

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**

Meranie oteplenia svetelných zdrojov

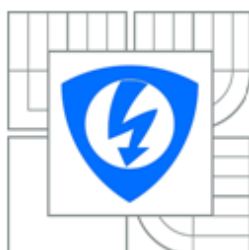
Measurement warming lamps

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

MILAN ĎURČEK

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Milan Ďurček
Ročník: 3

ID: 78132
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Měření oteplení světelných zdrojů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Vývoj tepla a tepelné namáhání součástí světelných zdrojů a svítidel.
2. Standardizované a nestandardizované měřicí metody.
3. Realizace přípravků a měřicí sestavy.
4. Vzorová měření.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 26.5.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Drápela, 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:

ŘURČEK, M. *Měření oteplení světelných zdrojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 62 s. Vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Jiří Drápela, Ph.D.

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu vypracoval samostatne a použil som len podklady (literatúru, projekty, SW atď.) uvedené v priloženom zozname.

Zároveň by som na tomto mieste chcel poďakovať vedúcemu bakalárskej práce Doc. Ing. Jiřímu Drápelovi, Ph.D. za cenné rady a pripomienky k mojej práci, a svojim rodičom za podporu behom celej doby môjho štúdia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalárska práca

Meranie oteplenia svetelných zdrojov

Milan Ďurček

vedoucí: Doc. Ing. Jiří Drápela, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2011



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

Measurement warming lamps

**by
Milan Ďurček**

**Supervisor: Doc. Ing. Jiří Drápela, Ph.D.
Brno University of Technology, 2011**

Brno

BRNO 2011

ABSTRAKT

Cieľom tejto práce je informovať čitateľa o tepelnom namáhaní jednotlivých častí svetelných zdrojov. Prácu by som rozdelil na dva celky a to teoretickú a praktickú. V teoretickej časti sa zameriavam na konštrukciu, povrchovú teplotu, účinnosť premeny elektrickej energie na svetlo a parametre jednotlivých zdrojov. Ďalej na rôzne spôsoby merania oteplenia. V praktickej časti bola navrhnutá meracia sústava na meranie povrchovej teploty rôznych typov svetelných zdrojov a prevedené vzorové merania s následným vyhodnotením.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: svetelný zdroj; oteplenie svetelného zdroja; povrchová teplota; teplo; prenos tepla; merný výkon; žiarovka; halogénová žiarovka; kompaktná žiarivka; lineárna žiarivka; vysokotlaková sodíková výbojka; LED; päťica, predradník; termočlánok; prevodník; model

ABSTRACT

The aim of this work is to inform readers about the heat stress of different parts of the light sources. My project is made up of two parts, theoretical and practical. The theoretical part focuses on the structure, surface temperature, the efficiency of converting electricity to light, the parameters of individual sources and the different ways of measuring temperature increase. In the practical part, a testing method was designed to measure the surface temperature of various types of light sources. The results were collated and subsequently evaluated.

KEY WORDS: light source; warming lamps; surface temperature; heat; heat transfer; specific power; lightbulb; halogen bulb; compact fluorescent; linear fluorescent; high-pressure sodium lamp; LED; cap, base; ballast; thermocouple; converter; model

Obsah

ZOZNAM OBRÁZKOV.....	10
ZOZNAM TABULIEK.....	12
ZOZNAM GRAFOV.....	13
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	14
1. ÚVOD.....	15
2. HISTÓRIA SVETLA.....	16
2.1 VÝVOJ, SÚČASNOSŤ, BUDÚCNOSŤ SVETELNÝCH ZDROJOV	16
3. TEPLLO, PRENOS TEPLA.....	17
3.1 PRENOS TEPLA	17
3.1.1 PRENOS TEPLA VEDENÍM	17
3.1.2 PRENOS TEPLA PRÚDENÍM	17
3.1.3 PRENOS TEPLA ŽIARENÍM	18
4. ROZDELENIE SVETELNÝCH ZDROJOV	19
4.1 SVETELNO TECHNICKÉ VELIČINY.....	20
4.2 ŽIAROVKA	21
4.2.1 PARAMETRE ŽIAROVKY	23
4.3 HALOGÉNOVÁ ŽIAROVKA	23
4.3.1 PARAMETRE HALOGÉNOVEJ ŽIAROVKY	25
4.4 LINEÁRNA ŽIARIVKA	25
4.4.1 PARAMETRE LINEÁRNEJ ŽIARIVKY	26
4.5 KOMPAKTNÁ ŽIARIVKA.....	26
4.5.1 PARAMETRE KOMPAKTNEJ ŽIARIVKY	28
4.6 VYSOKOTLAKOVÁ SODÍKOVÁ VÝBOJKA	29
4.6.1 PARAMETRE VYSOKOTLAKOVEJ SODÍKOVEJ VÝBOJKY	30
4.7 LED ZDROJE	30
4.7.1 PARAMETRE LED	32
5. MERANIE TEPLoty	33
5.1 DOTYKOVÉ MERANIE TEPLoty	33
5.1.1 TERMOČLÁNKY	33
5.1.2 ODPOROVÉ SNÍMAČE TEPLoty.....	34
5.2 BEZDOTYKOVÉ MERANIE TEPLoty.....	35
5.2.1 PYROMETRE	36
5.2.2 TERMovÍZIA	37
5.3 NORMALIZOVANÉ METÓDY.....	38
6. REALIZÁCIA PRÍPRAVKU A MERACEJ SÚSTAVY	40
6.1 ZADANIE	40
6.2 NÁVRH MODELU.....	40

6.3	ZOSTAVENIE MODELU NA MERANIE OTEPLENIA SVETELNÝCH ZDROJOV	41
6.3.1	KONŠTRUKCIA	41
6.3.2	PÁTICE	41
6.3.3	TERMOČLÁNKY.....	42
6.3.4	PREVODNÍK.....	43
6.4	MERACIA ZOSTAVA S PRÍSLUŠENSTVOM.....	44
7.	VZOROVÉ MERANIE	45
7.1	POSTUP	45
7.2	PRÁCA S PROGRAMOM WAVESCAN 2.0.....	45
7.3	MERANÉ SVETELNÉ ZDROJE A ICH ZAPOJENIE.....	48
7.4	VYHODNOTENIE	50
8	ZÁVER.....	53
	POUŽITÁ LITERATÚRA	54
	PRÍLOHA	55

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 4 Rozdelenie umelých svetelných zdrojov</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4-2 Konštrukcia žiarovky</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 4-2-1 Výkonová bilancia žiarovky</i>	<i>22</i>
<i>Obr.4-2-2 Termografický snímok 75W žiarovky.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 4-3 Konštrukcia halogenovej žiarovky</i>	<i>23</i>
<i>Obr.4-3-2 Termografický snímok 20W halogénovej žiarovky.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 4-4 Konštrukcia linearnej žiarivky</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 4-4-1 Maximálna dovolená teplota žiariviek OSRAM</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 4-5 Konštrukcia kompaktnnej žiarivky so zabudovaným štartérom</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 4-5-1 Termografický snímok kompaktnnej žiarivky a žiarovky.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 4-6 Konštrukcia vysokotlakovej sodíkovej výbojky</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 4-6-1 Teplota na povrchu 250W vysokotlakovej sodíkovej výbojky.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 4-7 Základné konštrukčné usporiadanie svetelnej diódy s dvoma kryštálmy.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 4-5-1 Termografický snímok kompaktnnej žiarivky a žiarovky.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr.5-1 Obvod zložený z termočlánku, kompenzačného vedenia, spojovacieho vedenia</i>	<i>34</i>
<i>Obr.5-2 Závislosť odporu Pt snímača na teplote</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 5-2-1 Laboratórny pyrometer.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 5-2-2 Infračervená Termovízna kamera WI-28+</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 5-3 Skúšobná objímka pre päťicu E14/20 a jej rozmery.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 6-2 Model prípravku na meranie oteplenia</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 6-3-1 Prepájanie Wago svoriek so zdierkami.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 6-3-2 Päťice svetelných zdrojov.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 6-3-3 Zváračka na termočlánky Model SR 80 s príslušenstvom.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 6-3-4 Meracia karta USB4718.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 6-4-1 Meracia zostava s príslušenstvom.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr.7-2-1 Hlavné okno programu WaveScan 2.0.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr.7-2-2 Nastavnenie vstupných parametrov USB 4718.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr.7-2-3 Nastavenie merania teploty a typu termočlánkov.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr 7-2-4 Spustenie merania.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr 7-2-5 Konvertovanie nameraných hodnôt.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 7-2-6 Ukážka nameraných hodnôt v Exceli.....</i>	<i>48</i>

<i>Obr.7-3-1 Schéma zapojenia 75W žiarovky.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 7-3-2 Vysokotlaková sodíková výbojka 100W.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 7-3-3 Schéma zapojenia vysokotlakovej sodíkovej výbojky.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 7-3-4 Kompaktná žiarivka DULUX L 18W.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr.7-3-5 Zapojenie päťice kompaktnej žiarivky s vonkajším predradníkom a predradník....</i>	<i>50</i>
<i>Obr.7-3-6 Kompaktná žiarivka EUROLITE 20W.....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 8-1 Merané polohy s umiestnením termočlánkov klasickej žiarovky.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 8-2 Merané polohy s umiestnením termočlánkov vysokotlakovej sodíkovej výbojky.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 8-3 Merané polohy s umiestnením termočlánkov žiarivky DULUX.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 8-4 Merané polohy s umiestnením termočlánkov kompaktnej žiarivky EUROLITE závit E27.....</i>	<i>61</i>

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 4-2-1 Merné výkony žiaroviek OSRAM.....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 4-3-1 Merné výkony halogénových žiaroviek.....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 4-4 Merné výkony lineárnych žiaroviek.....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 4-5-1 Typy a merné výkony kompaktných žiaroviek.....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4-6-1 Merné výkony vysokotlakovej sodíkovej vybojky.....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 4-7-1 Merné výkony LED svetelných zdrojov.....</i>	<i>32</i>
<i>Tab.5-1 Typy termočlánkov, zloženie, merací rozsah, dovolená chyba.....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 5-3-1 Maximálne dovolené oteplenie päťic.....</i>	<i>39</i>

ZOZNAM GRAFOV

Graf 7-4-1 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], poloha päticou nahor, kontrolný bod na vrchu zdroja.....	51
Graf 7-4-2 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], poloha päticou nadol, kontrolný bod na vrchu zdroja.....	51
Graf 8-1-1 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s] u žiarovky, poloha päticou nahor.....	55
Graf 8-1-2 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s] u žiarovky, poloha päticou nadol.....	56
Graf 8-1-3 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s] u žiarovky, päťica vo vodorovnej polohe..	56
Graf 8-2-1 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], výbojka, poloha päticou nahor.....	57
Graf 8-1-2 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s] u žiarovky, poloha päticou nadol.....	58
Graf 8-2-3 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], výbojka, päťica vodorovne, horák vo vodorovnej polohe.....	58
Graf 8-2-4 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], výbojka, päťica vodorovne, horák naspodu.....	58
Graf 8-3-1 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 1.....	59
Graf 8-3-2 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 2.....	59
Graf 8-3-3 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 3.....	60
Graf 8-3-4 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 4.....	60
Graf 8-4-1 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 1.....	61
Graf 8-4-2 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 2.....	62
Graf 8-4-3 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 3.....	62
Graf 8-4-4 Závislosť teploty ϑ [$^{\circ}\text{C}$] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 4.....	62

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

LED	Light-emitting diode, svetlo emitujúca dióda
UV	Ultra violet, ultrafialové žiarenie
IR	Infra red, infračervené žiarenie
T	Teplota [K]
λ	Koeficient tepelnej vodivosti [W/mK]
t	Čas [s]
σ	Stefan–Boltzmannova konštanta ($5,67 \text{ e}^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)
H	Hustota tepelného toku [W/m^2]
ε	Emisivita teplejšieho telesa [-]
ϕ	Svetelný tok zdroja [lm]
P	Príkon zdroja [W]
Mz	Merný výkon svetelného zdroja [lm/W]
ϑ	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]

1. ÚVOD

Môja bakalárska práca sa zaoberá oteplením svetelného zdroja. Pri premene energie na svetelnú, dochádza vo svetelných zdrojoch k značným teplotným stratám a k vyššiemu, či nižšiemu otepeleniu jednotlivých častí samotného svetelného zdroja. Krytie zdroja, spôsobuje v niektorých prípadoch ešte väčší nežiadúci nárast povrchových teplôt, ktoré môžu mať nepriaznivý účinok či už na prostredie a osvetľované predmety, ako i prípadné ohrozenie samotného svietidla (degradácia materiálov, porušenie tesnosti krytia IP, znehodnotenie komponentov). Pri návrhu osvetľovacieho zariadenia musíme brať v úvahu tieto teplotné polia, aby sme sa vyhli nežiadúcim účinkom. Zariadenie potom nielen splňuje štandarty a normy ale prenos tepla a chladenie funguje správne.

Oteplenie jednotlivých svetelných zdrojov je založené na rôznom princípe vzniku svetla v týchto zdrojoch, preto je potrebná dobrá znalosť jednotlivých spôsobov, konštrukcie, princípu činnosti a tiež aj svetelnotechnických parametrov. Pre správne určenie povrchových teplôt najmä pri výpočtoch je dôležitá teória prenosu tepla. Povrchovú ako i vnútornú teplotu môžeme merať niekoľkými možnými spôsobmi, ktoré sa pokúsim prehľadne zhrnúť. Svetelný zdroj ako i celé svetelné zariadenie musí tiež spĺňať radu noriem.

V praktickej časti navrhnem a zkonštruujem laboratórny prípravok na meranie týchto povrchových teplôt a následne prevediem niekoľko vzorových meraní, kde by som chcel overiť teoretické poznatky.

2. HISTÓRIA SVETLA

Dlhý čas ako jediným zdrojom svetla na zemi bolo Slnko až kým sa človek nenaučil zakladať a udržiavať oheň. Neskôr začali postupne prichádzať tukové, petrolejové a plynové lampy avšak jednalo sa len o prírodné zdroje svetla, ktoré sa bežne používali do 19. storočia. Až koncom 19. storočia vďaka vývoju rôznych materiálov bolo možné použiť prvý umelý svetelný zdroj, ktorý dokázal premeniť elektrickú energiu na svetelnú.

2.1 Vývoj, súčasnosť, budúcnosť svetelných zdrojov

Ako prvé sa na trhu objavili v roku 1881 žiarovky v prevedení s bambusovým vláknom so štandardnou päticou E27. Od tej doby prešla žiarovka menšími úpravami, akými sú náhrada uhlíkového vlákna za vlákno z wolfrámu a molybdénu a nahradenie vnútorného vyčerpaného vzduchu zmesou dusíka a argónu, ale tiež redším kryptonom alebo xenonom. V takejto podobe prežíva žiarovka až dodnes. Na prelome storočia sa začalo s výbojmi v nádobách s vyčerpaným vzduchom, kde sa očakovalo, že dôjde k zlepšeniu účinnosti a doby života. V 20. a 30. rokoch prišli na svet prvé nízkotlakové sodíkové výbojky, ktoré neskôr dosahovali účinnosti 50lm/W. V roku 1932 bola inštalovaná prvá vysokotlaková ortuťová výbojka s účinnosťou 36lm/W. Veľký skok vpred bol urobený v roku 1942, kedy vznikla prvá žiarivka. V 50. rokoch došlo k vylepšeniu klasickej žiarovky na halogénovu. Zmenila sa konštrukcia banky vďaka, ktorej bolo možné dosiahnuť vyššej teploty vlákna čo prinieslo zvýšenie fotometrickej účinnosti a aj dlhšiu dobu života. Zároveň prišla na svet aj prvá svietivá dióda. K pomerne veľkému využitiu došlo aj u nízko a vysokotlakových sodíkových výbojok bez luminoforu. V roku 1965 prišiel skok u vykotlakových sodíkových výbojok keď dosahovali účinnosti až 90 lm/W. V 80. rokoch došlo k výrobe kompaktnej žiarivky s integrovaným indukčným predradníkom. V 90. rokoch 20. storočia prišli narad svetelné diódy, ktoré novými technológiami vo výrobe a použití nových zlúčenín začali konkurovať žiarovkám. V súčasnosti je na trhu obrovské množstvo svetelných zdrojov s rôznymi parametrami. Vysokotlakové sodíkové výbojky sa používajú v pouličnom osvetlení, z ktorého postupne vytlačujú vysokotlakové ortuťové výbojky s luminoforom. U klasickej, ale aj kompaktných žiariviek sa použitím štartérov, elektronických predradníkov a kvalitnejších luminoforov, dosiahlo lepších prevádzkových vlastností a vyššej fotometrickej účinnosti. Kompaktných žiariviek sa na trhu vyskytuje veľké množstvo, rôznych tvarov, typov pätíc, či už s predradníkom alebo bez. Vďaka širokej škále, vlastnostiam, ale aj smerniciam Európskej únie (vďaka, ktorým sa jednotlivé krajiny zaviazali postupne vyradiť z obehu jednotlivé typy žiaroviek) sa stávajú náhradou za bežné žiarovky. V budúcnosti sa dá očakávať, že sa stanú dominantným svetelným zdrojom v domácnostiach spoločne so svetelnou diódou. Vývoj teplotných svetelných zdrojov sa už nemá kam uberať a u výbojových zdrojov svetla je efektívnosť premeny elektrickej energie na svetlo (veľmi pravdepodobne) limitovaná hodnotou merného svetelného výkonu 160 lm/W. Naopak u LED svetelných zdrojov merný výkon stále rastie, aplikačné možnosti sa stále rozširujú, paleta ponúkaných výrobkov je stále širšia a je len otázkou času kedy sa aj cenová dostupnosť priblíži k cenovej hladine bežných svetelných zdrojov.[1,2]

3. TEPLA, PRENOS TEPLA

Teploto je forma energie, ktorá je viazaná na hmotu a prenáša sa z látky o teplote ϑ na druhú látku, alebo prechádza iba jedinou látkou. Teplom môže byť aj energia elektromagnetického žiarenia o špecifických vlnových dĺžkach. V tomto prípade hovoríme o teplote skôr ako o žiarivej energii, ktorá je jeho nositeľom. Táto energia prenáša teplo opäť medzi látkami. Vo svetelných zdrojoch vzniká pri premene elektrického prúdu na svetlo. V kapitole nájdeme zhrnutú teóriu prenosu tepla, ktorá je dôležitá pri skúmaní a výpočtoch oteplenia svetelných zdrojov a svietidiel.[4]

3.1 Prenos tepla

Prenos tepla môže byť sprostredkovaný týmito spôsobmi:

- Vedením (kondukciou)
- Prúdením (konvekciou)
- Žiarením (radiaciou)

3.1.1 Prenos tepla vedením

Vedenie tepla je prenos tepla v prostredí, ktorého častice sa v smere tepelného toku nepohybujú. To platí vždy pri látkach tuhého skupenstva, ale tiež pri laminárnom prúdení tekutín (a plynov), ak vektor tepelného toku je kolmý na vektor prúdiaceho média. Nevyhnutnou podmienkou pre existenciu vedenia tepla je existencia teplotného spádu.

Hustotu tepelného toku q [W/m^2] v smere zvolenej osi stanovuje základný zákon pre vedenie tepla – Fourierov zákon:

$$q = -\lambda \text{ grad}T$$

kde T Teplota [K]
 λ koeficient tepelnej vodivosti [W/mK]

Ak teplo prestupuje cez plochu A [m^2] kolmú na smer šírenia, potom tepelný tok P [W] prenesený vedením je:

$$P = A \cdot q$$

K prenosu tepla vedením dochádza u žiarovky napríklad tam, kde sa teplo šíri cez privody a podperky medzi vláknom a bankou. [3,4]

3.1.2 Prenos tepla prúdením

Teploto sa šíri prúdením z pevného telesa do okolitého hmotného prostredia (kvapalného alebo plynného). Podmienkou prúdenia je existencia hmotného prostredia a teplotného spádu medzi povrchom telesa a okolitým prostredím. Ak je prúdenie tepla vyvolané len vnútornými zdrojmi, hovoríme o voľnom prúdení, resp. o prirodzenej konvekcii. Ak je prúdenie urýchľované vonkajšími silami, hovoríme o nútenom prúdení, resp. umelej konvekcii.

Vo svetelnotechnických zariadeniach vzniká najmä voľné prúdenie do obmedzeného priestoru. V obmedzenom priestore sa stúpajúci a klesajúci prúd média ako dôsledok ohrievacej a chladiacej konvekcie navzájom dotýkajú, miešajú a ovplyvňujú sa. Prestup tepla závisí nielen od fyzikálnych vlastností prúdiaceho média, ale aj od tvaru obmedzeného priestoru.

Ak má kvapalina, alebo plyn teplotu ϑ_0 a povrch steny je o ploche S a teplote ϑ_1 , je množstvo tepla, ktoré prejde z kvapaliny (plynu) do steny, alebo naopak určené Newtonovým vzťahom:

$$Q = \alpha \cdot S(\vartheta_1 - \vartheta_0) \cdot t$$

kde α súčiniteľ prestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

t čas [s]

3.1.3 Prenos tepla žiarením

Každé teleso s teplotou väčšou ako absolútna nula vyžaruje časť svojej vnútornej energie do okolia formou elektromagnetických vĺn. Časť týchto vĺn sa pri dopade na iné teleso pohltí a zmení znova na teplo, časť sa od tohto telesa odrazí a ďalšia časť prejde cez teleso. Každé teleso v prírode neustále vyžaruje a súčasne neustále pohlcuje žiarenie okolitých telies. Výmena tepla žiarením je procesom neustáleho vyžarovania a pohlcovania energie, pri čom nemusí existovať teplotný spád medzi telesami – vtedy sa energia taktiež vymieňa, avšak vyžiarená a pohltená energia každého telesa sú si rovné a ich teploty sa vplyvom žiarenia nemenia. Vyžiarená energia telesa je závislá na jeho teplote. Hustotu H tepelného toku vyžiareného teplejším telesom s povrchovou teplotou T cez povrchnú plochu A určuje Stephan-Boltzmannov zákon:

$$H = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4 \quad [\text{W}/\text{m}^2]$$

kde σ Stefan–Boltzmannova konštanta ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$)

ε emisivita teplejšieho telesa [-]

T absolútna teplota [K]

Typickým príkladom prenosu tepla žiarením vo svetelných zdrojoch je teplo vyžiarené vláknom žiarovky dopadajúce na banku. [3,4]

4. ROZDELENIE SVETELNÝCH ZDROJOV

Svetelné zdroje sú hlavnou časťou svietidiel, používaných v osvetľovacích sústavách. Často sa delia na prvotné zdroje svetla, ktoré vyžarujú svetlo vznikajúce v nich samých premenou energie a druhotné zdroje, ktoré iba odrážajú, prípadne prepúšťajú svetlo na ne dopadajúce. Podľa vzniku svetla sa elektrické svetelné zdroje v zásade delia na zdroje teplotné (napr. žiarovky), výbojové, ktoré sú buď nízkotlakové (napr. žiarivky) alebo vysokotlakové (napr. vysokotlakové sodíkové výbojky). Podrobnejšie delenie nájdeme na obr.4.

