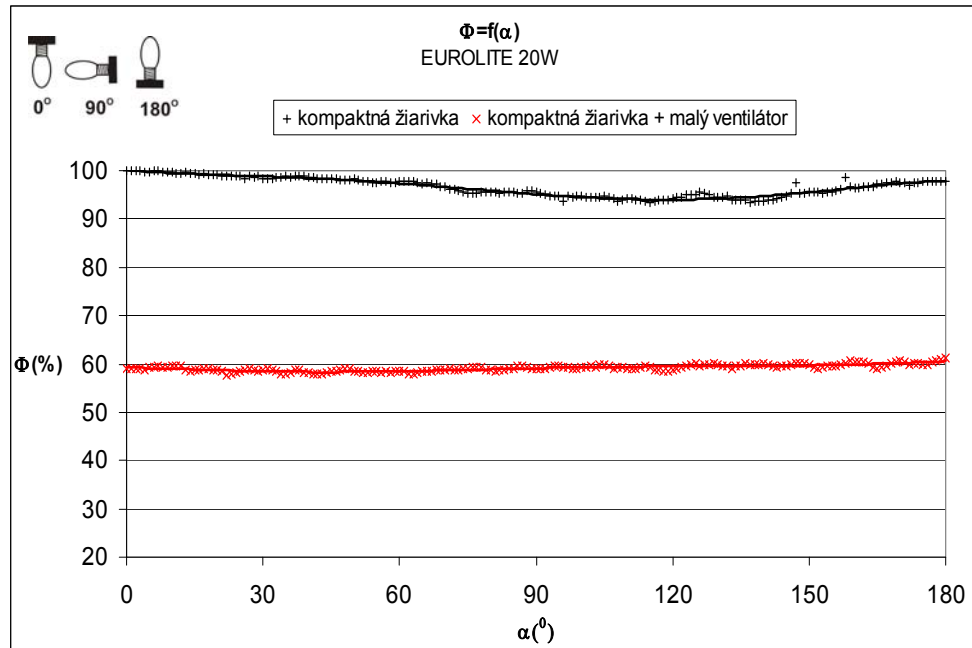
Zo závislosti na Obr. 6-21 je vidieť minimálny vplyv polohy kompaktnej žiarivky na svetelný tok. Kompaktná žiarivka č.1 bola premeraná aj pomocou metódy č.1, kde bolo vidieť na Obr. 6-10 výrazný vplyv polohy na svetelný tok. Tento rozdiel nameraných charakteristík tej istej žiarivky spôsobuje rozdielny postup merania respektíve iné umiestnenie luxmetru vzhľadom k pozícii žiarivky. Obidve závislosti sú správne, len každá z nich bola zmeraná iným spôsobom. Takže sa dá povedať, že svetelný tok zmeraný v smere od osi žiarivky sa mení minimálne vid' Obr. 6-21 a svetelný tok zmeraný v kolmom smere od osi žiarivky sa mení výraznejšie vid' Obr. 6-10.

Ofukovaním žiarivky malým ventilátorom sa podarilo znížiť svetelný tok približne o 60 %, čo spôsobila znížená teplota. V tomto pracovnom režime sa príkon žiarivky zvýšil v priemere o 2 W.



Obr. 6-21 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.1

Zo závislosti na Obr. 6-22 je vidieť minimálny vplyv polohy kompaktnej žiarivky na svetelný tok. Určitý pokles svetelného toku tu je vidieť, ale tento pokles je malý. Pre tento priebeh platí to isté ako pre priebeh na Obr. 6-21, že svetelný tok zmeraný v smere od osi žiarivky sa mení minimálne. Táto kompaktná žiarivka nebola zmeraná metódou č.1, takže sa nedá povedať, či sa svetelný tok vyžarovaný v smere kolmom od osi žiarivky mení.



