

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Osvětlení silničních vozidel

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Autor: Oldřich Rambousek

Praha 2016



Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce:	Oldřich Rambousek
Studijní program:	Technika a technologie v dopravě a spojích
Obor:	Silniční a městská automobilová doprava
Vedoucí práce:	doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra jakosti a spolehlivosti strojů
Název práce:	Osvětlení silničních vozidel
Název anglicky:	The lighting system of a motor vehicle
Cíle práce:	Cílem práce je porovnat hlavní světlomety silničních vozidel se zaměřením především na jejich dosvit.
Metodika:	1) Úvod 2) Rozbor současného stavu (bezpečnost provozu, historický vývoj osvětlení vozidel, hlavní světlomety) 3) Cíl práce 4) Metodika práce 5) Výsledky (porovnání dosvitu zvolených typů hlavních světlometů) 6) Závěr
Doporučený rozsah práce:	50-60
Klíčová slova:	osvětlení, bezpečnost, vozidla
Doporučené zdroje informací:	1. Cejnek, M. Cacala, J.: Adaptive system of motor vehicle headlights, 2010 2. Normy a předpisy, periodika a firemní literatura 3. Vlk, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel. Nakladatelství Vlk, Brno 2005. ISBN 9788023937183
Předběžný termín obhajoby:	2015/16 LS - TF

Elektronicky schváleno: 30. 10. 2015
doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 3. 11. 2015
prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Osvětlení silničních vozidel vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Hradci Králové dne 31. 3. 2016

.....
Oldřich Rambousek

Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Martinu Pexovi, Ph.D. za připomínky, užitečné rady a poskytnutou literaturu, potřebnou k vypracování této diplomové práce.

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá problematikou moderních světlometů, a to zjišťováním hodnoty vzdálenosti dosvitu halogenového, xenonového, LED osvětlovacího zdroje u koncernových vozidel značky VW Passat. V první části diplomové práce se uvádí vývoj nehodovosti v silničním provozu. Následuje popis historie světelných zdrojů a vývoj konstrukce a technické řešení světlometu. Dále jsou uvedeny legislativní požadavky na osvětlení vozidla. Práce obsahuje druhy světelných zdrojů s popisem jejich funkce a jednotlivým složením. Dalším bodem je konstrukce moderního světlometu a uvedení do problematiky používaných materiálů k jeho výrobě a popis systémů používaných technologií. Druhá část práce obsahuje porovnání dosvitu světlometu u jednotlivých druhů světelných zdrojů osobních vozidel, vyrobených v posledních dvaceti letech, postup získávání měřených hodnot dosvitu světlometu, její aplikování, vyhodnocení a porovnání s výzkumem, provedeným firmou Hella a webem Auto.cz. V závěru je nastíněno, jakým směrem se bude ubírat vývoj moderních světlometů.

Klíčová slova: bezpečnost, osvětlení, světlometry, dosvit, žárovka, halogenová žárovka, xenonová výbojka, LED.

The lighting system of a motor vehicle

Summary: This thesis deals with modern headlights, and an evaluation of the value of distance afterglow of halogen, xenon, LED illumination source for Volkswagen Group vehicles focusing on VW Passat. In the first part of the thesis it presents the development of traffic accident rates. Then the work describes the history of the development of light sources and the structure and technical solution of the headlights. There are also stated a legislative requirements for vehicle lighting. The work includes types of lamps with their function and the particular composition. Another point is the construction of a modern headlights and an introduction to the materials used in its manufacture and a description of the technologies used. The second part contains a comparison between the afterglow of different types of passenger cars headlight produced in the last twenty years, the procedure for obtaining the measured values of the afterglow lamp, its application, evaluation and comparison of the research, carried out by Hella Ltd. and the website Auto.cz. In conclusion, it is outlined what direction it will take in the development of modern headlights.

Keywords: safety, lighting, headlights, afterglow, bulb, halogen lamp, xenon lamp, LED.

OBSAH

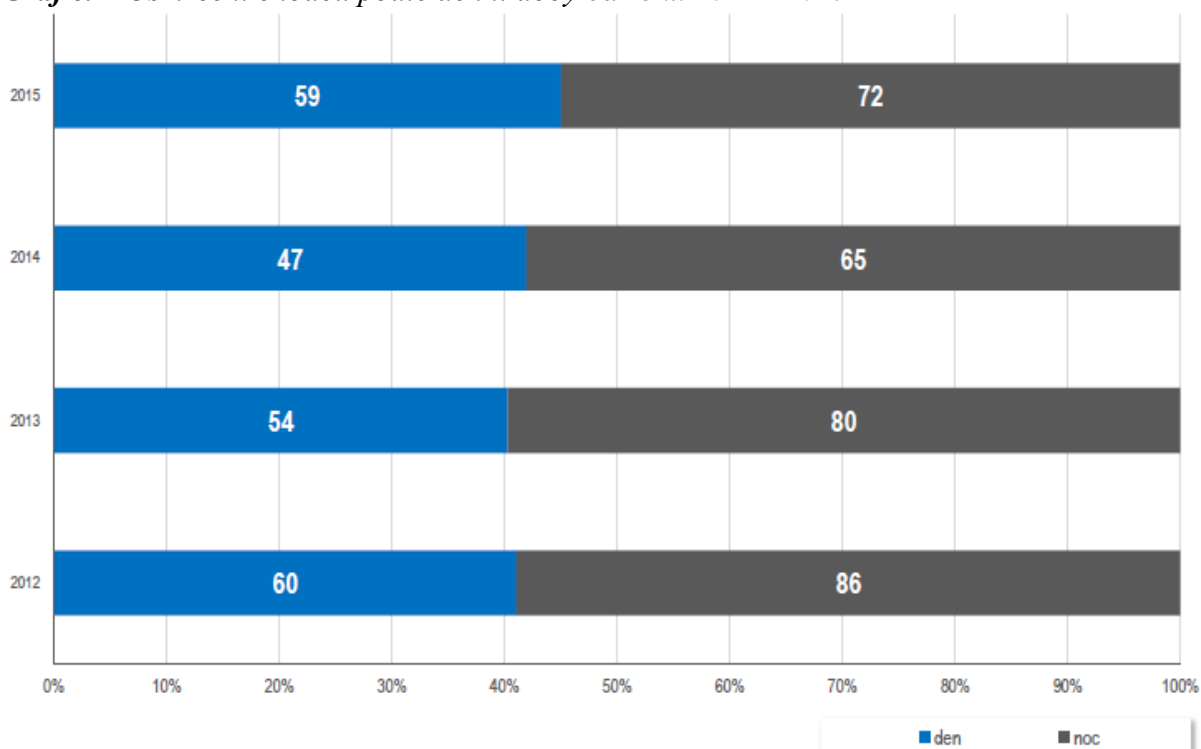
1. ÚVOD.....	1
2. ROZBOR OSVĚTLENÍ NA VOZIDLE.....	3
2.1. POPIS FUNKCE OSVĚTLENÍ NA VOZIDLE	3
2.2. PRÁVNÍ ÚPRAVA	6
2.3. HISTORIE OSVĚTLENÍ NA VOZIDLECH.....	9
2.4. HLAVNÍ SVĚTLOMET	11
2.4.1. <i>Typy světelných zdrojů světlometu.....</i>	<i>11</i>
2.4.1.1. Klasická žárovka.....	11
2.4.1.2. Halogenová žárovka	13
2.4.1.3. Xenonové výbojky	16
2.4.1.4. Světlo emitující diody (LED)	18
2.4.2. <i>Hlavní části světlometu</i>	<i>24</i>
2.4.3. <i>Geometrie paraboly.....</i>	<i>29</i>
3. CÍL PRÁCE.....	37
4. METODIKA MĚŘENÍ DOSVITU HLAVNÍHO SVĚTLOMETU.....	38
5. VÝSLEDEK MĚŘENÍ.....	42
6. HLAVNÍ SVĚTLOMET - BUDOUCNOST.....	52
7. ZÁVĚR.....	54
8. POUŽITÁ LITERATURA.....	55
8.1. OBRÁZKY	55
8.2. TABULKY	58
8.3. GRAFY	59

1. Úvod

V silniční dopravě platí známé pravidlo "vidět a být viděn". Osvětlení silničních vozidel má proto jedinečný význam a v nemalé míře ovlivňuje zajištění bezpečnosti silničního provozu. Viditelnost může být snížena určitými vnějšími okolnostmi, např. nepříznivými povětrnostními podmínkami, střídáním světla a tmy, vinou snížené viditelnosti, nečistot na skle v zorném poli řidiče, atd. Proto je riziko nehody poměrně vysoké, také i z důvodu měnících se jízdních podmínek. Negativním činitelem jsou zvyšující se počty automobilů a tím vysoká hustota provozu, což představuje další potenciální nebezpečí.

Důležitým cílem je, aby při kvalitní viditelnosti nedocházelo k dopravním nehodám, např. vozidla s chodcem (graf č. 1) nebo dvou vozidel jedoucích proti sobě.

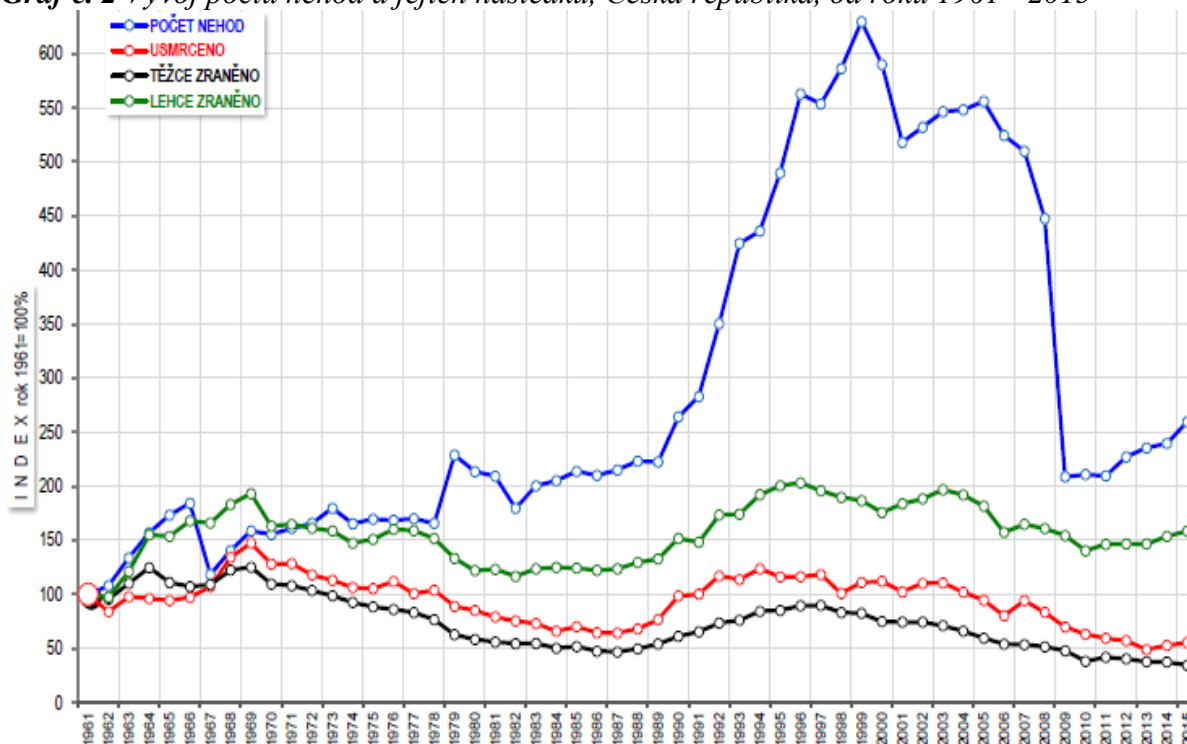
Graf č. 1 Usmrcení chodců podle denní doby od roku 2012 - 2015



Zdroje: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx](http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx)

Pokud dojde ke kolizi, často ji provází zranění osob, v horším případě i smrtelný úraz a značné finanční škody ať už přímých účastníků nebo třetích osob. Vývoj počtu nehod a jejich následků v období od roku 1961 do roku 2015 je znázorněn v níže uvedeném grafu č. 2.

Graf č. 2 Vývoj počtu nehod a jejich následků, Česká republika, od roku 1961 - 2015



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx](http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx)

V poslední době vývoj osvětlení v silniční dopravě zažívá technický rozkvět. Díky tomu musí výrobci brát zřetel na splnění všech legislativních požadavků a zlepšení parametrů. Velkou roli hrají různé designové prvky (např. tvar karosérie) u jednotlivých značek automobilů a zmenšování prostoru jejich zástavby. Proto se neustále vyvíjí také nové světelné techniky. V každém případě se hledí na dodržení legislativy a bezpečnosti silničního provozu.

2. Rozbor osvětlení na vozidle

Dříve nebo později se přestanou používat žárovkové světlomety, ale prozatím nástupci žárovek mají spoustu nevýhod. Xenonové výbojky svítí dostatečně silně, ale jejich složitou výměnu provádí pouze servis a s tím jsou spojené i finanční náklady. Technologie diod jsou stále ve světlometech drahé a laserové technologie se dosud vyvíjí. Pro vozidla nižších tříd budou navíc z důvodu úspory pořizovacích nákladů dlouho nedostupné.

S popisem funkcí světlometu a geometrickými principy se lze setkat v mnoha publikacích, včetně učebnic fyziky. V následujících podkapitolách je rozebrána funkce světlometu, historický vývoj světlometu, příslušné vyhlášky, jeho popis a poté jsou uvedeny jednotlivé typy světlometů nabízených prodejcem osobních automobilů značky Volkswagen Group u modelu VW Passat.

2.1. Popis funkce osvětlení na vozidle

Osvětlení vozidla se stává čím dále více složitějším. V dřívější době dynamo samo vyvíjelo stejnosměrný elektrický proud, který přímo směřoval ke světelnému zdroji silničního motorového vozidla, a to se dávno změnilo. S vývojem světelných zdrojů se přidávají ovládací prvky a řídicí jednotky, které mezi sebou musí navzájem komunikovat prostřednictvím palubních počítačů poskytovat informace řidiči. Osvětlení je stále více elektronické, zvyšují se nároky na výkon osvětlení a snížení spotřeby elektrické energie a tím i úsporu paliva.

Osvětlení silničních vozidel tvoří světlomety a další osvětlení. Některé světelné zdroje slouží k osvětlení interiéru, jiné k osvětlení palubní přístrojové desky.

Osvětlení lze rozdělit podle konkrétní funkce a využití:

- **Světlomety přední**

Světlomety přední (obr. č. 1) jsou určeny řidiči pro orientaci a viditelnost, ale také informovanost ostatních účastníků silničního provozu.

Rozdělení podle účelu je následující: potkávací světlomety, dálkové světlomety, obrysová světla, světla do mlhy, směrová světla, výstražná světla, světelná houkačka, denní osvětlení.

Obr. č. 1 Přední světlomety VW Passat nové generace



Zdroj: Autor

U současných vozidel se mohou přední světlomety rozlišit podle tvaru:

- parabolický,
- elipsoidní,
- s volnou plochou,
- kombinování elipsoidního a s volnou plochou,
- reflexní
- projekční,
- systémy LED. [8]

• **Světlomety zadní**

Světlomety zadní (obr. č. 2) jsou určeny především k upozornění ostatních účastníků dopravního provozu, což je např. změna směru jízdy, brzdění, couvání, výstraha při snížené viditelnosti.

Rozdělují se podle účelu použití: mlhová světla, směrová světla, zpětná světla, obrysová světla, výstražná světla, brzdová světla, osvětlení registrační značky.

Obr. č. 2 Zadní světla VW Passat 3B6



Zdroj: Autor

- **Osvětlení vnitřní**

Má především informativní charakter a také je určeno pro viditelnost v interiéru vozidla (obr. č. 3).

Rozdělení podle účelu použití: osvětlení přístrojů, osvětlení interiéru cestujících, osvětlení zavazadlového prostoru a ložné plochy, osvětlení odkládacích prostorů, osvětlení při otevření dveří (přisvícení venkovního i vnitřního prostoru).

