



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

PŘÍPRAVEK PRO MĚŘENÍ NA GONIOFOTOMETRU

TOOL FOR MEASUREMENT GONIOPHOTOMETER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radim Poledník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Radim Poledník**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Přípravek pro měření na goniometru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh nového nástavce pro goniometr. Přípravek je určený k měření svítlen v automobilovém průmyslu s max. hmotností vzorku 50 kg a max. rozměry 1300 mm x 600 mm. Řešení obsahuje odstínění záření měřeného vzorku.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Konceptní řešení
5. Konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení

Typ práce: konstrukční

Účel práce: výzkum a vývoj

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2016.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam literatury:

Shigley, J. E., Mischke, Ch. E. a Budynas R. G. (2010): Konstruování strojních součástí. VUTIUM, Brno.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem práce je návrh nového univerzálního zásobníku pro měření automobilových svítilen či světlometů na goniofotometru, jenž má zkrátit celkový čas potřebný k měření vzorků, především zadních lamp. Konstrukční návrh zohledňuje jak kvalitativní, tak i kvantitativní požadavky na samotné měření, resp. účinné odstínění světelného a tepelného záření při požadovaných konstantních elektrických veličinách a při snadné manipulaci ve ztížených podmínkách měřících zkušeben.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fotometrické měření, světlomet, svítilna, EHK, časová úspora, zásobník

ABSTRACT

The aim of the bachelor's thesis is to develop a new multipurpose storage for photometric measurement of automotive headlamps and rear lamps. The goal of this device is reduce overall time required to measure samples, mainly rear lamps. The concept takes into account qualitative and quantitative requirements. For example, the effective shielding of light and heat radiation, constant electrical quantities, and easy manipulation in difficult condition of the photometric test halls.

KEY WORDS

Photometric measurement, headlight, headlamp, ECE, time efficiency, storage

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

POLEDNÍK, R. *Přípravek pro měření na goniometru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji touto cestou p. Petru Pleškovi a ostatním pracovníkům zkušebny a vývojového oddělení firmy Varroc za poskytnutou pomoc při vypracování této bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Přípravek pro měření na goniometru pod vedením Ing. Jiřího Dvořáčka Ph.D. vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

.....

V Brně dne

.....

podpis autora

OBSAH

1 ÚVOD	12
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	13
2.1 Osvětlení automobilu	13
2.1.1 Světloomet.....	14
2.1.2 Svítilna	14
2.2 Komponenty lamp	15
2.3 Zastoupení výrobců v ČR	16
2.3.1 Varroc Lighting Systems.....	16
2.3.2 Hella	16
2.3.3 Automotive Lighting.....	17
2.3.4 Koito Czech.....	17
2.4 Předpisy a zkoušky	18
2.4.1 Normativní orgány	18
2.4.2 Měření světelných funkcí.....	19
2.4.3 Mechanické zkoušky.....	21
2.4.4 Ostatní zkoušky	22
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	23
3.1 Současný stav	23
3.2 Cíl práce	23
4 DISKUZE	25
5 ZÁVĚR	26
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	27
7 SEZNAMY, SLOVNÍK SYMBOLŮ A JEDNOTEK.....	30
7.1 Seznam použitých zkratk a symbolů.....	30
7.2 Seznam obrázků.....	31

1 ÚVOD

Světlomety a svítily jsou jedinečnými prvky každého automobilu. „Svítit“ a „být viděn“ jsou samozřejmé základní požadavky. Ty se rozšířily během téměř stoletého progresivního vývoje o řadu bezpečnostních parametrů, které vyplynuly z masové výroby automobilů od počátku 20. století. Zákazníci dnes kladou stále vyšší požadavky na aplikaci nových technologií, které při zachování bezpečnostních, designových a funkčních nároků podporují rozvoj průmyslu světelné automobilové techniky po celém světě.

Osvětlení automobilu musí zajistit řidiči co nejvyšší přísun optických informací v různorodých terénech a dopravních situacích, při zhoršených světelných podmínkách daných absencí slunečního záření a špatným počasím. Přitom je však nutné zabránit oslnění chodců a řidičů protijedoucích vozidel. Z těchto důvodů vyplývá, že světelná technika je ošetřena mnoha normami a předpisy, které firmy vyrábějící světla musí striktně dodržovat již v rámci mnohem přísnějších požadavků zákazníků z řad automobilek.

V ČR jsou dnes majoritně zastoupeny tradiční halogenové žárovky, ty jsou však postupně nahrazovány xenonovými výbojkami a LED žárovkami, které se díky snižujícím cenám stávají standardním základním vybavením automobilů. Právě technologiím s LED je přiřazován v následujících letech vysoký obchodní potenciál právě díky snižujícím se cenám, malým rozměrům, mechanické odolnosti, nízkým energetickým nárokům a dlouhé životnosti. Nicméně LED technologií vývoj rozhodně nekončí. Automobilky v čele s BMW a Audi vyvíjejí novou generaci laserových světlometů, které v kombinaci s rostoucím trendem aplikace elektroniky (AFS módy) předznamenávají další budoucnost odvětví.

Konstruktéři musí tedy splnit designové požadavky zákazníka, zároveň efektivně a funkčně využít prostorovou konfiguraci, která je u světlometů a svítlen značně omezena, při respektování závazných norem a předpisů. V souvislosti s těmito faktory jsou na zkušebny výrobců světelné techniky kladeny vysoké kvantitativní nároky na měření a s tím spojenou časovou vytíženost. Cílem této práce je navrhnout zařízení, které sníží dobu potřebnou k měření vzorků ve fotometrické zkušebně a tak přispěje k časové efektivitě měření.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2

2.1 Osvětlení automobilu

2.1

Osvětlovací systém motorového vozidla obsahuje osvětlovací a signalizační zařízení, která jsou namontována nebo integrována do přední, zadní, boční a v některých případech na horní stranu vozidla. Účelem světel je osvětlit vozovku, zvýšit rozeznatelnost vozidla v provozu a umožnit ostatním řidičům, chodcům a dalším účastníkům silničního provozu vidět samotné vozidlo, jeho polohu, velikost, směr pohybu a řídicí záměry ve změně rychlosti a směru.