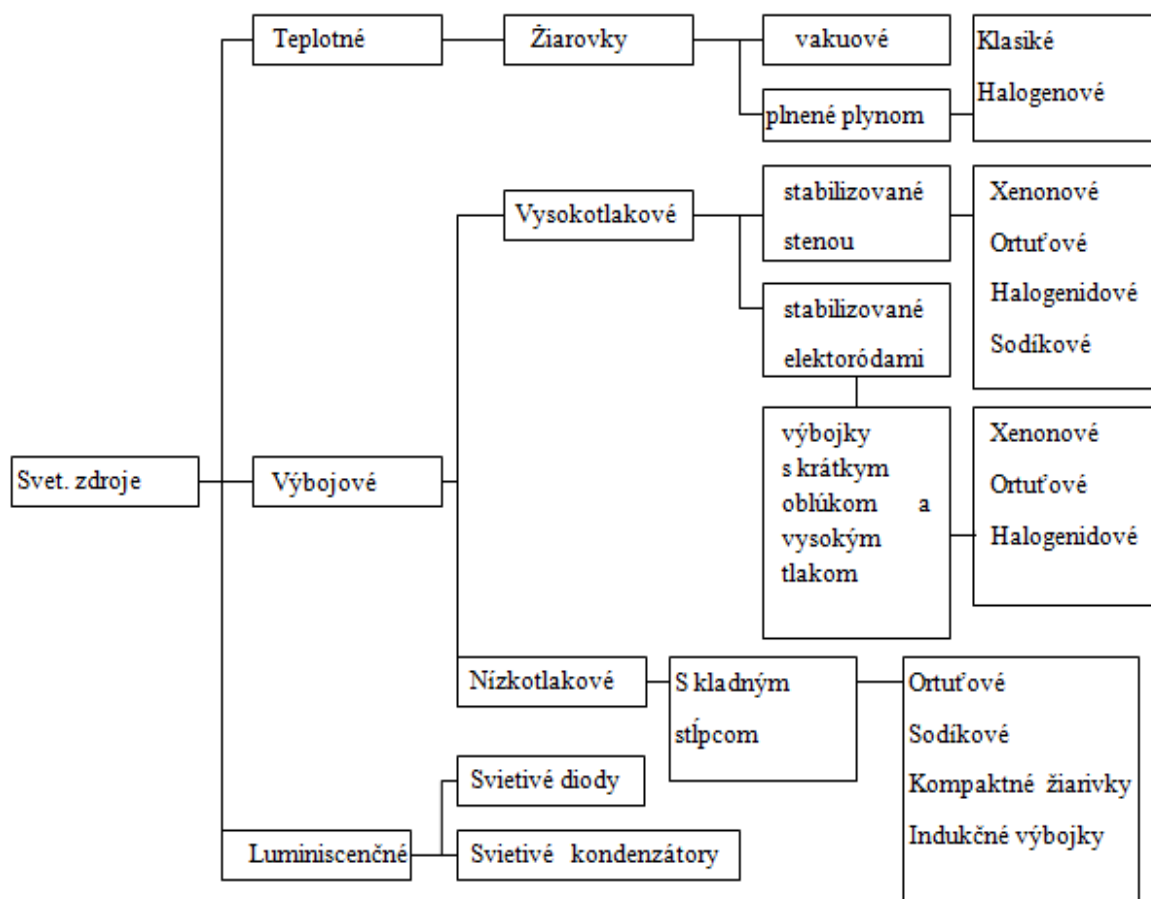
Vznik svetla je podmienený vybudením elementárnych častíc. V teplotných zdrojoch dochádza priechodom elektrického prúdu k zahriatiu vodivej pevnej látky (kovu) na teplotu, pri ktorej potrebnú budiacu energiu tvorí tepelný pohyb. Táto energia sa predáva časticiam schopným vybudeniu, ktoré sa stávajú elementárnymi zdrojmi svetla. Látka, napr. vlákno žiarovky, vysiela optické žiarenie ktorého spektrum je spojité.

Výbojové svetelné zdroje sú založené na princípe elektrických výbojov v plynch a parách rôznych kovov a využívajú premenu elektrickej energie na kinetickú energiu elektrónov, pohybujúcich sa vo výbojovom priestore. Pri zrážkach elektrónov s atómami plynov a pár kovov, sa následne ich energia mení na optické žiarenie. Spektrum žiarenia výbojových zdrojov je čiarové. Rozloženie spektrálnych čiar závisí na druhu výboja a na zložení plynnej náplne. U rady výbojových zdrojov (napr. žiarivky), sa využíva luminiscencia pevných látok, preto bývajú niekedy označované názvom luminiscenčné zdroje.

Luminiscencia pevných látok je jav, pri ktorom sa z atómov molekúl, či kryštálov látky v podobe fotónov vyžaruje energia uvoľnená pri samovolnom návrate elektrónov do základnej polohy z nestabilného vybudeneho stavu, kam sa dostali určitým vonkajším vplyvom. Ak je vybudenie vyvolané elektrickým polom hovorí sa o luminiscencii, na jej princípe sú založené svietiace kondezátory. Ak vybudenie spôsobuje dopadajúce žiarenie ide o fotoluminiscenciu, keď je spôsobené rádioaktívnym žiarením hovoríme o rádioluminiscencii.[4]

Každý svetelný zdroj je charakterizovaný svojimi vlastnosťami z ktorých najdôležitejšími sú:

- veľkosť vyžarovaného svetelného toku Φ , jeho rozloženie v priestore a stabilita
- merný svetelný výkon η_v
- doba života
- farebná akosť
- prevádzkové vlastnosti (zavislosť vyššie uvedených parametrov od napájacieho napätie, teploty okolia, doba potrebná na ich ustálenie atd.)
- investičné a prevádzkové náklady



Obr. 4 Rozdelenie umelých svetelných zdrojov [4]

4.1 Svetelno technické veličiny

Z hľadiska oteplenia, účinnosti a teplotných strát nás budú zaujímať hlavne tieto veličiny:

Svetelný tok ϕ , ktorý vyjadruje schopnosť žiarivého toku vyvolať svetelný vnem. (Žiarivý tok ϕ_e je výkon prenášaný žiarením, t.j. energia prenesená žiarením za jednotku času). Jednotkou svetelného toku je 1 lúmen (lm).

$$\phi = K_m \cdot \int_0^\infty H_e(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda \quad [\text{lm}]$$

kde $H_e(\lambda)$ spektrálna hustota žiarivého toku v bode λ

$V(\lambda)$ pomerná svetelná účinnosť monochromatického žiarenia

$$V(\lambda) = \frac{K_\lambda}{K_m} \quad [-; \text{lm.W}^{-1}, \text{lm.W}^{-1}]$$

K_m maximálna svetelnotechnická účinnosť monochromatického žiarenia [lm/W]
(683lm/W pre $\lambda = 555\text{nm}$)

K_λ svetelná účinnosť monochromatického žiarenia

Planckov zákon udáva výkon vyžarovaný z 1 m² plochy pre jedinu vlnovú dĺžku λ .

$$H_e(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{m}^{-1}]$$

kde $c_1 = 3,73 \cdot 10^{-16} \text{ [W.m}^2\text{]}$

$c_2 = 1,438 \cdot 10^{-12} \text{ [m.K]}$

λ vlnová dĺžka žiarenia [m]

Ďalšou veličinou je **merný výkon** svetelného zdroja, pre ktorý platí:

$$M_z = \frac{\Phi}{P} \quad [\text{lm/W}]$$

kde Φ je svetelný tok zdroja [lm]

P príkon zdroja [W]

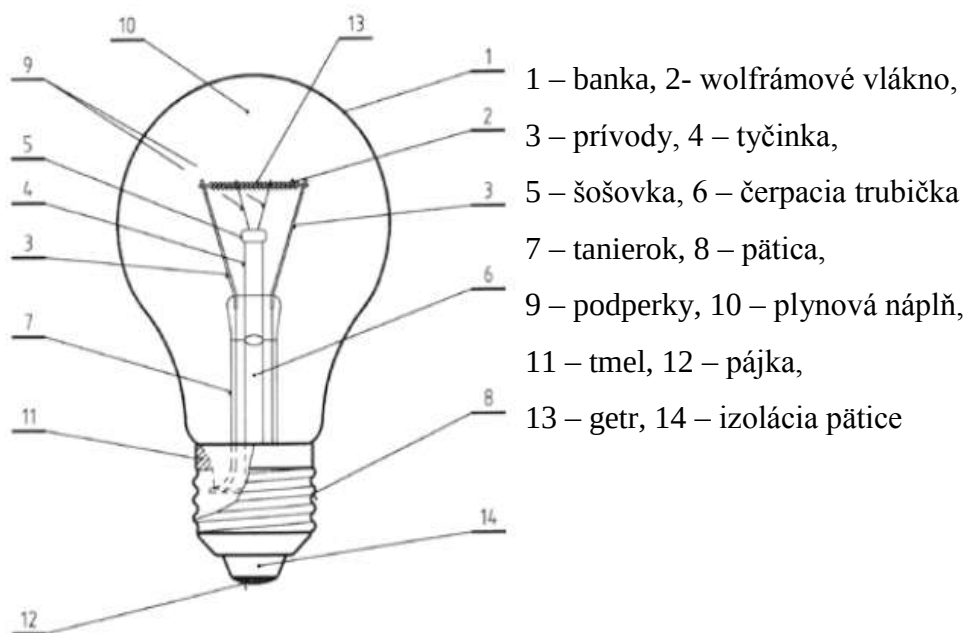
a udáva podiel množstva produkovaného svetla vzhľadom k elektrickému príkonu svetelného zdroja. Rastúca hodnota znamená viac svetla pri nižšom príkone, t.j. nižšie tepelné straty.

Z týchto veličín môžeme následne určiť účinnosť premeny elektrickej energie na svetelnú [4]

$$\eta = \frac{M_z}{K_m} = \frac{\Phi}{P \cdot K_m} \quad [\%]$$

4.2 Žiarovka

Je to svetelný zdroj vyžarujúci svetlo z telesa (vlákna) rozžeraveného priechodom elektrického prúdu. Pôvodné Edisonove žiarovky mali uhlíkové vlákno, dnes sa zvyčajne využíva wolfrám, ktorý lepšie odoláva vysokým teplotám. Wolfrámové vlákno je stočené do špirály. Prechodom elektrického prúdu sa rozžeraví na teplotu 2500°C , kedy wolfrám emituje biele svetlo. Aby vlákno nezhorelo, je umiestnené v sklenenej banke, z ktorej je vyčerpaný vzduch. Podtlak by ale spôsobil nebezpečnú implóziu pri náhodnom rozbití banky, preto býva vákuum nahradené interným plynom pod nízkym tlakom napríklad argón. [5]



Obr. 4-2 Konštrukcia žiarovky [5]

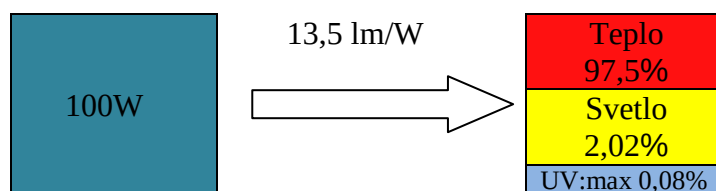
Prednosti:

- vhodný tvar, jednoduchá konštrukcia, malé rozmery a malá hmotnosť
- spojité spektrum vyžarovaného svetla, majúce príjemný teplý odtieň, charakterizovaný teplotou chromatičnosti 2700 až 2900K
- vynikajúce podanie bariev osvetlovaných predmetov
- takmer nulová úroveň UV žiarenia
- okamžitý štart, stabilné svietenie bez namáhania

Nedostatky:

Zásadným nedostatkom všetkých bežných žiaroviek je ich malý merný výkon, ich relatívne krátky život (1000h), veľký pokles svetelného toku v priebehu života a výrazná závislosť parametrov žiaroviek, života, na napájacom napätí.[5]

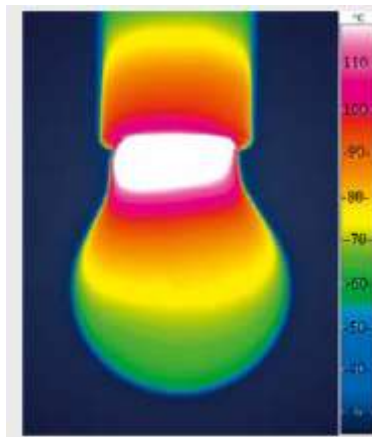
Účinnosť žiaroviek sa pohybuje v rozpätí od 8 do 16lm/W. To znamená, že napríklad 100W žiarovka so svetelným tokom 1380lm má merný výkon 13,8lm/W, z toho len cca 2% je svetelná energia (svetlo viditeľné voľným okom). Zbytok energie reprezentujú tepelné straty (cca 98%) a ultrafialové žiarenie (max 0,08% - závislé na vstupnej energii)



Obr. 4-2-1 Výkonová bilancia žiarovky

Merný výkon žiaroviek je možné zvýšiť zvýšením teploty vlákna (teoreticky ide dosiahnuť hodnoty približne 50lm/W, odpovedajúca teplota topenia wolframu, avšak pri nulovej životnosti). Isté zlepšenie účinnosti žiaroviek môžeme dosiahnuť aj zmenou plynnej náplne: argón sa nahradí kryptónom. Kryptón vďaka nižšej tepelnej vodivosti omedzuje tepelné straty a vplyvom väčšej molekulovej hmotnosti znižuje rýchlosť vyparovania wolframu.[8].

Ako vidíme na obr. 4-2-1 väčšina elektrickej energie sa premení na teplo, z ktorého časť je vyžarovaná aj do okolia. Teplota na povrchu žiarovky závisí od prevádzkových parametrov ako sú napätie, teplota okolia, teplota vlákna, ďalej na príkone a vo veľkej miere aj na pracovnej polohe vo svietidle a type svietidla. Na termografickom snímku obr.4-2-2, môžeme vidieť rozloženie teplôt na povrchu 75W žiarovky.



Obr.4-2-2 Termografický snímok 75W žiarovky [6]

4.2.1 Parametre žiarovky

Tabuľka 4-2-1 obsahuje merné výkony bežných žiaroviek firmy OSRAM od 15W po 200W pri napájacom napätí 230V.

Tab. 4-2-1 Merné výkony žiaroviek OSRAM

Príkon (W)	15	25	40	60	75	100	150	200
Merný výkon (lm/W)	6	9,2	10,45	12,2	12,8	13,8	14,8	15,75

Príkony: 3W – 500W pre žiarovky s menovitým napätím (230V – 280V)

5W – 100W pre žiarovky s menovitým napätím (24V – 60V)

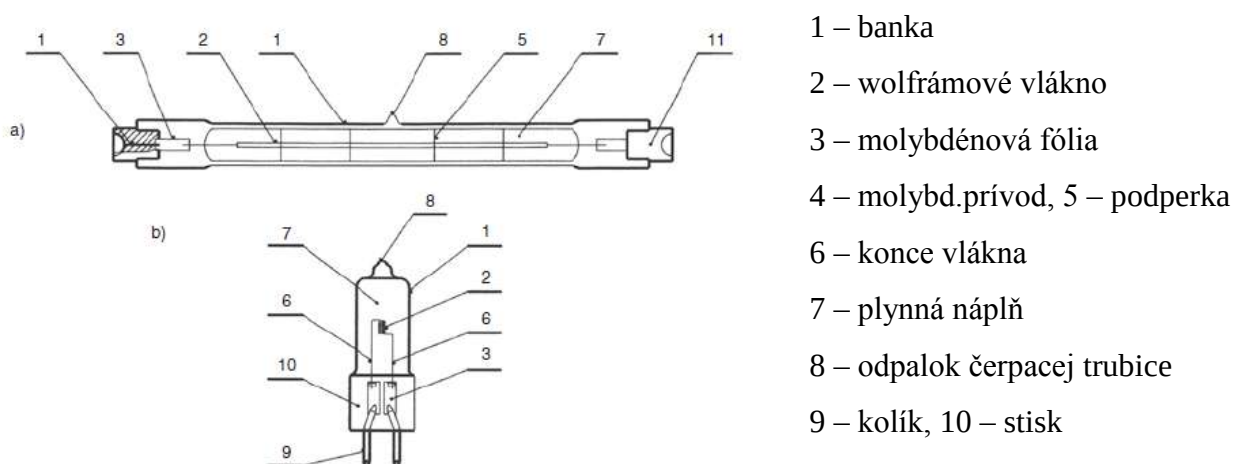
Rozsah menovitého napätia: 12V, 24V, 42V, 60V, 110V, 150V 230V, 240V, 280V

Typy pätic: Edisonov závit: E14, E27, E40

Ostatné: B22, B15d, BA15d, P28s.....

4.3 Halogénová žiarovka

Halogenové žiarovky pracujú na podobnom princípe ako klasické žiarovky, ale s podstatne vyššou teplotou vo vnútri banky. Sú to žiarovky plnené plynom (obvykle krypton alebo xenon) a prímiesou halogénu (napr. bróm, jód), alebo jeho zlúčenín. Uplatnenie halogénu vo svetelných zdrojoch si vyžiadalo podstatné zmeny v konštrukcii žiaroviek. Bolo nevyhnutné prejsť na teplotne i mechanicky odolnejšie materiály používané na výrobu banky (teploty dosahujú až 350°C), aby bolo možné zaistiť jej minimálnu pracovnú teplotu 250°C. Namiesto mäkkej skloviny používanej u obyčajných žiaroviek sa začalo používať kremičité alebo tvrdé sklo. Výrazne sa zmenšili rozmery žiarovky, zároveň použitie tohto skla dovolilo zvýšiť pracovný tlak plynnej náplne. Kremičité sklo avšak prepúšťa UV-B žiarenie. Pretože sklo je zvyčajne veľmi horúce a je tu možnosť nebezpečenstva požiaru či popálenín, ako aj z dôvodu UV-B žiarenia, sú tieto žiarovky obyčajne chránené filtrom z obyčajného skla. [7]



Obr. 4-3 Konštrukcia halogenovej žiarovky a) dvojpäťicová b) jednopäťicová [7]

K výhodám vedľa tých, ktoré boli uvedené u obyčajných žiaroviek (tj. predovšetkým spojité spektrum, vynikajúce podanie farieb a okamžitý štart) patria:

- vyšší merný výkon ako u obyčajných žiaroviek až 30lm/W
- príjemné biele svetlo s vyššou teplotou chromatičnosti 2900 až 3100K
- vyššia účinnosť premeny el. energie na svetelnú pri rovnakom živote
- dlhší život pri rovnakom mernom výkone

Hlavné nedostatky:

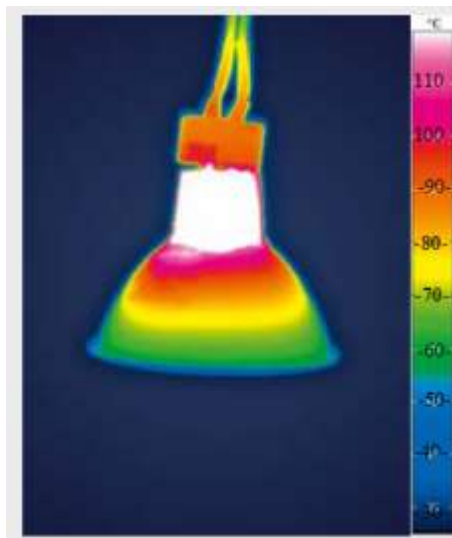
- vyššia cena
- u žiaroviek na malé napätie je nutné používať konvenčný alebo elektronický transformátor
- značná závislosť jej parametrov na napájacom napätí a obmedzenejšia možnosť stmievania

Znižovanie strát využitím tepelného žiarenia (IRC)

Vďaka špeciálnej geometrii baniek a náročnému povrstveniu banky žiarovky, ktorá odráža tepelné (infračervené) žiarenie, je teplo vyžarované špirálou opäť nasmerované späť. Tým sa špirála viac zahrieva a je k nej teda možné priviesť menej elektrickej energie. Táto technológia sa vďaka optimálnym geometrickým podmienkam využíva aj u žiaroviek na nízke napätie (12V).

Znižovanie tepelných strát plniacim plynom (xenon)

So vzrastajúcou veľkosťou (hmotnosť a priemer) atómu klesá schopnosť vodivosti tepla u plniaceho plynu. Odpovedajúcou voľbou plniaceho plynu do žiaroviek je možné znížiť teplotné straty wolframovej špirály. Tento efekt spôsobí, že pri rozžhavení špirály je potrebné menšie množstvo elektrickej energie. Okrem toho sa pri použití plynu s najťažšími možnými atómami zpomaľuje odparovanie wolfrámu zo špirály. Preto je možné predĺžiť životnosť žiarovky. Zo všetkých možných plynov najlepšie týmto požiadavkám vyhovuje xenon.[7,9]



Obr.4-3-2 Termografický snímok 20W halogénovej žiarovky [6]

4.3.1 Parametre halogénovej žiarovky

Tab. 4-3-1 Merné výkony halogénových žiaroviek

Príkon (W)	<25	25-50	50-100	100-500	>500
Merný výkon (lm/W)	5-17	6-20	10-23	11-30	15-25

Príkony: 20W – 2000W pre žiarovky s menovitým napätím (230V – 240V)

5W – 400W pre žiarovky s menovitým napätím (6V – 36V)

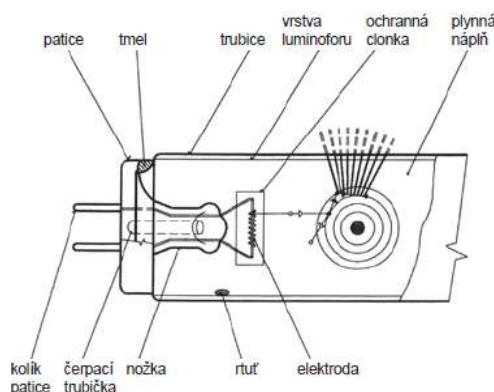
Rozsah menovitého napätia: 6V, 12V, 24V, 28V, 36V, 120V, 230V, 240V

Typy pätic: Edisonov závit: E14, E27, E40

Ostatné: Bxx, Gxx, GUxx, GZxx, GYxx,.....