Obr. č. 3 Osvětlení interiéru, osvětlení palubních přístrojů VW Passat 3B6



Zdroj: Autor

2.2. Právní úprava

Právní normou, která se zabývá problematikou světelných zařízení vozidel, byl zákon č.102/1995 Sb. Nahradil ho zákon č. 301/2001 Sb., který měl účinnost od 28. 8. 2001 do 31. 7. 2002. Od 1. 8. 2002 je platný zákon č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění zákona č. 182/2011 Sb., jako prováděcí vyhláška k zákonu č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, a mimo jiné pojednává o povinnosti Stanic Technické Kontroly kontrolovat osvětlení vozidel, o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidel). [1]

Pro upřesnění technických parametrů umístění světlometů je zajímavé uvést výčet paragrafů již neplatného zákona č. 102/1995 Sb.

§56 – Světelná zařízení vozidel

„(3) Světelná zařízení musí být na vozidle umístěna tak, aby se jejich poloha a referenční osy samovolně neměnily. Poloha světelných zařízení se stanoví při pohotovostní hmotnosti vozidla a zatížení sedadla řidiče hmotností 75 kg. Dodatečně montovaná světelná zařízení musí být na vozidle umístěna tak, aby byly splněny požadavky na umístění a aby nebyl narušen výhled z místa řidiče ani stanovená geometrická viditelnost ostatních světelných zařízení.“[1]

(4) Vertikální nastavení sklonu světlometů s potkávacím světlem, měřeno při stání v rozsahu od pohotovostní do celkové hmotnosti vozidla, musí zůstat v rozsahu sklonů - 0,5 až - 2,5 %. Pro zajištění tohoto rozmezí sklonu musí být u vozidel vyrobených nebo dovezených po 1. 1. 1985, pokud není splněn výše uvedený rozsah nastavení, použito zařízení upravující sklon světlometů vzhledem ke karosérii podle zatížení vozidla, které musí být ovladatelné z místa řidiče (ručně) nebo musí pracovat samočinně. Pro každý typ vozidla musí výrobce stanovit základní nastavení, které musí být nejméně v rozmezí -1 až -1,5 % a do 1. 10. 1984 musí být tato hodnota základního nastavení s příslušným symbolem uvedena v blízkosti světlometů nebo na štítku výrobce a v návodu k obsluze včetně schéma správného nastavení (seřízení) potkávacích světel.“[1]

(5) Každá dvojice téhož druhu vnějšího světelného zařízení musí být na vozidle umístěna souměrně k podélné střední rovině vozidla, ve stejné výši nad vozovkou a musí vykazovat stejné světelné a barevné parametry.“[1]

§57 – Světlomety vozidel

„(1) Každé motorové vozidlo, s výjimkou ostatních motorových vozidel uvedených v části VII. této vyhlášky, musí být vybaveno světlomety s potkávacími a dálkovými světly. Potkávací i dálková světla musí být bílé barvy a mohou být sloučena do jednoho světloometu s jinými světly svítícími dopředu. Činnost dálkového světla musí být signalizována nepřerušovaně svítícím sdělovačem modré barvy v zorném poli řidiče. Dálkovými světly musí být vybavena vozidla, jejichž nejvyšší konstrukční rychlost je vyšší než 40 km.h.“ [1]

(2) Vozidla kategorií M, N a motorová vozidla kategorií L2 a L5 širší než 1,3 m musí být vybavena dvěma světlomety s potkávacím světlem a dvěma nebo čtyřmi světlomety s dálkovým světlem. Nejvyšší souhrnná svítivost dálkových světel nesmí být větší než 225 000 cd podle zvláštních předpisů. Světlomety s potkávacím světlem musí být umístěny tak, aby bod jejich činné svítící plochy nejbližší rovině vymezující největší šířku vozidla nebyl vzdálen více než 400 mm od této roviny a aby vzájemná vzdálenost jejich nejbližších bodů činné svítící plochy nebyla menší než 600 mm. Světlomety s dálkovým světlem nesmějí být svým vnějším okrajem činné svítící plochy blíže rovině vymezující největší šířku vozidla než vnější okraj činné svítící plochy světloometu s potkávacím světlem.“ [1]

(4) Světlomety s potkávacím světlem nesmějí být svým nejnižším bodem činné svítící plochy níže než 500 mm a nejvyšším bodem činné svítící plochy výše než 1200 mm nad rovinu vozovky.“ [1]

(5) Přepínání potkávacích a dálkových světel musí být provedeno tak, že nesmí dojít k jejich současnému vypnutí. Dálková světla mohou být zapnuta buď všechna současně, nebo ve dvojicích. Po přepnutí z potkávacích světel na dálková musí být zapnuta alespoň jedna dvojice dálkových světel. Potkávací světla mohou svítit současně s dálkovými. Po přepnutí z dálkových světel na potkávací musí být vypnuta všechna dálková světla.“ [1]

(7) Rozsvícení potkávacích světel nebo dálkových světel nesmí být možné, nejsou-li současně v činnosti obrysová světla vozidla a osvětlení zadní poznávací značky. Tato podmínka neplatí pro použití potkávacích nebo dálkových světel jako světelného výstražného zařízení.“ [1]

U automobilových světlometů platí zákon 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů, účinný od 1. 1. 2001.

Obsahuje tyto paragrafy:

§ 30 Znamení o změně směru jízdy,

§ 31 Výstražné znamení, a hlavně:

§ 32 Osvětlení vozidel

(1) Motorové vozidlo musí mít za jízdy rozsvícena obrysová světla a potkávací světla nebo světla pro denní svícení, pokud je jimi vybaveno podle zvláštního právního předpisu. Tramvaj musí mít rozsvícena potkávací světla nebo světla pro denní svícení. “[2]

(2) Vozidlo musí mít za jízdy při snížené viditelnosti rozsvícena obrysová a potkávací nebo dálková světla, pokud je jimi vybaveno podle zvláštního právního předpisu. “[2]

(3) Řidič nesmí užít dálková světla, je-li vozovka dostatečně a souvisle osvětlena nebo mohl-li by být oslněn řidič protijedoucího vozidla, řidič vozidla jedoucího před ním nebo jiný účastník provozu na pozemních komunikacích, strojvedoucí vlaku, řidič jiného drážního vozidla nebo řidič plavidla. Při zastavení vozidla před železničním přejezdem nesmí řidič užít ani potkávací světla, pokud by jimi mohl oslnit řidiče vozidla v protisměru. “[2]

(4) Přední světla do mlhy smí řidič užít jen za mlhy, sněžení nebo hustého deště. Zadní světla do mlhy musí řidič za mlhy, sněžení nebo hustého deště užít vždy. “[2]

(5) Činná plocha světél nesmí být zakryta nebo nadměrně znečištěna. “[2]

Další právní zákony jsou obsaženy v předpisech EHK/OSN (Evropská hospodářská komise/Organizace spojených národů) a směrnicích EHS/ES (Evropské hospodářské společenství) tyto Evropské směrnice se zabývají pravidly o schvalování vozidel. Auta s konvenčními světlomety podléhají mnohokrát novelizovanému předpisu EHK 48, jehož základ pochází ze sedmdesátých let. Jako vždy přitom platí, že vozidla homologovaná podle původního znění musejí plnit jen tehdejší požadavky, i když novelizace proběhla ještě po dobu funkční životnosti. [3]

Výčet některých předpisů EHK 48, týkající se osvětlení vozidel:

1. světlomety motorových vozidel s asymetrickými potkávacími nebo dálkovými světly
2. žárovky do světlometů s asymetrickými nebo potkávacími světly
3. odrazky pro motorová vozidla a jejich přípojná vozidla

4. *zařízení pro osvětlení zadních registračních tabulek motorových vozidel (výjimka motocykly) a jejich přípojných vozidel*
5. *směrové svítilny motorových vozidel a jejich přípojných vozidel*
6. *přední a zadní obrysové svítilny, brzdové svítilny a doplňkové obrysové svítilny*
7. *světlometry motorových vozidel s asymetrickými potkávacími nebo dálkovými světly, vybavenými halogenovými žárovkami.*“[3]

2.3. Historie osvětlení na vozidlech

První automobil s osvětlením zkonstruoval Carl F. Benz již v roce 1885, tehdy ale bylo účelem spíše světelné upozornění okolí než lepší výhled řidiče. Dalším průkopníkem byl Robert Bosch, který v roce 1913 nabídl výrobcům sestavu světlometů s vláknovou žárovkou, dynamem, regulátorem, akumulátorem. Nedlouho potom se přidal britský Lucas a výsledkem bylo překonání mnohdy zvláště vypadajícího osvětlení automobilů svíčkami, petrolejkami, acetylenovými či karbidovými lampami nebo bateriová osvětlení, která ale postrádala dobíjení. Brzy se objevila řada následovníků (Scintilla, Magneti Marelli, Delco) a technický vývoj směřoval k výkonnějším a efektivnějším světlometům. Motoristé se tak brzy dočkali dvouvláknových Bilux, později i asymetrických a halogenových žárovek (nejdříve přidavných, potom i hlavních), dálkově nastavitelného sklonu paprsku (Citroën 2CV v roce 1948), projektorových světlometů, tzv. volně definované odrazné plochy (v roce 1988) a posléze nástupu dalších nových zdrojů světla. [4]

Tím se stal v roce 1991 tzv. Litronic od firmy Bosch s xenonovou výbojkou pro potkávací světla, který docílil trojnásobné svítivosti a nižší spotřebu proti klasické žárovce. Poprvé byl použit v BMW 7. Homologace byla zprvu jen národní pro Německo, využití pro zbytek Evropy bylo možné až po třech letech. Klasické světlometry se vybavily volně formovanou odraznou plochou, nahrazující klasickou parabolu a účelněji rozprostírající světelný paprsek bez potřeby strukturovaného krycího skla. Následoval systém Bi-Litronic s proměnným tvarem paprsku z jediného zdroje, zastávající i funkci dálkovou (pomocí sklopné clonky či pohyblivé paraboly -Volvo S60 první generace) a zjednodušující konstrukci automobilu. Nadále postačoval k účinnému osvětlení jediný malý okrouhlý modul. [4]

Xenony byly dvacet let v popředí zájmu, i když původně optimistické předpovědi o jejich shodné životnosti s automobilem se nepotvrdily. Po nějaké době došlo k prudkému poklesu jejich svítivosti, někdy také dokonce k úplnému zhasnutí. Ceny náhradních výbojek

byly vysoké, a když se technologie začala brzy využívat pro automobily nižší třídy, přestala pak být u náročných zákazníků oblíbená a muselo se hledat nové řešení. Velké naděje vyvolaly bílé svítivé diody, ty však dlouho nedosahovaly potřebných výkonů. Jejich použití pro denní světla v podobě svítících pásků na Audi S6 z roku 2006 sice trvá dodnes, ale u hlavních světlometů se muselo počkat na dokončení vývoje vysoce svítivých diod. Oficiálně nevypsanou soutěž vyhrál Lexus, který do svého modelu LS 600h v roce 2007 zamontoval na potkávací světla diodové zdroje. Značka Audi o rok později v desetiválcovém kupé R8 jako první uvedla hlavní světlometry kompletně s diodovou technologií. [4]

Historické milníky ve vývoji světlometů:

- 1885 - První osvětlené samohybné vozidlo Benz,
- 1913 - komplexní elektrická osvětlovací soustava Robert Bosch s dobíjením,
- 1924 - dvouvláknová žárovka Bilux pro tlumená/dálková světla,
- 1935 - světlomet integrovaný v karoserii,
- 1948 - dálkově ovládaný sklon světlometů – Citroën 2CV,
- 1952 - samočinně zhášené dálkové světlometry Autronic Eye (Cadillac, Oldsmobile),
- 1957 - asymetrický potkávací světelný paprsek, dodnes používaná dvouvláknová žárovka,
- 1962 - halogenový přídatný dálkový světlomet,
- 1967 - první standardizovaná výměnná halogenová žárovka H1,
- 1971 - dvouvláknová halogenová žárovka H4,
- 1972 - předpis EHK/OSN č. 37, globálně sjednocující parametry vyměnitelných světelných zdrojů v motorových vozidlech a přívěsech,
- 1974 - elektromotoricky ovládaný sklon světlometů,
- 1980 - statické odbočovací světlo (Oldsmobile 98),
- 1986 - projektorový halogenový, tzv. polyelipsoidní světlomet (BMW 7) pro potkávací světlo,
- 1988 - volně definovaná odrazná plocha postupně nahrazuje parabolu,
- 1991 - potkávací světlometry Bosch Litronic s xenonovou výbojkou (BMW 7),
- 1993 - premiéra výkonnější halogenové žárovky H7,
- 1994 - předpisy EHK 99 a 98, standardizující výměnné xenonové výbojky pro automobily,
- 1995 - proměnný tvar světelného paprsku, byl dán do výroby r. 1996,
- 1996 - dynamická regulace sklonu světlometu,
- 1997 - úsporné a kompaktní halogeny nové generace H8, H9 a H11,
- 2002 - elektronicky řízené adaptivní natáčecí světlometry,

2004 - elektronicky řízená statická odbočovací světla („cornering“),
2006 - inteligentní světlomety s proměnným tvarem a intenzitou paprsku (Mercedes-Benz E),
2007 - hlavní světlomety s diodami pro potkávací světlo (Lexus LS),
2008 - plně diodové hlavní světlomety (Audi R8),
2009 - řízení světelného paprsku podle kamery (Mercedes-Benz E),
2010 - diodová světla řízená kamerou (Audi A8),
2012 - světlomet s dynamickým cloněním části paprsku (Lexus LS),
2014 - full-LED u potkávacích a laser Light u dálkových světel (BMW i8). [4]

2.4. Hlavní světlomet

Hlavní světlomet slouží především k osvětlení prostoru před vozidlem, přičemž zdroj světla je umístěn v reflektoru. Je nezbytnou součástí výbavy každého motorového vozidla při jízdě za snížené viditelnosti.

2.4.1. Typy světelných zdrojů světlometu

Problematika optimálního osvětlení plochy komunikace pro automobily se technologicky řeší mnoho let. Na jedné straně je zapotřebí co nejjasnější osvětlení silnice a jejího okolí tak, aby řidič mohl bezpečně rozpoznat objekty na dopravní komunikaci. Na druhé straně jiní účastníci silničního provozu a sám řidič by neměli být oslňováni. V následující kapitole je popsána problematika u jednotlivých osvětlovacích zdrojů.

2.4.1.1. Klasická žárovka

Žárovka (ve vakuu zářící světlo) je tepelný radiátor, který vytváří světlo díky proudu procházejícímu wolframovým vláknem. Světelný výstup standardní žárovky je nízký. Kromě toho odpařené wolframové částice, které mohou být zřetelně vidět jako černé tečky na skle žárovky (obr. č. 4 napravo), snižují veškeré technické osvětlovací hodnoty, a také životnost těchto žárovek je poměrně krátká.

Obr. č. 4 Žárovka 5W 12V nalevo nová, napravo začernalá



Zdroj: Autor

Žárovky s wolframovým vláknem mohou mít různý výkon, stejně tak tvar i barvu, jak je vidět na (obr. č. 5). Podle způsobu použití jsou např. patičkové, bezpatičkové, oranžové pro směrová světla, se zdvojenou funkcí pro potkávací a dálková světla a další druhy.

Obr. č. 5 Nepoužité žárovky: nalevo celoskleněná 5W 12V, uprostřed dvouvláknová žárovka 30W 12V, napravo žárovka 15W 12V zbarvená do oranžova (určená pro blinkry)

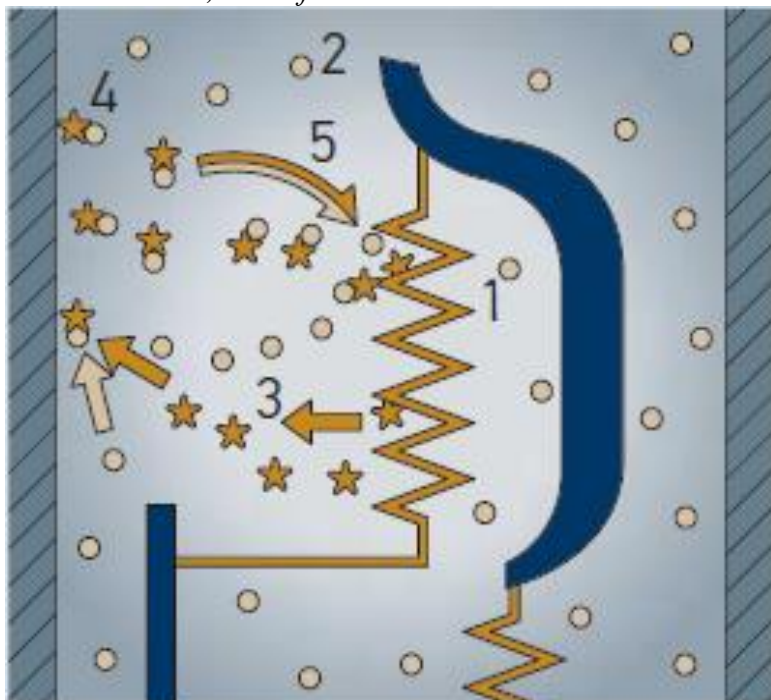


Zdroj: Autor

2.4.1.2. Halogenová žárovka

Halogenové žárovky jsou konstrukcí podobné klasickým žárovkám. Přidání malého množství atomů halogenu, např. jodu, může snížit tmavnutí skla žárovky. Díky tzv. „procesu cyklu“ (obr. č. 6) mohou být halogenové žárovky používány ve vyšších teplotách se stejnou životností, poskytují vyšší účinnost a nečernají.