Dle definice EHK (Evropská hospodářská komise): „*Světlometem nebo svítilnou*“ se rozumí zařízení určené k osvětlování vozovky (světlomet) nebo k vyzařování světelného signálu ostatním uživatelům vozovky. [1]

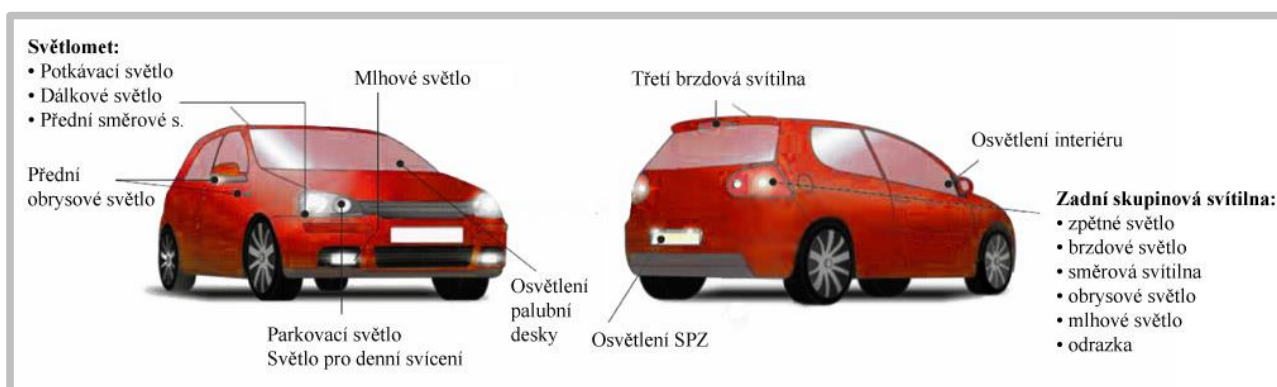
Osvětlovací systémy lze rozdělit do několika kategorií [2]:

Dle prostoru působení:

- vnější,
- vnitřní.
- osvětlovací světla – světla vyzařovaná světlomety určená k osvětlení jízdní dráhy na vzdálenost vyhovující provedení vozidla. Osvětlovací světla jsou dálková, tlumená (potkávací) a světla do mlhy.
- návěstní světla – světla vyzařovaná svítilkami vozidla určená k zajištění jeho viditelnosti, k upozornění na zpomalení jízdy při brždění, na změnu směru jízdy apod. Návěstní světla jsou obrysová, koncová, brzdová a směrová.

Dle typu světelného zařízení:

- světlomety,
- svítilny,
- odrazky – zařízení se sklem (odrazová skla) upravená opticky tak, aby za předepsaných podmínek odrážela světlo vysílené cizím signálem.



Obr. 1 Lokace světelné techniky na automobilu [3]

2.1.1 Světlo

Přední světlo (headlamp) je zařízení konstruované k osvětlení vozovky, resp. k vyzařování světla do určitého vymezeného prostoru. Každé čtyřkolové motorové vozidlo musí být vybaveno potkávacími (tlumenými) a dálkovými světly, jež mohou být sloučeny. Přední světla však obecně kumulují vícero funkcí, např. denní svícení, směrová světla, světla do mlhy atd. [4,5,6]

- Potkávací (tlumené) světlo (tzv. low beam) je světlo užívané k osvětlení vozovky před vozidlem, aniž by nepatřičně oslňovalo nebo obtěžovalo řidiče, přijíždějící z opačného směru nebo uživatele jiné vozovky.
- Dálkové světlo (tzv. high beam) je světlo užívané k osvětlení vozovky na velkou vzdálenost.
- Světlo do mlhy – světlo zlepšující osvětlení vozovky za mlhy, hustého deště a sněžení.



Obr. 2 Bi-Xenonový AFS světlo s LED diodami [7]

2.1.2 Svítidla

Zařízení k vysílání usměrněného či neusměrněného světelného signálu ostatním uživatelům silnice. Světelné zdroje mají zpravidla menší výkon. Zadní skupinová svítidla (rear lamp) je zpravidla vybavena brzdovým světlem, koncovým světlem, směrovou svítilnou, světlem pro couvání, zadními světly do mlhy. [4,5,6]

- Směrová svítidla – slouží k podávání informace o záměru změny směru pro ostatní uživatele silnice.
- Denní svítidla – svítidla směřující vpřed, jež činí vozidlo snadněji viditelné za jízdy ve dne.
- Přední a zadní obrysová svítidla – svítidla užívaná k označení přítomnosti vozidla a jeho šířky pro pohled zepředu (bílé barvy) a zezadu (červené barvy).



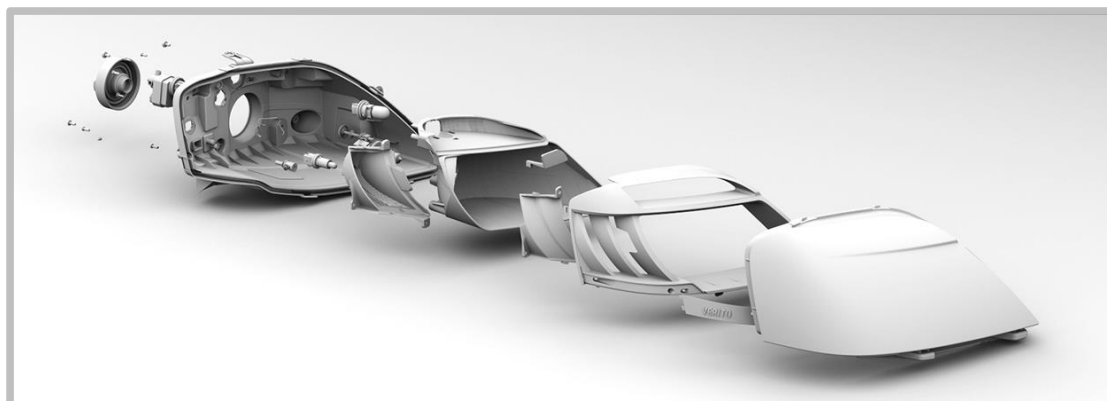
Obr. 3 Zadní svítilna Citroenu DS3 [8]

2.2 Komponenty lamp

2.2

Většina hlavních dílů světlometů a svítilen je vyrobena ze vstřikovaných tenkostěnných plastových odlitků (ABS, PC, PP aj.).