4.4 Lineárna žiarivka

Žiarivka je nízkotlaková ortuťová výbojka, v ktorej je hlavná časť svetla vyžiarovaná jednou, alebo viacerými vrstvami luminoforu budeného ultrafialovým žiarením. V závislosti na type použitého luminoforu ide dosiahnuť rôzneho spektrálneho zloženia vyžarovaného svetla, rôzneho merného výkonu (tab.4-4) a všeobecného indexu podania bariev Ra. Vývoj luminoforov dovoľuje konštruovať veľmi účinné svetelné zdroje pri zachovaní veľmi dobrej kvality svetla. Konštrukcia žiarivky je vidieť na obr. 4-4



Obr. 4- 4 Konštrukcia linearnej žiarivky [10]

Trubica je zhotovená z mäkkého skla, na jej vnútornú stenu je nanesená vrstva luminoforu, u špeciálnych typov dve vrstvy, ktoré transformujú UV žiarenie kládneho ortuťového stĺpca na viditeľné žiarenie. Vlastný výboj prebieha v nasýtených parách ortute pri tlaku (asi 0,8Pa) odpovedajúcim teplote najchladnejšieho miesta žiarivky (asi 42°C) a v internom plyne (obvykle argon), ktorý znižuje zápalné napätie výboja a zabraňuje rýchlemu rozprašovaniu emisnej hmoty.

Parametre žiariviek je možné vylepšiť ich prevádzkou na vyššej frekvencii, čo umožňuje zavedený elektronický predradník spojujúci funkciu zapálenia výboja a jeho stabilizáciu behom prevádzky. [10]

Na obr. 4-4-1 môžeme vidieť maximálnu povolenú teplotu na jednotlivých miestach, pre rôzne typy žiariviek OSRAM. Pri prekročení tejto teploty môže dôjsť k zhoršeniu

svetelnotechnických vlastností, prípadne k samotnému poškodeniu svetelného zdroja. Z obrázku je vidieť, že teplota na povrchu lineárnych žiaroviek bude výrazne nižšia ako u teplotných zdrojov svetla.

	Max.teplota na patici	V centre lampy	Na elektróde
	°C	°C	°C
T8/L36W	120	45...55	100...120
T8/L58W	140	50...65	110...130
T5/FH28W	120	40...60	160 (200...250*)
T5/FQ54W	120	50...70	160 (200...250*)



Obr. 4-4-1 Maximalna dovolená teplota žiaroviek OSRAM []

4.4.1 Parametre lineárnej žiarivky

Tab.4-4 Merné výkony lineárnych žiaroviek [10]

Priemer žiarovky (mm)	Menovitý príkon (W)	Merný výkon bez predr. (lm/W)
7	6, 8, 11, 13	52 až 72
16	8, 13	56 až 73
	6, 8, 13	37 až 76
	4, 6, 8, 13	30 až 54
	14, 21, 28, 35	79 až 94 *
	24, 39, 49, 54, 80	67 až 77 *
26	15, 18, 30, 36, 58, 70	64 až 65
		55 až 69
		67 až 90
	18, 36, 58	48 až 66
38	20, 40, 65	53 až 73

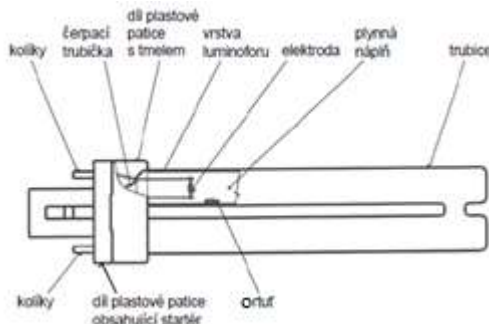
*prevádzka výhradne s vysokofrekvenčným elektronickým predradníkom. Pri dosiahnutí optimalnej teploty vo svietidle (+35) sú uvedené hodnoty vyššie (94 až 104 lm/W)

Príkony: 4 až 185W na jednu trubicu

Typy pätic: G10, G13, G20, G23, R17, R18 2Gxx,....

4.5 Kompaktná žiarivka

Pracuje na podobnom princípe ako lineárna žiarivka. Konštrukčnú odlišnosť môžeme vysvetliť na príklade štvornásobnej žiarivky obr 4-5, ktorá patrí k najrozšírenejším typom tejto skupiny.



Obr. 4-5 Konštrukcia kompaktnej žiarivky so zabudovaným štartérom [11]

Významným znakom je prevedenie s jednou päticou a malé obrysové rozmery, ktorých je dosiahnuté účelným zložením dvoch, štyroch, šiestich a ôsmich paralelne umiestnených, avšak elektricky vzájomne prepojených trubíc tak, že vytvárajú jeden spoločný výbojový priestor.

Hodnoty merného výkonu nielen lineárnych, ale aj kompaktných žiaroviek závisia od tlaku prislúchajúceho tlaku nasýtených par Hg pri teplote asi 42°C. Táto hodnota musí byť v trubici, alebo aspoň v najchladnejšom mieste zachovaná. Keďže pre rôzne použitie v domácnosti sú potrebné rôzne rozmery svetelných zdrojov, zhotovujú sa integrálne kompaktné žiarivky v rôznych dĺžkach trubice. Preto je aj merný výkon žiaroviek rovnakého príkonu odstupňovaný (tab.4-5). Svetelný výkon a účinnosť integrálnych kompaktných žiaroviek v ktorých je využívaný kladný stĺpec je možné zvýšiť predĺžením trubice.[11]

Kompaktné žiarivky je z hľadiska pracovného obvodu možné rozdeliť do týchto hlavných skupín:

- žiarivky s integrovaným štartérom a predradníkom (spravidla edisonov závit)
- žiarivky s integrovaným štartérom (päťica, ktorá má väčšinou dva piny)
- žiarivky bez štartéru a predradníku (päťica so štyrmi pinmy)

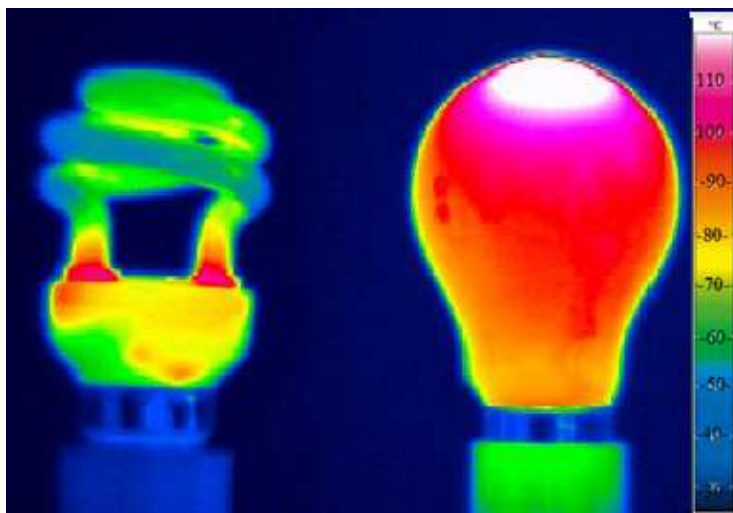
Výhody:

- Vysoká doba života až 15000 hod., samotné predradníky až 50000hod.
- Cenová dostupnosť vzhľadom k spotrebe a dobe života
- Vysoký merný výkon
- Povrchová teplota je výrazne nižšia ako u teplotných zdrojov

Nevýhody:

- Pomalší nábeh na plný svetelný výkon
- Horšie podanie farieb v porovnaní so žiarovkami
- Vplyv teploty okolia na účinnosť a veľkosť svetelného toku. Pri vysokých i nízkych teplotách sa znižuje účinnosť luminoforu, pri nízkych ešte aj problém s nábehom
- Pri nesprávnom zaobchádzaní možnosť úniku toxických látok

Kompaktné žiarivky nedosahujú takých povrchových teplôt ako žiarovky a neprejavuje sa u nich ani tak silný vplyv polohy na oteplenie v jednotlivých miestach ako u teplotných zdrojov svetla vid. obr. 4-5-1, o to je však väčšia závislosť svetelného toku na prevádzkovej teplote v rôznych polohách. [11]



Obr. 4-5-1 Termografický snímok kompaktnej žiarivky a žiarovky [6]

4.5.1 Parametre kompaktnej žiarivky

Tab. 4-5-1 Typy a merné výkony kompaktných žiariviek [11]

Prevedenie výbojového priestoru	Príkon (W)	Merný výkon (lm/W)	Typ päťice a predradníku
dvojité	5, 7, 9, 11	50 až 82	G23, zabudovaný štartér, tlmivka
dvojite	5, 7, 9, 12	50 až 82	2G7, vonkajší elektronický predradník
dvojité	18, 24 36, 40, 55, 80	67 až 87	2G11, vonkajší elektronický predradník
štvornásobné	10, 13, 18, 26	50 až 70	G24d-1,2,3 zabudovaný štartér, tlmivka
štvornásobné	10, 13, 18, 26	50 až 70	G24q-1,2,3 vonkajší elektronický predradník
šesťnásobné	13, 18, 26	70	G24q-1,2,3 zabudovaný štartér, tlmivka
šesťnásobné	13, 18, 26, 32, 42, 57, 70	70 až 76	G24q-1,2,3 vonkajší elektronický predradník
štvornásobné	3, 5, 7, 8, 11	33 až 60	E14 integrovaný elektronický predradník
štvornásobné	5, 7, 8, 11, 12, 14	48 až 65	E27 integrovaný elektornický predraník

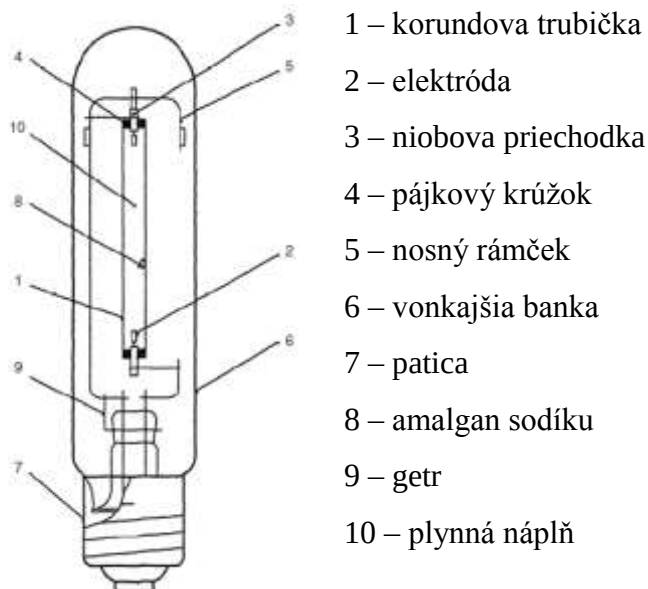
Príkony: 11W – 100W pre žiarivky s menovitým napätím 12VDC – 24VDC
 5W – 30W pre žiarivky s menovitým napätím 120V
 3W – 150W pre žiarivky s menovitým napätím 230V – 240V

Rozsah menovitého napätia: 12VDC, 24VDC, 120V, 230V, 240V

Typy pätic: Edisonov závit E14, E27
Ostatné: Bxx, Gxx, 2Gxx, GRxx, GXxx,.....

4.6 Vysokotlaková sodíková výbojka

Je svetelný zdroj, v ktorom je svetlo vyžiarované hlavne sodíkovými parami s prevádzkovým tlakom v rozmedzí 3 až 60 KPa. Konštrukcia je znázornená na obr.4-6. Hlavnými časťami sú horák, ktorý je zhotovený z priesvitného korundu, trubica je na oboch koncoch uzavrená prúdovými priechodkami, ktoré su pripojené k trubici skelnou pájkou. Miesto spoja keramika – kov musí odolávať dlhodobému pôsobeniu sodíkových a ortuťových par pri vysokých pracovných teplotách a veľkým teplotným nárazom pri zapínaní a vypínaní výbojky. Materiál priechodok taktiež musí odpovedať súčiniteľom teplotnej rozťažnosti. Ako jediný kov zatiaľ vyhovuje niob. K niobovému dielu je pripevnená wolframová elektróda. Polohou elektródy horáka je možné regulovať teplotu priestoru za elektrodami. Táto teplota určuje tlak sodíku v horáku a tým aj základné elektrické a svetelné parametre. [12]

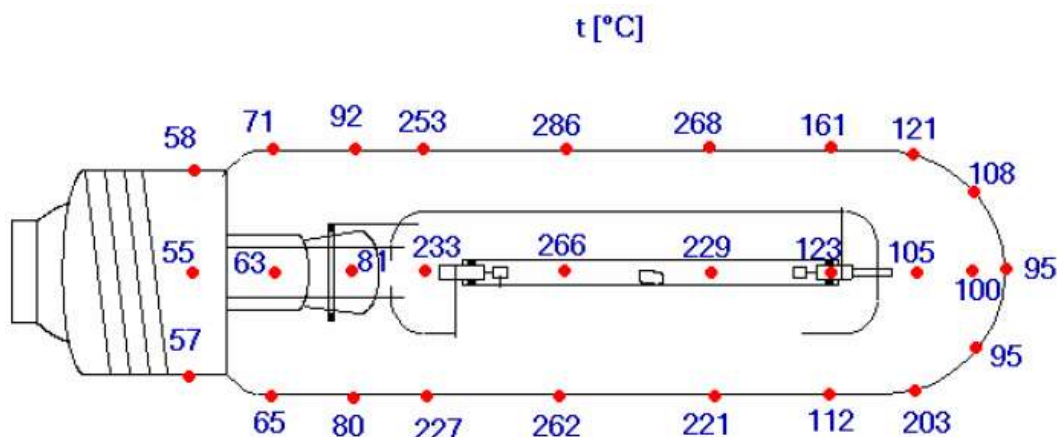


Obr.4-6 Konštrukcia vysokotlakovej sodíkovej výbojky [12]

Vzhľadom k tomu, že výboj pracuje v režime nasýtených par, je teplota najchladnejšieho miesta horáka veľmi dôležitá. Horák sa dávákuje interným plynom, ktorý uľahčuje zapálenie výboja. Horák je vložený do banky vyčerpanej na vysoké vákuum, ktoré znižuje tepelné ztráty horáku. Výbojka ma vďaka svojej náplni a konštrukcii horáku vyššie zápalné napätie, takže k jej zapáleniu je nutné používať zapalovacie zariadenie generujúce vysokonapäťový impulz.[12]

Merný výkon závisí na tlaku par v sodíku, na zložení amalgánu sodíku, tlaku plniaceho plynu, geometrických parametroch horáku, príkone výbojky a kvalite materiálu, z ktorého je horák vyrobený.

Na obr. 4-6-1 vidíme povrchové teploty 250W vysokotlakovej sodíkovej výbojky namerané pomocou série termočlánkov. Z obrázku je zrejmé že teplota týchto svetelných zdrojov bude dosahovať vysokých hodnôt a to najmä v strede výbojky, kde je umiestnený horák.



Obr. 4-6-1 Teplota na povrchu 250W vysokotlakovej sodíkovej výbojky [9]

4.6.1 Parametre vysokotlakovej sodíkovej výbojky

Tab. 4-6-1 Merné výkony vysokotlakovej sodíkovej výbojky

Príkonný výkon (W)	<50	50-100	100-500	>500
Merný výkon (lm/W)	35-60	35-105	70-140	120-150

Príkonný výkon: 35W, 70W, 100W, 150W, 250W, 400W, 1000W, 1500W, 2000W

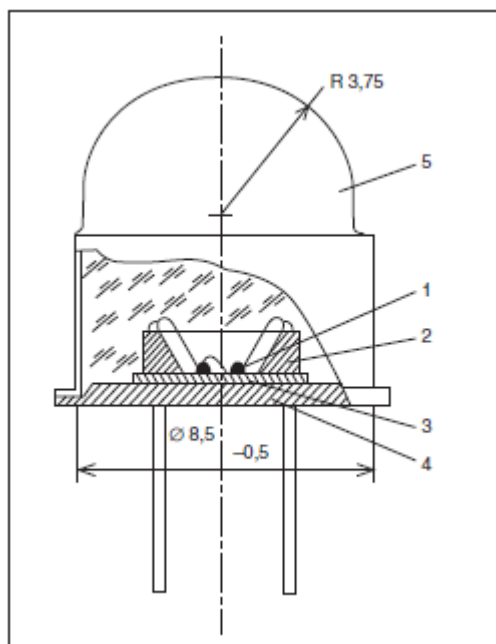
Rozsah menovitého napätia na výboji: 85 až 155V

Rozsah menovitého prúdu: 0,5 až 10A

Typy päťic: E27, E40, GXxx, PGxx, Fcx, RX7x

4.7 LED zdroje

Svetelné diódy LED (z anglického Light Emitting Diode) zaznamenali v poslednom desaťročí nesmierne dynamický rozvoj. Je to polovodičová súčiastka obsahujúca PN priechod, ktorý emituje optické žiarenie, ak je budený priechodom elektrického prúdu. Konštrukcia svetelnej diódy je naznačená na obr.4-7. Pre vytvorenie polovodičových prechodov PN sa používajú prevažne polovodiče typu $A^{III} B^V$ vysokej čistoty, legované malým množstvom vhodných prímiesí, ktoré vytvárajú buď prebytok elektrónov (N), alebo ich nedostatok, a teda prebytok dier (P). V mieste kde sa stretávajú polovodiče oboch typov vzniká tzv. PN priechod. Priložením jednosmerného napätia správnej polarizácie na tento prechod dôjde ku vzájomnému približovaniu elektrónov a dier k miestu kontaktu a k ich rekombinácii. Pri rekombinácii každého páru elektrón-diera sa uvoľní určité kvantum energie, ktoré sa môže vyžiarit mimo krytál. Elektrická energia sa tak mení priamo na svetlo určitej farby. [13]



- 1 – polovodič s prechodom PN
- 2 – reflektor
- 3 – keramická doštička
- 4 – podložka
- 5 – poloblúčková šošovka

Obr. 4-7 Základné konštrukčné usporiadanie svetelnej diódy s dvoma kryštálmy [13]

Výhody:

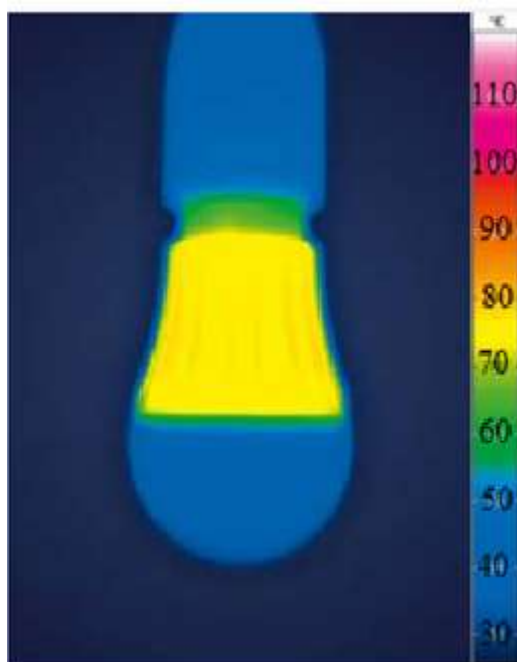
- geometrické parametre (malé rozmery, umožňujú vytvárať veľké množstvo svetelných prístrojov, svietidiel, rôznych tvarov, výkonov)
- elektrické parametre (malé napájacie napätie, možnosť spojenia do série a tým vytvoriť vyššie hodnoty svetelného toku, plná stmievateľnosť bez zmeny farby)
- merný svetelný výkon a jeho ďalšie možnosti zvyšovania (napr. spoločnosť Cree uviedla vo februári 2010, že v jej laboratóriách vyskúšali LED-čip s merným svetelným výkonom 208 lm/W)
- energeticky úsporne osvetlenie
- extrémne dlhá životnosť
- neobsahujú ortuť (na rozdiel od žiaroviek)
- pomerne nízka prevádzková teplota

Nevýhody:

- obvykle vyžarujú svetlo len v úzkom paprsku
- ich výkonnosť veľmi záleží na teplote okolia, používanie LED na hranici prúdových špecifikácií môže viesť k prehriatiu púzdra LED diod. V prípade vyšších teplôt sa musí zaistiť dostatočné chladenie
- cenová dostupnosť oproti tradičným svetelným zdrojom

Zvýšená prevádzková teplota LED vedie k zníženiu svetelného výkonu a k skráteniu životnosti. Zdroj musí byť správne navrhnutý, aby mohol pracovať aj v sťažených teplotných podmienkach. Teplota na povrchu diódy je ovplyvnená predovšetkým prechádzajúcim prúdom, prevedením systému pre odvod tepla a teplotou prostredia. Čím väčší je prechádzajúci prúd, tým väčšie je teplo vznikajúce na polovodičovom prechode a tým pádom sa zvyšujú požiadavky na množstvo odvedeného tepla. Množstvo odvedeného tepla je limitované teplotou okolia a technickým prevedením systému pre odvod tepla. Najvhodnejšie na sa na tento odvod javia

chladiče s hliníka s vhodným rebrovaním a dostatočnou aktívnou chladiacou plochou. Na obr 4-7-1 môžeme vidieť termografický snímok žiarovky s LED diodami. Vidíme, že teploty povrchu takéhoto svetelného zdroja ani v najteplejších miestach nedosahujú takých teplôt ako u tepelných, alebo výbojových svetelných zdrojov. [13]



Obr.4-7-1 Termograf LED žiarovky OSRAM classic A40 [6]

4.7.1 Parametre LED

Tab. 4-7-1 Merné výkony LED svetelných zdrojov

Príkon (W)	<0,5	0,5-5	5-10	>10
Merný výkon (lm/W)	30-165	5-100	7-75	7-55

Rozsah menovitého napätie: MN pre jednotlivé LED 2,85 až 3,6V,
pre viac LED až 24V

NN 100 až 240V

Typy pätic: E14, E27, MRxx, GUxx,.....