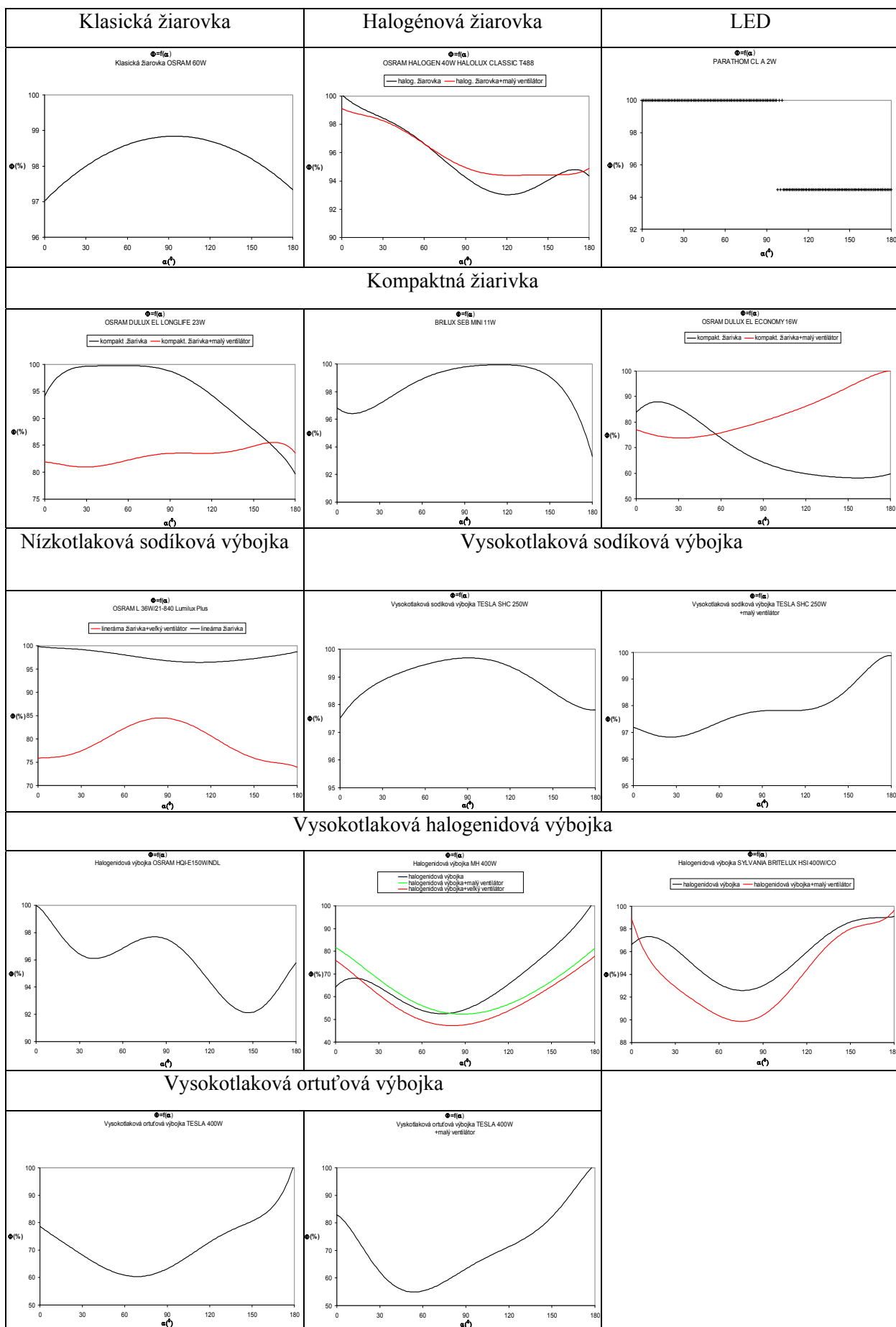
Obr. 6-22 Závislosť svetelného toku na polohe – kompaktná žiarivka č.4

6.8 Prehľad nameraných závislostí

V Tab. 6–1 sú uvedené namerané závislosti svetelného toku na polohe vybraných svetelných zdrojov zmerané pomocou metódy č.1.

Namerané závislosti získané pomocou metódy č.2 nebudú uvedené v prehľadovej tabuľke, lebo boli namerané inou metódou a výsledky z týchto meraní ukázali, že svetelný tok sa menil minimálne vzhľadom k meniacej sa polohe. Meranie pomocou metódy č.2 ukázalo, že vyžarovaný svetelný tok je rozdielny či už v smere rovnobežnom s osou žiarivky alebo v smere kolmom k osi žiarivky.