Rozměrově největší díl je zpravidla pouzdro (housing), které plní nosnou funkci. Pouzdro je spojovacím prvkem všech komponent, může však plnit také optické funkce, proto se někdy částečně pokovuje. Na tento obvykle nejsložitější díl jsou kladeny vysoké mechanické a teplotní nároky. Obálku světla uzavírá z přední části krycí sklo (lens), které musí vykazovat značnou odolnost jak vůči teplotní zátěži vnitřních zdrojů lamp, tak i veškerým externím vlivům, jako jsou dopady drobného kamení, voda, přechody teplot či chemická zátěž. U předních světlometů je sklo čiré, průhledné, naopak u zadních svítilen je předepsán červený odstín. Do skel se navařují reflexní rozptylové plošky, které zvyšují viditelnost. Všechny výstupní viditelné plochy, zejména krycí sklo, reflektory, maska a další designové díly jsou precizně kontrolovány. Mezi vnější součásti patří také různé ventilační elementy, centrální výstupní konektor a zajišťovací prvky. [9]



Obr. 4 Ilustrační rozklad předního žárovkového světlometu [10]

Vnitřní sestava se skládá z designových krytek, které se liší v počtu, barvě či tvaru a odráží tak druh výbavy u jednotlivých automobilů. Reflektory vykonávají hlavní funkci u klasických žárovkových světlometů (dnes postupně vytlačovány projekčními světlometry), a to usměrněním světelného toku. Správná funkce svítilen dle technických norem a předpisů je velkou mírou podmíněna právě vhodným

tvarem reflektorů. Dostatečná odrazivost povrchů je zajištěna pokovením co nejčistších ploch. Parabolické reflektory musí být polohovatelné. Mezi další díly patří deska s konektorem pro žárovku, žárovka, těsnění, kabeláž, elektricky ovládané elementy, servomotorky, chladiče či ventilátory, gumová krytka, spojovací prvky a krycí rámeček, který zakrývá vnitřní „nedesignové“ části.

Za samostatný prvek lze považovat modul zmíněného projekčního světlometu. Na rozdíl od klasických světlometů, u kterých je pro rozptyl zapotřebí rozptylového skla, se u projekčních světlometů s vnitřním reflektorem a hranou clonky v modulu, již vytvořený rozptyl přenáší skrze čočku přímo na vozovku. [5]

2.3 Zastoupení výrobců v ČR

Průmysl automobilové světelné techniky je v ČR zastoupen čtyřmi velkými výrobci, z nichž tři jsou v popředí, a to i v evropském měřítku (Varroc Lighting Systems, Hella, Automotive Lighting a Koito Czech). Díky těmto firmám je Česká republika velmocí v absolutním počtu vyrobených světel.

Právě ve spolupráci s firmou **Varroc Lighting Systems** je návrh univerzálního zásobníku pro měření svítlen na goniofotometru vypracován.

2.3.1 Varroc Lighting Systems

Historie společnosti sahá až do 1879. Od této doby podnik několikrát změnil název a vlastníka, nicméně závod jako takový zůstává v Novém Jičíně již od jeho vzniku. Od roku 1950 se společnost zapisuje do povědomí veřejnosti pod jménem Autopal, které firma užívala 50 let. V roce 1993 získává Autopal nového vlastníka, Ford Motor Co. ACD, díky jehož významným investicím do inovací v oblasti výrobních technologií, výzkumu a vývoje, zažila firma významný rozmach. Po období, kdy firma spadala pod výrobce automobilových komponent - Visteon, nastupuje nynější podoba společnosti - Varroc Lighting Systems, s.r.o.. Společnost se silným vývojovým zázemím, vlastní nástrojárnou a dvěma výrobními závody dnes zaujímá významné postavení na trhu s výrobou předních světlometů a zadních skupinových svítlen. Společně s rychvaldskou pobočkou patří s více než 2300 zaměstnanci k významným zaměstnavatelům v Moravskoslezském kraji i celé České republice. Firma ve své vývojové sekci dlouhodobě navyšuje počty zaměstnanců. [11]

2.3.2 Hella

Nezávislý rodinný nadnárodní podnik se stoletou historií. Přední světový výrobce osvětlovací techniky a elektroniky pro automobilový průmysl. S více než 6000 zaměstnanci ve výzkumu a vývoji patří společnost Hella k největším hráčům na trhu v oblasti vývoje a výzkumu v odvětví. Kromě světelné techniky se Hella angažuje také v segmentu Special Applications (speciální vozidla, pouliční osvětlení, průmyslové osvětlení, atd.) a náhradních dílů – aftermarket.

V ČR firma produkuje světlometry, zadní svítlny, blinkry aj. od roku 1994, kdy byly spuštěny výrobní linky v Mohelnici, v které je dnes zaměstnáno zhruba 2000 zaměstnanců. Hella má silnou pozici ve vývoji pro německé automobilky jako Audi, BMW a VW (Škoda). [12]

2.3.3 Automotive Lighting

2.3.3

Další z velkých celosvětových výrobců, Holding Automotive Lighting, s.r.o. se závodem v Jihlavě v ČR působí od 1. 5. 1999. Společnost vznikla spojením Magneti Marelli a divizí osvětlovací techniky Bosch (2003 odkupuje poloviční podíl Magneti Marelli).

Jihlavská pobočka zaměstnává ve vývoji okolo 200 zaměstnanců (2200 celkově). Firma se především zabývá výrobou světlometů pro zákazníky BMW, Mercedes, VW a Škoda ad. Celková roční produkce cca. 4,5 miliónů světel. [13,14]

2.3.4 Koito Czech

2.3.4

V Česku je druhou evropskou výrobní základnou japonské společnosti Koito Manufacturing. Výrobní pobočka bez vlastního vývoje se sídlem v Žatci v posledních letech navyšuje produkci světel. S odhadovanou roční produkcí 2,75 miliónů světel (2015) pro zákazníky jako Nissan, Toyota, Suzuki, Renault adt. se firma v rámci světové produkce Koito začleňuje mezi největší výrobce s pětinovým podílem na celosvětovém trhu. [15,16]

2.4 Předpisy a zkoušky

V automobilovém průmyslu obecně platí řada regulí a předpisů, které striktně vymezují předepsané funkce a kvalitativní požadavky příslušných automobilových komponentů. Automobilové osvětlení podstupuje řadu přesně definovaných testů a zkoušek jak během vývoje, tak i během sériové výroby. Během vývoje prochází konstrukční návrhy v CAD datech širokou škálou počítačových simulací, které analyzují prvotní slabá místa v návrhu. V okamžiku, kdy model odpovídá vstupním požadavkům, jsou vytvořeny prototypy pro měření a testování. Obecným cílem testování je ověřit konstrukční návrh z hlediska zákonných požadavků a požadavků zákazníka, při deklaraci vysoké míry přesnosti měření.