5. MERANIE TEPLOTY

V súčasnosti existuje viacero metód pomocou, ktorých sme schopný zmerať oteplenie sveteleného zdroja. V tejto kapitole nájdeme zhrnuté jednotlivé možnosti. Rozlišujeme dva základné druhy, a to dotykové a bezdotykové meranie teploty.

5.1 Dotykové meranie teploty

Pri dotykovom meraní sa používajú kontaktné čidlá, ktoré merajú teplotu materiálov priamym kontaktom s nimi. Meraný objekt tak predáva teplo čidlu a ohrieva ho na rovnakú teplotu priamym kontaktom – vedenie popr. prúdenie. Dôležitým faktorom je zaistenie pokiaľ možno čo najlepšieho tepelného prechodu, aby odozva čidla bola čo najrýchlejšia. Zlý tepelný kontakt zhoršuje odozvu čidla a to vedie k chybnému určeniu okamžitej hodnoty teploty. To je kritické najmä v situáciach, keď sa teplota pomerne rýchlo mení a je vyžadovaná rýchla reakcia príslušných obvodov. V dnešnej dobe sa prevažne uplatňujú meracie reťazce zložené zo snímača, prevodníka a vyhodnocovacej jednotky. Meranie teploty zabezpečuje snímač, ktorého signál sa v prevodníku zosilňuje, upravuje a väčšinou digitalizuje. Vyhodnocovacia jednotka ho následne vo vhodnom tvare zobrazuje. Elektrické kontaktné čidlá teploty môžeme deliť na termočlánkové, odporové, polovodičové.[4]

5.1.1 Termočlánky

Meranie teploty termočlánkom je najklasickjší spôsob merania teploty. V dnešnej dobe zamenali termočlánky pokrok najmä v predcíznosti spracovania, miniaturizácii a tým aj možnosti použitia v rôznych kombináciach materiálov s rôznou tepelnou odolnosťou.

Termočlánok využíva ako princíp svojej činnosti Seebeckov jav. Ten vzniká vtedy, keď na jednom konci zvaríme vodiče z dvoch rôznych kovov. Vytvorí sa termoelektrické napätie, pričom toto napätie závisí na kombinácii kovov a je závislé od rozdielu teplôt studeného a teplého konca termočlánku. Pre každý kov je v tabuľkách uvedený koeficient citlivosti voči platine, ktorý má veľkosť len niekoľko desiatok $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Na presné meranie preto potrebujeme citlivé a presné meracie prístroje. Veľmi často sa používajú mostíkové kompenzačné metódy, alebo sa využívajú vysoko citlivé digitálne prístroje s citlivosťou rádovo v mikrovoltoch.

Termočlánky je potrebné zapojiť tak, že jeden zo spojov sa udržiava na konštantnej teplote. Tento tzv. referenčný koniec, tvorený jedným alebo viacerými termočlánkami, je ponorený do prostedia s definovanou absolútnou teplotou. Referenčný koniec tvorí väčšinou „studený koniec sústavy“. Keďže na pripojenie k meracím prístrojom sa používajú väčšinou medené vodiče, vznikajú tým v obvode ďalšie nežiadúce termočlánky. Práve tieto sa zväčša použijú ako referenčné spoje, čím sa chyba odstráni. Na prepojenie termočlánku s referenčným koncom sa niekedy používa aj kompenzačné vedenie, ktoré je vyrobené zo zhodných, alebo podobných kovov, ako termočlánok, aby vzniknuté termočlánky nevytvárali parazitné napätie, alebo ich priamo kompenzovali. [3]

V praxi sú termočlánky realizované pomocou koncovej armatúry (plášťove termočlánky) rôznych typov, z ktorej sú vyvedené priamo, alebo pomocou kompenzačného vedenia. Podľa druhu ich môžeme rozdeliť na:

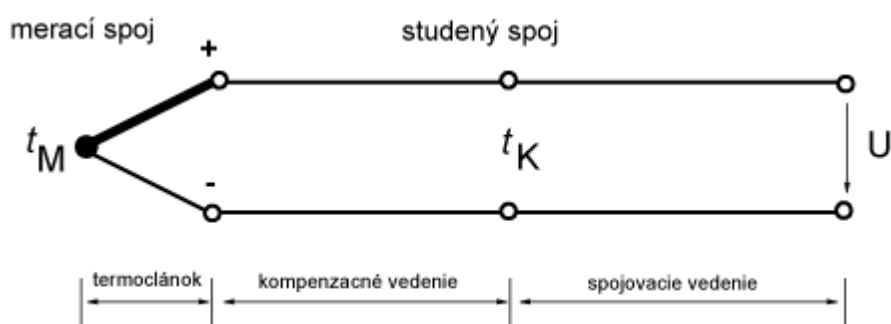
- Uzemnený (grounded) – spoj je vodivo privarený k armatúre. Spoj je takto chránený pred prostredím pri zabezpečení relatívne dobrej odozvy

- Izolovaný (ungrounded) – spoj je galvanicky oddelený od armatúry, prestup tepla je zabezpečený výplňou jemným práškom oxidu horčíka
- Exponovaný (exposed) – spoj je priamo vystavený meranému prostrediu. Vyznačuje sa veľmi rýchlou odozvou, ale môže byť použitý len v zodpovedajúcom neagresívnom prostredí.

Používa sa niekoľko typov termočlánkov. V súčasnosti sú najviac používané typy J a K, podľa IEC 584. Najčastejšie sa vyrábajú v hrúbkach 0,35; 0,5 alebo 1mm s rôznym typom ochrannej izolácie odolnej voči teplu. V tabuľke sú uvedené tepelné odolnosti, zloženie niektorých typov termočlánkov ponúkaných na trhu: [3]

Tab.5-1 Typy termočlánkov, zloženie, merací rozsah, dovolená chyba [14]

Typ	Kombinácia zliatin		Teplot.rozsah(°C)	Dovolená chyba	
	vodič +	vodič -		štandardná [°C],[%]	špec.[°C],[%]
J	Fe (železo)	Cu-Ni (konštantán)	0 až 750	2,2°C al. 0,75%	1,1°C al. 0,4%
K	Ni-Cr (nikel-chróm)	Ni-Al (nikel-hliník)	-200 až 1250	2,2°C al. 0,75%	1,1°C al. 0,4%
T	Cu (meď)	Cu-Ni (konštantán)	-200 až 350	1,0°C al. 0,75%	0,5°C al. 0,4%
E	Ni-Cr (nikel-chróm)	Cu-Ni (konštantán)	-200 až 900	1,7°C al. 0,5%	1,0°C al. 0,4%
R	Pt-13%Rh (platina-rhodium)	Pt (platina)	0 až 1450	1,5°C al. 0,25%	0,6°C al. 0,1%
S	Pt-10%Rh (platina-rhodium)	Pt (platina)	0 až 1450	1,5°C al. 0,25%	0,6°C al. 0,1%

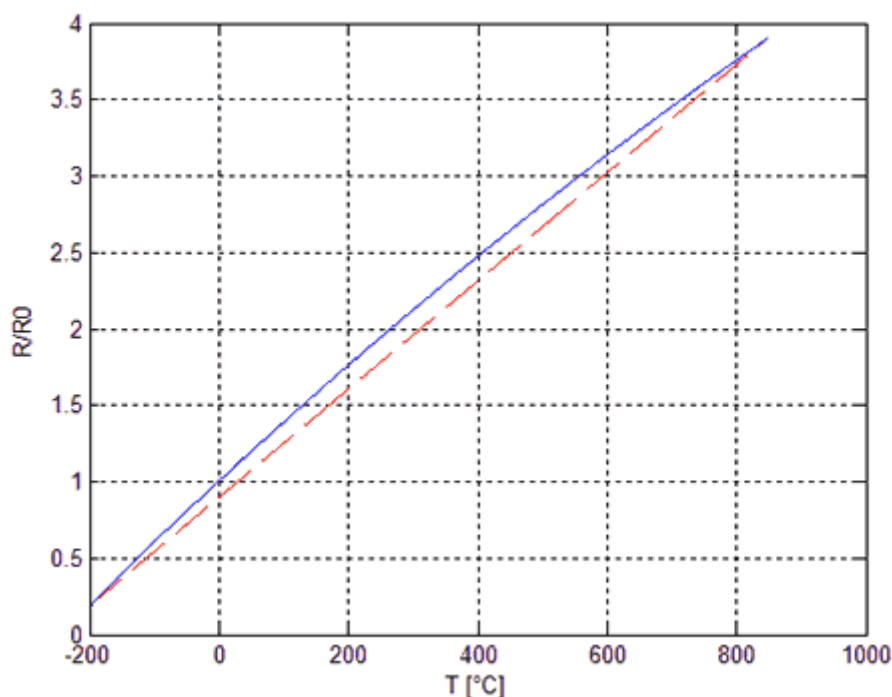


Obr. 5-1 Obvod zložený z termočlánku, kompenzačného vedenia, spojovacieho vedenia [14]

5.1.2 Odporové snímače teploty

Kovové odporové teplomery využívajú zmenu elektrického odporu kovového vodiča v závislosti od teploty. Je to jedno z najrozšírenejších priemyselných meraní. Na realizáciu sa používajú predovšetkým čisté kovy. Ich odpor závisí predovšetkým od dĺžky, prierezu a materiálu. Materiál kovového odporového snímača musí byť fyzikálne a chemicky stály v celom meracom rozsahu, nesmie oxidovať a reagovať s izolačným a ochranným puzdrom. Jeho teplotný koeficient by mal byť čo najväčší a nemal by sa meniť s časom. Čistota kovu by mala byť čo

najvyššia. V praxi sa najčastejšie používajú platinové odporové snímače teploty Pt 100 s odporom 100Ω pri 0°C . Tvorí ich tenký platinový drôtik vyrobený z fyzikálne čistej platiny (99,33 až 99,99%). Môžu sa používať na meranie v rozsahu -200 až $+800^\circ\text{C}$, ich teplotná závislosť je na obr.5-2



Obr. 5-2 Závislosť odporu Pt snímača na teplote - modrá krivka, červená krivka je pre zvýraznenie nelinearity [3]

Platinové snímače teploty sú vinuté z tenkého drotu ($0,04\text{mm}$) na podložke zo sľudy alebo keramiky. Celok je uložený v ochrannom púzdre. Niektorí výrobcovia do púzdra umiestňujú aj prevodník na unifikovaný signál. Okrem drotových snímačov sa vyrábajú aj plošné snímače pomocou tenkovrstvovej technológie. Sú lacnejšie, majú menšie rozmery a hodnota odporu sa dá nastaviť priamo vo výrobe presným laserovým trimovaním.

Ako ďalší materiál odporového snímača sa môže použiť nikel, ktorý sa používa v rozsahu od -70°C až do 200°C . Jeho výhodou je teplotný koeficient odporu, snímač má menšiu dlhodobú stálosť odporu. Na meranie nízkych alebo stredných teplôt používame zliatinové snímače.

Nevýhodou merania pomocou odporových snímačov je ich relatívne pomalá odozva, výhodou presnosť, v praxi je ich vhodné používať všade tam kde je snímač fixovaný na jednom mieste a kde vyžadujeme presné hodnoty nameraných teplôt bez nároku na rýchlu odozvu. [3]

5.2 Bezdotykové meranie teploty

Bezdotykové meranie teploty je veľmi rýchly a pomerne jednoduchý spôsob merania teploty. Avšak pre presné stanovenie meranej veličiny je potrebná znalosť základných fyzikálnych zákonov (Planckov, Lambertov, Stefan-Boltzmanov, Wienov posúvací zákon) a zásad merania. [3]

Výhody bezdotykového merania teploty:

- zanedbateľný vplyv meracej techniky na meraný objekt
- nedochádza k mechanickému opotrebeniu snímaného objektu
- možnosť merania veľmi rýchlych zmien teploty, môžeme merať i veľmi vysoké teploty (cca do 3000°C)
- možnosť merania pohybujúcich sa alebo rotujúcich objektov z bezpečnej vzdialenosti
- možnosť merať a ďalej digitálne spracovávať teploty celých povrchov

Nevýhody bezdotykového merania teploty:

- chyba merania spôsobená neznalosťou správnej hodnoty emisivity povrchu telesa
- chyba merania spôsobená neznalosťou správnej hodnoty priepustnosti prostredia medzi čidlom a meraným objektom
- chyba spôsobená zlým zameraním objektu
- chyba spôsobená nepresnou korekciou odrazeného žiarenia z okolitého prostredia na meraný objekt [3]

5.2.1 Pyrometre

Využívajú rovnaký princíp (infračervené žiarenie) na snímanie teploty ako termovízne systémy. Vyrábajú sa buď ako prenosné prístroje alebo ako stabilné prístroje pre nepretržité merania.

Radiačný (úhrnný) pyrometer

Je bezdotykový teplomer, ktorý sa používa na meranie teploty čiernych telies, resp. takmer čiernych telies. Princíp merania využíva Stefan-Boltzmannov zákon. Teoreticky pracujú v celej oblasti vlnových dĺžok, teda od $\lambda \rightarrow 0$ do $\lambda \rightarrow \infty$. Žiarenie je optickou sústavou s objektívom sústredené na termoelektrickú bateriu – snímač teploty. Pyrometer býva ciachovaný na žiarenie absolútne čierneho telesa s možnosťou nastaviť korekciu podľa skutočnej emisivity meraného objektu a priepustnosti prostredia.

Fotoelektrický (pásmový) pyrometer

Pracuje na podobnom princípe ako radiačný pyrometer. Reaguje len na žiarenie v určitom rozsahu vlnových dĺžok (pásiem). Toto pásmo vymedzuje použitá optika, filtre a citlivosť snímacieho prvku. Ako snímací prvok sa používajú fotónky, fotočlánky, fotonásobiče, fotodiody, fotoodpory a pod. Výhodou pásmových pyrometrov je veľmi rýchla reakcia na zmeny teploty a možnosť merania aj malých objektov.

Spektrálne (jasové) pyrometre

Využívajú meranie množstva tepelnej energie, vyžiarenej na jednej vlnovej dĺžke (resp. v úzkom pásme vlnových dĺžok). Teplota sa meria tak, že jas meraného objektu sa porovnáva s jasom porovnávacieho zdroja pyrometra. Jas porovnávacieho zdroja sa mení dovtedy, kým opticky nezmizne rozhranie medzi týmto zdrojom a obrysom meraného objektu. Porovnávanie sa vykonáva automaticky alebo ľudským okom. V prístroji sa nachádza monochromatický filter, ktorý slúži na to aby sa merala tepelná energia len na jednej vlnovej dĺžke. Najčastejšie sa používa vlnová dĺžka $\alpha = 0,65\mu\text{m}$, ktorá zodpovedá červenému svetlu.

Distribučné (farbové) pyrometre

Pracujú na podobnom princípe ako jasové pyrometre, ale na rozdiel od nich ide o objektívnejšie meranie teplôt. Netreba vedieť presne hodnotu emisivity meraného objektu, postačí vedieť iba približný interval, v ktorom sa nachádza. Vhodné su aj na zisťovanie teploty objektov, ktorých emisivita sa mení počas merania.[3]



Obr. 5-2-1 Laboratórny pyrometer PV11 s rozsahom od $+700$ do $+3500^{\circ}\text{C}$ schopný merať objekty s priemerom $0,1\text{mm}$ [17]

5.2.2 Termovízia

Termovízne meranie je nekontaktné meranie teploty pre stanovenie rozloženia teplotných polí na povrchu rôznych objektov, má dnes veľmi široké využitie. Tento postup sa nazýva nekontaktná termografia. Nekontaktná termografia (termovízia - obecné infratechnika) zahŕňa metódy pre zobrazovanie teplotných polí na povrchu snímaných telies (rozloženie povrchových teplôt), ktoré je reprezentované energiou a hustotou fotónov emitovaných z povrchu snímaného telesa a jeho hodnotením - kvantifikáciou. Je to v podstate zobrazovací systém transformujúci informáciu o rozložení teploty na povrchu snímaného objektu zosnímanú v infračervenom spektre na obraz viditeľný ľudským okom. Správnym vyhodnotením - kvantifikáciou nasnímaného tepelného poľa telesa (termogramu) dostaneme údaje o jeho hodnotách a rozložení.

Významnou oblasťou použitia termovízie je vývoj a výskum. Termovízia sa využíva aj pri vývoji svetidiel, hlavne svetelných zdrojov. V tejto oblasti už metódy zobrazovania teplotných polí používa väčšina najväčších výrobcov svetelných zdrojov. [15]



Obr. 5-2-2 Infračervená Termovízna kamera WI-28+ [15]

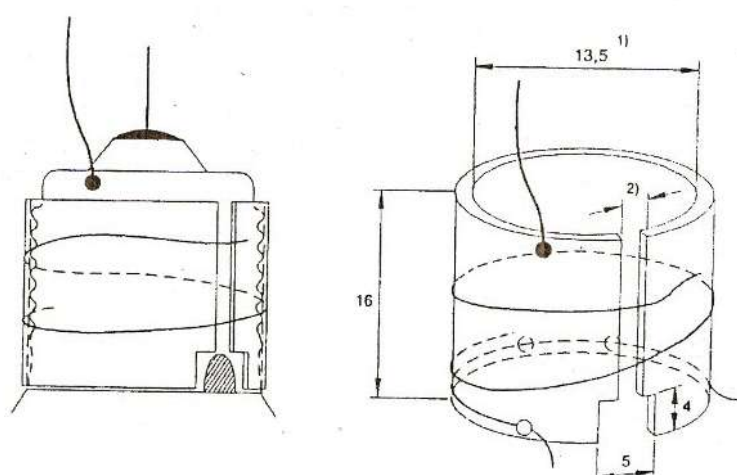
5.3 Normalizované metódy

Norma ČSN EN 60360

Táto medzinárodná norma popisuje normalizovanú metódu merania oteplenia päťice, ktorá sa používa pri skúšaní žiaroviek, alebo výbojok pre dodržanie medzných hodnôt oteplenia. Oteplenie päťice svetelného zdroja závisí v praxi na spôsobe montáže svetelného zdroja a na stave päťice. Norma obsahuje presný postup merania pomocou skúšobnej objímky a termočlánku.

Oteplenie päťice je definované ako oteplenie povrchu normalizovanej skúšobnej objímky s vloženou päťicou svetelného zdroja.

Vo všeobecných podmienkach merania nájdeme požiadavky na napájacie napätie, ktoré musí byť konštatne udržiavané počas celého merania s toleranciou $\pm 0,5\%$. Referenčná teplota pri určovaní oteplenia päťice je 25°C . Meranie je možné prevádzať pri teplote okolia v rozsahu 15°C až 40°C . K udržiavaniu teploty okolia na konštantnej hodnote slúži špeciálny skúšobný kryt. Jedná sa o bezprievanový kryt v tvare kvádra s pevnou základňou, s dvojitým opláštením navrchu a najmenej na troch ďalších stranách. Dvojité plášte sú z dierovaného plechu, ktoré sú z vnútornej strany natreté matnou farbou. Rozmery krytu musia byť také, aby teplota okolia vo vnútri skúšobného krytu nepresiahla 40°C po celú dobu skúšky. Vnútrná teplota okolia v tomto kryte sa meria teplomerom, tieneným pred priamym žiarením zkúšaného svetelného zdroja. Zkúšobné objímky pozostávajú z kovového pláštá (materiál 99%Ni, hrúbka 0,5mm) trvale spojeného s termočlánkom. Materiály pre tento termočlánok sú NiCr/NiAl alebo Fe/Konstantan. K skúšobnej objímke je trvalo pripojený ohybný vodič, ktorý u ES a bajonetových päťíc slúži ako jeden z prívodov. Okrem toho je okolo pláštá objímky ovitý pružinový drôt, aby bol zaistený dobrý fyzický dotyk medzi plášťom objímky a päťicou svetelného zdroja. Prevedenie môžeme vidieť na obr.5-3. Normalizovaná meracia poloha musí byť päťicou nahor a umiestnenie tak aby svetelný zdroj bol približne v strede krytu. Zavesenie svetelného zdroja nesmie ovplyvniť prúdenie vzduchu v jeho okolí. Minimálna prevádzková doba každého svetelného zdroja pre meranie musí byť 30min. [18]



Obr. 5-3 Skúšobná objímka pre päťicu E14/20 a jej rozmery

Maximálne dovolené prípustné oteplenia určitých typov svetelných zdrojov sú uvedené napríklad v norme ČSN IEC 60432-1,2,3. Priemerne oteplenie päťice pre triedu vyrábanú v období 12tich. mesiacov nesmie prekročiť príslušné hodnoty uvedené v tabulke 5-3-1. V prípade prekročenia by mohlo dôjsť k nesprávnej funkčnosti, degradácii materiálov, ale aj k požiaru.[19]

Tab. 5-3-1 Maximálne dovolené oteplenie päťic [19]

Príkon	t _s max [K]	
	B22d	E27
40	120	120
60	130	130
100	135	135

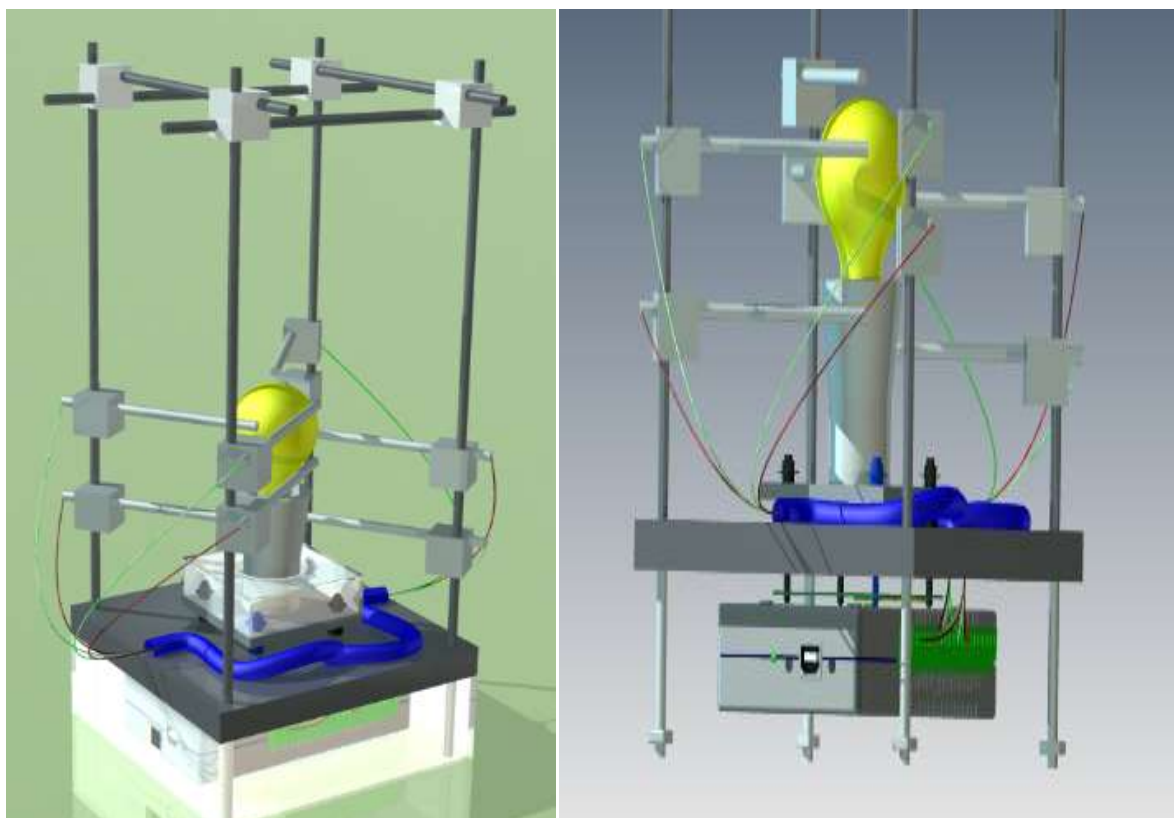
6. REALIZÁCIA PRÍPRAVKU A MERACEJ SÚSTAVY

6.1 Zadanie

Podľa zadania sa má jednať o kontaktné meranie teploty. Zariadenie má slúžiť na meranie rôznych typov svetelných zdrojov s rôznymi päťkami a rôznym napájacím menovitým napätím. Termočlánky musí byť možné rozložiť po celom obvode svetelného zdroja a umožniť tak zmeranie povrchovej teploty v rôznych miestach. Ďalej by mal byť laboratórny prípravok zkonštruovaný tak aby bolo možné merať teplotu v rôznych polohách svetelného zdroja.