Obr. č. 6 „Proces cyklu“ popis: 1. wolframové vlákno, 2. halogenová náplň (jod nebo brom), 3. zhuštění wolframu, 4. navázání částic wolframu na částice halogenu a pohyb zpět k žhavému vláknu, 5. wolframové částice se vrací do vlákna a halogeny se znovu uvolňují



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z:

[Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Provozní cyklus v halogenové žárovce wolframového vlákna se projevuje na vyšší zářivosti přidáním elektrické energie. To vede k odpařování atomů wolframu z vlákna. Díky vysoké teplotě se halogenidy wolframu po dopadu na vlákno rozloží opět na halogen a wolfram. Částice wolframu se neusazují na horká místa vlákna, nýbrž na chladnější část na jeho konci. Uvolněné halogeny jsou znovu připravené vstoupit do halogenového cyklu. To znamená, že atomy wolframu se nemohou usazovat na stěně baňky a baňka tedy nezčerná, takže i sebemenší halogenová žárovka vždy zůstane čirá a nedojde tak ke snížení světelného toku během životnosti žárovky.

Pro zachování tohoto cyklu musí být vnější teplota žárovky 300 °C. Aby se toho docílilo, využívá se křemenného skla žárovky, přičemž konstrukce odlití skla musí být co nejbližší k vláknu. Složení plynu v trubici je rozhodující pro světelný výkon. Přídavek malého množství inertních plynů, jako např. xenonu, snižuje odvod tepla z vlákna.

Negativní faktory, mající vliv na životnost halogenové žárovky:

1. mechanické namáhání nárazem a vibrace,
2. vysoké teploty,
3. proces zapnutí,
4. napěťové špičky a nadměrné palubní napětí (může se eliminovat předřadným odporem).

Existují dva různé typy halogenových žárovek:

1. typy H1 (obr. č. 7 nalevo), H3 (obr. č. 7 uprostřed), H7 (obr. č. 7 napravo), H8, H9, H11 a HB3 mají pouze jedno vlákno. Jsou používány pro potkávací a dálková světla.

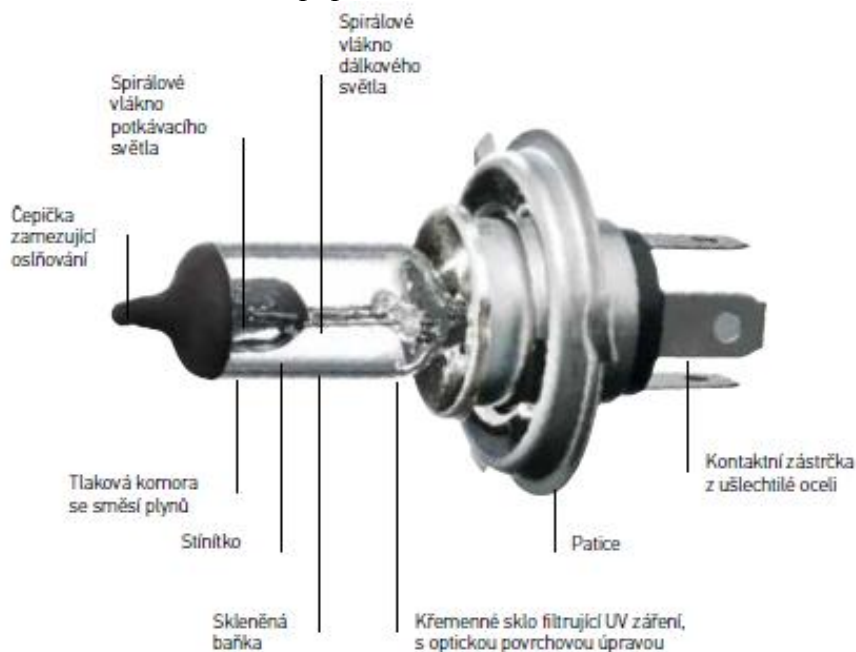
Obr. č. 7 Nalevo žárovka H1, uprostřed žárovka H3, napravo žárovka H7



Zdroj: Autor

2. typ H4 žárovka (obr. č. 8) má dvě vlákna, jedno pro potkávací světla a jedno pro dálková světla. Vlákno pro potkávací světla je opatřeno krytkou. To má za účel zaclonit částečně vlákno a tím zamezit oslňování protijedoucích vozidel.

Obr. č. 8 Žárovka H4 s popisem



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z:

[Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

3. typ H 15 (obr. č. 9) novější modely automobilů používají úsporné denní svícení, které je zabudováno do pomocné paraboly mlhových nebo hlavního světlometů, např. dvouvláknovou žárovkou H15. Denní svícení se zapíná samočinně s nastartováním motoru, při snížené viditelnosti musí řidič sám zapnout režim potkávacích světel.

Obr. č. 9 Žárovka H15 s popisem



Zdroj: Conrad.com [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:

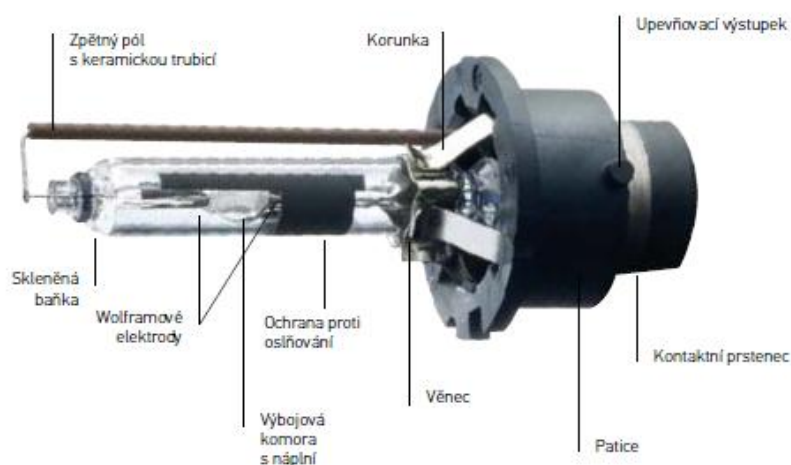
<http://www.conrad.com/ce/en/product/856636/OSRAM-64176-H15-Bulb-PGJ23t-1-12V>

2.4.1.3. Xenonové výbojky

Výbojky vytvářejí světlo v závislosti na fyzikálním principu elektrického výboje. Kvůli xenonové náplni se plynovým výbojkám lidově říká také xenonové žárovky. Předřadník generuje vysoké napětí, které ve výbojové komoře vyvolává elektrický výboj v plynu vzniká velice jasný světelný oblouk. Účinnost xenonové výbojky je v porovnání s halogenovou žárovkou asi 3,5 násobná (28 % světelného záření). Xenonová výbojka je tvořena skleněnou trubicí z křemičitého skla, která je naplněna plynem xenonem s příměsí metalické soli. Do trubice jsou uloženy wolframové elektrody, od sebe vzdálené 4,2 mm. V trubici je tlak kolem 7 barů. Provozní tlak trubice může vzrůst až na 70 barů. Proto se výbojky řadí mezi vysokotlaké zdroje světla. Start výboje probíhá v parách xenonu. Dochází ke zvyšování teploty a koncentrace halogenidů ve výboji. Pracovní teplota se rychle ustálí na cca 700°C a halogenidy se štěpí na atomy halogenu a atomy příslušného kovu, který se vybudí a září. Současně se vytváří gradient koncentrace těchto atomů v radiálním směru, které následně pronikají ke stěnám hořáků s nižší teplotou, kde se opět slučují na původní sloučeninu. Tvoří se tak ustálený cyklus, jehož existence je základním předpokladem vytvoření účinného světelného zdroje s požadovaným spektrálním složením záření a dostatečné dlouhou životností. Vyzařované světlo výbojky se blíží barvě denního světla okolo 4100 K. [5]

Díky vyšší účinnosti dokážou xenonové výbojky při stejné spotřebě energie jako halogenové žárovky poskytovat větší množství světla. Při stejné velikosti tak výbojka generuje intenzivnější světlo (obr. č. 10).

Obr. č. 10 Xenonová výbojka s popisem



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z:
[Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Výbojky jsou rozděleny do kategorií podle jejich účelu použití:

Príslušné vývojové verze D1 (obr. č. 11 nalevo), D2 (obr. č. 11 uprostřed). Na rozdíl od typu D2 je u typu D1 zabudovaná integrovaná sekce zapalování, nemají však vnější krycí sklo. Dalšími typy xenonových výbojek jsou D3 (obr. č. 11 napravo) a D4. Tyto typy neobsahují rtuť a pracují s nízkým napětím 42 V. Jejich nevýhodou je oproti D1 a D2 pomalejší náběh světelného výkonu.

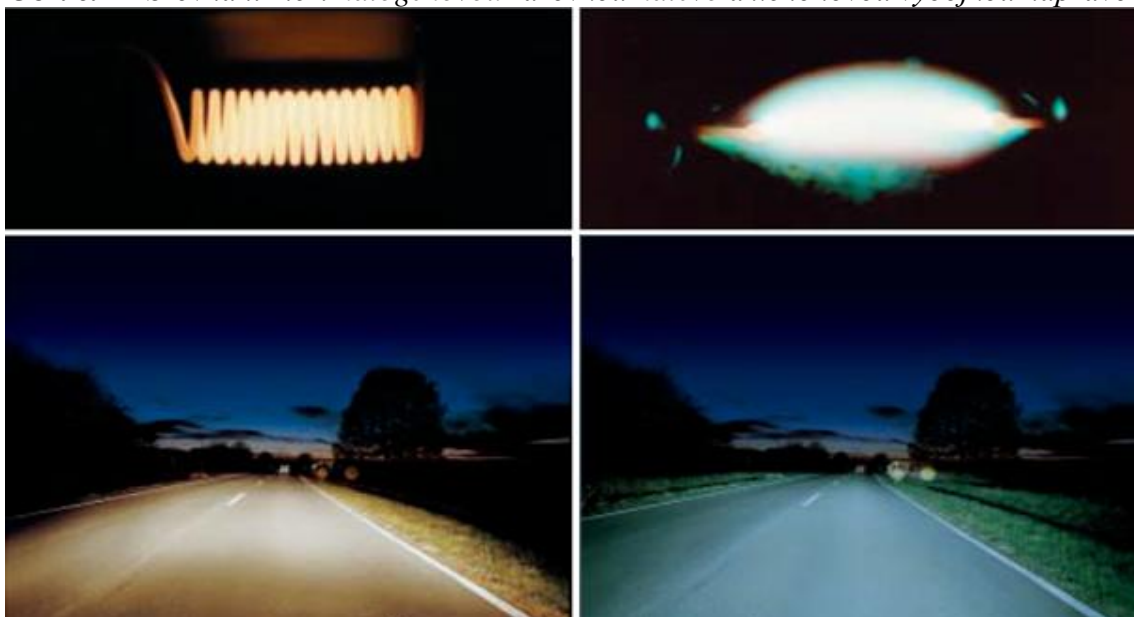
Obr. č. 11 Nalevo xenonová výbojka D1S, uprostřed D2S, napravo D3S



Zdroj: Autor

Obr. č. 12 znázorňuje porovnání halogenové žárovky a xenonové výbojky, kde je vidět znatelný barevný rozdíl. Xenonová výbojka vyzařuje jasně bílé světlo, proti tomu halogenová žárovka svítí žlutě.

Obr. č. 12 Srovnání mezi halogenovou žárovkou nalevo a xenonovou výbojkou napravo



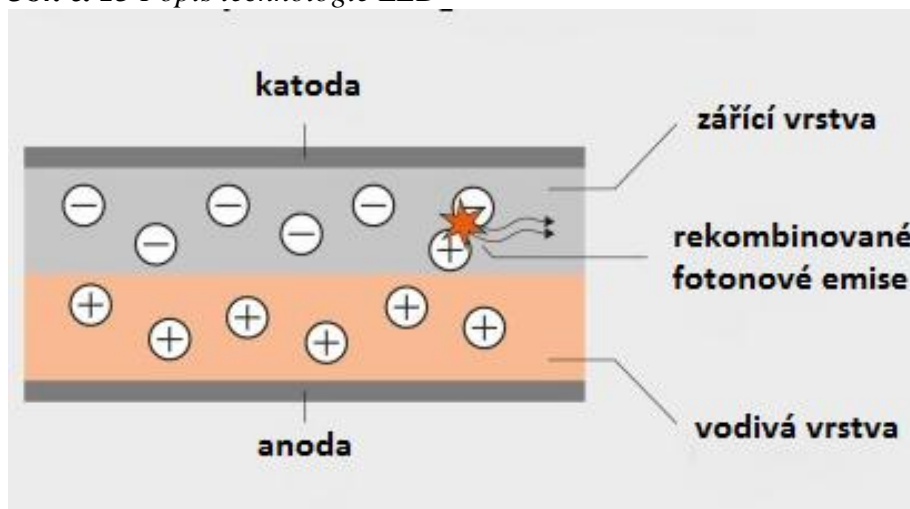
Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z:
[Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

2.4.1.4. Světlo emitující diody (LED)

V současnosti se LED používají téměř ve všech oblastech života. Pro automobilový průmysl mají řadu pozitivních vlastností, a proto jejich význam roste. Někteří výrobci automobilů LED používají již standardně.

Historie LED se započala před více než 100 lety a k jejímu vývoji významně přispěli čtyři vědci. Vynálezce Henry Joseph Round v roce 1907 zjistil, že anorganické materiály vydávaly světlo, když jimi prochází elektrický proud. V roce 1921 ruský fyzik Oleg Vladimirovič Losev nezávisle zkoumal stejný proces. V roce 1935 pak totéž spíše náhodně objevil vědec Georges Destriau. První LED byla vyrobena v roce 1962 Nickem Holonyakem. Docílil toho, že LED vyzařovala červenou barvu. V roce 1971 již byly k dispozici LED také v zelené, oranžové a žluté. V roce 1992 Shuji Nakamura používá karbid křemíku k vytvoření modrého světla. Tím vznikla široká škála barev LED. V roce 1995 byla uvedena první LED s bílým světlem (prostřednictvím přeměny luminiscence) (obr. č. 13). [6]

Obr. č. 13 Popis technologie LED



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.osram.cz/osram_cz/novinky-a-znalosti/led-domov/technicke-informace/zakladni-prehled-led/historie-led/index.jsp

Historie používání LED v automobilovém průmyslu

Zpočátku se s technologií LED počítalo do interiérových prostor, ale s pokrokem technologií se LED dostalo i do vnějšího osvětlení.

1992 - poprvé použití LED ve vnějších světlech vozidla jako třetí brzdové světlo,

2000 - instalace do sdružených zadních světel (Cadillac DeVille,)

2004 - LED jsou použity v přední části automobilů vyšších tříd jako více jednotlivých modulů, např. Audi A8 W12, Porsche 911,

2006 - Audi R8 je první vozidlo, které je vybaveno osvětlením kompletním s LED,

2007 - Lexus LS600H začal používat LED jako standardní výbavu potkávacích světel. Mercedes také volí LED technologii a nabízí ji u řady CLS (Mercedes-Benz C 218) jako volitelnou výbavu,

2011 - LED světlomety jsou k dispozici pro Audi A6. [5]

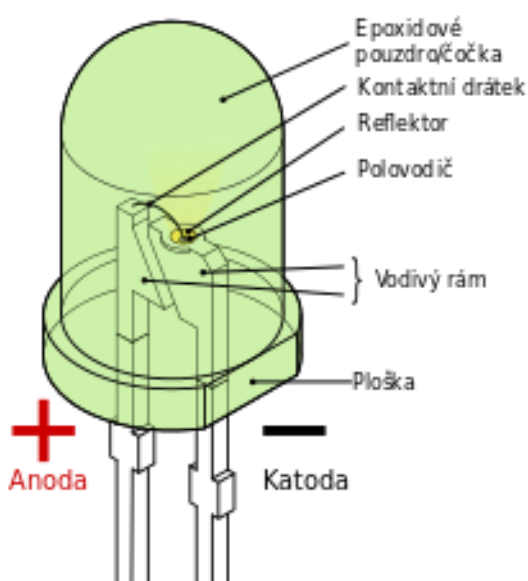
Charakteristika a složení LED

LED je zkratka pro "světlo emitující diodu". Jedná o zdroj studeného světla a je to elektronická polovodičová součástka. LED diody jsou k dispozici v různých velikostech, tvarech a barvách, v závislosti na požadavcích. Klasická verze (standardní LED) má tvar válcový a je uzavřena do polokoule, do níž se vyzařuje světlo.