Obr. 5 LED modul firmy Hella [17]

V roce 1992, automobilka BMW vyráběla 8 modelů automobilů, v roce 2016 svůj sortiment rozšířila na 38 sériově vyráběných modelů s odlišnými příplatkovými verzemi. Tento trend, který se projevuje u globálních výrobců, má přímý vliv i na výrobce osvětlení. Do testování a měření se tímto vnaší důležitý faktor času. [18]

Základní rozdělení zkoušek [19]:

- Uvolňovací: předsériové zkoušky ověřující mechanické, světelné a elektronické parametry výrobku.
- Spolehlivostní (Conformity Of Product): ověření shodnosti výroby, resp. shodnost sériového kusu s kusem uvolněným.

2.4.1 Normativní orgány

Jedním z orgánů, který zajišťuje závazné předpisy, je komise EHK při OSN. Tato „pracovní skupina pro regulatorní spolupráci a normalizaci“ stanovuje tzv. *Jednotná ustanovení pro homologaci* (následuje odborný název a číslo předpisu). Tato jednotlivá ustanovení ratifikovala naprostá většina evropských států.

Dle EHK se předpisy dělí do těchto tří základních skupin:

- Součásti pro aktivní bezpečnost,
- Součásti pro pasivní bezpečnost,
- Součásti pro ochranu životního prostředí.

Majoritní část regulí týkajících se automobilového osvětlení spadá do oblasti aktivní bezpečnosti.

Příkladem:

- **EHK 7** – obrysové, doplňkové obrysové a brzdové světlo,
- **EHK 8** – světlomety s žárovkou jinou než H4,
- **EHK 19** – přední mlhové světlomety,
- **EHK 20** – světlomety s žárovkou H4,
- **EHK 38** – zadní mlhovka,
- **EHK 48** – jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci.

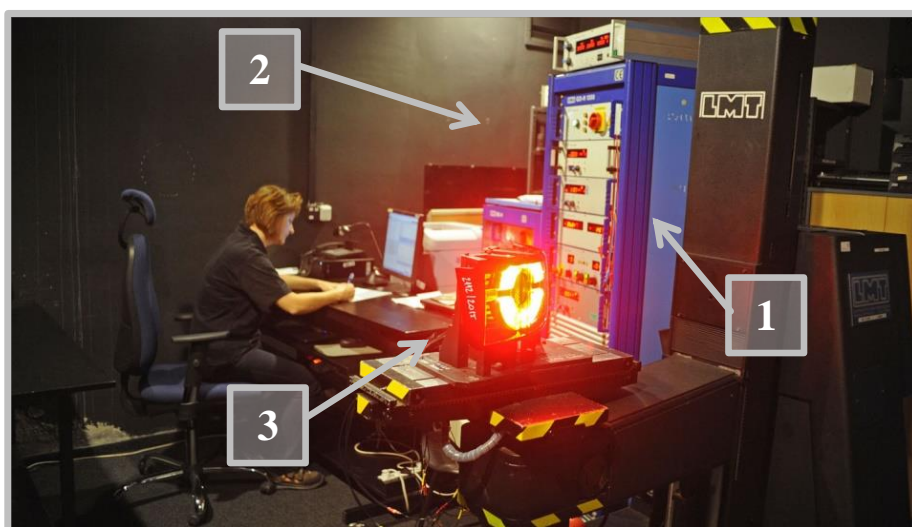
V Evropě mimo EHK existují dnes také již méně používané *Směrnice Evropské unie* (směrnice ES). Některé z nich jsou upraveny do podoby příslušných EHK předpisů. V USA platí federální zákon („*Federal motor vehicle safety standard*“) FMVSS 108, který se odvolává ohledně konkrétních světelných funkcí na normy Society of Automotive Engineers, Inc. (SAE). Normy SAE mají jen doporučující charakter a v části konstrukčních řešení nabízí vícero možností řešení. Většina ostatních států světa přebírá základ předpisů EHK a FMVSS 108 a částečně je modifikuje.

Zákonné a homologační předpisy navazují na vybrané technické normy, ty jsou však pouze výchozím základem, kterým se musí řídit zákazník dle trhů, na kterých operuje. Po výrobci světelné techniky je požadováno také splnění všech zákaznických specifikací nejen na výrobek (vnější plocha, splnění prostorových požadavků při geometrii karoserie, světelný výkon, funkce, atd.), ale i na systém řízení kvality zahrnující vývoj, včetně validačních a procesních zkoušek. [20]

2.4.2 Měření světelných funkcí

2.4.2

Měření se uskutečňuje na goniofotometru. Jedná se fotometrické zařízení pro měření rozložení světla a světelného toku světlometů a svítilek v různých úhlech. Uplatňuje se i v jiných odvětvích pro měření světelných zdrojů. Skládá se z goniometru a fotometru. Goniometr umožňuje natáčet měřený objekt do přesně definovaných úhlových poloh, zatímco fotometr zaznamenává údaje o vybrané světelné délce. K moderním automobilovým goniofotometrům se dodává řídicí jednotka a software s předdefinovanými úhly pro měření dle požadavků ECE (EHK) a SAE.



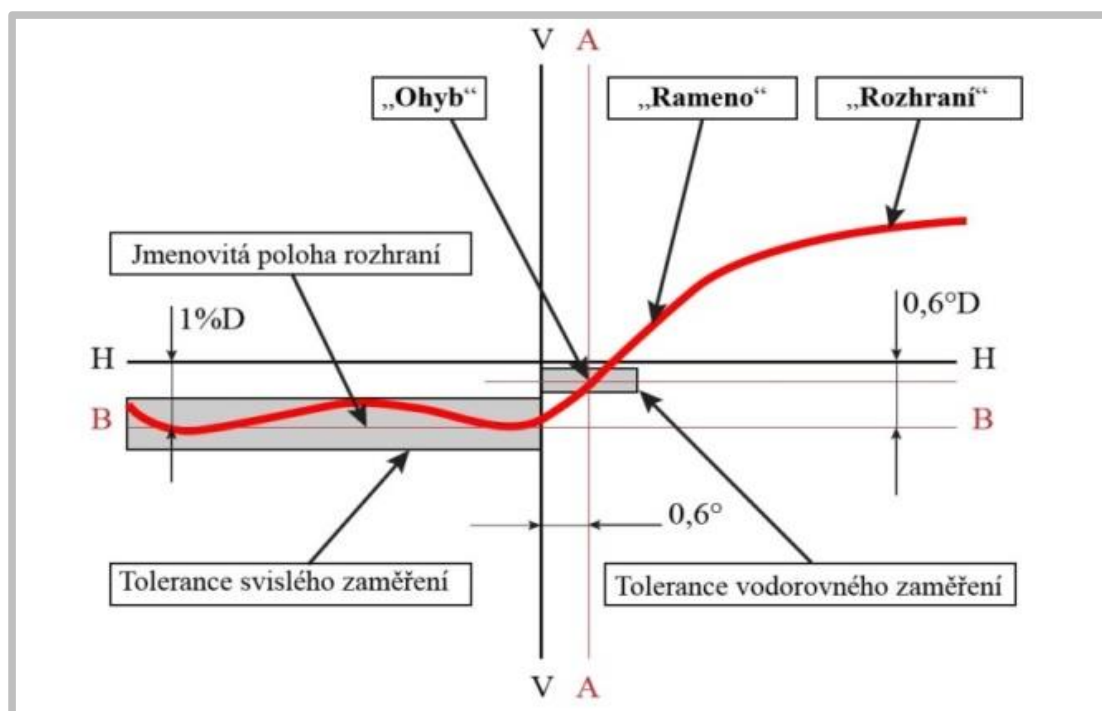
Obr. 6 Fotometrická zkušebna, 1 – goniofotometr, 2 – řídicí jednotka, 3 – svítilna v přípravku [21]