Tab. 6–1 Prehľadová tabuľka závislosti svetelného toku na polohe svetelných zdrojov



7 ZÁVER

7.1 Súčasný stav riešenej problematiky

Bola prevedená rada meraní u väčšiny existujúcich typov svetelných zdrojov. Merania boli realizované jak so samostatnými svetelnými zdrojmi, tak so svetelnými zdrojmi chladenými ventilátormi. Následne boli vynesené grafické závislosti svetelného toku na polohe daných svetelných zdrojov. Merania boli realizované pomocou metódy č.1 a metódy č.2. Ukázalo sa, že poloha luxmetra ovplyvňuje výsledky merania alebo sa dá povedať, že nie je jedno z ktorého smeru meriame svetelný tok odchádzajúci zo svetelného zdroja. Na meranie sa osvedčila hlavne metóda č.1 pomocou, ktorej boli zmerané závislosti, ktoré ukazujú vplyv polohy svetelných zdrojov na ich svetelný tok.

7.2 Výsledok práce a jej prínos

Všeobecne sa dá povedať, že poloha svetelného zdroja ovplyvňuje jeho svetelný tok. Podľa toho o aký typ svetelného zdroja sa jedná, je vplyv polohy výraznejší viac alebo menej. Pomocou chladenia tu bola snaha ovplyvniť alebo úplne odstrániť vplyv polohy na svetelný tok, čo sa u niektorých svetelných zdrojov aj podarilo.

U tepelných svetelných zdrojov je závislosť svetelného toku na polohe minimálna, i keď u halogénovej žiarovky je táto závislosť viac výrazná ako u klasickej žiarovky. Výraznejší vplyv na halogénovú žiarivku môže spôsobovať vplyv polohy na halogénový cyklus a na koncentráciu halogénu v jednotlivých častiach žiarovky. Kvôli malým odchýlkam oproti maximálnemu svetelnému toku bolo meranie ovplyvnené chybou merania luxmetra. Ale je tu predpoklad, že aj pri presnejšom meraní by poloha neovplyvňovala výraznejšie svetelný tok. Táto minimálna závislosť svetelného toku na polohe je daná konštrukciou a princípom produkcie svetla u tepelných svetelných zdrojov.

U výbojových svetelných zdrojov je vplyv polohy na svetelný tok najvýraznejší. Poloha ovplyvňuje hlavne elektrický výboj, ktorého meniace sa parametre a to napríklad dĺžka výbojovej cesty, vplývajú na svetelný tok. Dôležitú úlohu zohráva aj súčasť výbojových svetelných zdrojov a to luminofor. Na luminofore priamo poloha nemá žiadny vplyv, ale zmenou polohy dochádza u výbojových svetelných zdrojov k zmene odvodu tepla a teplota luminoforu výrazne ovplyvňuje produkciu svetla v ňom.

U kompaktných žiariviek bol vplyv polohy na svetelný tok veľmi výrazný. Pomocou chladenia sa podarilo ovplyvňovať vplyv polohy.

U lineárnej žiarivky bol vplyv polohy na svetelný tok malý. Pri pokuse ovplyvniť vplyv polohy chladením sa nám podarilo simulovať vplyv zníženej teploty, ktorá výrazne ovplyvňuje svetelný tok u lineárnych žiariviek.

U vysokotlakových výbojok bol vplyv polohy výrazný u všetkých typoch či sa jednalo o sodíkové, ortuťové alebo halogenidové výbojky. Čím bol väčší menovitý výkon výbojky, tým bol vplyv polohy viac výrazný. Chladením sa opäť podarilo ovplyvňovať vplyv polohy.

U LED svetelného zdroja bol vplyv polohy na svetelný tok minimálny. Meranie by bolo potrebné opakovať kvôli väčšej presnosti.

7.3 Návrh ďalšieho postupu

V ďalšom postupe by bolo vhodné skúmať už len svetelné zdroje u ktorých je vplyv polohy na svetelný tok výrazný a to hlavne kompaktné žiarivky a vysokotlakové výbojky poprípadne lineárne žiarivky. Tieto zdroje by sa opäť chladili ofukovaním a reguláciou otáčok prípadne pozíciou ventilátora by sa hľadalo optimálne chladenie, pri ktorom by sa vplyv polohy vylúčil alebo aspoň potlačil. Hľadanie tohto optimálneho chladenia by spočívalo v tom, že nastavovaním otáčok ventilátora by sa skúmalo, kedy chladíme optimálne a kedy sú už otáčky príliš vysoké a prejavuje sa vplyv zníženej teploty.