Jednoduchá LED se skládá z následujících komponentů (obr. č. 14):

- polovodič,
- reflektorový zásobník (s kontaktem ke katodě),
- kontaktní drátek (kontakt k anodě),
- plastová čočka (kombinace epoxidové pryskyřice nebo akrylový plast). [7]

Obr. č. 14 popis LED diody



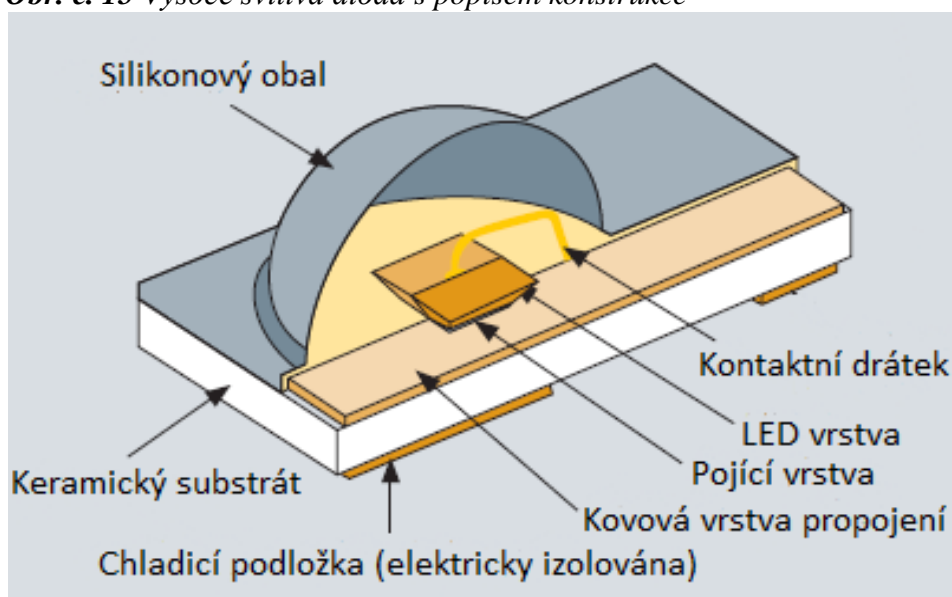
Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>

Vysoce výkonná dioda

Vysoce výkonné diody mají tvar polokoule s kovovým tělem, které umožňuje lepší odvod a regulaci tepla. Světelný výkon je vyšší. Ve srovnání s jednoduchou LED se tepelný odpor snižuje až desetinásobně. Z praktického hlediska to znamená, že vysoce výkonná dioda od firmy Philips, jako je například nejnovější verze Luxeon Rebel, má čtvercovou svítivou oblast asi 1 mm² a účinnost cca 40-100 Lumenů.

Ve srovnání se standardní LED o velikosti 0,25 mm² svítivé plochy dosahuje účinnosti 1-2 Lumenů/Watt (obr. č. 15).

Obr. č. 15 Vysoce svítivá dioda s popisem konstrukce



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z:
[Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Tvar provedení LED

Existují různé typy a provedení LED diod. Rozdělují se podle oblasti použití a liší se ve struktuře, výkonu a životnosti.

Mezi nejpoužívanější typy LED patří:

- Klasické LED diody jsou předchůdci všech LED diod a jsou používány zejména pro kontrolní účely. V současné době se kombinuje několik LED diod spojených do reflektorů, bodovek, modulů nebo tub. Jsou k dispozici ve velikostech 3, 5 a 10 mm. Úhel světla je určen tvarem čočky pouzdra (obr. č. 16).

Obr. č. 16 Klasická LED dioda



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z:
<http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=405610>

- SuperFlux LED diody jsou silnější než klasické LED diody a mohou mít až čtyři čipy (polovodičové krystaly). Mezi jejich výhody patří široký vyzařovací úhel. Dobrý tepelný odvod je docílen pomocí čtyř kontaktů, které mohou být individuálně nastaveny. Struktura s vysokým tokem zaručuje dlouhou životnost a umožňuje jejich efektivní svítivost. Může být univerzálně použita (obr. č. 17).

Obr. č. 17 SuperFlux LED

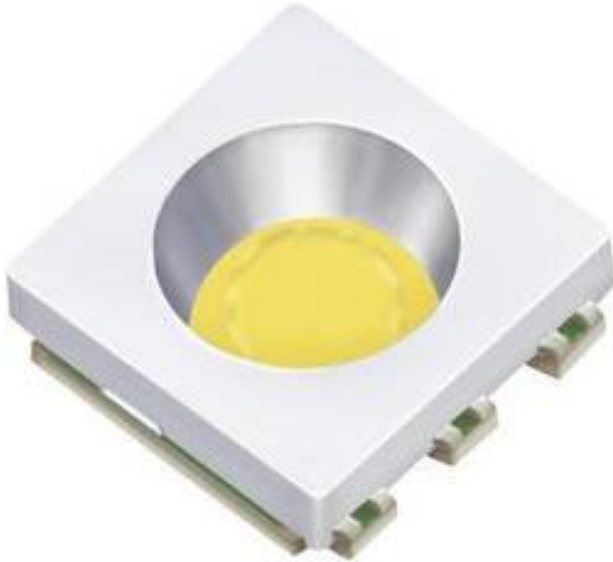


Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z:
<http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=405610>

- SMD je zkratka pro "Surface Mounted Device". Dioda se používá na osvětlení desky přístrojů. SMD-LED diody se obvykle skládají ze tří až čtyř čipů, které mají pájecí kontakty. Existuje mnoho verzí SMD LED diod. Velikost, tvar, životnost a sílu světelného toku lze volit různě. Používají se v kombinaci s dalšími LED diodami. V automobilovém

průmyslu mají prvořadý význam. Používají se například pro ukazatele, brzdová světla nebo světla pro denní svícení (obr. č. 18).

Obr. č. 18 Surface Mounted Device Dioda



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z:
<http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=156428>

- High Power LED jsou výkonné a robustní LED diody, za ideálních provozních podmínek mohou být provozovány na proud 1000 mA. Jejich neobvyklý design klade zvýšené nároky na odvod tepla (obr. č. 19).

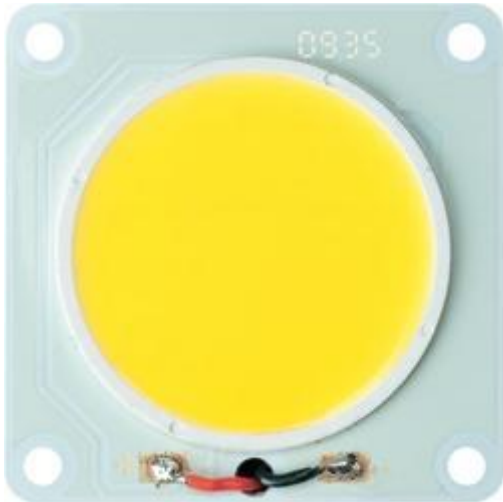
Obr. č. 19 High Power LED



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z:
<http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=180916>

- LED (COB) dále jen "Chip On Board" je nejpokročilejší LED technologie. Je přímo připojena k chipu. Úhel paprsku emitovaného světla je velmi široký. Mezi největší výhody COB technologie patří vysoký výkon. Používá se v mnoha oblastech (obr. č. 20).

Obr. č. 20 Chip On Board LED



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=181775>

Chlazení diod

Vysoce výkonné diody používané v automobilovém průmyslu ve světlometech jsou velmi citlivé na teplo a z tohoto důvodu se teplota reguluje. LED diody jsou studené světelné zdroje, protože vyzařují světlo, ale téměř žádné ultrafialové nebo infračervené záření. Emitované světlo diodou neohřívá osvětlené objekty. LED se zahřeje procesem vytvářejícím světlo. Až 85 % energie se přemění na teplo. Čím je nižší teplota, tím jasněji a déle LED svítí. Z tohoto důvodu musí být nainstalováno vhodné chlazení. Kromě tepla generovaného LED jsou také jiné zdroje tepla, jako například ovládací komponenty světlometu, LED trafo, sluneční záření, atd. Je třeba brát ohled na konstrukci reflektorů a tvar lampy. Pro zvýšení odvodu tepla jsou používány konstrukce v závislosti na druhu a uplatnění LED.

Příklady chladičů:

- a) finned chladič (obr. č. 21),
- b) pin chladič,
- c) chladič s tepelnou trubicí.

Kromě toho je možné regulovat proud a při extrémních podmínkách je výkon LED snížen na určitou úroveň, aby se omezila produkce tepla.

Pro další možnost ochlazení se využívá cirkulace vzduchu prostřednictvím axiálního nebo radiálního ventilátoru vloženého mezi chladicí prvky. Např. axiální ventilátor v Audi A8.

Obr. č. 21 Chlazení světlometu Audi A8



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Výhody LED

LED diody jsou dokonalejší z několika hledisek. Např. LED optika je výkonnější než parabola s halogenovou žárovkou. Rovněž spotřeba elektrické energie je nižší. Jejich pořizovací náklady jsou vyšší než je obvyklé u xenonové výbojky nebo halogenové žárovky, ale mají dlouhou dobu použitelnosti. Automobilový průmysl stále více využívá pozitivní vlastnosti LED v nových vozidlech.

2.4.2. Hlavní části světlometu

Primárním úkolem předních světlometů vozidla je poskytovat optimální osvětlení vozovky tak, aby zajistily plynulou a bezpečnou jízdu. Světlomety včetně jejich světelného zdroje úzce souvisejí s bezpečností vozidla. Vyžadují legislativní schválení od státních orgánů a nesmí s nimi být žádným způsobem neodborně manipulováno. Typ světlometu a umístění světelných funkcí na vozidle, jakož i jejich design, světelné zdroje, barvy a fotometrické hodnoty jsou upraveny legislativou.

Nejdůležitější částí světlometu je tělo, které plní následující funkce (obr. č. 22):

- jsou v něm umístěny všechny důležité části světlometu (např. kabely, reflektor, atd.),

- plní funkci přípojnou ke karosérii vozidla,
- chrání světelný zdroj před vnějšími vlivy (např. vlhkost, teplo, atd.),
- pro výrobu pláště se používá nejčastěji materiál z termoplastu.

- Zadní kryt světlometu,
- sklo světlometu,
- motorek sklonu světlometu,
- parabola světlometu,
- žárovka potkávacího/dálkových světel H4,
- objímka žárovky obrysových světel,
- žárovka obrysových světel.

Obr. č. 22 Rozebraný světlomet Škody Octavia I



Zdroj: Autor

Materiál reflektoru

Před několika lety byla ještě většina reflektorů vyráběna z ocelového plechu. V dnešní době jsou požadavky kladené na světlometry vysoké, což se týká výrobní tolerance, designu, kvality povrchu, hmotnosti, výrobní ceny, atd. Ocel by těmto požadavkům nevyhovovala, a tak se pro výrobu reflektorů používá hlavně plast. Jedná se o termoplasty s vysokou přesností, které se dosahuje díky přesným formám, používaným reprodukovatelně. To umožňuje vytvářet odstupňovaný a vícekomorový systém a tím docílit všestranné využití světlometů.

Následně se reflektory povrchově upravují na nezbytně potřebnou kvalitu. Pro případ vysokých tepelných požadavků mohou být světlomety vyrobeny z hliníku nebo hořčíku.

Obr. č. 23 rozebraný světlomet Fiat Marea



Zdroj: Autor

Na (obr. č.23) je příklad předního světlometu z vozu Fiat Marea. Světlomet je z čirého skla s plošným reflektorem dálkových světél a žárovkou H1 a oddělenými potkávacími světly s projekční čočkou a použitou žárovkou H7. Směrová světla s obrysovými jsou zabudována do skříně světlometu směrem ke straně blatníku. Konstrukce světlometů je závislá na tvaru karosérie, designu a použitého typu žárovek. Například u světlometu s použitím žárovky H4 jsou potkávací světla s dálkovými a obrysovými světly sdružena do jedné paraboly.

Světlomet může být vybaven systémem natáčení paraboly do zatáček, který reaguje na natočení kol řízené nápravou, což bylo použito u legendárního vozidla Citroen DS 21.

Dalším přídatným prvkem, používaným v současnosti, je denní svícení, které je integrováno do tělesa světlometu v podobě LED diod. Tímto způsobem dochází ke snížení odběru příkonu na 12 Watů oproti klasickým potkávacím světlům a sníží se spotřeba paliva.

Nezbytnou součástí moderního světlometu je automatická regulace sklonu světlometu. Systém má zabezpečit při všech stavech zatížení vozidla stálý dobrý dohled bez oslňování protijedoucích vozidel. Pro vozidla s xenonovými výbojkami je povinně předepsáno, že tímto systémem musí být vybavena. Automatickou regulaci sklonu světlometů je možno rozdělit

na statickou a dynamickou. Statická vyrovnává užitečné zatížení v prostoru pro cestující a v zavazadlovém prostoru, dynamická reguluje sklon světlometu při akceleraci a deceleraci.

Nastavení sklonu světlometu

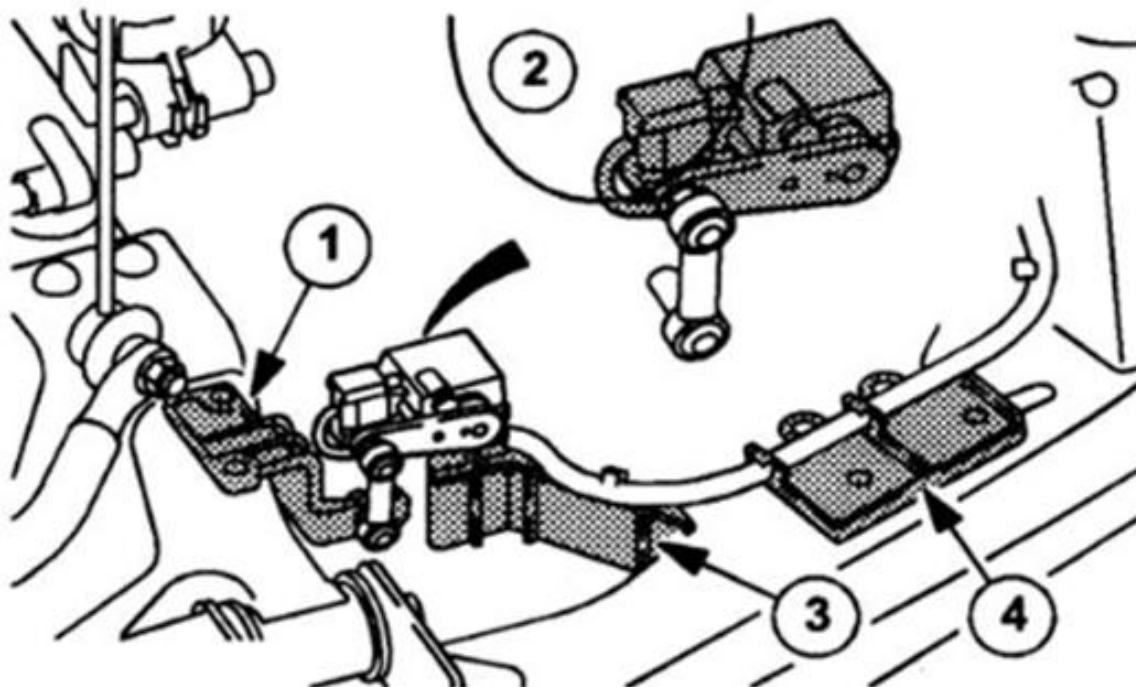
Díky tomuto systému si řidič může ovládat sklon světlometů podle svého uvážení v závislosti na přepravovaném nákladu, a to manuálním ovladačem.