Goniometr musí svou konstrukcí splňovat vysoké nároky na přesnost. Německý goniofotometr GO-H 1330 umožňuje natáčet v obou osách s přesností $0,01^\circ$ s objektem vážícím až 11 kg v sedmi rychlostech řízených elektromotory. V kombinaci s nejvyšší třídou přesnosti (třída L) měření fotometru se cena této sestavy pohybuje v řádech několika miliónů korun. Cena těchto zařízení tak ovlivňuje kapacitu měření. Není ekonomické zvyšovat kapacitu měření nákupem dalších zařízení vzhledem k jejich vysoké ceně. Při testování se měří každá funkce světlometů či svítílen zvlášť. [22]

Kromě světelného toku se vyhodnocují parazitní odlesky, průsvity a odklon od předepsané hranice světlo-tma (HDG - Hell-Dunkel Grenze) na projekční stěně ECE.

Pomocí goniofotometru je světlomet zaměřen na stěnu ECE vzdálenou 10 m nebo 25 m dle měřené funkce, kde vztažný střed¹ zdroje svírá s osou H a V pravý úhel. Měřicí stěna musí být dostatečně široká, aby umožňovala ověření a nastavení rozhraní v rozsahu nejméně 5° na obě strany od přímky V-V.

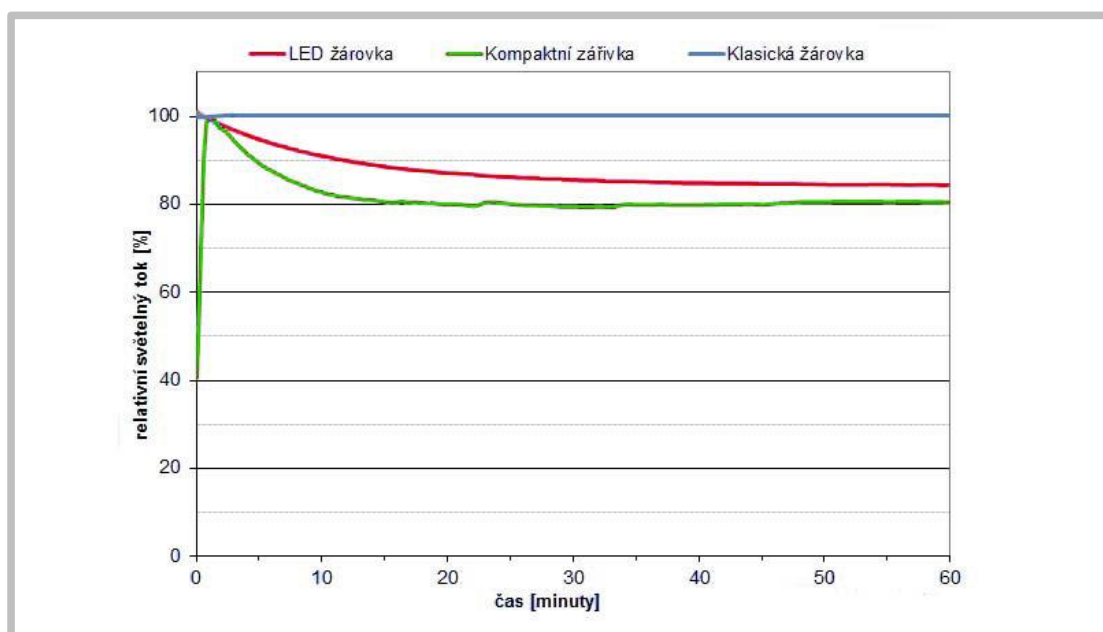
Příkladem budiž funkce potkávacího světla (tlumené světla), kde při měření např. bodu B50L může dosahovat svítivost světlometů maxima 350 cd. U potkávacích světel se tedy na rozhraní světlo tma nesmí vyskytovat mimo tolerance žádné negativní světelné mapy. [9, 23, 24]



Obr. 7 Ilustrace podoby rozhraní světlo-tma a jeho tolerance [25]

¹ Vztažný střed znamená průsečík vztažné osy světlometu/svítílny, určenou výrobcem jako vztažný směr ($H = 0^\circ$, $V = 0^\circ$) pro úhly pole při fotometrických zkouškách.

Při měření je světločet či svítidla je ustavena do speciálního přípravku, který je pro každý model světla navržen individuálně tak, aby usazení světla v přípravku odpovídalo usazení světla v automobilu. Po fixaci přípravku se světlem ke stolu goniometru, připojení ke zdroji (neproměnný, stálý zdroj goniometru) a vycentrování vztažného středu je po minutovém intervalu počátečního zahřívání lampy provedeno první měření. Po prvotním měření se se světlem nesmí manipulovat, světlo svítí. Světločet či svítidla se zahřívá, svit žárovek a obzvláště LED diod se stabilizuje a dochází ke změnám světelného toku a polohy přechodu světlo-tma. Odklon a potvrzení změny v povolených tolerancích je změřen druhým měřením v čase 15-30 minut dle zákonných předpisů (zákaznické požadavky se mohou lišit). [1,9,26]



Obr. 8 Obdobné chování konvenčních domácích světelných žárovek [27]