Dôležité by bolo aj zistiť ako ovplyvňuje chladenie elektrické obvody pri päťici žiarovky a to hlavne u kompaktných žiariviek.

Skúmanie vplyvu polohy na svetelný tok svetelného zdroja by bolo vhodné premerať pri umiestnení zdroja do guľového integrátora. Tu by sa vystupujúci svetelný tok svetelného zdroja sústredil vnútri integrátora, a dosiahlo by sa presnejších údajov ako u merania svetelného toku iba z jedného smeru ako tomu bolo u merania metódou č.1 alebo č.2. Meranie v guľovom integrátore by bolo vhodné aj z hľadiska obmedzenia prípadných odrazov svetelných lúčov, ktoré mohli ovplyvniť meranie chybou. Náčrt upevnenia, natáčania a merania svetelných zdrojov v guľovom integrátore je zobrazený v *Prílohe A- Meranie svetelných zdrojov v guľovom integrátore*.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HABEL, Jiří. *Světelná technika a osvětlování*. Praha : FCC Public, 1995. 437 s. ISBN 80-901985-0-3.
- [2] KRBAL Michal, BAXANT Petr, Ph.D, ŠKODA Jan. *Influence of Position to Change Operational Parameters at Metal Halide Discharge Lamps*. Konferencia EPE 2011, Dlouhé Stráně; v tlači
- [3] MIŠKAŘÍK, Stanislav. *Moderní zdroje světla*. 1. vyd. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1979 . 251 s.
- [4] MIŠKAŘÍK, Stanislav. *Elektrické zdroje světla (učební texty)*. Praha : LUMAX, 1992. 117s.
- [5] SOKANSKÝ, Karel. *Elektrické světlo a teplo*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita, 1990. 281 s.
- [6] OSRAM: *Světelné zdroje a systémy od 2010*. [cit. 2010-12-08] Dostupné z WWW: http://www.osram.cz/osram_cz/KATALOG/Katalog_2010_komplet.pdf
- [7] GE Lighting: *Spectrum Lamp product catalogue 2009/2010*. [cit. 2010-12-08] Dostupné z WWW: http://www.gelighting.com/eu/resources/literature_library/catalogs/lamp_catalog/downloads/Spectrum_2009.pdf
- [8] SYLVANIA: *Lamps 2010/2011*. [cit. 2010-12-08] Dostupné z WWW: <http://www.sylvania-lamps.com/content/blogcategory/5/69/41/>