K dispozici jsou pneumatické a elektrické systémy. U těchto systémů je problém, že vinou špatného odhadu řidiče mnohdy může naložené vozidlo oslnit ostatní protijedoucí řidiče.

Statické nastavení sklonu světlometů

Tímto nastavením sklonu světlometů systém sám koriguje změny sklonu světlometů v důsledku změn stavu zátěže. Řídicí jednotka vyhodnocuje data z přední a zadní nápravy pomocí senzorů. Srovnává uložené referenční údaje a spouští pohonné motorky světlometů (obr. č. 24). Stejné typy pohonu motorků se používají i u ručního sklonu světlometů. [8]

Obr. č. 24 Snímač úrovně vozidla na přední nápravě pro statickou regulaci dosahu světlometu (Ford): 1. držák na pravém příčném rameni, 2. Hallův snímač, 3. držák na nápravnici, 4. vedení kabelu



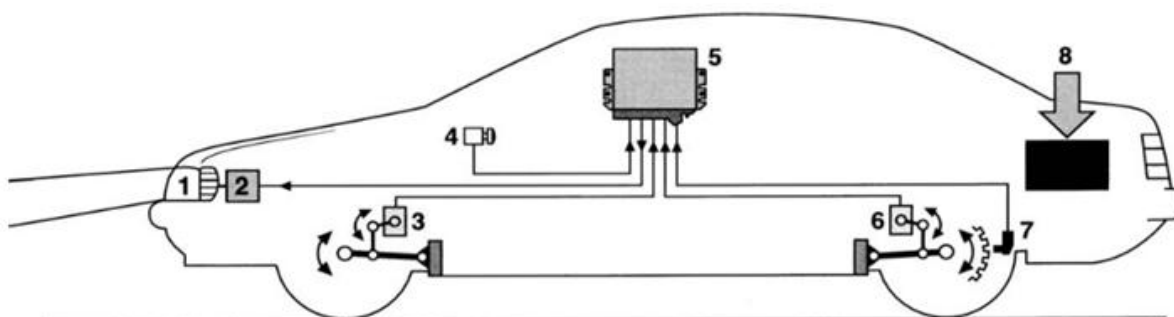
Zdroj: VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1.* Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Firma Hella používá systém nastavení sklonu světlometů pomocí ultrazvuku. Zde je na podvozku umístěno měřicí čidlo, které měří přímo vzdálenost od vozovky. [8]

Nastavení sklonu světlometů dynamicky

V současné době jsou téměř všechny vozy vybaveny systémem dynamické regulace světlometů, které rovněž reagují na změny související se sklonem vozidla, jako je např. akcelerace a decelerace. [8]

Obr. č. 25 Principiální zobrazení dynamické samočinné regulace sklonu světlometů: 1. světlomet, 2. nastavovač, 3. snímač světlé výšky na přední nápravě, 4. vypínač světel (zapnuto/vypnuto), 5. elektronická řídicí jednotka, 6. snímač světlé výšky na zadní nápravě, 7. snímač otáček kola, 8. užitečné zatížení



Zdroj: VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno :* Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Na schématu zapojení dynamického nastavování sklonu světlometů je vidět řídicí jednotka, která vypočítává referenční data na základě údajů z čidel, přičemž jízdní podmínky jsou vzaty v úvahu a pohonné motorky jsou spuštěny během zlomku sekundy (obr. č. 25). [8]

Dynamické osvětlení zatáčky

Dynamické osvětlení zatáčky se provádí otočením sklonu světlometů v závislosti na poloměru zatáčky. Projekční modul světlometů je integrován do rámu, který lze otočit na jeho svislé ose. Rozsah úhlu je plus/minus 15 stupňů a byl navržen pro poloměry oblouků až kolem 200 m. Rozsah osvětlení potkávacích světél je obvykle kolem 30 metrů, ale když vozidlo vjede do oblouku o poloměru 190 metrů, nová technologie světél rozšiřuje tuto řadu o dalších 25 metrů. Směr světla odpovídá příslušnému natočení volantu řízení. Úhel řízení auta rozpoznává průběh křivky rychle. Aktivní osvětlení zatáčky pracuje jak s potkávacími, tak s dálkovými světly. Řídicí jednotka neustále přizpůsobuje natočení světlometu příslušné

rychlosti jízdy. Zatímco světlomety sledují pohyb volantu při vysoké rychlosti vozidla v hodnotách milisekund, při pomalé jízdě otočný mechanismus funguje pomaleji. [8]

Kombinované osvětlení statické - dynamické

Pro větší poloměry oblouků (například na dálnicích) nebo menší (například na polních cestách) je rozumné, aby dynamické osvětlení zataček doplnilo statické osvětlení. To se automaticky zapne, kromě potkávacích světel, a v závislosti na rychlosti vozidla, kdykoliv řidič zapne ukazatel na změnu směru. K dosažení tohoto cíle řídicí jednotka vyhodnocuje rychlost, úhel natočení a indikační signál. Tento systém zvyšuje komfort osvětlovací funkce, tím i bezpečnost jízdy. [8]

Statický - dynamický systém vyrovnává změnu délky světelného kužele při sklonech karoserie během zrychlování nebo brzdění a zajišťuje tak stálou délku osvětlené plochy před vozidlem. Světlo v zatačkách se přizpůsobuje nejen úhlu natočení volantu, ale také světelným poměrům v určité jízdě situaci. Tvar světelného kužele se mění v závislosti na tom, zda se jede po silnici ve městě, mimo město nebo po dálnici.

2.4.3. Geometrie paraboly

Hlavním funkčním cílem reflektoru je zachytit co největší podíl světelného toku vyzařovaného světelným zdrojem a směřovat tento tok k silnici. Existují různé typy systému reflektorů. Vývoj světlometu není jednoduchý, a proto jejich návrháři musejí vyhovět požadavkům na tvar, design, karosérii, účinnost a splnění legislativních předpisů.

Druhy světlometů

U soudobých vozidel se používají tyto druhy světlometů:

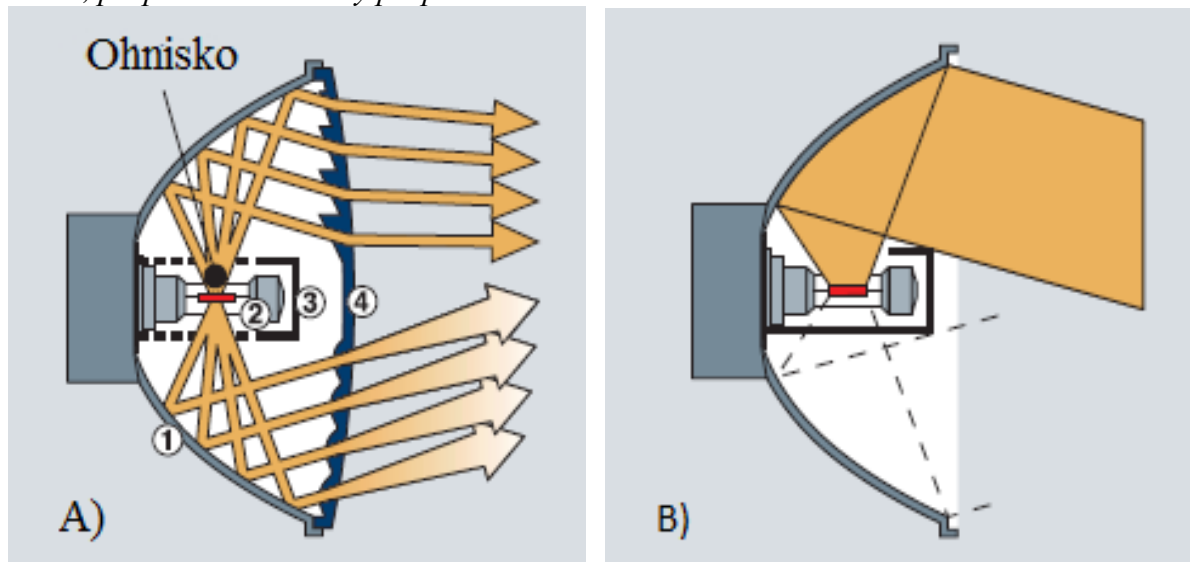
- parabolické světlomety,
- elipsoidní světlomety,
- světlomety s volnou plochou,
- kombinace elipsoidního světlometu a světlometu s volnou plochou. [8]

Parabolická světla

U parabolických světlometů je plocha reflektoru tvořena povrchem paraboloidu (parabola, která se otáčí kolem své osy). Při pohledu do světlometu zepředu, pro tlumené světlo se využívá jeho horní část.

Zdroj světla je umístěn tak, že nahoru vyzářené světlo je reflektorem odraženo přes optickou osu na vozovku (obr. č. 26). [8]

Obr. č. 26 A) Světlo prochází přes hranoly rozptylu světla skrz válcové vzory v objektivu (při pohledu shora): 1. reflektor, 2. světelný zdroj, 3. krycí štít, 4. objektiv. B) Odraz světla na silnici, při pohledu ze strany při potkávacích světlech



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

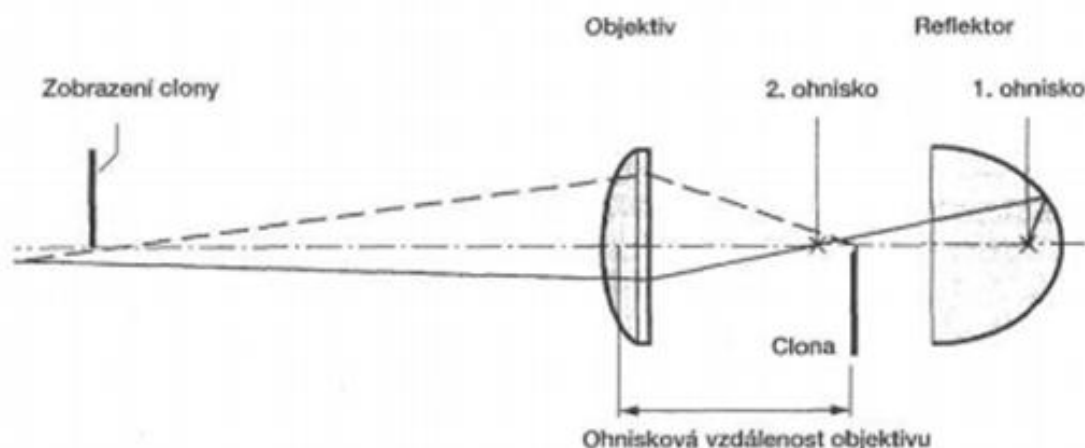
Elipsoidní světla

Elipsoidní světlomet má podle svého názvu tvar plochy reflektoru. Umožňuje konstruovat světlometry o zvláště malých rozměrech s vysokým světelným výkonem. Takovéto světlometry pracují na podobném principu jako projekční zařízení, a proto se také označují jako projekční světlometry. Elipsoidní světlomet přebírá světlo zdroje a soustřeďuje je do druhého ohniska. [8]

Světlometry s volnou plochou

Světlomet s volnou plochou má plochu reflektoru volně vytvořenou v prostoru (není to symetrický prostorový útvar). Jednotlivé segmenty osvětlují různé části vozovky. Tímto způsobem se může pro tlumené světlo využít prakticky celá plocha reflektoru. Návrh se provádí pomocí výpočetní techniky a plochy jsou uspořádány tak, že světlo ze všech spodních segmentů je odraženo na vozovku. Ohyb světelných paprsků a rozptyl světla se vytváří přímo pomocí ploch reflektoru. Proto se může použít čisté krycí sklo bez optických elementů. [8]

Obr. č. 27 Princip zobrazení optiky projekčního světlometu



Zdroj: VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno :* Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Kombinace elipsoidních světlometů a světlometů s volnou plochou

Kombinované světlometry jsou projekční systémy (obr. č. 27), u kterých je plocha reflektoru navržena technologií volných ploch. Reflektor zachycuje co možná nejvíce světla od zdroje. Zachycené světlo směřuje tak, aby v maximální míře dopadalo přes clonu na čočku (objektiv). Světlo je reflektorem směřováno tak, že ve výšce clony vzniká rozdělení světla, které čočka (ohnisko) promítá na vozovku. [8]

Projekční světlometry

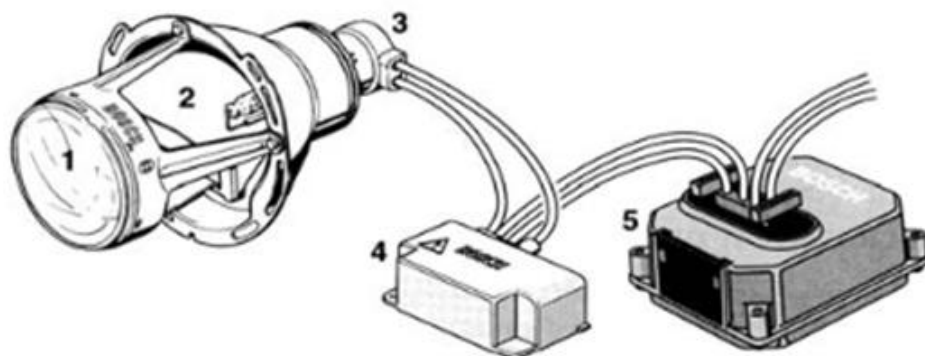
V protikladu ke klasickým světlometům, u kterých je pro rozptyl světla potřebné rozptylové sklo, se u projekčního světlometu vyobrazuje už reflektorem vytvořený rozptyl světla, který se přes čočku přenáší na vozovku. Základní konstrukce světlometu se v principu podobá diaprojektoru. V obou případech je podstatné optické zobrazení objektu. Pokud v případě diaprojektoru sestává objekt z diapozitivu samotného, u světlometu ho tvoří reflektorem vytvořený rozptyl světla a hrana clony. Tato hrana vytváří pro tlumené světlo potřebnou hranici světla a tmy. [8]

Reflexní světlometry

Jestliže jsou pro výstup světla k dispozici větší plochy, může být použit reflexní světlomet. Značně větší plocha pro výstup světla je charakteristická rozptylovým polem, integrovaným do uzavíracího skla světlometu, nebo leží na jeho vnitřní straně. Pro tlumené světlo se používá výbojka, která je pro vytváření hranice světla a tmy vybavena stínovými

pruhy. Pomocí speciální výbojky se může realizovat také velmi účinný dálkový světlomet (např. Systém Bosch Litronic) (obr. č 28). [8]

Obr.č. 28 Systém Litronic v projekčním světlometu: 1. čočka, 2. výbojka, 3. konektor, 4. zapalovací zařízení, 5. řídicí jednotka

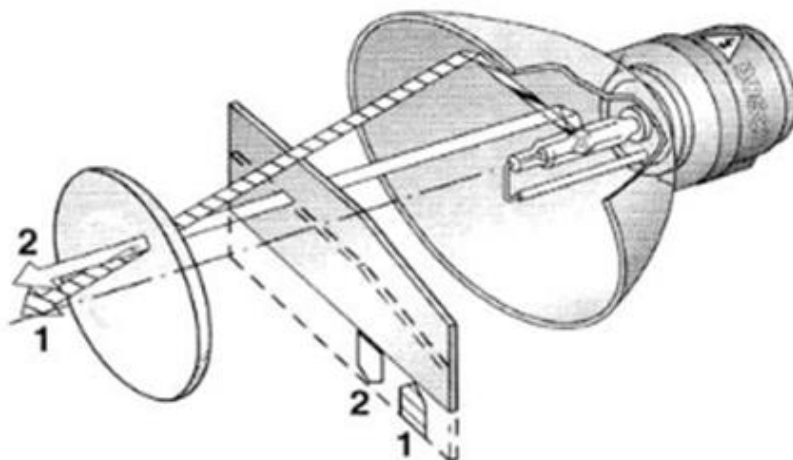


Zdroj: VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno :* Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Systém světlometů Bi-Litronic

Zvláštní místo zaujímá bifunkční Bi-Litronic. Je produktem firmy Bosch a spočívá na reflexním principu. Řešení dovoluje pomocí pouze jedné výbojky z dvojsvětlometového systému vytvářet tlumené i dálkové světlo. K tomu při přepnutí přepínače pro dálkové/tlumené světlo uvádí elektromagnetický stavěcí člen výbojky v reflektoru do dvou různých poloh, které pokaždé určí výstup světelného toku pro dálkové nebo tlumené světlo (obr. č. 29). [8]

Obr. č. 29 Bifunkční Litronic „Reflexion“: 1. tlumené světlo, 2. dálkové světlo (Bosch)

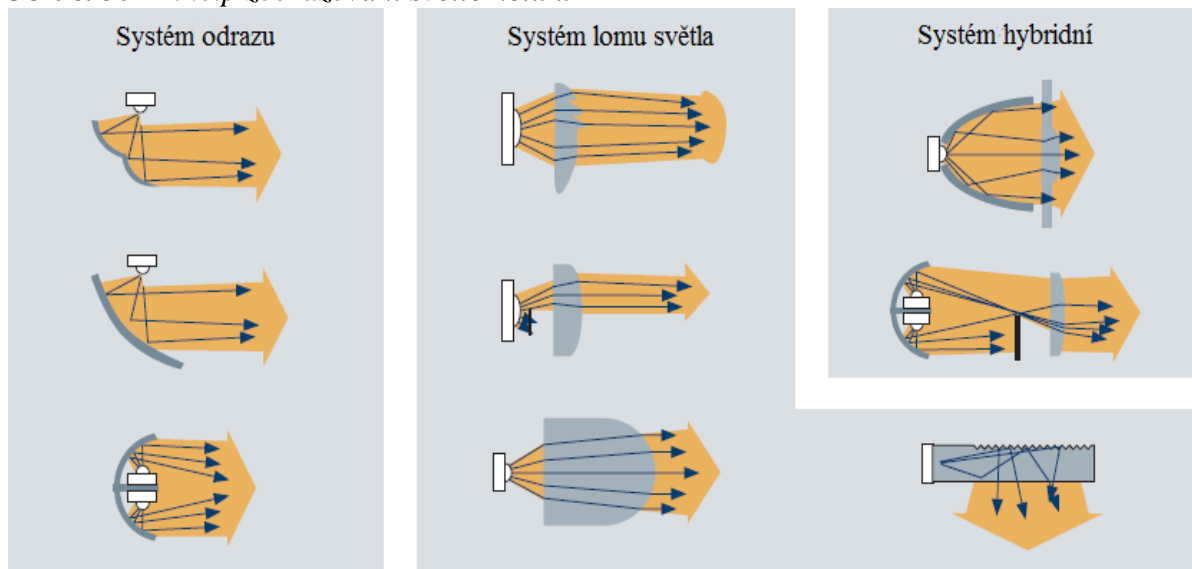


Zdroj: VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno :* Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

System ledkových světlometů

Existují různé metody pro směřování paprsku světla na konkrétní místo. Asi nejvíce využívaný systém u LED technologie světlometu je směřování pomocí odrazu od paraboly, lom světla pomocí čočky nebo systém hybridní (kombinace lomu a odrazu) (obr. č. 30).