2.4.3 Mechanické zkoušky

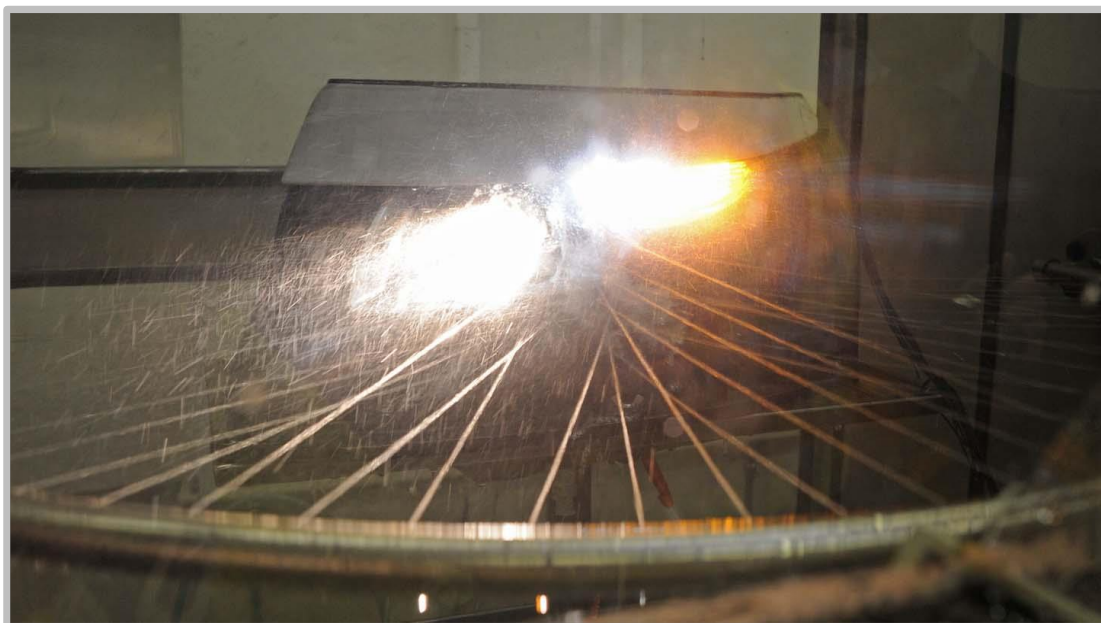
Cílem těchto zkoušek je ověřit životnost světločetů a svítidel jako celku před uvolněním do sériové výroby. Průběh zkoušky je definován zákazníkem. Při vysokém teplotním a dynamickém zatěžování se simulují krajní provozní stavy. V rámci dynamických zkoušek se také ověřuje chování světelných funkcí, např. míry chvění světelného paprsku apod. V dnešní době tvoří nedílnou součást softwarové analýzy na základě metod konečných prvků, ve kterých lze simulovat jak statické, tak dynamické děje za různých teplotních podmínek. Tyto testy nejsou na rozdíl od vibračních testů omezené délkou trvání.

Z individuálních požadavků zákazníka vychází i diversita druhů vibračních zkoušek. Například při teplotním zatížení -70°C až $+140^{\circ}\text{C}$ se provádí zkouška širokopásmového šumu, která je používána většinou evropských zákazníků a zkouška Sinus převažující u automobilek asijských. Americká SAE doporučuje vlastní test pro automobilové osvětlení – J577. [28]

Mezi další testy řadíme rezonanční testy, jejichž cílem je určit destruktivní rezonanční frekvence pro konstrukci světlometu jako celku či viditelné chvění reflektoru. Pro bezproblémovou funkci či obsluhu je důležité vymezení momentů a sil v pohyblivých částech světlometů. Příkladem jsou utahovací momenty na krytkách či síly a momenty potřebné k výměně žárovky. Všechny tyto údaje podléhají požadavkům automobilek. Světlometry a svítilny však musí vykazovat rovněž odolnost a bezpečnost v extrémních situacích jako jsou srážky s chodci či odolnost proti poškození krycích skel od odletujícího drobného kamení, tyto situace jsou měřeny již specifickými zkouškami.[28,29,30]

2.4.4 Ostatní zkoušky

Světlometry jako vnější část automobilu musí vykazovat dostatečnou odolnost vůči vnějšímu prostředí, resp. průniku pachových částic, kapek vody, které by mohly vést buď k poškození vzhledu, nebo dokonce ztrátě funkčnosti (elektrický zkrat). Pro ověření jsou prováděny těsnicí zkoušky – prachová zkouška, ostříkávání vodou pod tlakem.



Obr. 9 Těsnostní zkouška [31]

Širokou paletu testů obvykle zákazníci specifikují ve svých standardech a tak list požadavků například zahrnuje odolnost proti korozi, chemickým čisticím prostředkům, UV záření, teplotní zátěži atd. Rozměrová přesnost v předepsaných tolerancích a elektronická komptabilita jsou samozřejmostí.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3

3.1 Současný stav

3.1

Bakalářská práce byla vypracována ve spolupráci s vývojovým a měřicím oddělením ve firmě Varroc. Firma je povinna provádět řadu již zmíněných testů během vývoje a výroby svých produktů. Vzhledem k vytíženosti zkušebních pracovníků vznikl požadavek na časovou úsporu při měření na pracovišti fotometrického měření.

Jak již bylo zmíněno v kapitole Měření světelných funkcí (kap. 1.4.2) svítilny a světlomety jsou měřeny na přesném polohovacím zařízení – goniofotometru. Po prvotním měření „vzniká“ pasivní ustalovací časový interval, kdy se světlomet či svítilna pouze nahřívá a nasvěcuje. Druhé měření je charakteristické tím, že se již měří stabilizovaný objekt. Vzhledem k fotometrickému měření nastává hlavní rozdíl v ustálení světelného toku (viz obr. 8) a polohy přechodu světlo-tma.

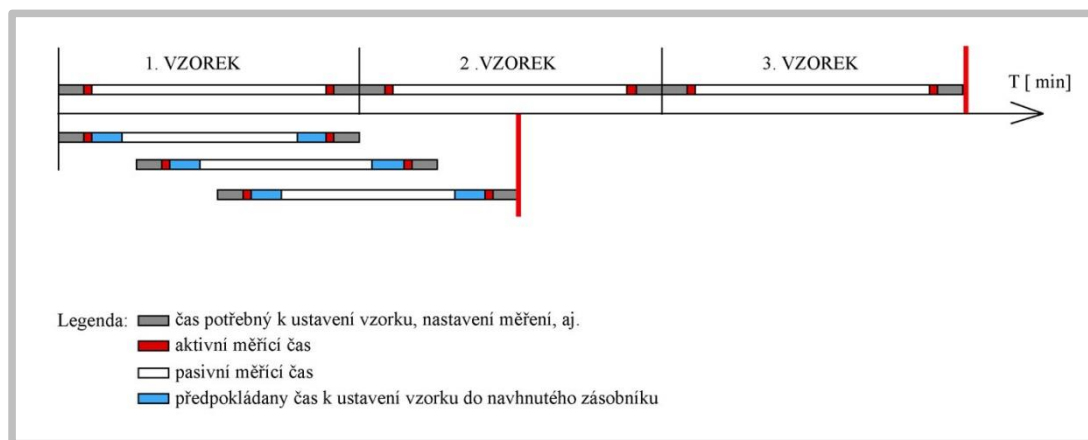
Doba nahřívání je u jednotlivých funkcí a druhů lamp proměnná. Například v předpisu EHK č. 6 *Jednotná ustanovení pro schvalování směrových svítlen motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, kap 3. Fotometrická měření svítlen, ods.3.3* „Pro každou ze svítlen světelné signalizace, s výjimkou těch, které jsou vybaveny žárovkou (žárovkami), musí svítivosti, měřené po jedné minutě a po 30 minutách provozu, vyhovovat minimálním a maximálním požadavkům“. V EHK č. 112 (světlomety) je však interval 15 minut podmíněný stabilizací systému, přičemž nesmí dojít k většímu rozdílu než o 3% oproti prvotnímu měření. [24]