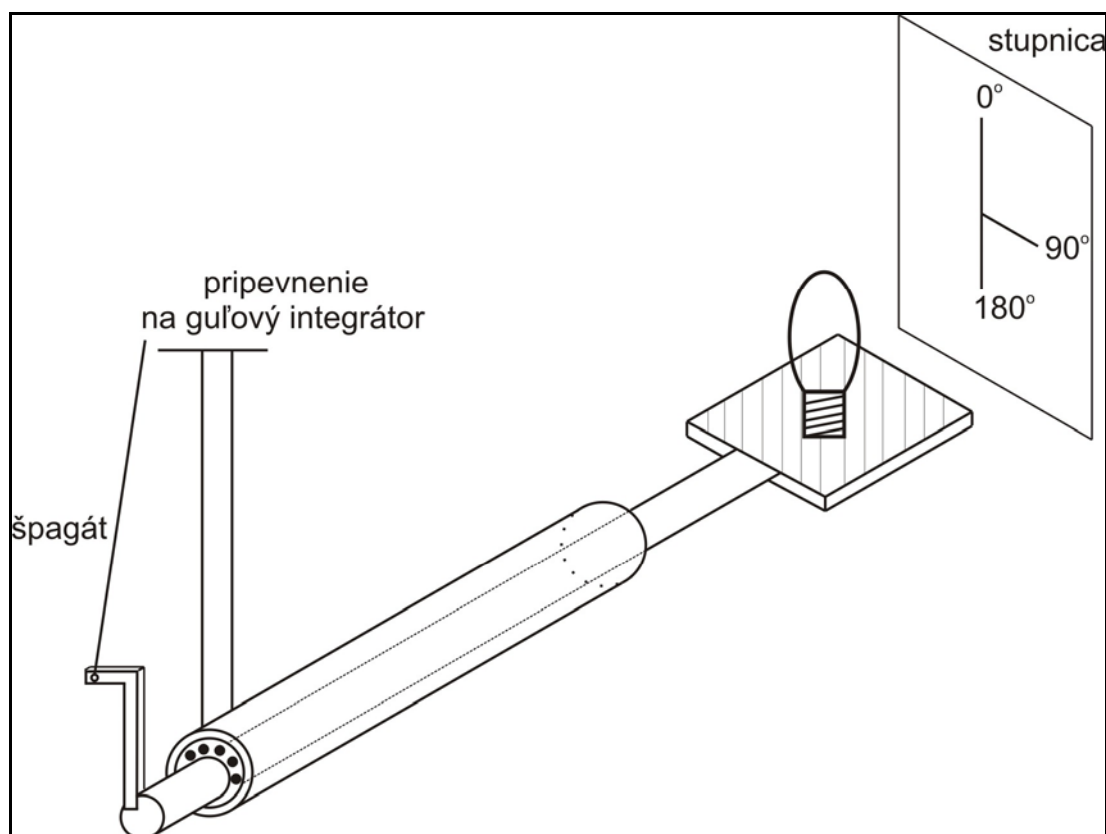
POUŽITÉ PŘÍSTROJE

- klasická žiarovka: OSRAM 60W
- halogénová žiarovka: OSRAM HALOGEN 40W HALOLUX CLASSIC T488
- kompaktná žiarovka č.1: OSRAM DULUX EL LONGLIFE 23W
- kompaktná žiarovka č.2: BRILUX SEB MINI 11W
- kompaktná žiarovka č.3: OSRAM DULUX EL ECONOMY 16W
- kompaktná žiarovka č.4: EUROLITE 20W 230V/50Hz
- LED svetelný zdroj: PARATHOM CL A 2W
- lineárna žiarivka: OSRAM L 36W/21-840 LUMILUX PLUS COOL WHITE
- vysokotlaková sodíková výbojka: TESLA SHC 250W
- vysokotlaková ortuťová výbojka: TESLA 400W
- halogenidová výbojka č.1: OSRAM HQI-E150W/NDL
- halogenidová výbojka č.2: MH 400W
- halogenidová výbojka č.3: SYLVANIA BRITELUX HSI 400W/CO
- svietidlo: Sylvania HIE 150W E27 HID LAMP ONLY (3061180)
- svietidlo: SITECO HIE/HSE 250W (SNJ 3503-1EN)
- tyristorový zapalovač: TZ-11 (SHC/SHL 150 250 400W) (RVL 250 400W)
- tlmivka: RVL, NC 250W (160mH 2,1Ω) typ 5081 220V 50Hz 2,15A
- luxmeter: MINOLTA ILLUMINANCE METER T-10 C-80
- luxmeter: PRC KROCHMANN RadioLux 111
- fotogoniometer: MEDIA SPINNER 100AT ROBE SHOW LIGHTING TYPE: SB 500 (0700144325)
- “veľký ventilátor”: SPEED 50(FEZ-50ADO) 220-240V 50Hz 150W SCHUTZKLASSE 1
- “malý ventilátor”: DC 12V 0,42A (model WFB1212ME)
- stabilizovaný DC zdroj: 0-30V 2,5A (DKP 43200000)