Obr. č. 30 Princip zobrazování světlometu u LED



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media/global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media/global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Intelligentní osvětlovací zařízení

Jeden z prvních asistenčních systémů osvětlení byl na bázi dynamického ohybu světla, což bylo zavedeno v roce 2003. Při tomto systému se světelný modul pohybuje v závislosti na úhlu natočení volantu, což téměř zdvojnásobuje viditelnost v oblasti zatáčky.

Advanced frontlighting System (AFS)

Další vývoj dynamického osvětlení je systém (AFS). Tento technický systém používá nejen úhel řízení světlometu, ale také rychlost jako parametr pro osvětlení na silnici. Systém je umístěn do projekčního modulu, který může generovat různou intenzitu světla, např. pro městské ulice, za nepříznivého počasí nebo na dálnicích. Pro jeho realizaci je nutné, aby se projekční modul otočil do požadované polohy během několika milisekund (obr. č. 31).

Obr. č. 31 Modul dynamického osvětlení systém (AFS)



Zdroj: VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno :* Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Adaptivní světlomet (aHDG)

Dalším systémem je adaptivní světlomet - modul měnící polohu podle jízdních podmínek (aHDG). Využívá data z vnějšího okolí vozidla a podle toho generuje rozložení světla. Snímací kamera umístěná za čelním oknem rozpozná protijedoucí vozidlo nebo vozidlo před ním a pomocí krokového motoru se pootočí projekční modul světlometu do požadované polohy během několika milisekund. Tímto se zamezuje osvětlení světelným paprskem, který vždy končí přímo před blížícím se nebo předcházejícím vozidlem. Tak je možné zvýšit dosah potkávacích světel ze současných 65 m na cca 200 m.

V případě, že je silnice volná, přepne systém na dálková světla, takže řidič má optimální výhled za všech okolností. Nastavení polohy světlometu se neustále mění a celý systém je založen na kontrole oslnění ostatních účastníků provozu. Jestliže je kamerou rozpoznán jiný účastník silničního provozu, dálková světla jsou odpojena (obr. č. 32).

Obr. č. 32 Princip osvětlování komunikace



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Test adaptivních světlometů automobilového klubu ADAC

Xenonové světlometry vyzařují ve tmě mnohem jasnější světlo než klasické halogenové, bez ohledu na typ a velikost auta. V posledním období jsou přední světla vybavována mnoha přídatnými funkcemi, které se mohou jevit jen jako propagační kroky automobilů, kdy chybí skutečný přínos pro pohodlí řidiče a bezpečnost celé posádky vozu. Test německého automobilového klubu ADAC otestoval adaptivní světlometry osmi vozů nižší střední třídy a ukázal, že tomu tak není.

Pořadí umístění:

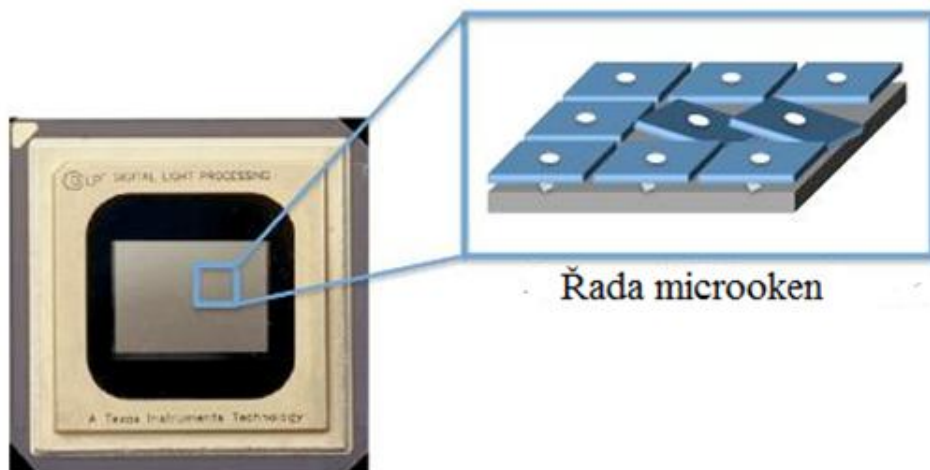
1. VW Golf VII, hned v závěsu BMW 1; tyto dvě značky nebyly ve všech hodnocených kategoriích na předním místě, ale stále byly nadprůměrné.
2. Audi A3, hned za ním Mercedes A-Klasse a Opel Astra; tyto značky byly přes snahu o německou dokonalost průměrné a jejich asistenční systémy funkční bez větších závad.
3. Renault Mégane a Volvo V40 mělo problémy s vyhříváním předního okna, kdy se světelný paprsek, přicházející od protijedoucích vozidel, zkresloval vinou vedení optických vláken, obsažených v čelním skle.
4. Ford Focus se umístil jako poslední, ale to neznámá, že by byly jeho adaptivní světlometry nekvalitní. V každém případě jako jedinou jeho silnou stránku ADAC uvádí rychlý návrat do režimu dálkových světel. Na druhou stranu je mu vytýkáno, že asistenční systém nebyl spolehlivý. ADAC ve zprávě k testu tvrdí, že rozdíly mezi testovanými světly byly velmi malé. [9]

Perspektivy využívání technologií u světelných zdrojů

Možnosti využití LED diod pro osvětlení vozidel jsou nadějně a v budoucnu umožní realizaci dalších přístupů k optimalizovanému osvětlení dopravní komunikace. Takzvaná LED pole dnes využívaná mohou sloužit jako zdroje světla pro všechny formy chytrých systémů světlometů. Tento systém se skládá z četných individuálně adresovatelných LED diod bílé barvy, které se vyznačují vysokým výkonem. Pulzní PWM regulátor umožňuje řízení intenzity jasu pro cílenou aktivaci a deaktivaci jednotlivých LED, a tím i modulaci geometrie světelného toku, ale také pro modulaci intenzity rozložení světla. V budoucnosti se bude stále více prosazovat funkce osvětlení bez mechanických součástí. Příkladem je LED pole, ve spojení s čidly, které umožňuje použití "chytré" nasměrování světla, aniž by docházelo k oslňování dálkovými světly.

Další zajímavou technologií je směřování světla pomocí malého DMD čipu, který nese 480 tisíc mikroskopicky malých zrcátek, jimiž lze velmi přesně směřovat světelné paprsky (obr. č. 33).

Obr. č. 33 DMD Chip s naklápěcími destičkami



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.spannerhead.com/>

Konceptem programovatelných světlometů s DMD čipem se zabývá tým inženýrů z Carnegie Mellon University (CMU), který vyvinul prototyp (obr. č. 34), vykonávající různé funkce. Například může při jízdě v noci odklonit světelný paprsek od protijedoucích vozidel nebo při zatáčení světelný paprsek nasměrovat do směru trasy, ale také je schopen osvětlit šipky pruhů podélných značek a další. Tyto funkce jsou umožněny díky mnoha malým směřovatelným kuželům, nahrazujícím jeden pevný. [10]

Obr. č. 34 Koncept programovatelného světlometu



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.spannerhead.com/>

3. Cíl práce

Po analýze současného stavu nehodovosti, historické i současné moderní osvětlovací techniky motorových vozidel bylo cílem zjistit vliv osvětlovací techniky na bezpečnost silničního provozu, se zaměřením na hlavní světlomety. Po uvedení současného stavu informací, zabývajících se danou problematikou, je popsán výklad pojmů používaných v osvětlovací technice vozidel a souvisejících předpisů a vyhlášek. Dále byly zhodnoceny vyvinuté prvky konstrukcí světlometů, porovnána jejich účinnost s dostupnými zdroji a potvrzen pozitivní vliv na bezpečnost silničního provozu. S ohledem na rychlý vývoj osvětlovací techniky v posledních letech došlo k vytvoření komplexního popisu technologie osvětlovací techniky v závislosti na průběhu vývoje konstrukcí a zdrojů světla, přes současnou a v budoucnu uplatnitelnou technologii.

Práce obsahuje měření vzdáleností dosvitu hlavních světlometů a uplatnění v praxi. V rámci výzkumu byl měřen celkový dosvit nových i starších světlometů osobních automobilů jedné značky koncernu VW modelové řady Passat, v provedení světlometů od starších s halogenovými žárovkami H4, H7 po novější s xenonovými výbojkami D2S a nejnovější generace světelného zdroje LED. Na základě naměřených hodnot byly zpracovány a vyhodnoceny zjištěné informace a porovnány s výsledky obdobných výzkumů. Z měření vyplynulo, že moderní technologie mají pozitivní vliv na zlepšení podmínek a bezpečnost provozu za snížené viditelnosti. Při porovnání s dalšími průzkumy výsledky u jednotlivých světelných zdrojů více či méně potvrdily zlepšující se parametry dané vývojem. V závěru byly nastíněny současné a budoucí trendy konstrukcí hlavních světlometů.

4. Metodika měření dosvitu hlavního světlometu

Podle zadání diplomové práce bylo provedeno měření dosvitu hlavních světlometů při činnosti potkávacích světel, se zaměřením na hlavní světlometry vyráběné v posledních 20 letech.

Pro tento úkol autor zvolil automobily tří generací Volkswagenu Passat. Tato vozidla měla tři typy světlometů. U prvního měřeného vozidla, vyrobeného v roce 1998, byly v té době v běžné výbavě světlometry s halogenovými žárovkami H4, které plní funkci potkávacích i dálkových světel a H7 pro dálková světla (obr. č. 35).

Obr. č. 35 Světlomet VW Passat 3B5



Zdroj: Autor

Druhé měřené vozidlo, vyrobené v roce 2005, bylo vybaveno Bi-xenonovým světlometem s automatickou adaptací výšky, dále xenonovými výbojkami D2S na potkávací i dálková světla a H7 na dálková světla, kromě toho je do světlometu přidruženo směrové světlo. V tomto období se používaly současně světlometry s halogenovými žárovkami (obr. č. 36).

Obr. č. 36 Světlomet VW Passat 3B6



Zdroj: Autor

Třetí měřené vozidlo je nejnovějším typem, vyrobeným v roce 2015, a je vybaveno LED adaptivní technologií na potkávací světla. Kromě toho má světlomet osazen LED denním svícením, které je společné pro směrová světla, u VW Passat nahrazují xenonové výbojky. Z důvodu pořizovací ceny jsou automobily současně vybavovány halogenovými žárovkami (obr. č. 37).

Obr. č. 37 Světlomet VW Passat poslední generace



Zdroj: Autor

Měřené veličiny, určené pro hlavní světlometry, se uvádí v následujících jednotkách:

- Světelný tok Φ
Jednotka: Lumen [lm]
Světelný tok Φ je používán k popisu kompletního světelného výkonu vyzařovaného ze světelného zdroje.
- Svítivost I
Jednotka: Candela [cd]
Část světelného toku, který vyzařuje v určitém směru.
- Jas L
Jednotka: Candela na metr čtvereční [cd / m]
Jas L popisuje, jak oko vnímá intenzitu osvětlené plochy.
- Intenzita osvětlení E
Jednotka: Lux [lx]
Intenzita osvětlení E udává podíl světelného toku a osvětlené plochy. Intenzita osvětlení je 1 lx, když světelný tok 1 lm dopadá na plochu 1 m².

- Světelná účinnost η

Jednotka: lumen na Watt [lm / W]

Světelná účinnost η vyjadřuje, jak účinně zdroj přemění elektrickou energii na světlo.

- Barevná teplota K

Jednotka: Kelvin [K]

Kelvin je jednotkou pro barevnou teplotu. Čím vyšší je teplota světelného zdroje, tím se vysílané světlo mění od červené přes žlutou a od bílé po modrou barvu. Žárovka mající teplé bílé světlo má barevnou teplotu cca 2700 K. Plynová výbojka (D2S) s barevnou teplotou od 4250 K produkuje studené bílé světlo, které je však bližší barvě denního světla (přibližně 5600 K).

Postup měření

Pro účely měření byla zvolena veličina intenzita osvětlení. Princip spočívá ve statické metodě měření vzdálenosti od vozidla - tzv. účinný dosvit světlometu. Zkouška se prováděla na rovném, cca 200 metrovém úseku, za úplné tmy, na okraji města Hradec Králové. Na silnici bylo barevně vyznačeno místo pro pozice vozidla a orientační body po 20 m. Snímek znázorňuje úsek, vytýčený při denní viditelnosti pomocí kolečka na měření vzdálenosti a vyznačovacího spreje (obr. č. 38).

Obr. č. 38 Komunikace pro uskutečnění měření vzdálenosti, měřící kolečko, vyznačovací sprej



Zdroj: Autor

Samotný postup byl zdokumentován digitálním fotoaparátem značky Samsung WB 250 F a mobilním telefonem s fotoaparátem značky Lenovo A5000.

Pro měřicí pokus byl využit luxmetr s číslicovou indikací LX 103 LUTRON (obr. č. 39), který je určený pro měření intenzity osvětlení, v tomto případě vzdáleností na silnici. Provádějí se s ním také některá měření v laboratořích v mezích jeho technických parametrů. Měřicí rozsah je 0 - 1999 lx, 2000 - 19990 lx, 20000 - 50000 lx.

Obr. č. 39 Luxmetr LX 103 LUTRON



Zdroj: Autor

5. Výsledek měření

V první části měření bylo přistoupeno k měření intenzity osvětlení u pravého okraje vozovky, kde se v rámci problematiky dohlednosti překážky za snížené viditelnosti nachází nejčastěji daná překážka, respektive chodec. Zkouška byla provedena v režimu potkávacích světél.

Tabulka č. 1 obsahuje hodnoty, naměřené u automobilu VW Passat 3B5 luxmetrem na rovince za tmy, přesněji po 21. hodině. Hranice vzdálenosti dosvitu byla stanovena na staticky naměřenou hodnotu 1 lx, kolmo ke středu vozidla.