6.2 Návrh modelu

Návrh modelu bol realizovaný pomocou programu Autodesk Inventor. Ako prvá bola riešená konštrukcia modelu tak, aby bolo možné k nej pripevnenie ďalších častí modelu. Muselo sa vyriešiť čo najjednoduchšie prichytenie daného svetelného zdroja ako aj uchytenie čidla na meranie teploty. Zároveň s uchytením svetelného zdroja sa riešilo aj jeho napájanie. Ďalej sa vyberal čo najvhodnejší typ čidla a zvolilo zariadenie na zber údajov, ktoré umožní okamžité zobrazenie hodnôt na PC. Ako môžeme vidieť na obr.6-2 prípravok pozostáva z viacerých častí. A to z hlavnej konštrukcie, meracích čidiel, prevodníka a z menších dosčičiek, na ktorých budú pripevnené rôzne typy päťiek.

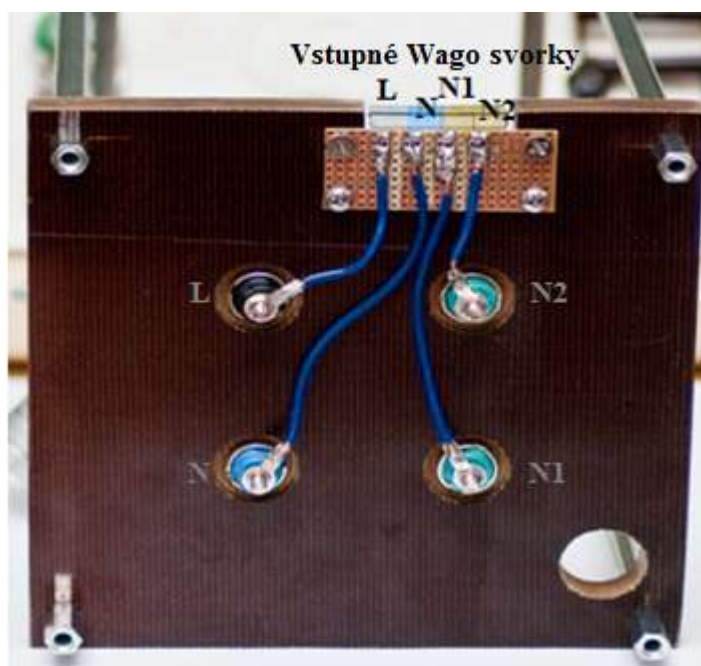


Obr. 6-2 Model prípravku na meranie oteplenia

6.3 Zostavenie modelu na meranie oteplenia svetelných zdrojov

6.3.1 Konštrukcia

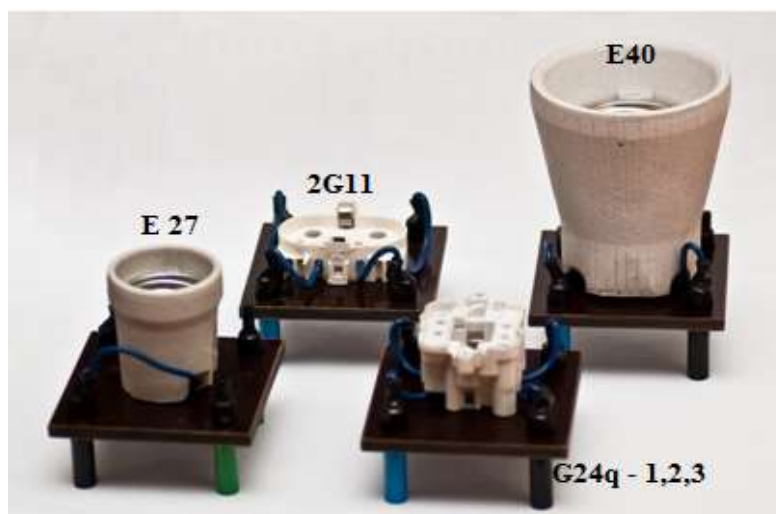
Konštrukcia sa skladá zo základnej dosky o rozmeroch 158x158x15mm. Ako materiál na túto dosku poslužil textit. Tento materiál má veľmi dobrú mechanickú i elektrickú odolnosť. Na základnú dosku je pripevnená klietka, pozostávajúca z pozinkovaných tyčí, na ktoré je následne možné realizovať uchytienie termočlánkov, pomocou šróbovacích úchytiel do rôznych miest. Do základnej dosky sú našrobované štyri farebne odlišené vstavané zdierky, ktoré sú spojené pomocou plošného spoja so vstupnými svorkami typu Wago s roztečou 7,5mm. Šedá svorka je spojená s čiernou zdierkou a označuje fázu L, modrá svorka a zdierka je nulový vodič N a zelené svorky N1, N2 spoločne so zdierkami slúžia na pripojenie štvorpinových päť. Plošný spoj zároveň slúži aj ako mechanické uchytienie týchto svoriek.



Obr. 6-3-1 Prepojenie Wago svoriek so zdierkami

6.3.2 Päťice

Pripojenie rôznych typov svetelných zdrojov je realizované pomocou menších doštičiek o rozmeroch 50x50x5mm. Na tieto doštičky sú pripevnené základne typy päťic E27, E40, 2G11 a aj upravená päťica G24Q tak, aby sa dala použiť pre rôzne typy výkonov. Tieto päťice môžeme vidieť na obr.6-3-2. Do rohov doštičiek boli umiestnené závitové adaptéry M4-SA400, ktoré poslužili ako elektrické a zároveň aj mechanické spojenie s celým modelom. Tieto svorky sú tiež farebne odlišené a vytvárajú tak akýsi kľúč správneho pripojenia k modelu. Ako ochrana pred dotykom živých častí týchto adaptérov poslužila bužirka.

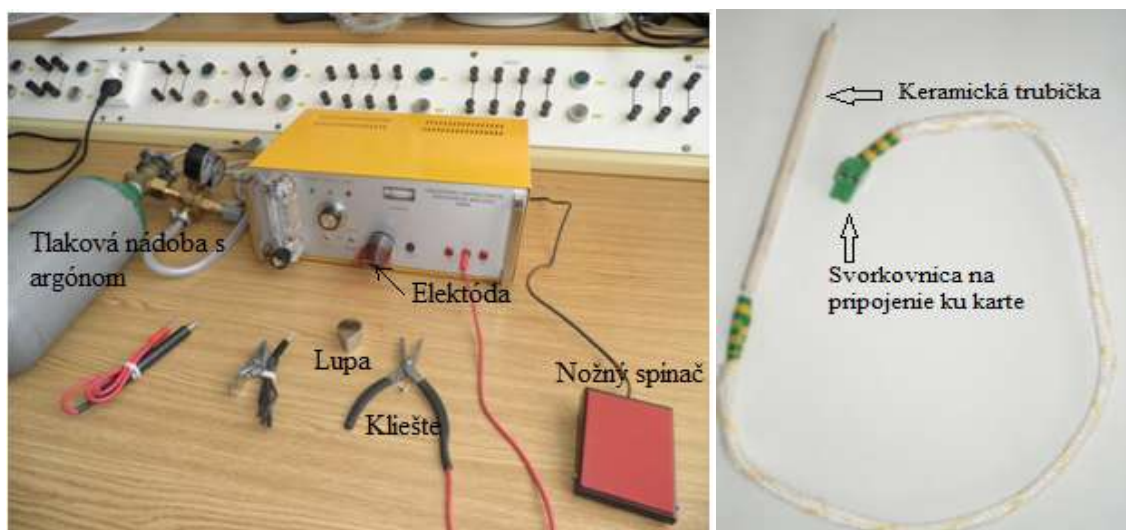


Obr. 6-3-2 Päťice svetelných zdrojov

6.3.3 Termočlánky

Ako zariadenie na meranie teploty boli vybrané termočlánky typu K, keďže sa má jednať o kontaktné meranie na bezpotenciálových miestach a to vďaka svojmu rozsahu teplôt (-200 až 1250°C), presnosti a rýchlejšej odozve ako u odporových snímačov. Tento termočlánok, konkrétne XS-K-24 je kombináciou zliatin NiCr/NiAl. Vodiče tohto termočlánku sú izolované vláknom z oxidu kremičitého SiO_2 .

Najskôr sa z jedného konca termočlánku odstránilo zhruba cca 10cm izolácie. Dva odizolované drôty sa prevliekli cez keramickú trubičku, ktorá ich od seba vodivo oddeľuje. Po odizolovaní druhého konca sa na termočlánok prišrobovala dvojpinova svorkovnica typ AKZ 1550 s roztečou 3.81mm. Na spojenie dvoch termočlánkových drôtov poslúžila zvaračka, ktorá je založená na princípe zvarovania elektrickým oblúkom v ochrannnej atmosfére argónu. Táto zvaračka aj s príslušenstvom je na obr. 6.3. Po jej nastavení, sa oddelené konce drôtov chytli do kliešti tak, aby sa na konci dotýkali. Následne sa priložili tesne blízko k uhlíkovej elektróde a zvarili. Celý zvar sme ešte potom skontrolovali pod lupou, či došlo k dobrému spojeniu a "preliatiu" materiálov.



Obr. 6-3-3 Zvaračka na termočlánky Model SR 80 s príslušenstvom, meracie čidlo

6.3.4 Prevodník

Pre zber dát z termočlánkov sa používa meracia karta od firmy Advantech USB 4718, ktorá je umiestnená pod modelom. Karta umožňuje prenos, zobrazovanie a ukladanie údajov z termočlánkov do PC v reálnom čase. Obsahuje osem analógových vstupov, pre rôzne typy termočlánkov (J, K, T, E, S..). Pre náš použitý termočlánok typu K pracuje s presnosťou $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Pripojenie k PC a napájanie je realizované pomocou USB 2.0. Inštaláciu potrebného softwaru nájdeme v kapitole 6.3.4.1. Po inštalácii je potrebné previesť kalibráciu tohto zariadenia. Pripojenie termočlánkov k prevodníku je realizované pomocou už spomínaných dvojpinových svorkovníc. Pre správnu funkciu a pripojenie termočlánkov k zariadeniu bola pomocou multimetra skontrolovaná polarita voľných koncov.



Obr. 6-3-4 Meracia karta USB4718

6.3.4.1 Inštalácia USB4718

Inštalácia zariadenia prebieha v klasickom prostredí Microsoft InstallShield Wizard a je nutné nainštalovať niekoľko ovládačov, platforiem a programov pre plnohodnotné využitie zariadenia.

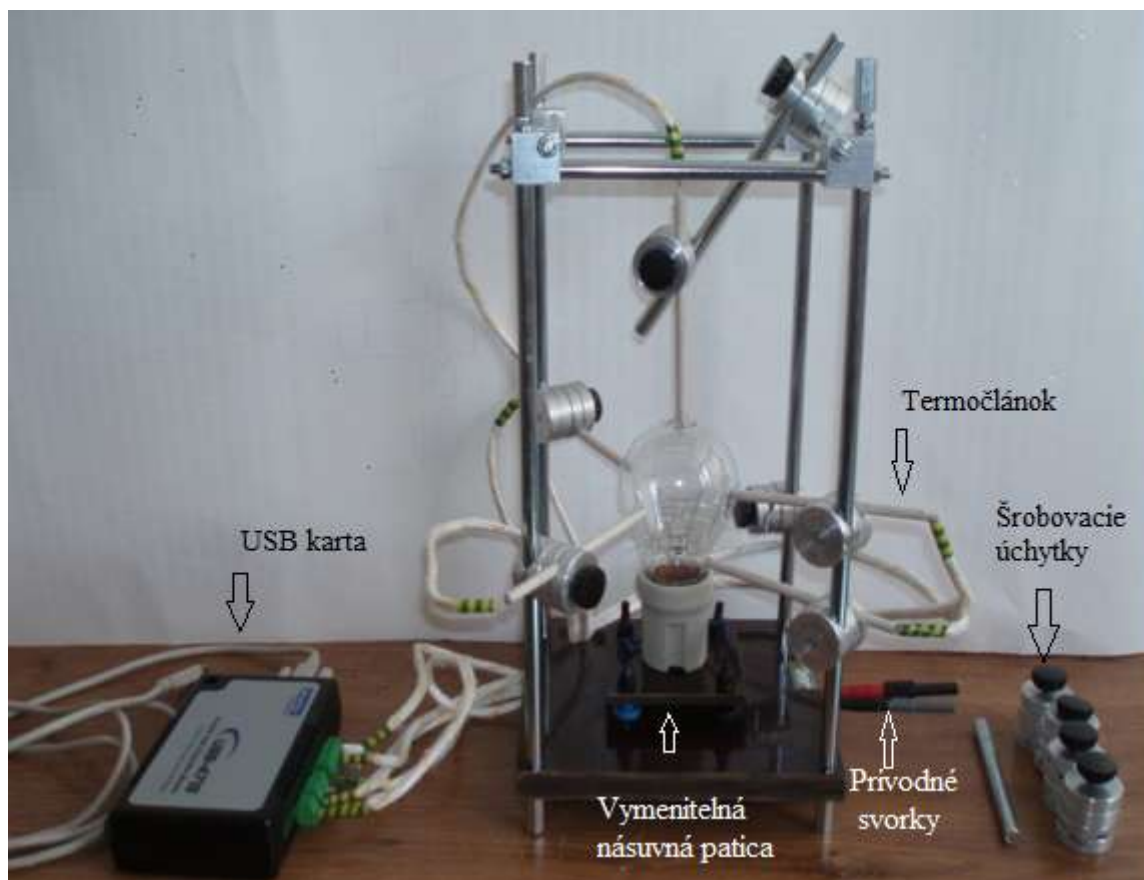
Ako prvé je nutné nainštalovať ovládač zariadenia, ktorý z pochopiteľných dôvodov vzhľadom na úzku cieľovú skupinu užívateľov nie je integrovaný v systéme Windows 7, na rozdiel od množstva ovládačov bežnejších zariadení. Všetok potrebný software je dostupný v sekcii Support & Download na oficiálnych stránkach výrobcu advantech.com a je pravidelne aktualizovaný. Názov univerzálneho ovládača je A-DAQ Pro Driver (konkrétny použitý release má názov A-DAQ Pro_v2.2.1000.exe (20110428)). Inštalácia je prehľadne rozdelená do niekoľkých krokov a je veľmi užívateľsky priateľská.

Druhý produkt nutný pre správnu funkciu je Advantech Device Manager, ktorý zabezpečí správu jednotlivých zariadení od spoločnosti Advantech. Konkrétny použitý release mal názov Advantech Device Manager_32bit(DAQ tools package).exe (20100915).

Po úspešnej inštalácii predošlého software je v počítači pripravená platforma, na ktorej môže byť spustená samotná aplikácia. Jej názov je WaveScan 2.0 Utility, konkrétny použitý release má názov WaveScan 2.0_v2.0.0900.exe (20110421). Inštalácia aplikácie je opäť bezproblémová a pre bežného užívateľa Windows 7 ničím zvláštna.

6.4 Meracia zostava s príslušenstvom

Na obrázku 6-4-1 môžeme vidieť zhotovený laboratórny prípravok so všetkými jeho súčasťami



Obr. 6-4-1 Meracia zostava s príslušenstvom

7. VZOROVÉ MERANIE

Po zostavení laboratórneho modelu sme previedli vzorové merania rôznych typov svetelných zdrojov. Následne merania sme vyhodnotili.

7.1 Postup

1. Úlohu zapojíme podľa použitého typu svetelného zdroja.
2. Vyberieme body, na ktorých budeme merať oteplenie svetelného zdroja. Následne na nami vybrané body pripevníme termočlánky tak, aby sa dotýkali svetelného zdroja.
3. Na PC v programe Wavescan 2.0 nastavíme vstupné parametre prevodníka USB4718.
4. Po nastavení všetkých potrebných parametrov pripojíme model na napätie. Zároveň s rozsvietením svetelného zdroja spustíme meranie na PC.
5. Počkáme na ustálenie hodnôt, ktoré potom uložíme.
6. Uložené hodnoty konvertujeme do EXCELU, kde z týchto hodnôt vytvoríme graf.
7. Meranie opakujeme pre rôzne polohy, u ktorých si myslíme, že majú vplyv na oteplenie svetelného zdroja
8. Vyhodnotíme meranie.