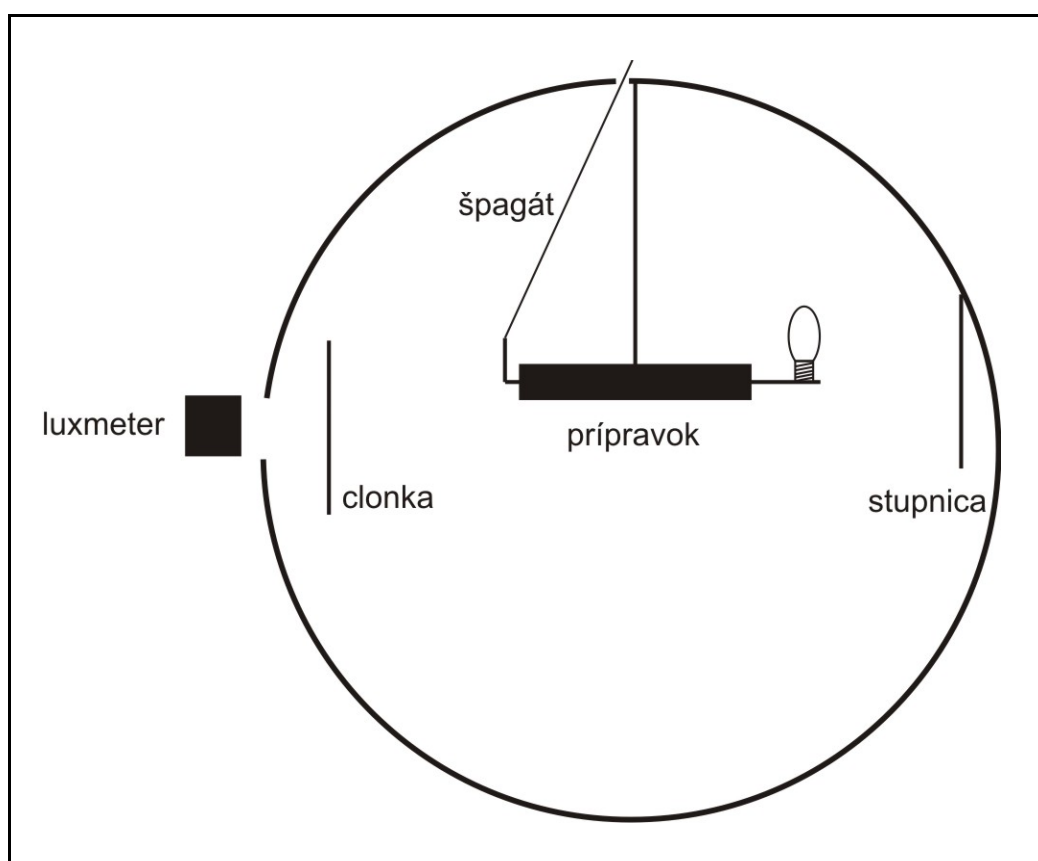
PŘÍLOHA A- MERANIE SVETELNÝCH ZDROJOV V GULOVOM INTEGRÁTORE

Meranie v guľovom integrátore by v podstate prebiehalo na základe rovnakého princípu ako u merania metódou č.1 alebo č.2. Problém je v tom, že goniofotometer nie je prakticky možné umiestniť do guľového integrátora kvôli veľkosti. Takže bola navrhnutá jednoduchá mechanická konštrukcia zobrazená na obrázku *Príloha A-1*, ktorá by nahradzovala goniofotometer. Pomocou špagátu by sa natáčal hriadeľ respektíve svetelný zdroj do požadovanej pozície, ktorá by sa odčítala zo stupnice. Stupnica by mohla byť sledovaná pomocou malej kamery, aby sa nemusel pri každom meraní guľový integrátor otvárať. Následne by sa špagát zafixoval a bola by odčítaná hodnota z luxmetru. Špagát by mohol byť nahradený aj nejakou umelohmotnou tyčou. Na obrázku *Príloha A-2* je zobrazený bočný pohľad na guľový integrátor s prípravkom na natáčanie svetelných zdrojov. Luxmeter je umiestnený pri otvore, z ktorého vystupuje svetlo sústredené v integrátore. Celý prípravok na natáčanie svetelných zdrojov a jeho súčasti by boli namaľované bielou farbou, aby nedochádzalo k pohlteniu svetla.

Mechanické natáčanie svetelných zdrojov by so sebou prinieslo aj značné nepresnosti, ale na pokusné meranie by postačovalo. Podľa zmeraných výsledkov by sa tento mechanický systém mohol nahradiť servopohonom.



Príloha A- 1 Návrh zostavenia pracoviska pre meranie v guľovom integrátore (perspektívny pohľad vnútri guľového integrátora)



Příloha A- 2 Návrh zostavenia pracoviska pre meranie v guľovom integrátore (bočný pohľad na guľový integrátor)