Tab. č. 1 Naměřené hodnoty dosvitu u vozidla VW Passat 3B5

Vzdálenost od vozidla v m	1	10	20	30	40	50	55	60
Intenzita osvětlení v lx	160	65	35	15	6	4	2	1

Zdroj: Autor

Tabulka č. 2 obsahuje hodnoty, naměřené u automobilu VW Passat 3B6 luxmetrem na rovince za tmy, po 20. hodině. Hranice vzdálenosti dosvitu byla stanovena na staticky naměřenou hodnotu 1 lx, kolmo ke středu vozidla.

Tab. č. 2 Naměřené hodnoty dosvitu u vozidla VW Passat 3B6

Vzdálenost od vozidla v m	1	10	20	30	40	50	60	65
Intenzita osvětlení v lx	210	121	73	34	11	6	3	1

Zdroj: Autor

Tabulka č. 3 obsahuje hodnoty, naměřené na automobilu VW Passat nové generace luxmetrem na rovince za tmy, po 19. hodině. Hranice vzdálenosti dosvitu byla stanovena na staticky naměřenou hodnotu 1 lx, kolmo ke středu vozidla.

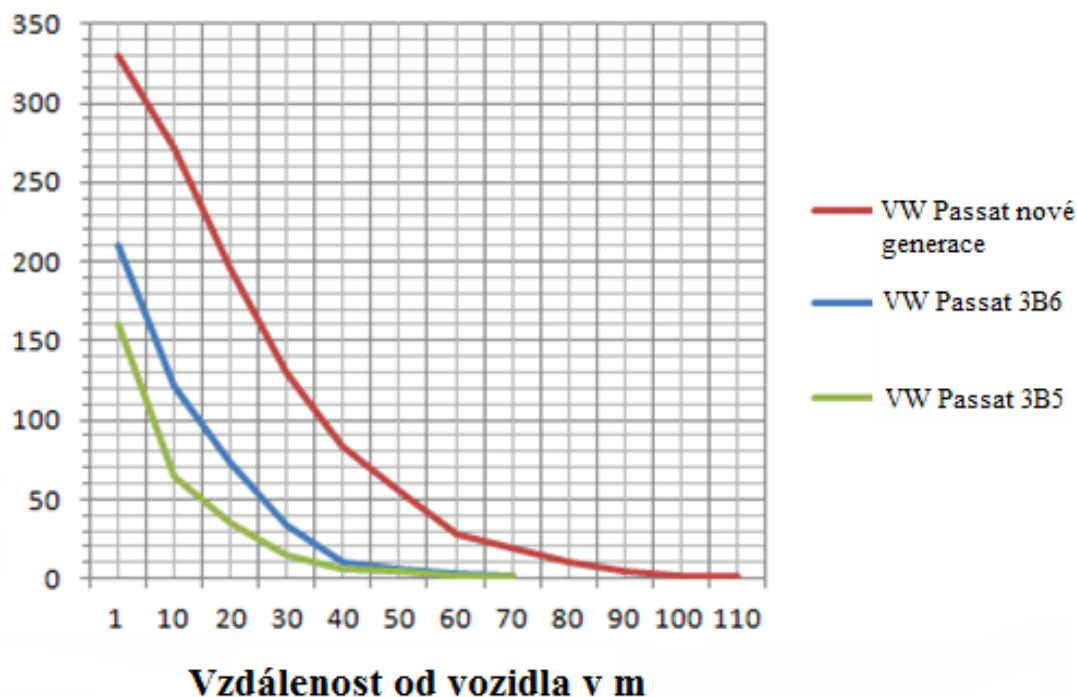
Tab. č. 3 Naměřené hodnoty dosvitu u vozidla VW Passat nové generace.

Vzdálenost od vozidla v m	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Intenzita osvětlení v lx	330	271	195	130	83	55	28	19	11	5	2	1

Zdroj: Autor

Na grafu č. 3 je vidět znatelný rozdíl počáteční světelné intenzity lx, která diametrálně odpovídá vzdálenosti celkového dosvitu jednotlivých typů světelných zdrojů vozidel.

Graf. č. 3 Naměřené hodnoty dosvitu u tří generací VW Passat
Intenzita osvětlení v lx



Zdroj: Autor

Další měření se týkalo intenzity osvětlení vzdálenosti vozovky, při zapnutých dálkových světlometech. Hranice vzdálenosti dosvitu byla stanovena na staticky naměřenou hodnotu 1 lx, kolmo ke středu vozidla (tab. č. 4).

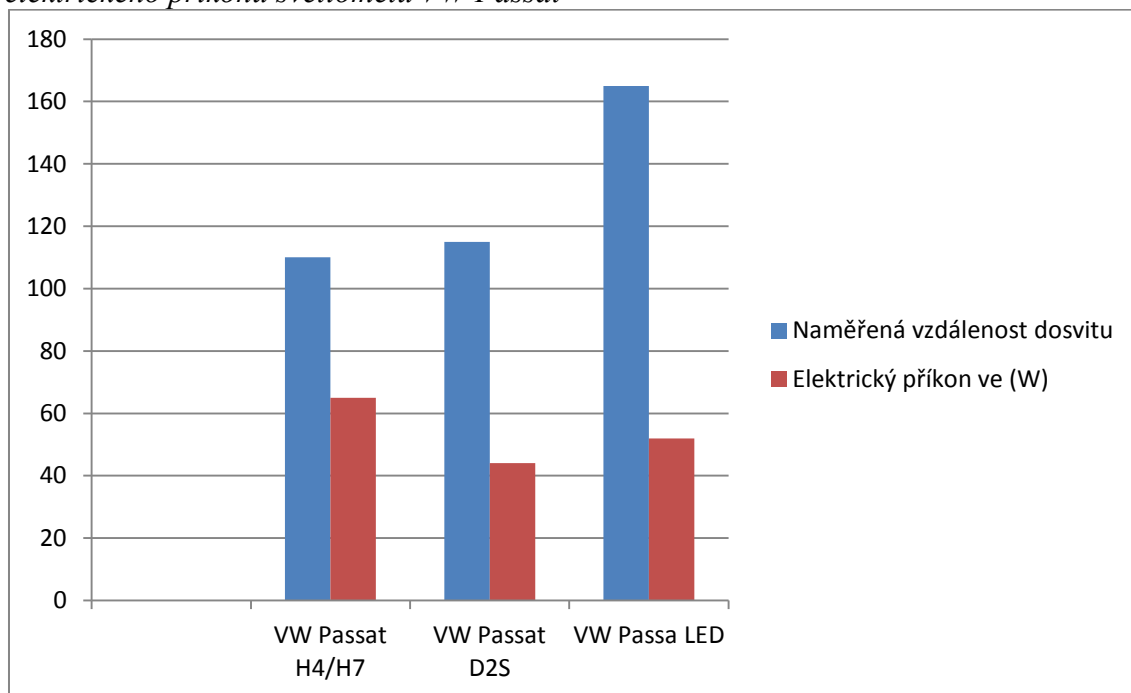
Tab. č. 4 Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů světlometů VW Passat u dálkových světel

Vozidlo	Naměřená vzdálenost dosvitu v (m)	Elektrický příkon ve (W)
VW Passat H4/H7	120	65
VW Passat D2S	115	44
VW Passat LED	165	52

Zdroj: Autor

Z grafu č. 4 je zřejmé, že v dálkovém režimu mají halogenové světlometry oproti LED nižší elektrický příkon a na druhé straně cca o jednu třetinu vyšší naměřenou vzdálenost dosvitu. Měření je samozřejmě závislé na přesnosti pozice vozidla a čistotě čirého krytu světlometu.

Graf. č. 4 Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů vzdálenosti dosvitu dálkových světel a elektrického příkonu světlometů VW Passat



Zdroj: Autor

Na obrázku č. 40 je vidět postup měření za snížené viditelnosti u LED světlometů ve vzdálenosti 120 m od vozidla, se světelnou intenzitou 31 lx.

Obr. č. 40 Měření dosvitu dálkových světlometů



Zdroj: Autor

Zjištěna byla též výška světlometů. Dále je v tabulce č. 5 obsažen elektrický příkon a svislý sklon světlometů, uvedený výrobcem.

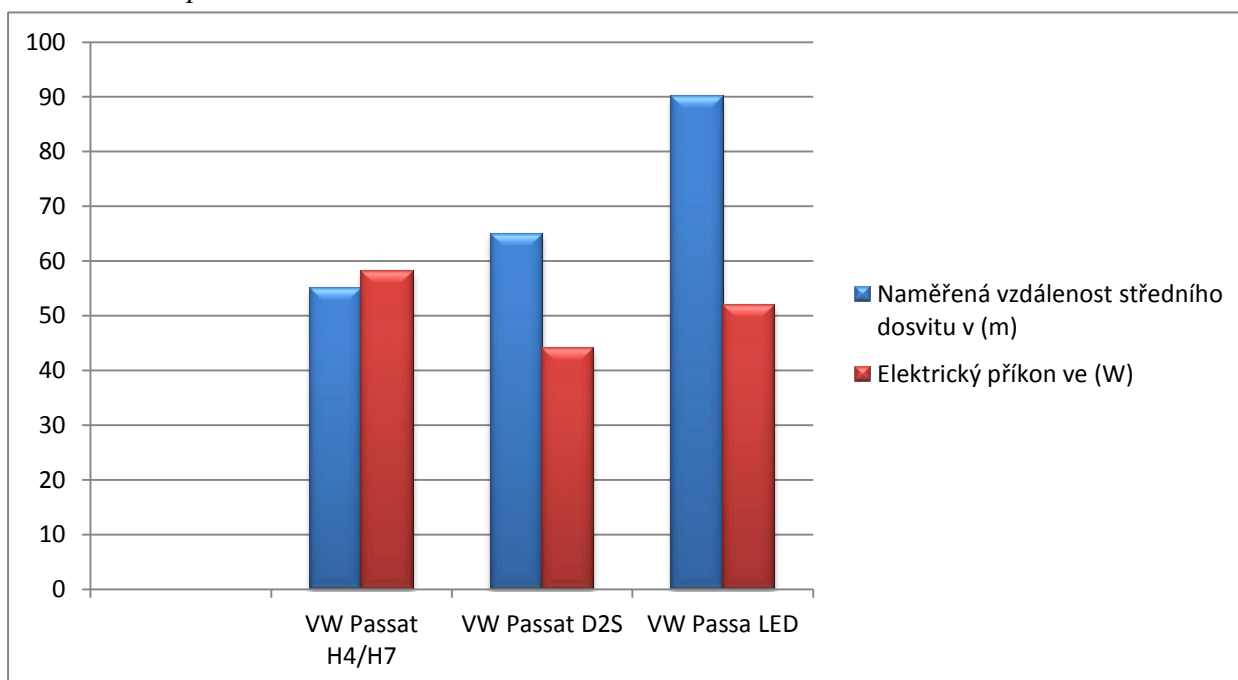
Tab. č. 5 Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů světlometů VW Passat u potkávacích světel

Vozidlo	Výška světlometu (cm)	Předepsaný svislý sklon světlometu výrobcem (%)	Naměřená vzdálenost středního dosvitu v (m)	Elektrický příkon ve (W)
VW Passat H4/H7	64	1	55	58
VW Passat D2S	64	1	65	44
VW Passa LED	67	1	100	52

Zdroj: Autor

Z grafu č. 5 je znatelné, že v režimu potkávacích světel měřené typy světelných zdrojů u světlometů vykazují rozdílný elektrický příkon a světelný dosvit, přičemž nejlepší hodnoty má LED. Měření je rovněž závislé na přesnosti pozice vozidla a čistotě čirého krytu světlometu.

Graf. č. 5 Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů vzdálenosti dosvitu potkávacích světel a elektrického příkonu světlometů VW Passat



Zdroj: Autor

Halogenová lampa

Pro test byla zvolena lampa VW Passat 3B5 (obr. č. 41), kde je pro tlumená světla použita žárovka H4 a pro dálková H7. Velmi slabé výkony prokázala žárovka v osvětlenosti kolmo ke středu před vozidlem ve vzdálenosti 55 metrů, kde nemůže konkurovat xenonům a zejména LED. Tam, kde diodový světlomet měl 40 lx a xenon přes 5 lx, vydávaly halogeny jen 2 lx.

Velkou nevýhodou žárovek je velký proudový odběr. Energie vložená do žárovek se nepromění tak účinně jako u dalších systémů. Vzhledem k tomu, že pro dálkové světlometry je v tomto případě nutné použít ještě další doplňkovou žárovku, se odběr zvýší až na 58 W. Zato xenonová výbojka pracuje v režimu tlumeného světla úsporně, při přidání dálkového světlometu se zapojí žárovka H7. Zajímavostí je údaj o dosvitu halogenových světlometů při dálkovém režimu, který dosahuje do vzdálenosti 120 metrů a přesahuje xenony se 115 m (naměřeno staticky na střední hodnotu 2 lx). Rozptýlené světlo žárovky v takové vzdálenosti nedosahuje příliš využitelné intenzity. Oproti tomu je velkou nevýhodou úzká šíře rozptýleného světla do stran. Ukazuje se větší výhoda u xenonů, které rozjasní širší plochu před vozem a do obou krajnic.

Další výhody: cena, snadnost obsluhy, vyměnitelnost žárovky.

Nevýhody: vysoký příkon proudu, nízký výkon.

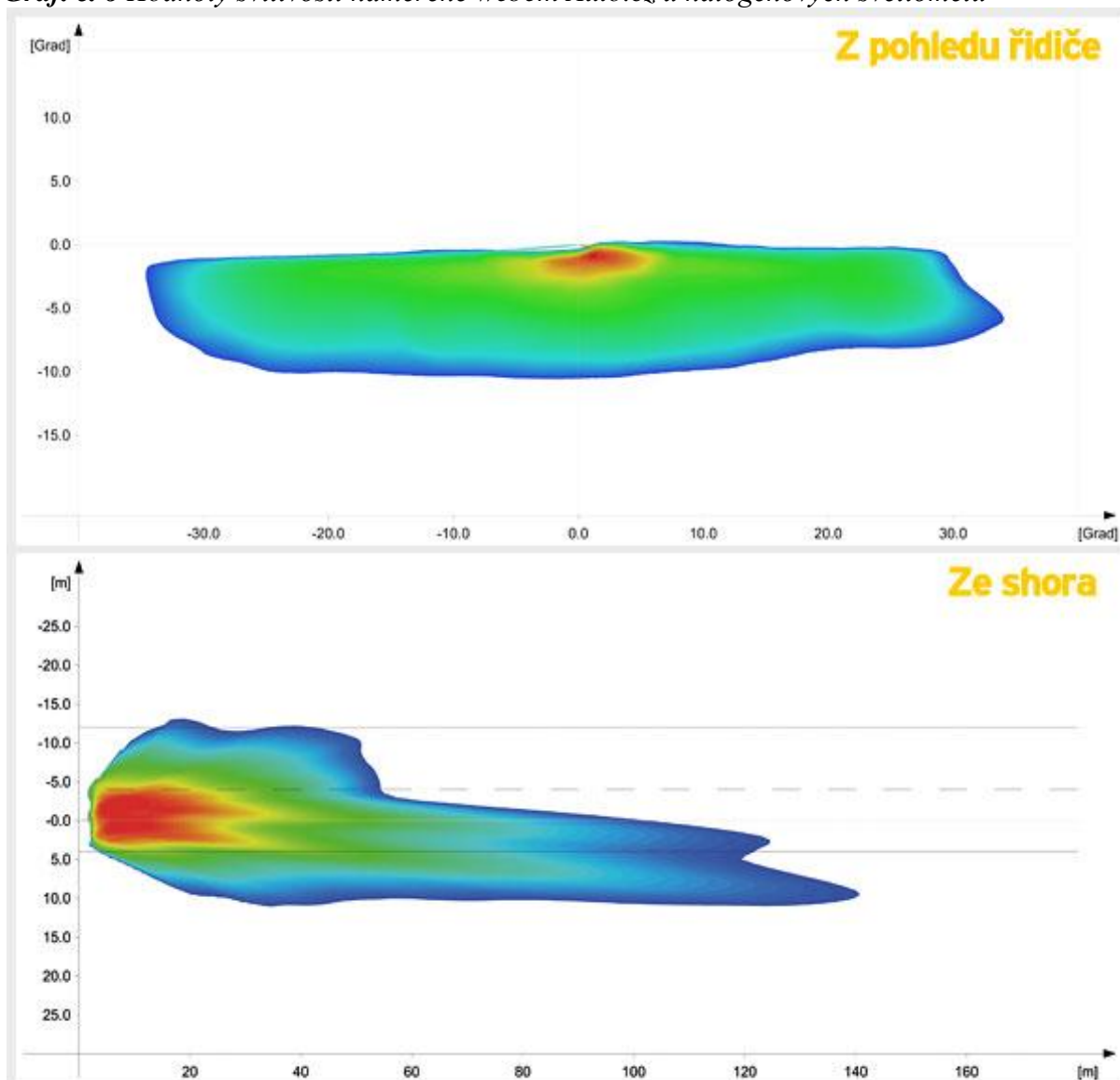
Obr. č.41 Měření vzdálenosti dosvitu pomocí Luxmetru u VW Passat 3B3



Zdroj: Autor

Na grafu č. 6 je znázorněn světelný rozsah u halogenového světlometu z pohledu řidiče, od levého k pravému okraji, a pohled ze shora na průběh a vzdálenost světelného paprsku. Toto měření na vozidle Peugeot 308 v laboratorních podmínkách provedl časopis Svět motorů v spolupráci s webem Auto.cz.