3.2 Cíl práce

3.2

Cílem práce bylo navrhnout zařízení, ve kterém bude možné ustavit především nahřívání svítilny tak, aby po dobu svého nahřívání do druhého měření neovlivňovaly měření dalších vzorků. Zároveň toto zařízení je možné využívat i pro měření světlometů.

Konkrétní měření jsou prováděna v suchém a klidném ovzduší při okolní teplotě (23 ± 5) °C. Lampa je měřena při konstantním proudu nebo napětí 6,75 V; 13,5 V; 28,0 V $\pm 0,1$ V. Během celého měření je vzorek ustaven na podstavě (přípravku), která zajišťuje správnou montáž na vozidle. Tyto podmínky musely být dodrženy při návrhu zařízení. [1]



4 DISKUZE

4

Při návrhu zařízení bylo nutné dodržet primární požadavek na možnost simultánního nasvícování vzorků a požadavky na měření z hlediska platných norem a předpisů. Z prvotních dvou zcela odlišných koncepcí byla po firemní konzultaci zvolena varianta zásobníku světél, pro její jednoduchost a univerzální využití. V návrhu nebylo možné navázat na žádné zařízení tohoto druhu, neboť neexistuje.

Během vypracovávání návrhu bylo nutné dbát především na měřicí podmínky. Teplotní stálost komory se v tomto případě stává kritickým bodem práce. Vzhledem k různorodosti vzorků bylo nutné ověřit, za jaký časový interval bude měření neplatné vzhledem k překročení teplotních limitů prostředí. Různorodost vzorků neumožňuje vytvořit jednotnou analýzu doby ohřevu vzduchu v nasvícovací komoře. Nestacionární přenos tepla do okolí a následné přirozené proudění omezuje možnosti analytických výpočtů. Pro částečnou simulaci podmínek v komoře byla tedy zvolena experimentální metoda. Na vzorku světlometu s relativně velkým tepelným výkonem oproti svítelnám bylo zjištěno, že teplotu komory při nasvícování některých velkých světlometů bude nutné korigovat.

Byl zvolen ventilátor, kterým bude možné vzduch v komoře dostatečně rychle vyměnit, aniž by došlo k výraznému ochlazení samotné lampy, což by vedlo k možnému zpochybnění celého postupu měření.

Při řešení problému byla zvažována varianta neustálého větrání. V případě, že komora bude vykazovat vyšší ztráty při proudění, lze původní návrh doplnit o regulaci otáček frekvenčním měničem. U svítlen, které mají znatelně menší světelný i tepelný výkon než světlomety se předpokládá, že k sepnutí ventilátoru nedojde.

5 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem zásobníku pro nasvěcování vzorků u fotometrického měření. Celkové rozměry zařízení 1430×1430×1690 mm. Rozměry zásobníku se odvíjejí od velikosti jednotlivých měřicích komor s plochou pro ustavení vzorků 700×700 mm, výškou 700 mm.

Díky navrženému zásobníku světel lze zkrátit potřebnou dobu pro měření více vzorků a tím tak zefektivnit čas potřebný k měření. Časová náročnost měření se u některých měřených funkcí (funkce „fog“) zkrátí o více než 45%. Čas potřebný k měření nejpoužívanějších funkcí se zkrátí přibližně o 40% (viz příloha Časové osa měření).

Kromě zastínění světelného toku vyzařovaného vzorky musel návrh zohlednit požadavek stálosti podmínek měření. Stálost napájecího napětí, resp. proudu zajišťují laboratorní zdroje. Předepsanou teplotu v rámci tolerancí je možné korigovat spuštěním centrifugálního ventilátoru napojeného přes řídicí jednotku na teplotní čidla v jednotlivých komorách. Vzhledem k náročnosti analýzy proudění byly do návrhu zakomponovány nastavovací prvky, kterými je možné korigovat intenzitu a směr proudění. Simulace a případná regulace tepelného ovlivnění vzorku a proudění vzduchu v zásobníku je nad rámec této bakalářské práce. Případná optimalizace zařízení je vhodná k řešení pro další studijní program.

Vzhledem k předpokládané výrobě tohoto zařízení bude nutné po zhotovení a následnému zkušebnímu provozu zvolit potřebný výkonnostní stupeň ventilátoru.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**6**

- [1] ČLENSKÉ STÁTY EU. *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2009/61/ES: Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci na kolové zemědělské a lesnické traktory*. In: Brusel, 2009, ročník 2009, 07.20.40.10, 19 - 51. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0061>
- [2] VLK, František. *Automobilová elektronika*. 1. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 8023970623.
- [3] PlacementDiagram. *Oceanside-auto* [online]. 2014 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.oceanside-auto.com/#!specialty-services-electronics/c3ls>
- [4] Headlamp. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Headlamp>
- [5] *SOUDNÍ INŽENÝRSTVÍ: Časopis pro soudní znalectví v technických a ekonomických oborech*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2006, 2006(5). ISSN 1211 - 443X.
- [6] Interní zdroj Varroc, Vývoj a konstrukce světlometů: ŠKODA AUTO a.s. Nový Jičín, 2007.
- [7] Range Rover Evoque Special Edition with Victoria Beckham Headlights: Land Rover. *Serious Wheels: Serious Wheels Classic, Sports & Muscle Cars* [online]. 2015 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.seriouswheels.com/2012/r-z-0-9/2012-Range-Rover-Evoque-Special-Edition-with-Victoria-Beckham-Headlights-1280x960.htm>
- [8] Citroen DS3. *Auto.cz: Nejlepší jízda na webu* [online]. 2015 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/soucasnost-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni-na-xenony-zapomente-89998/foto?foto=4>
- [9] GLATTER, Willi. *Nové řešení nastavování reflektoru ve světlometu automobilu*. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Milan Kalivoda.
- [10] Actual headlamp photograph: Mahindra Verito Headlamp. *Behance* [online]. 2014 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/15165885/Mahindra-Verito-Headlamp>
- [11] *Varroc: Varroc Lighting Systems* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.varroc.cz>
- [12] *Hella: Hella v České Republice* [online]. HELLA CZ, s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/cs/index.html>
- [13] *Automotive Lighting: AUTOMOTIVE LIGHTING S.R.O.* [online]. 2016 [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <http://www.al-lighting.cz/cs>