7.2 Práca s programom Wavescan 2.0

1. Nastavenie vstupných parametrov USB 4718

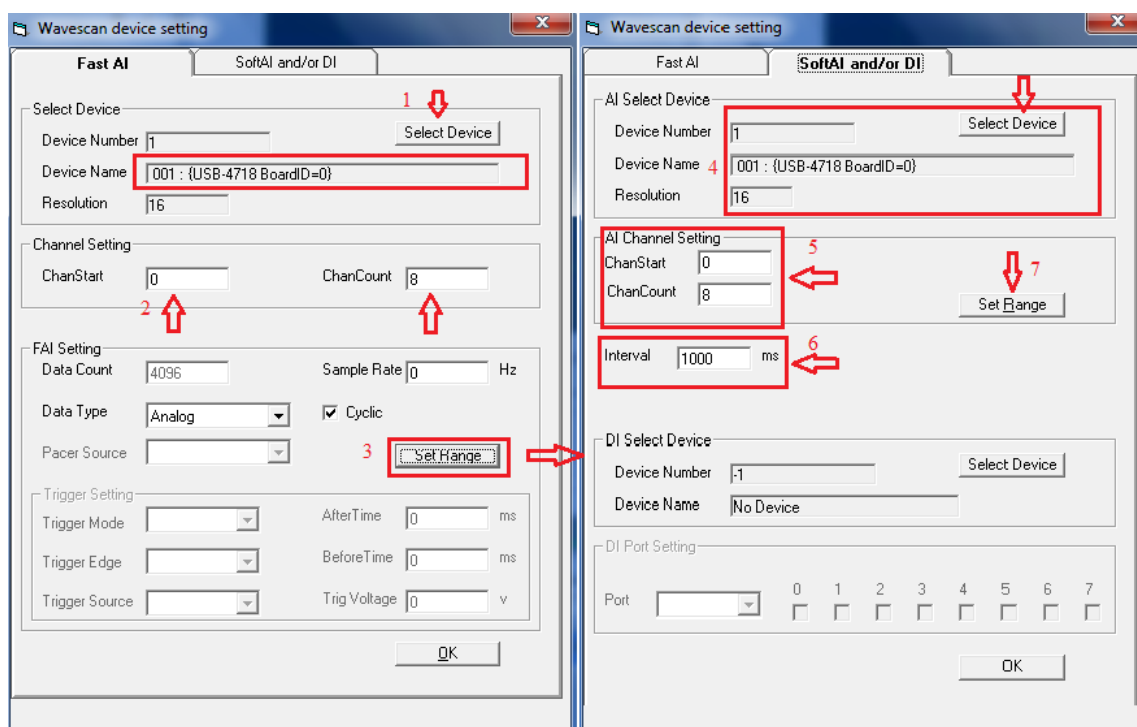
Program otvoríme program v:

- C:\Program Files\Advantech\ActiveDAQ Pro\WaveScan

Vyberieme "Device Setting" a nastavíme parametre

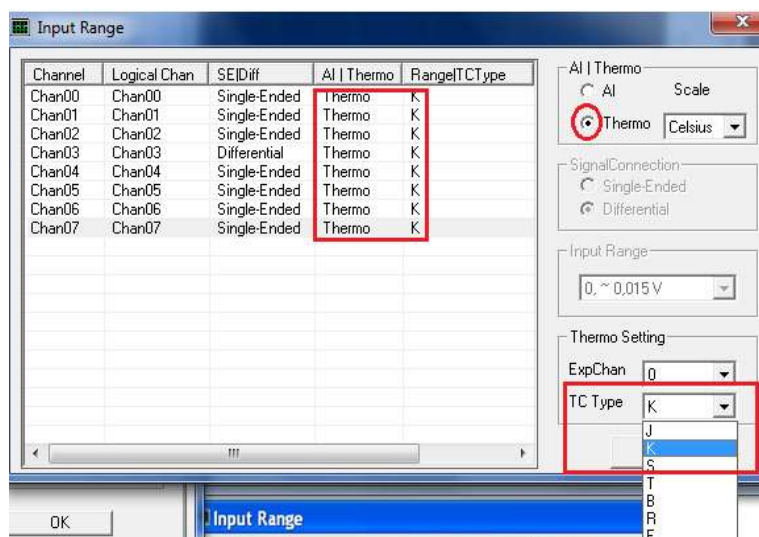


Obr.7-2-1 Hlavné okno programu WaveScan 2.0



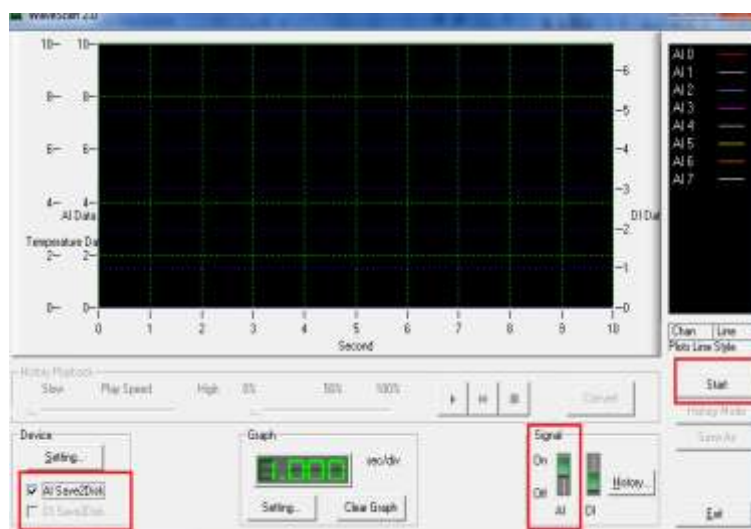
Obr.7-2-2 Nastavnie vstupných parametrov USB 4718

V "Device Name" zvolíme názov karty, ďalej v "Channel seting" počet kanálov, na ktoré máme pripojené termočlánky. To isté spravíme aj v "AI Channel seting". "Interval" nám udáva za aký časový horizont program vykreslí nasledujúcu hodnotu. Zvolíme napr. 1000ms. V "AI Channal seting" klikneme na "Set Range", kde sa nám zobrazí okno, ktoré je na obr.7-3-3.



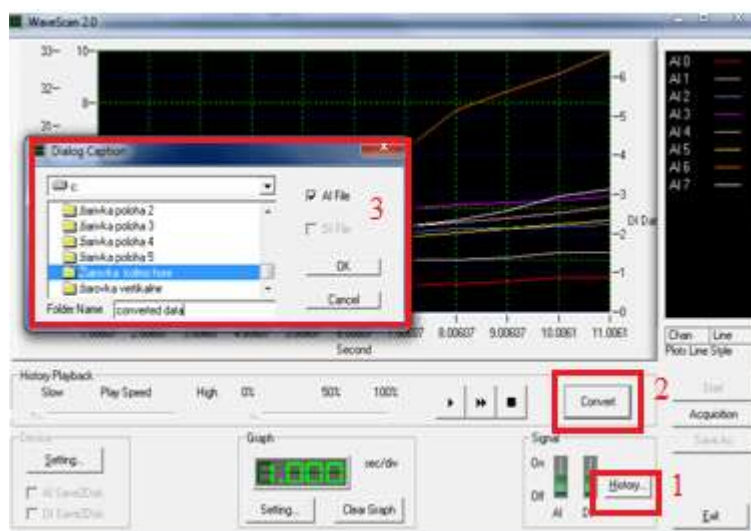
Obr.7-2-3 Nastavenie merania teploty a typu termočlánkov

V ňom zvolíme meranie teploty "Thermo", a pre každý kanál typ termočlánku, v našom prípade termočlánok typu K. Uložíme nastavenia a pokračujeme v hlavnom okne. Klikneme na "AI" prepínač, ďalej pre následne ukladanie do pamäte zvolíme "AI Save2Disk" a štartom spustíme meranie. Po ustálení hodnôt zastavíme meranie a hodnoty uložíme Save As.



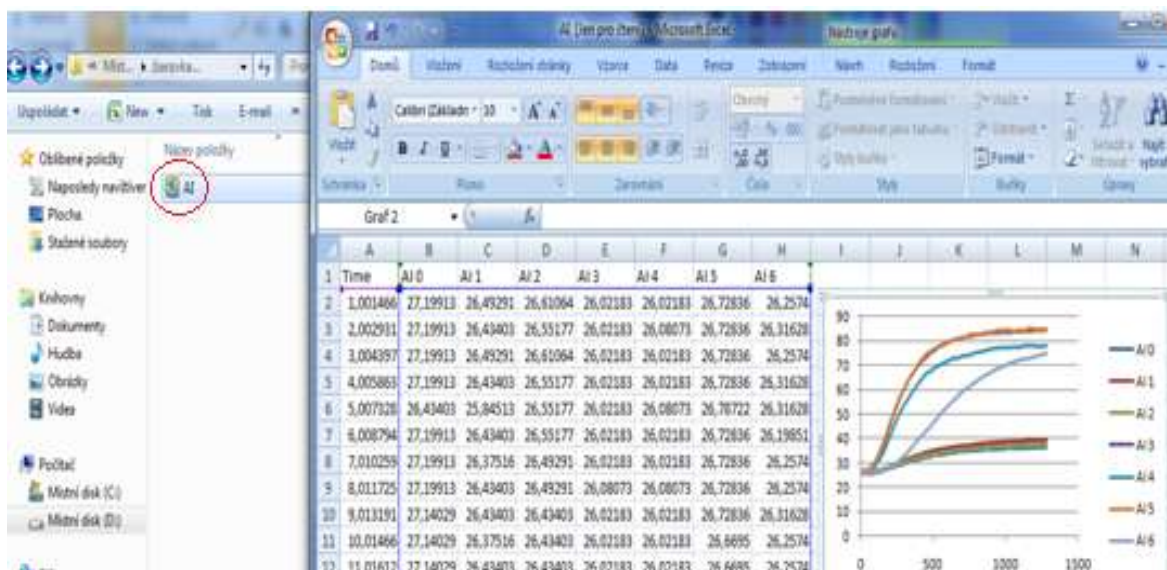
Obr 7-2-4 Spustenie merania

2. Konvertovanie hodnôt do Excelu



Obr 7-2-5 Konvertovanie nameraných hodnôt

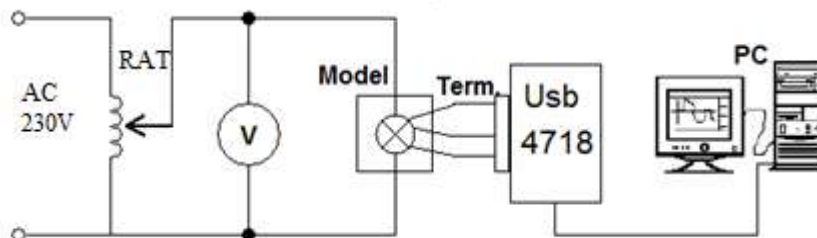
Pomocou "History" si otvoríme náš predchádzajúci súbor, ktorý sme si pred tým uložili. Klikneme na tlačidlo "Convert". A súbory uložíme do nami vybraného priečinka. Pri systéme WIN7 ukladať konvertované subory na iný disk ako C. Po otvorení vytvoreného súboru sa nám zobrazia všetky namerané hodnoty na jednotlivých kanáloch v závislosti na čase obr.7-3-6.



Obr. 7-2-6 Ukážka nameraných hodnôt v Exceli

7.3 Merané svetelné zdroje a ich zapojenie

Prvým meraným svetelným zdrojom bola klasická 75W žiarovka od firmy OSRAM s menovitým napätím 230V a päticou E27. Žiarovka bola zapojená podľa schémy, ktorá je na obr. 7-3-1. Toto ako i nasledujúce merania boli prevádzané v laboratórnych podmienkach pri okolitej teplote približne 25°C. Boli vybrané tri základne pracovné polohy a rozmiestnenie termočlánkov realizované na základe teoretických poznatkov. Tri termočlánky boli priložené tesne k päťici svetelného zdroja, po okrajoch a do stredu, ďalšie tri zhruba do stredu banky svetelného zdroja a jeden navrch (podrobnejšie viz. v prílohách obr. 8-1)

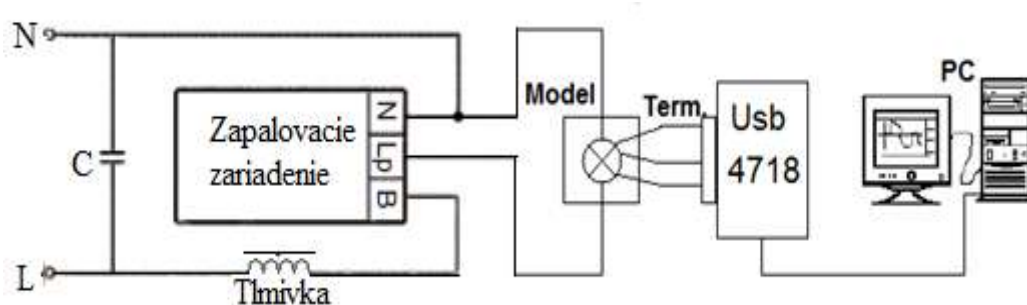


Obr.7-3-1 Schéma zapojenia 75W žiarovky

Ďalším meraným svetelným zdrojom bola vysokotlaková sodíková výbojka od firmy TESLA Holešovice s príkonom 100W a päticou E40, ktorá je na obr. 7-3-2. Model bol pripojený na sieť pomocou elektronického predradníka, ktorý je tvorený elektromagnetickým predradníkom s tlmivkou $L=387\text{mH}$ od firmy LAYRTON, zapalovacím zariadením a kondezátorom $14\mu\text{F}$. Schému zapojenia vidíme na obr. 7-3-3. Rovnako ako pri žiarovke sa aj tu obdobným spôsobom zvolili pracovné polohy a rozmiestnenie termočlánkov, ktoré môžeme vidieť na obrázkoch v prílohe.



Obr. 7-3-2 Vysokotlaková sodíková výbojka 100W

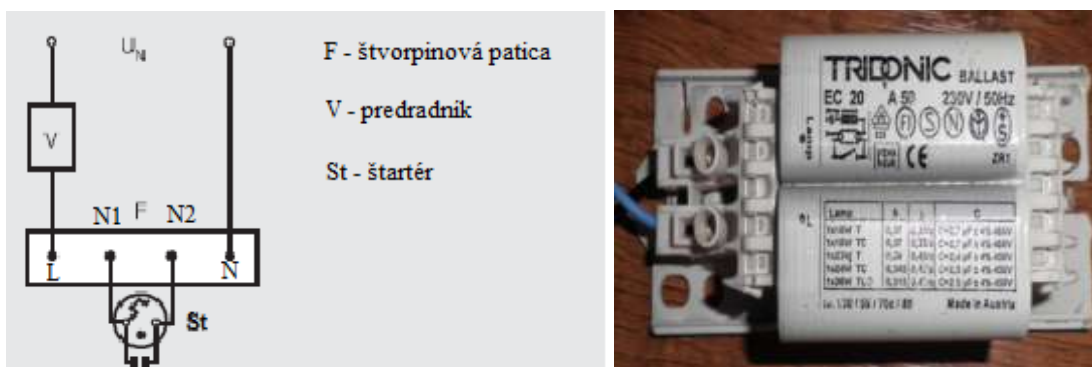


Obr. 7-3-3 Schéma zapojenia vysokotlakovej sodíkovej výbojky

Meraným svetelným zdrojom bola aj kompaktná žiarivka DULUX L 18W/41-827 od firmy OSRAM obr.7-3-4. Táto žiarivka je štvorpinová s vonkajším elektronickým predradníkom. Použitá bola päťica 2G11, jej zapojenie ako aj použitý elektronický predradník môžeme vidieť na obr.7-3-5.



Obr. 7-3-4 Kompaktná žiarivka DULUX L 18W



Obr.7-3-5 Zapojenie päťice kompaktnej žiarivky s vonkajším predradníkom a predradník

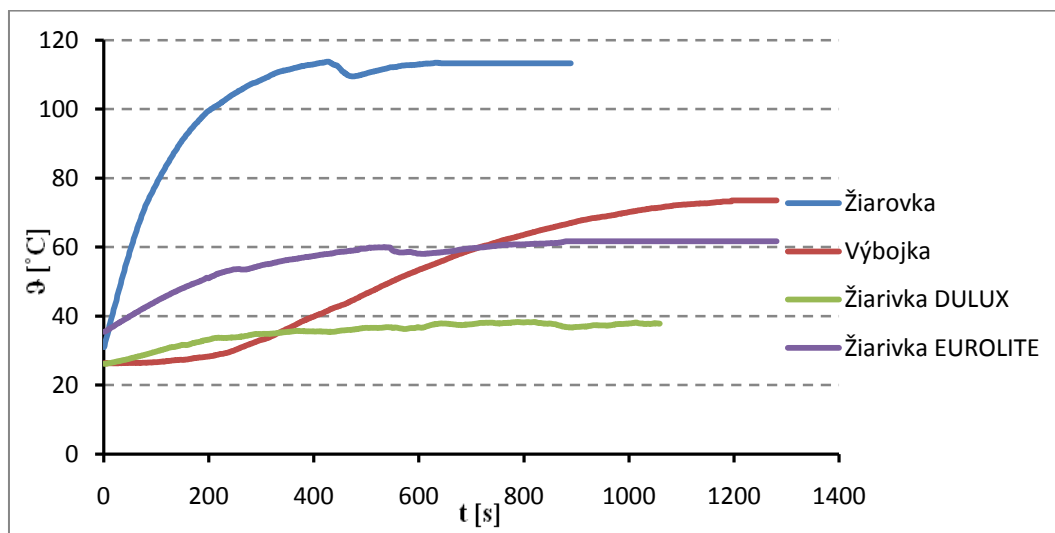
Posledným meraným svetelným zdrojom bola kompaktná žiarivka EUROLITE s príkonom 20W a menovitým napätím 230V, s integrovaným elektronickým predradníkom s päticou E27, obr.7-3-6. Prevedenie tejto žiarivky je šesť trubícové. Žiarivka bola zapojená tým istým spôsobom ako žiarovka obr.7-3-1.



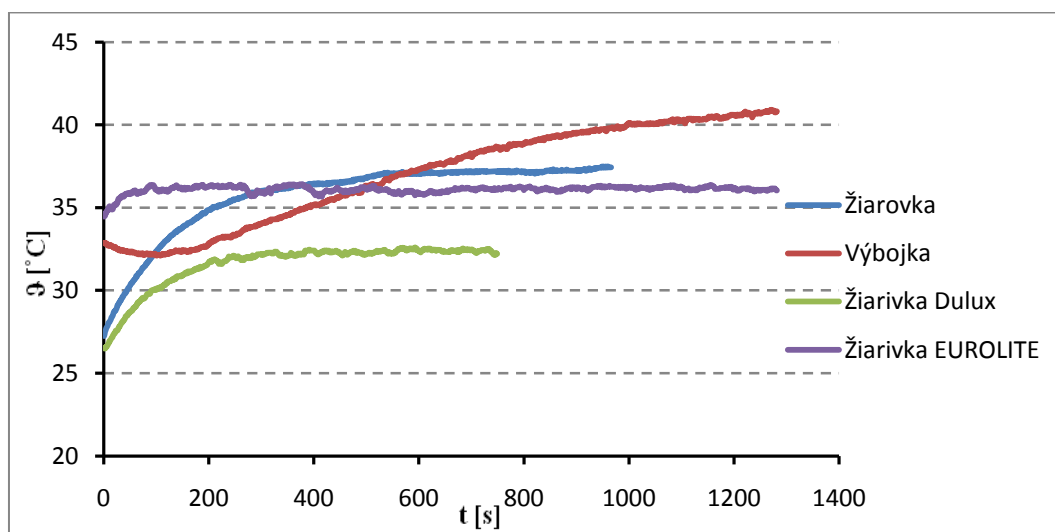
Obr.7-3-6 Kompaktná žiarivka EUROLITE 20W

7.4 Vyhodnotenie

Ako je zrejmé z predchádzajúcej kapitoly, meranými svetelnými zdrojmi boli zdroje založené na odlišnom princípe vzniku svetla, čo sa odzrkadlilo aj na nameraných hodnotách. Z grafov, ktoré nájdeme v prílohe môžeme určiť, aký veľký vplyv má poloha na kontrolné body jednotlivých zdrojov, veľkosť teploty ako i dobu ustálenia povrchovej teploty. Najväčší vplyv polohy, bol podľa predpokladu zaznamenaný u klasickej žiarovky, kde vzniká svetlo rozžeravením vlákna prechodom elektrického prúdu na určitú teplotu. Môžeme vidieť aj na grafe 7-4-1 a 7-4-2, kde sú vynesené namerané hodnoty jednotlivých svetelných zdrojov, ktoré boli vo zvislej polohe teda päticou nadol, alebo nahor a pre kontrolný bod, ktorý bol na vrchu svietidla. (napríklad na žiarovke obr 8-1 bod 0). Vidíme, že teplota na povrchu žiarovky v tomto bode poklesla zo 115°C na 37°C, čo je spôsobené prúdením tepla vo vnútri žiarovky a tepelnou vodivosťou plniaceho plynu. Vplyv polohy na povrchovú teplotu u vysokotlakovej sodíkovej výbojky je oveľa menší, keďže svetlo vzniká výbojom v horáku, ktorý je vložený do banky s vákuom, o nižšej tepelnej vodivosti. U žiariviek kde svetlo vzniká priechodom elektrického prúdu medzi elektródami sa tiež neprejavoval väčší vplyv polohy na oteplenie jednotlivých bodov. Pri žiarivke EUROLITE bol rozdiel o niečo málo vyšší ako u žiarivky DULUX L vďaka prevedeniu výbojového priestora (dĺžka, priemer trubice, počet trubíc)



Graf 7-4-1 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], poloha páčicou nahor, kontrolný bod na vrchu zdroja



Graf 7-4-2 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], poloha páčicou nadol, kontrolný bod na vrchu zdroja

Maximálna dosiahnutá povrchová teplota po ustálení sveteleného zdroja:

Klasická 75W žiarovka:	112°C
Vysokotlaková sodíková výbojka 100W:	110°C
Kompaktná žiarivka DULUX L 18W:	90°C
Kompaktná žiarivka EUROLITE 20W:	65°C

Minimálna nameraná teplota na povrchu svetelného zdroja po ustálení:

Klasická 75W žiarovka:	38°C
Vysokotlaková sodíková výbojka 100W:	35°C
Kompaktná žiarivka DULUX L 18W:	30°C
Kompaktná žiarivka EUROLITE 20W:	36°C

Miesta či už s maximálnou alebo minimálnou teplotou na povrchu, sa u žiarivky menili v závislosti na polohe, (viz grafy v prílohe 8-1-1 až 8-1-3). U výbojky sa najvyššia teplota vyskytovala v strede tohto zdroja v oblasti, kde je umiestnený horák a menila sa v bodoch ktoré boli umiestnené v strede vplyvom polohy horáka (grafy 8-2-1 až 8-2-4). Na povrchu výbojky, teplota klesala so vzdialenosťou od stredu, smerom k päťici, alebo k vrchu výbojky.

Pri žiarivke DULUX sa najvyššia teplota vyskytovala počas celého merania pri päťici, v oblasti, kde je umiestnená elektróda. Najteplejší bod bol umiestnený medzi trubicami, bod 6. Teplota v tomto bode bola spôsobená blízkosťou trubic. Naopak najchladnejšie miesto v každej polohe bolo na vrchu žiarivky v blízkosti tzv. studeného miesta "Cold Spots", ktoré sa nachádza na vrchu v rohoch trubice, kde pre ideálne pracovné podmienky je uvádzaná katalógova hodnota firmy OSRAM 30-50°C a nesmie prekročiť 100°C.

U žiariviek, najmä žiarivky EUROLITE, môžeme sledovať na grafoch (8-4-1 až 8-4-4) aj jav, kedy sa priebeh oblúku odkláňa od svojho priebehu podľa polohy a ohrieva tak stenu luminoforu. Teplota pri tomto type dosahovala o niečo málo menších hodnôt, ale menila sa v kontrolných bodoch viac ako u žiarivky DULUX.

Podľa týchto dosahovaných teplôt v jednotlivých miestach, ktoré nesmú prekročiť medznú hodnotu volíme napríklad aj objímku z vhodného materiálu, materiál na výrobu tienidla či povrchovú úpravu svietidiel.

Doba ustálenia povrchovej teploty svetelného zdroja:

Klasická 75W žiarovka:	približne 6 minút
Vysokotlaková sodíková výbojka 100W:	približne 13 minút
Kompaktná žiarivka DULUX L 18W:	približne 4 minúty
Kompaktná žiarivka EUROLITE 20W:	približne 8 minút

Pri porovnaní doby ustálenia povrchovej teploty môžeme vidieť, že výbojka potrebovala na toto ustálenie najviac času, zároveň sa začala zahrievať o čosi neskôr ako ostatné merané zdroje, zhruba po 1min., čo je čas potrebný na zapálenie výboja. U žiarivky došlo k ustáleniu po šiestich minútach, avšak pri kontrolných bodoch kam prúdilo viac tepla to trvalo o niečo dlhšie. Rozdiel doby ustálenia bol zaznamenaný aj u žiariviek čo je spôsobené už spomínaným prevedením trubice.