- [14] Nové výrobní prostory Automotive Lighting, s.r.o. Jihlava přinesou další pracovní místa. *CzechInvest: Agentura pro podporu podnikání a investic* [online]. 2008 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.czechinvest.org/nove-vyrobni-prostory-automotive-lighting-sro-jihlava-prinesou-dalsi-pracovni-mista>
- [15] *Koito-Czech: KOITO CZECH S.R.O.* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.koito-czech.cz>
- [16] Poptávka po světlech do aut ze Žatce roste. Firma Koito zvyšuje výrobu: Žatec - Uvažuje se také o možnosti výstavby ještě jedné výrobní haly na Velichově. *Žatecký a lounský deník* [online]. 2015 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://zatecky.denik.cz/podnikani/zatec_koito_20150319.html
- [17] 10023531a_AM0: LED modul. *Hella: Hella Group* [online]. 2015 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: https://www.hella.com/hella-com/assets/images/content_global/10023531a_AM0.jpg
- [18] *BMW: BMW Česká republika* [online]. 2016 [cit. 2016-01-09]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cs/index.html>
- [19] MRÁZEK, Dušan a Jiří TRAGAN. 6. *Simulace, testování část III. Testování: Konstrukce automobilového osvětlení*. 1. 2015. Dostupné také z: <https://moodle.vutbr.cz/mod/resource/view.php?id=80068>
- [20] KOCIÁN, Martin. Současný stav a vývoj mezinárodních předpisů pro osvětlení automobilů. *Světlo: časopis pro světlo a osvětlení* [online]. 2001, 2001-04 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/soucasny-stav-a-vyvoj-mezinarodnich-predpisu-pro-osvetleni-automobilu--16930>
- [21] Foto-9: Fotometrická zkušebna. *Auto.cz: Nejlepší jízda na webu* [online]. 2015 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/soucasnost-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni-na-xenony-zapomente-89998/foto?foto=9>
- [22] Goniophotometer GO-H 1300: MEASUREMENT EQUIPMENT FOR AUTOMOTIVE LIGHTING AND SIGNAL LIGHTS. *Lmt: Instruments and software for light and color* [online]. 2016 [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <http://www.lmt-berlin.de/en/goh1300.html>
- [23] Goniophotometer. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Goniophotometer>
- [24] E/ECE/TRANS/505/REV.1/ADD.6/REV.4. *Dohoda o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat a/nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání schválení udělených na základě těchto pravidel*. TÜV SÜD Czech, 2015.

- [25] Rozhraní světlo-tma. *EUR-Lex.europa: Přístup k právu Evropské unie EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie* [online]. 2013 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=uriserv:OJ.L_.2014.250.01.0067.01.CES.xhtml.L_2_014250CS.01007801.tif.jpg
- [26] SAMEK, František. *6. Simulace, testování část II. Simulace a prototypy: Konstrukce automobilového osvětlení.* 1. 2015. Dostupné také z: <https://moodle.vutbr.cz/mod/resource/view.php?id=80069>
- [27] Průběh tepelného toku světelných zdrojů. *LEDmania.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.ledmania.cz/sites/default/files/images/clanky/prubeh-svtoku-svzdroju3.png>
- [28] LYSA, Bohuslav. *Náhrada šroubového spoje dílců světlometu plastovým trnem* [online]. Brno, 2010 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/18943>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Aleš Polzer.
- [29] NOVÝ, Richard. *Ventilátory.* Vyd. 3., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 1993. ISBN 9788001037584.
- [30] Kompakt-radial_545x200: Centrifugal fans. *Ebmpapst* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: http://www.ebmpapst.com/media/content/products_1/product_news/compact-module/kompakt-radial_545x200.jpg
- [31] Zkouška těsnosti. *Auto.cz: Nejlepší jízda na webu* [online]. 2015 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: http://img3.auto.cz/news/img/galleries/2015-44/13_562f948d0e889.jpg
- [32] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování.* Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 9788072048397.
- [33] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). *Konstruování strojních součástí.* 10. Překlad Martin Hartl. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

7 SEZNAMY, SLOVNÍK SYMBOLŮ A JEDNOTEK

7.1 Seznam použitých zkratk a symbolů

LED	- <i>Light-Emitting Diode</i> – dioda emitující světlo
AFS	- <i>Adaptive Frontlighting Systems</i> – adaptivní systém předních světlometů
EHK	- <i>Evropská hospodářská komise</i>
ABS	- <i>Akrylonitrilbutadienstyren</i>
PC	- <i>Polykarbonát</i>
PP	- <i>Polypropylen</i>
OSN	- <i>Organizace spojených národů</i>
FMVSS	- <i>Federal motor vehicle safety standard</i>
SAE	- <i>Society of Automotive Engineers</i>
HDG	- <i>Hell-Dunkel Grenze</i> – hranice světlo-tma
UV	- <i>Ultraviolet</i> – ultrafialové záření
EC	- <i>Electronic commutator</i> – elektrický komutátor
HID	- <i>High intensity discharge</i> – vysoce intenzivní výbojka
SW	- <i>Software</i>
Cd	- <i>candel</i> , jednotka svítivosti

7.2 Seznam obrázků

7.2

Obr. 1 Lokace světelné techniky na automobilu [3]	13
Obr. 2 Bi-Xenonový AFS světlomet s LED diodami [7]	14
Obr. 3 Zadní svítilna Citroenu DS3 [8]	15
Obr. 4 Ilustrační rozklad předního žárovkového světlometu [10]	15
Obr. 5 LED modul firmy Hella [17]	18
Obr. 6 Fotometrická zkušebna [21]	19
Obr. 7 Ilustrace podoby rozhraní světlo-tma a jeho tolerance [25]	20
Obr. 8 Obdobné chování konvenčních domácích světelných žárovek [27]	21
Obr. 9 Těsností zkouška [31]	22
Obr. 10 Ilustrace časové osy	25