Z nameraných hodnôt a vyššie uvedených parametrov môžeme vidieť, že žiarovka je skôr zdroj tepla ako svetla pri porovnaní povrchových teplôt a merných výkonov. Vysokotlaková výbojka bola zahrievaná tiež na vysoké teploty avšak pri neporovnateľne vyššej účinnosti premeny. Žiarivky, ktoré v dnešnej dobe slúžia ako náhrada za žiarovky majú vyšší merný výkon a menšiu povrchovú teplotu, vďaka ktorej sú jednotlivé časti svietidiel menej namáhané, vo svietidlách sa tak môžu použiť menej odolné materiály.

8 ZÁVER

V práci som sa snažil zhrnúť základne typy svetelných zdrojov, ich vývoj od počiatku cez súčasnosť s menším náhľadom a predpokladom do budúcnosti. U jednotlivých svetelných zdrojov som uviedol princíp činnosti, ich konštrukciu ako i výhody a nevýhody. Ďalej som rozobral vplyv okolitej teploty na ich svetelnotechnické vlastnosti a v niektorých prípadoch aj povrchovú teplotu týchto zdrojov. V práci sú zhrnuté aj základné druhy merania teploty, pomocou ktorých je v tejto dobe možné zmerať či už povrchovú ako aj vnútornú teplotu svetelného zdroja i celého svietidla. Nájdeme tu i štandardizované metódy oteplenia s presným postupom a požiadavkami.

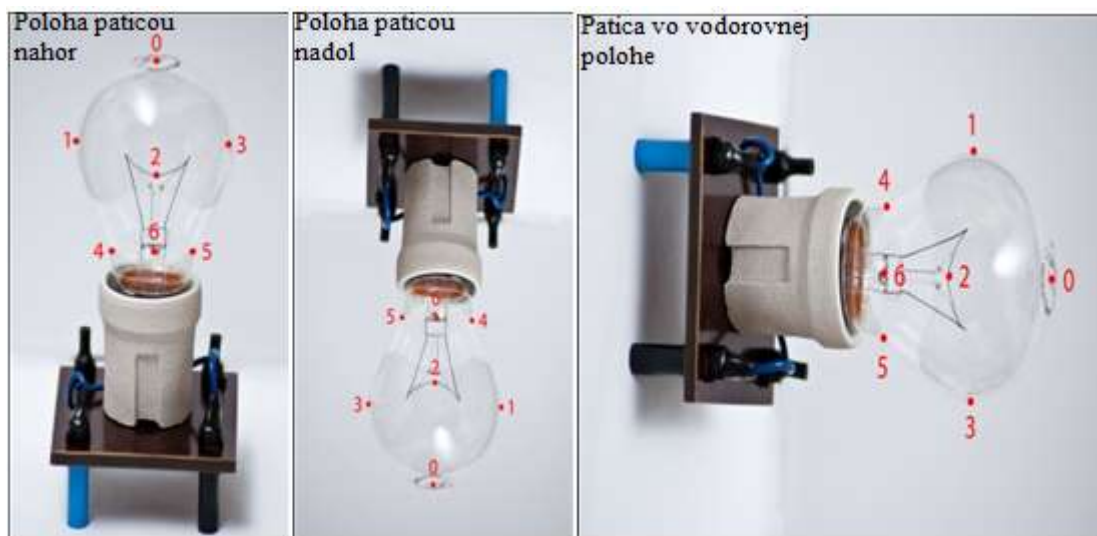
Jednou z hlavných častí práce je návrh a realizácia meracej sústavy, pomocou ktorej je možné pomerne jednoducho a presne zmerať povrchovú teplotu rôznych typov svetelných zdrojov. Zkonštruované boli dva modely, ktoré môžu poslúžiť ako pomôcka pri vyučovaní v laboratóriách svetelnej techniky.

V poslednej kapitole som previedol vzorové merania na tomto modeli s podrobným postupom. Zmeral rôzne svetelné zdroje a následne merania vyhodnotil.

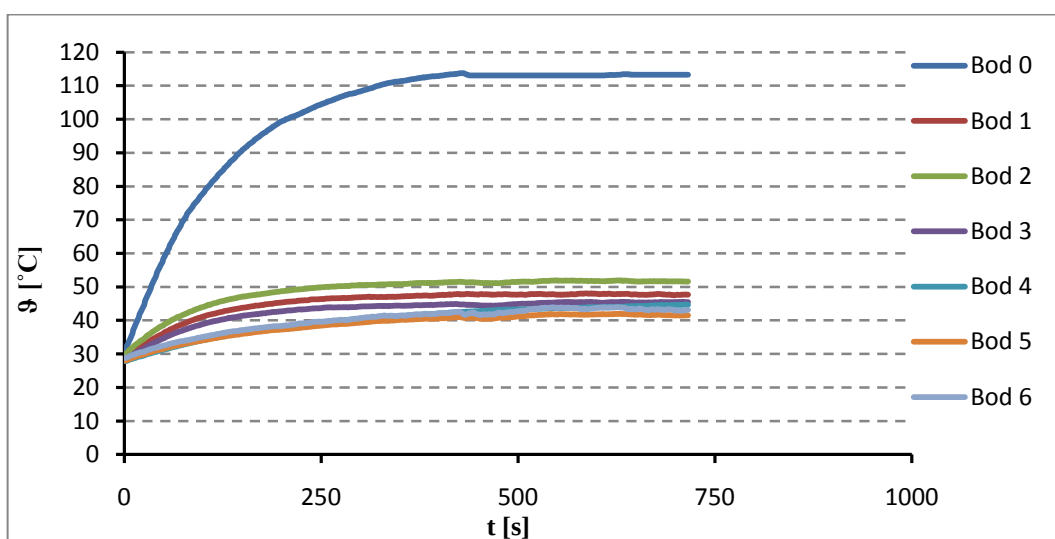
POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] J. Gordon Cook. *Lives to remember, Michael Faraday*. 1963 , *CIBSE Code for interior Lighting*. 1994, updated 1997, I.F.Davies and E.T.Glenny, *Light Sources over 50 years* www.raylight.co.uk/resources/documents/lamphistory.doc
- [2] Časopis svetlo číslo 05 r.2009 Svetelné zdroje – svetelné diody
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=42546
- [3] Fric, Róbert: Diagnostika oteplenia vybraných svetelnotechnických zariadení: Obh. 30.3.2006. č.ved. odb. 39-01-9. - Bratislava : STU v Bratislave FEI, 2005. - 144 s. + Autoref. 2005, 25 s.
- [4] Ing. Petr Baxant PhD., Doc.Ing P. DrápelaPhD: Užití elektrické energie, Elektronický učební text, Brno 2007 s.20-26,148-164
- [5] Časopis svetlo číslo04 r.2008 Svetelné zdroje – obyčajné žiarovky s.38,39
- [6] Katalóg firmy OSRAM (The New class of light) s.22
http://www.osram.com/_global/pdf/Consumer/General_Lighting/LED_Lamps/S19810_PI_LED_Lampen_2010_10AK_GB.pdf
- [7] Časopis svetlo číslo05 r.2008 Svetelné zdroje –halogénové žiarovky
- [8] Fric, Róbert: Thermal Analysis of the Ligh Sources : 6th Scientific Conference on Electrical Engineering & Information Theory for Ph.D. Students, Bratislava, Slovak Republic, 25.11.2003. In: ELITECH 2003. The sixth conference on Electrical engineering and information technology for PhD students : Bratislava, Slovak Republic. 25. Nov. 2003. - Bratislava : STU v Bratislave, 2003. - S. 41-44
- [9] Fric, Róbert: Analysis of the Temperature Field in the Light Source : 16. medzinárodná konferencia Svetlo 2005, Jasná, Slovak Republic, 19.-21.10.2005. In: Svetlo 2005 : Zborník zo 16. medzinárodnej konferencie. Jasná, SR. 19.- 21. 10. 2005. - Bratislava : Slovenská svetelnotechnická spoločnosť, 2005. - S. 73-78
- [10] Časopis svetlo číslo 02 r.2008 Svetelné zdroje – lineárne žiarivky s.56-58
- [11] Časopis svetlo číslo 02 r.2008 Svetelné zdroje – lineárne žiarivky s.56-58
- [12] Časopis svetlo číslo03 r2009 Svetelné zdroje vysokotlakové sodíkové výbojky s.42,43
- [13] Časopis svetlo číslo05 r2009 Svetelné zdroje – svetelné diody s.68-71,
- [14] [HTTP://WWW.KAM.SJF.STUBA.SK/KATEDRA/PUBLIKACIE/EDUTRAC/MTV/UCEBNICA/TEPLOT A/TEPLOTA04](http://www.kam.sjf.stuba.sk/KATEDRA/PUBLIKACIE/EDUTRAC/MTV/UCEBNICA/TEPLOT A/TEPLOTA04).
- [15] <http://www.termotechna.sk/?s=10&lg=1>
- [16] [HTTP://WWW.KAM.SJF.STUBA.SK/KATEDRA/PUBLIKACIE/EDUTRAC/MTV/UCEBNICA/TEPLOT A/TEPLOTA04](http://www.kam.sjf.stuba.sk/KATEDRA/PUBLIKACIE/EDUTRAC/MTV/UCEBNICA/TEPLOT A/TEPLOTA04).
- [17] http://www.kelma.com/kelmapages/products_detail.php?prd=34&cat=7
- [18] Norma ČSN EN 60360 Normalizovaná metóda méréni otepléní patíc světelných zdrojů
- [19] ČSN EN 60432-3 ZMĚNA A2 - Žárovky - Požadavky na bezpečnost

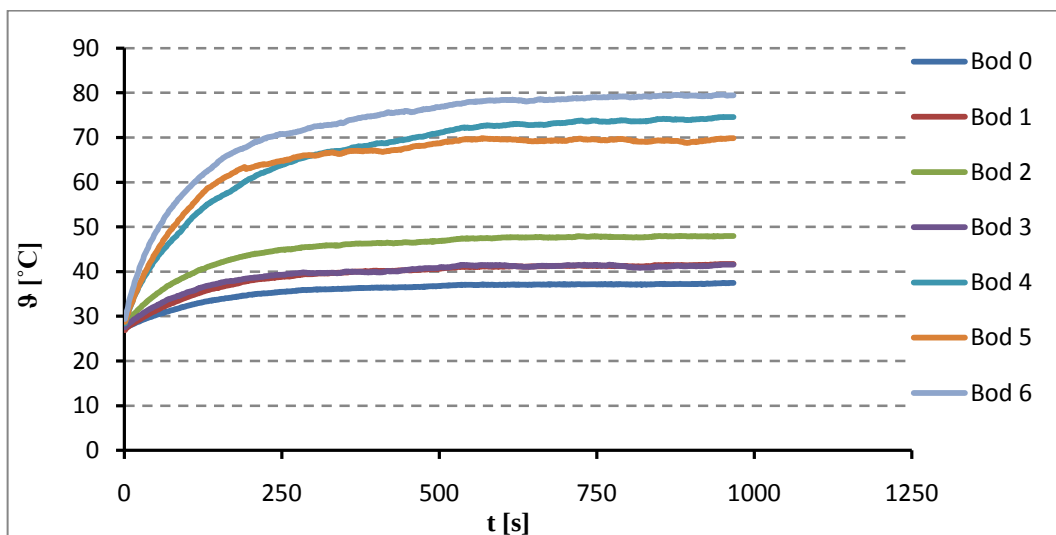
PRÍLOHA



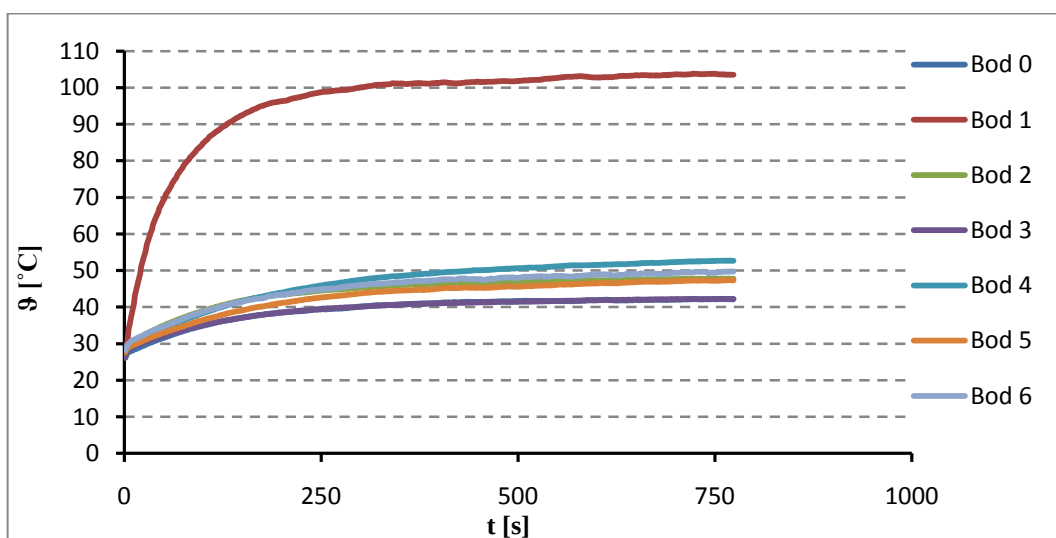
Obr. 8-1 Merané polohy s umiestnením termočlánkov klasickej žiarovky



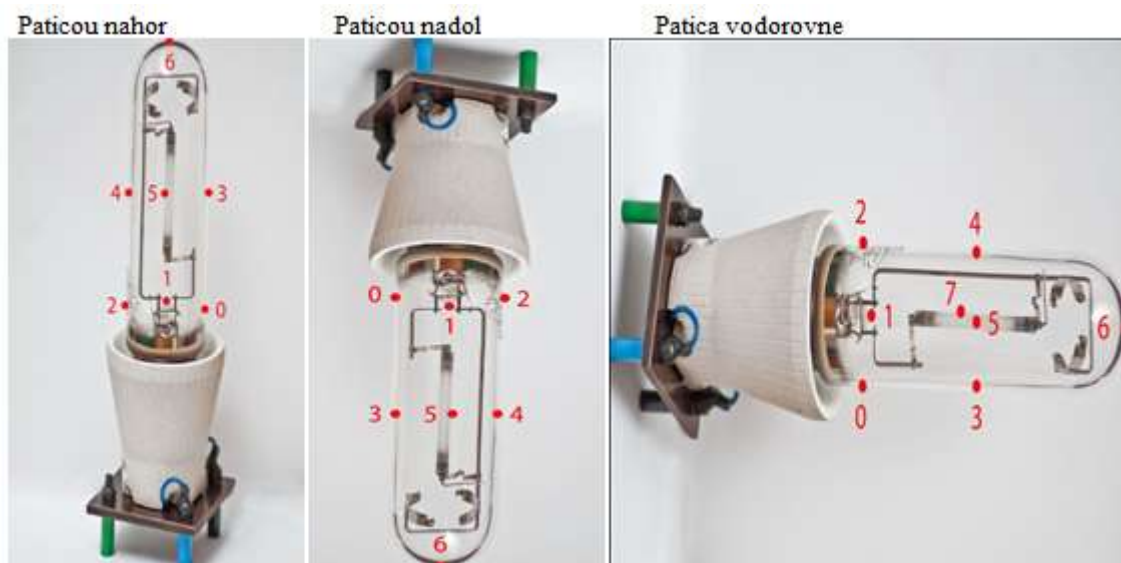
Graf 8-1-1 Závislosi teploty θ [°C] na čase t [s] u žiarovky, poloha paticou nahor



Graf 8-1-2 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s] u žiarovky, poloha päťcou nadol

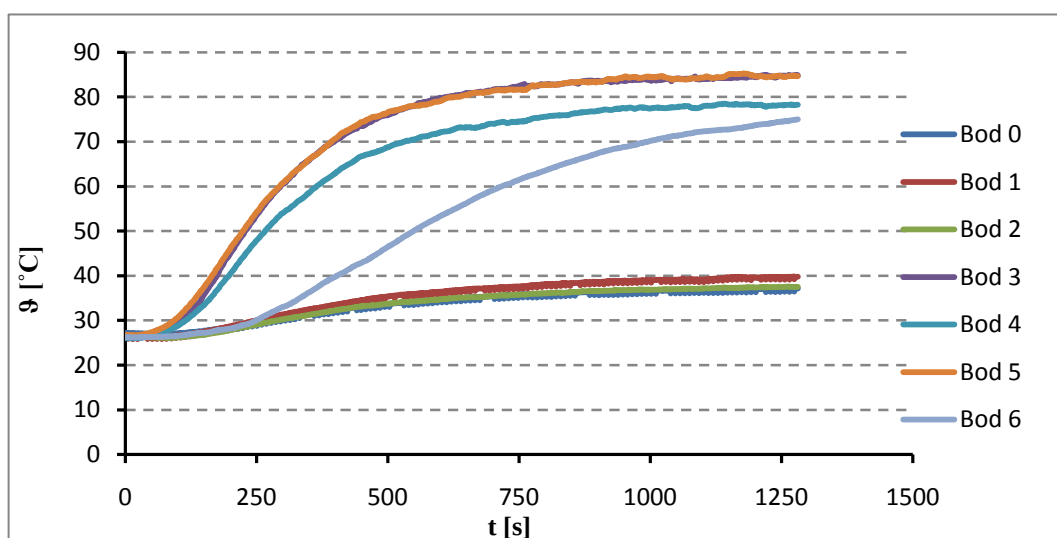


Graf 8-1-3 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s] u žiarovky, päťca vo vodorovnej polohe

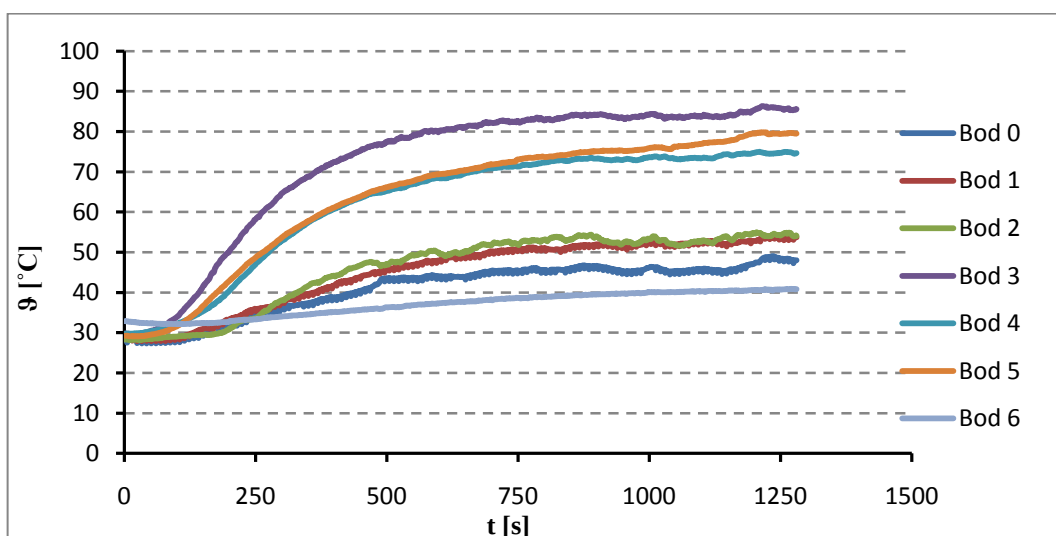


Obr. 8-2 Merané polohy s umiestnením termočlánkov vysokotlakovej sodíkovej výbojky

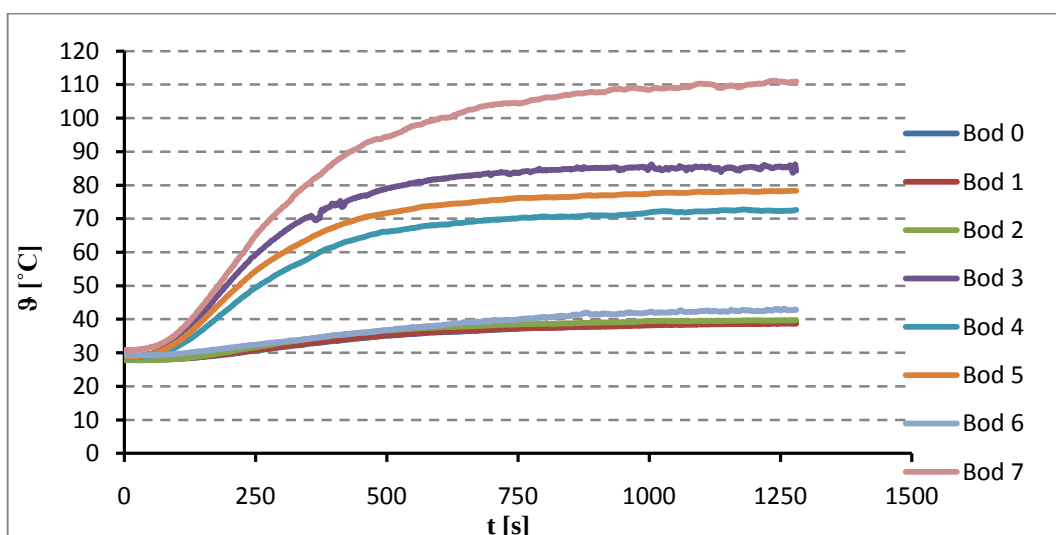
Pozn. Pri vodorovnej polohe päťky, s horákom, ktorý bol tiež vo vodorovnej polohe sa bod 7 nachádzal na vrchu výbojky, bod 5 naspodu a bod 1 tiež zo spodu.



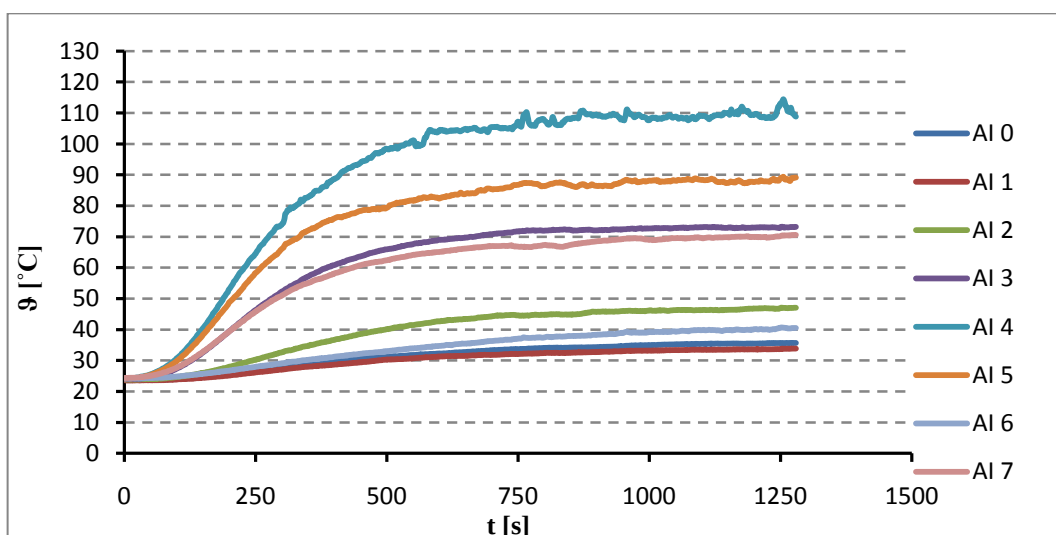
Graf 8-2-1 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], výbojka, poloha päťky nahor



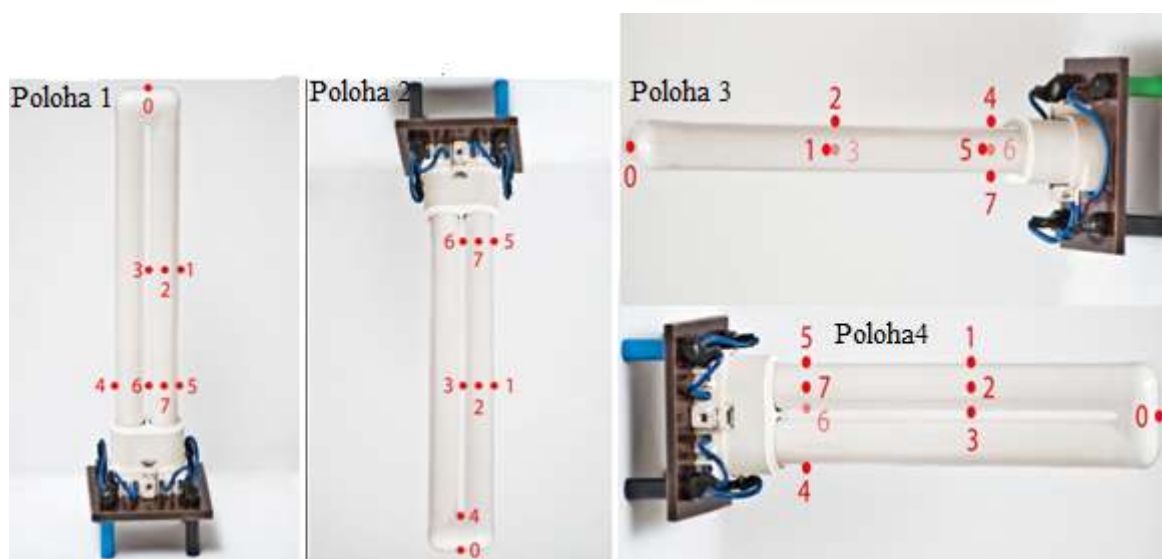
Graf 8-2-2 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], výbojka, poloha päťcou nadol



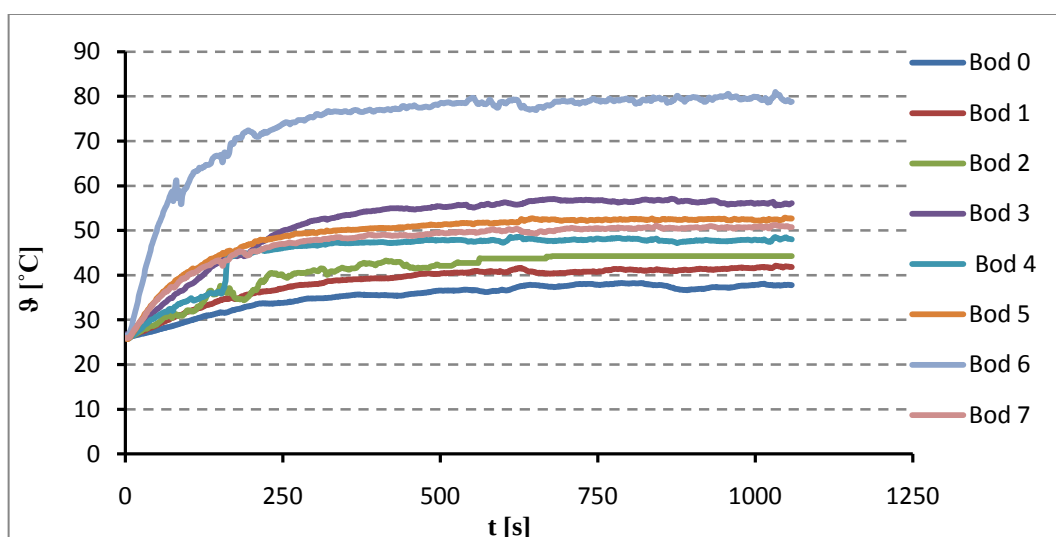
Graf 8-2-3 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], päťca vodorovne, horák vo vodorovnej polohe



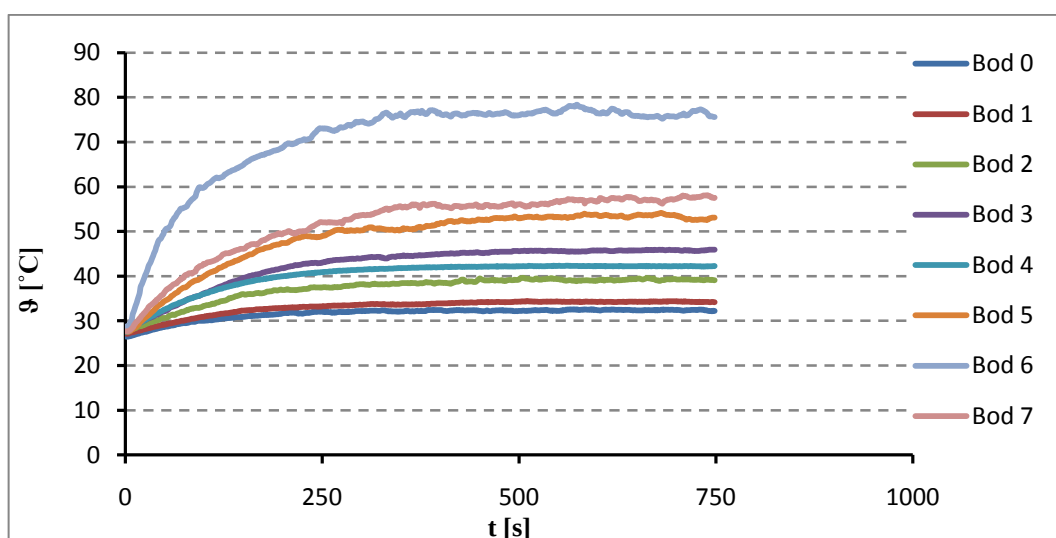
Graf 8-2-4 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], výbojka, päťca vodorovne, horák naspodu



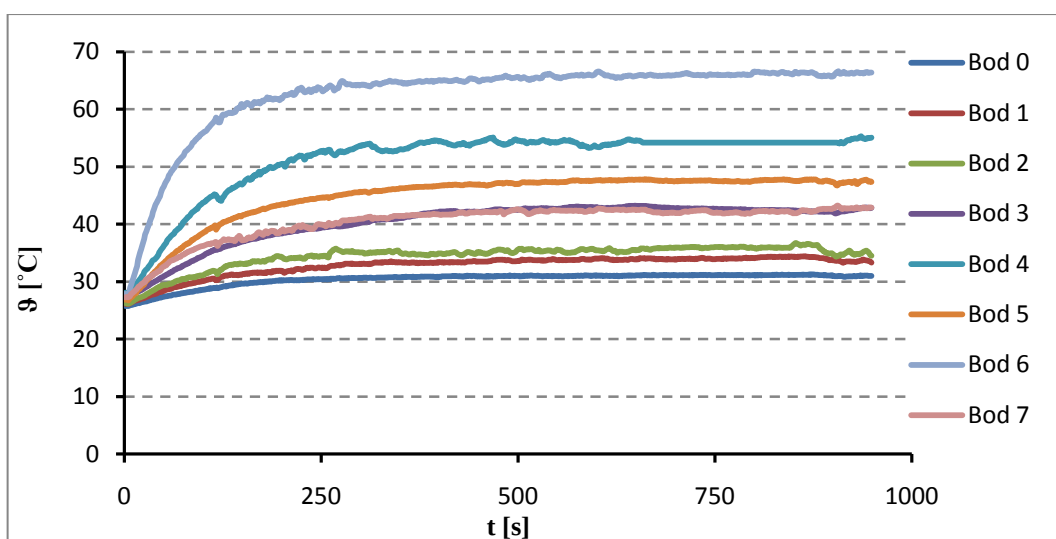
Obr. 8-3 Merané polohy s umiestnením termočlánkov žiarivky DULUX



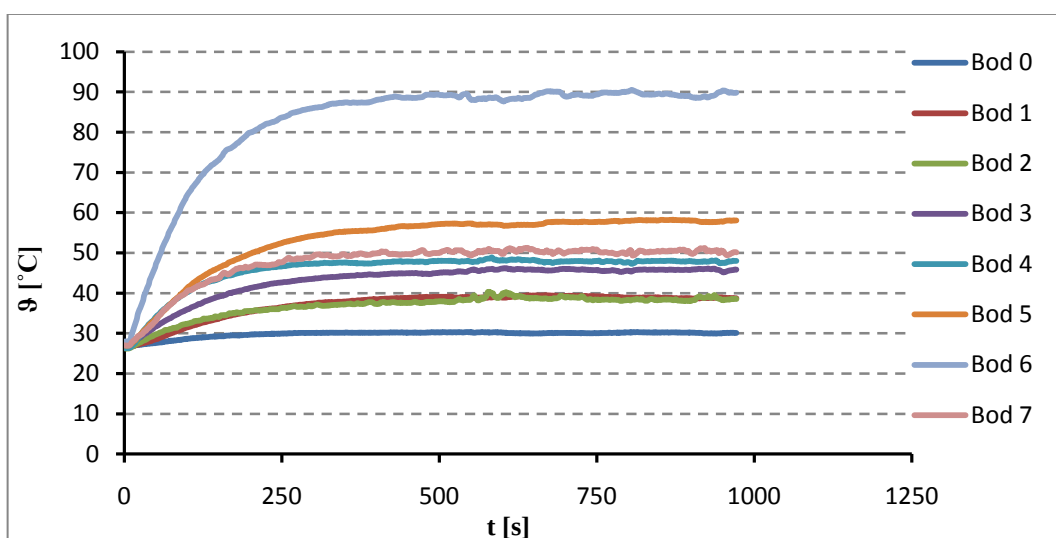
Graf 8-3-1 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 1



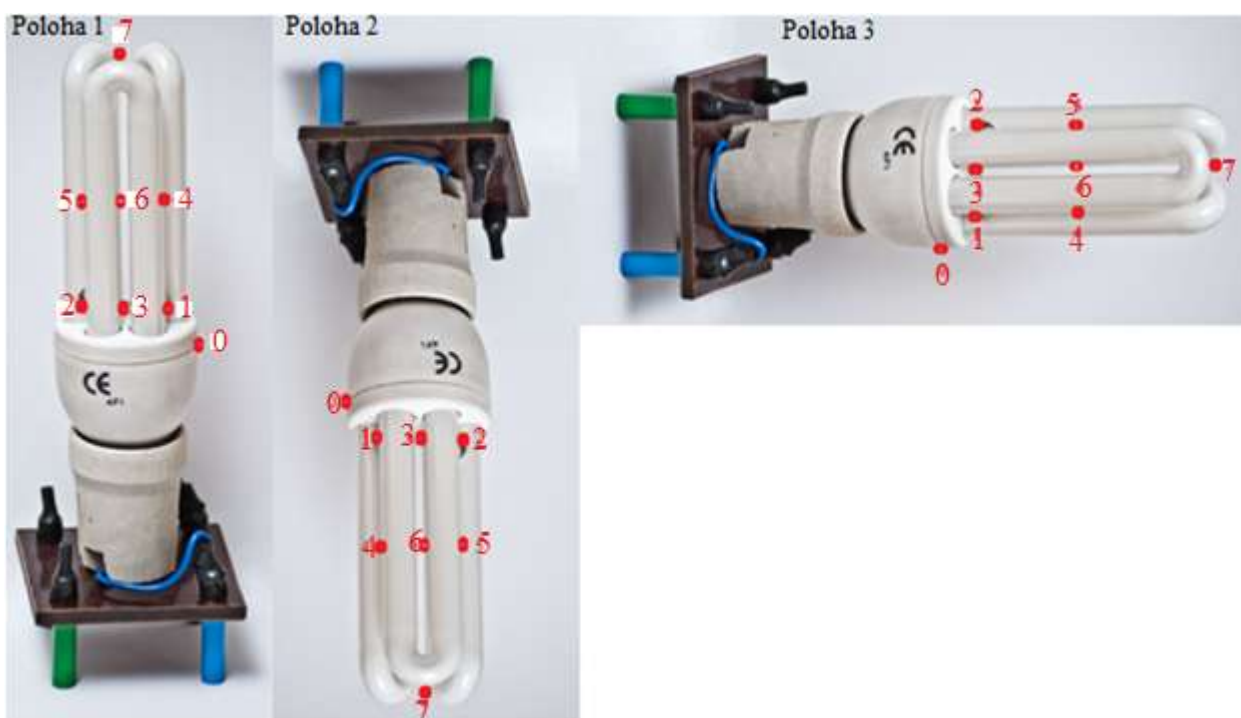
Graf 8-3-2 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 2



Graf 8-3-3 Zavislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 3

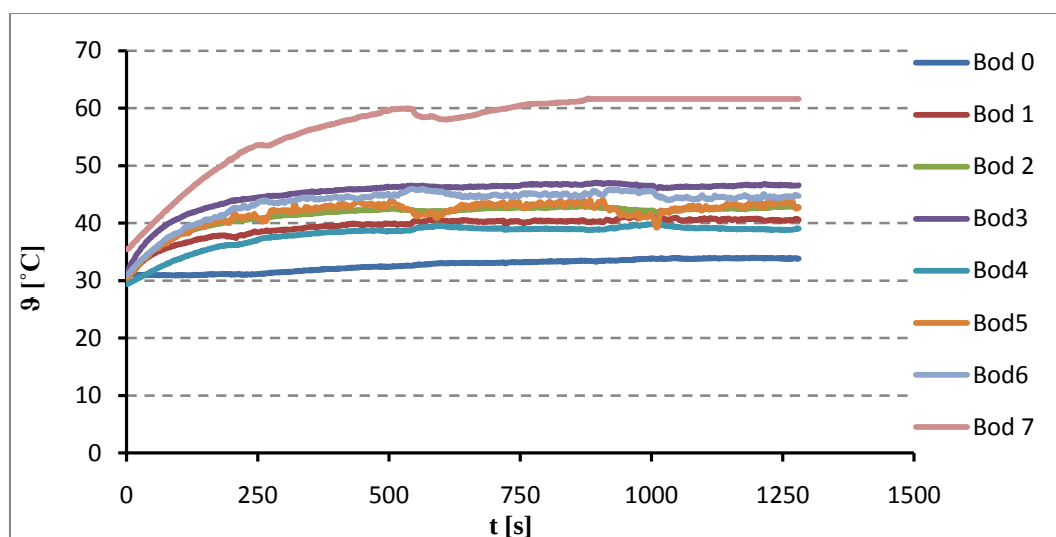


Graf 8-3-4 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka DULUX poloha 4

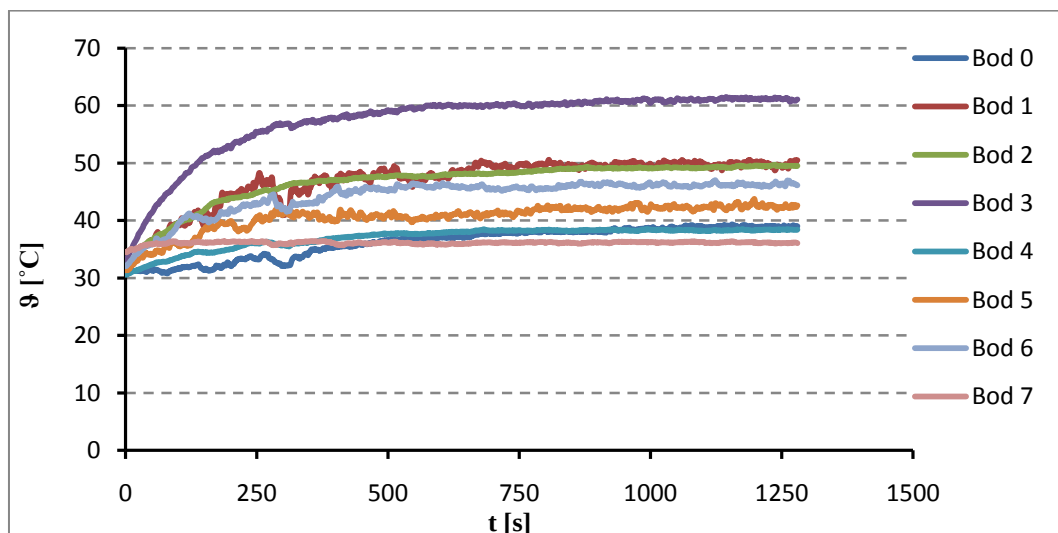


Obr. 8-4 Merané polohy s umiestnením termočlánkov kompaktnej žiarivky EUROLITE závit E27.

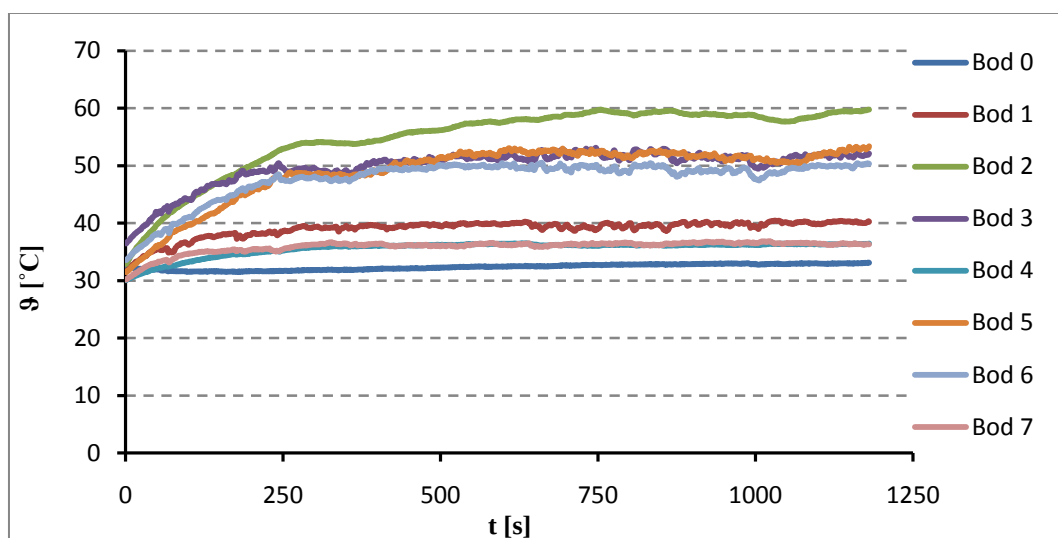
Pozn. Poloha 4 bola u tejto žiarivky realizovaná totožne s polohou 3, čiže s päťou vodorovne, avšak s tým rozdielom, že u polohy 3 je meraná trubica kolmo a u polohy 4 bola vodorovne.



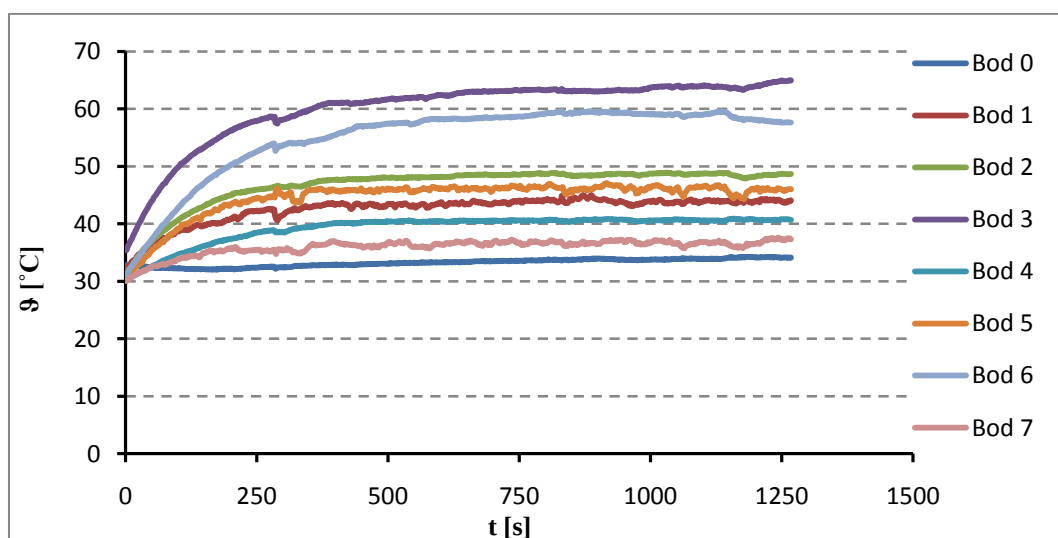
Graf 8-4-1 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 1



Graf 8-4-2 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 2



Graf 8-4-3 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 3



Graf 8-4-4 Závislosť teploty θ [°C] na čase t [s], žiarivka EUROLITE poloha 4