Graf. č. 6 Hodnoty svítivosti naměřené webem Auto.cz u halogenových světlometů



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy

Z grafu č. 6 vyplývá, že naměřený dosvit u halogenových světlometů v laboratorních podmínkách na pravém středu vozovky je 100 m, oproti měření provedeném autorem, které bylo 55 m. Hranice vzdálenosti dosvitu byla stanovena na staticky naměřenou hodnotu 1 lx, kolmo ke středu vozidla.

Xenonové světlometry

Proti halogenovým lampám jsou xenony účinnější. Výbojky u VW Passat 3B6 jsou plněny xenonem a světlo vyzařováno obloukem mezi elektrodami. Jejich výhodou je široký

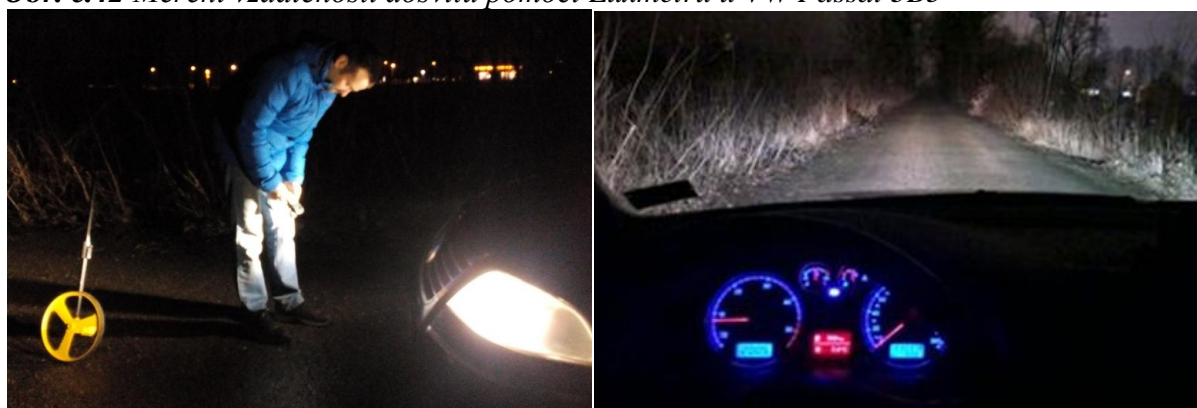
paprsek světla, který osvětluje celou plochu před vozem. Ve vzdálenosti 50 metrů od vozidla svítily intenzitou 6 lx, zatímco žárovky přes 4 lx a LED dokonce 55 lx (obr. č. 42).

Výhodou xenonů je nízký odběr proudu. Xenonové lampy mají i nevýhody. Kvůli ostrému ohraničení to může být třeba menší dosvit na dálková světla než u klasické žárovky. Další nevýhodou je drahý servis. Cena náhradních výbojek sice klesla na přijatelnou cenu (od 1100 Kč), přesto náklady jsou stále vysoké v porovnání s halogenovými žárovkami. Musí se pokaždé měnit obě výbojky najednou, z důvodu stejného výkonu. Cenu xenonového systému také zvyšují povinné prvky, jako je automatická výšková regulace kvůli oslnění aut v protisměru a ostřikovače světlometů.

Výhody: větší výkon než halogenové světlometry, nižší příkon, výbojka má delší životnost než halogenová žárovka.

Nevýhody: vyšší pořizovací náklady díky ostřikovačům a automatickému vyrovnávání výšky, náročná výměna výbojky zvyšuje náklady na servis, rtuť ve výbojce je nebezpečná pro životní prostředí. Xenonové světlometry jsou často předmětem odcizení.

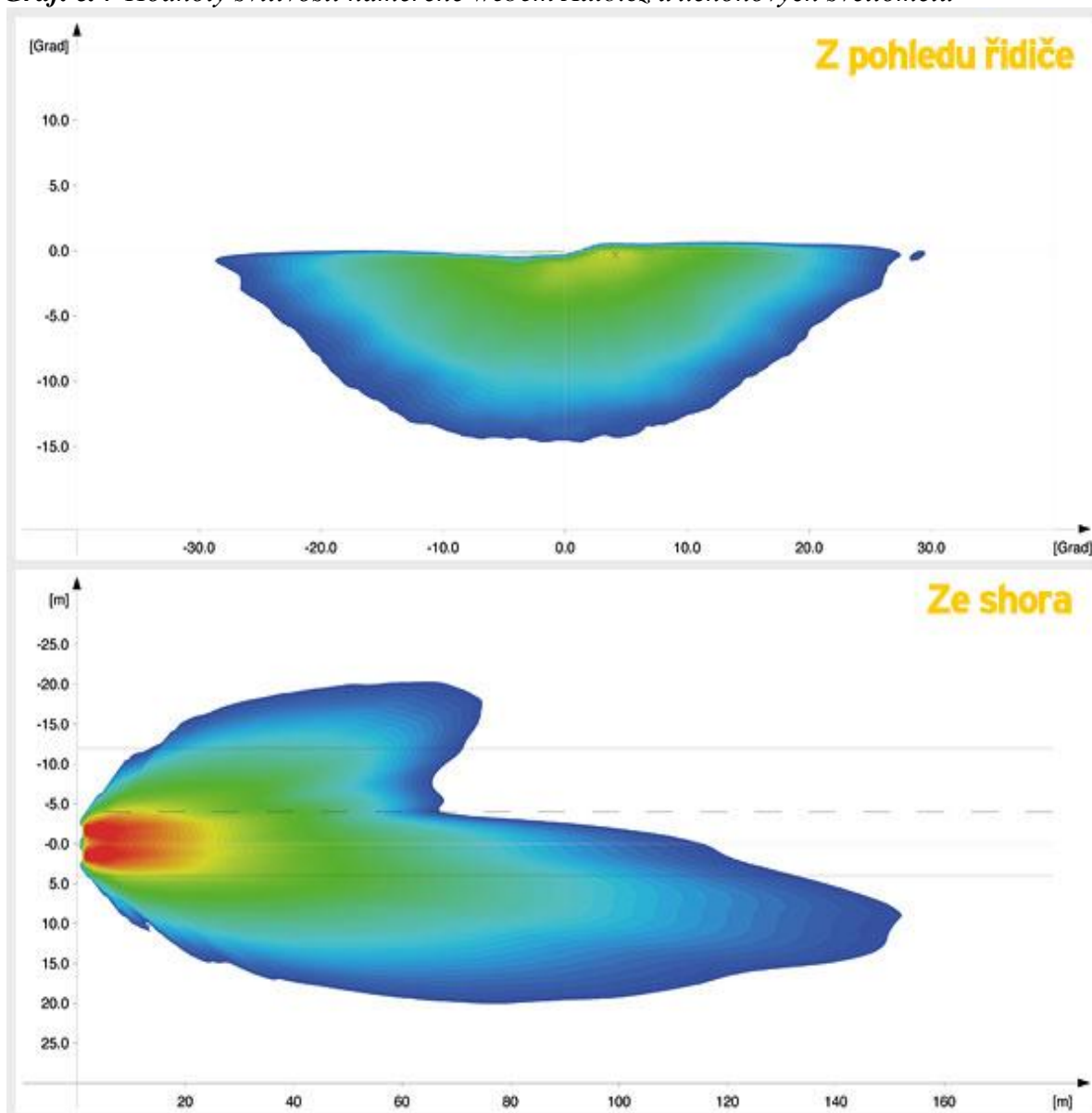
Obr. č.42 Měření vzdálenosti dosvitu pomocí Luxmetru u VW Passat 3B5



Zdroj: Autor

Na grafu č. 7 je vidět světelný rozsah u xenonového světlometu z pohledu řidiče od levého k pravému okraji, a pohled ze shora na průběh a vzdálenost světelného paprsku. Toto měření v laboratorních podmínkách provedl na vozidle značky Škoda Octavia III časopis Svět motorů ve spolupráci s webem Auto.cz.

Graf. č. 7 Hodnoty svítivosti naměřené webem Auto.cz u xenonových světlometů



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy

Z grafu č. 7 vyplývá, že naměřený dosvit u xenonových světlometů v laboratorních podmínkách na pravém středu vozovky je 115 m, oproti měření provedeném autorem, jehož výsledek byl 65 m. Hranice vzdálenosti dosvitu byla stanovena na staticky naměřenou hodnotu 1 lx, kolmo ke středu vozidla.

Diodové světlometry

U VW Passat poslední generace nahrazují xenonové výbojky účinnější LED diody, na druhé straně jsou nejdražší a výrobně nejnákladnější. LED je jednoduchá polovodičová součástka, která má asi desetkrát větší účinnost než žárovka. LED světlomet dosahuje

dobrych výkonových parametrů nejen na vzdálenost dosvitu, ale i osvětlením pravé krajnice (graf č. 8). Při měření dosvitu světlometů v režimu potkávacích světel je LED v porovnání s halogenovým o polovinu a xenonovým o třetinu výkonnější (obr. č. 43).

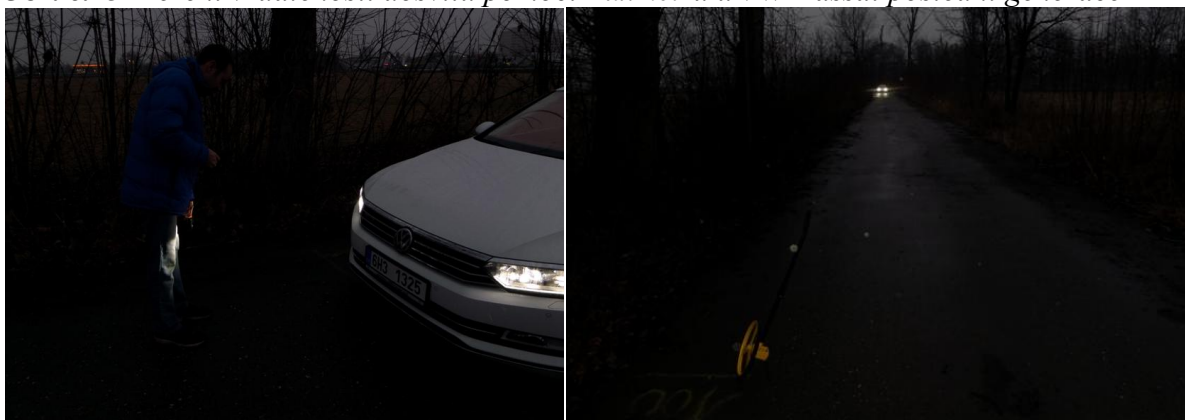
Na rozdíl od jiných světelných zdrojů je LED dioda náročná na odvod přebytečného tepla, ale také na výrobní proces, při kterém se používá kamera s přesností na 0,1 milimetru.

LED světlometry se začínají používat i u aut nižších tříd, kde se osazují jednoduchými LED moduly. Jsou k vidění na novém Peugeotu 308, ale jsou omezeny na výkonu, a proto postačí pasivní chlazení. Nemusí se osazovat ventilátorem a díky tomu jsou lacinější.

Výhody: svítí lépe než xenon a mnohem více než halogen, vyzařují bílé světlo blíží se dennímu, osvětlení na celou životnost vozu a nevyžadující údržbu. LED technologie umožňuje mnohem větší adaptivitu.

Nevýhody: nutné chlazení, výkon diody je velký, a proto se zahřívá, vnitřek paraboly musí být ochlazován ventilátory. To má vliv i na příkon, který může být vyšší než u xenonů. Pořizovací cena je vysoká a přesahuje částku 30 000 Kč na jeden reflektor.

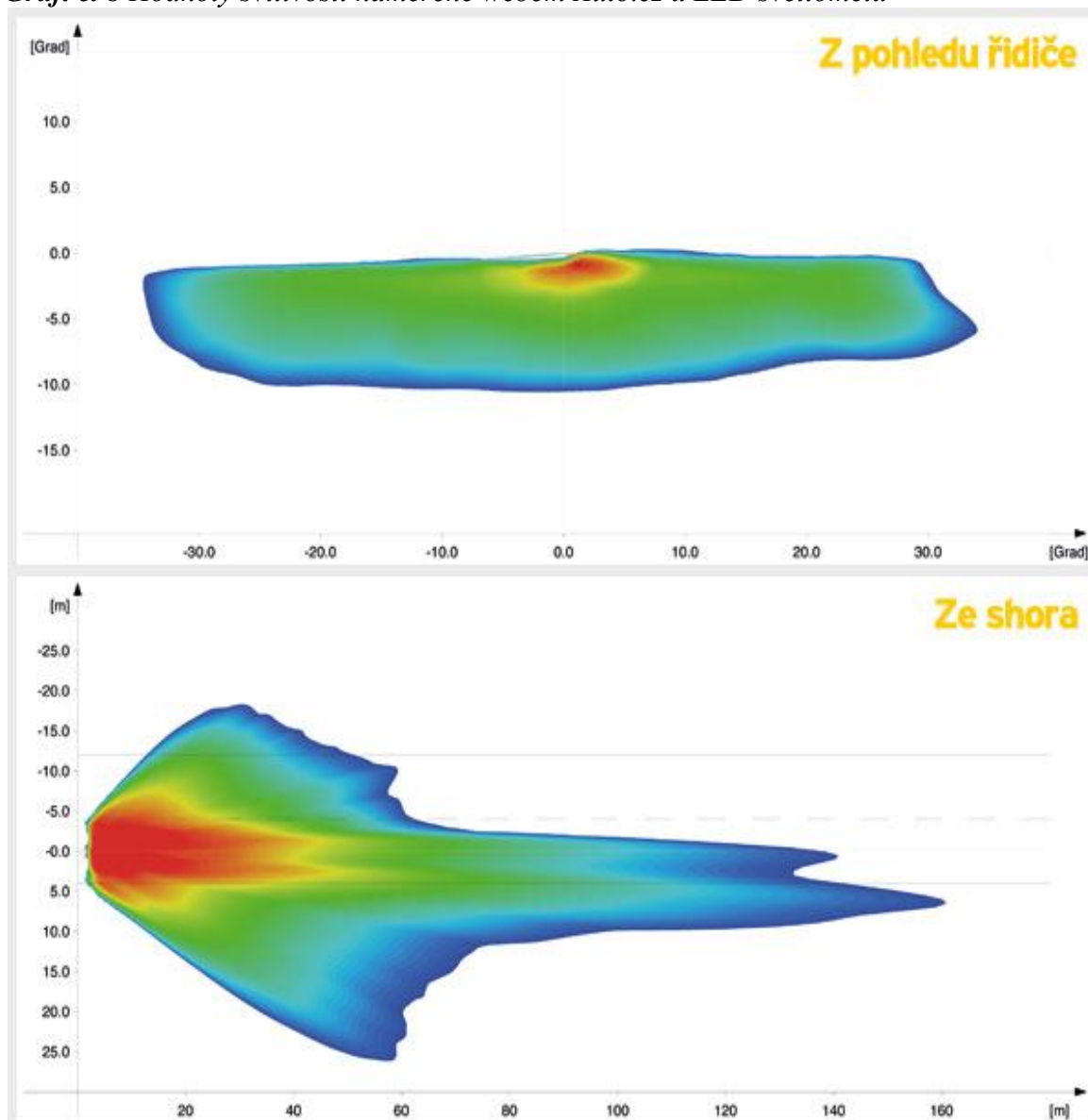
Obr. č.43 Měření vzdálenosti dosvitu pomocí Luxmetru u VW Passat poslední generace



Zdroj: Autor

Na grafu č. 8 je vyznačen světelný rozsah u LED světlometu z pohledu řidiče od levého k pravému okraji a pohled ze shora na průběh a vzdálenost světelného paprsku. Toto měření v laboratorních podmínkách provedl na vozidle značky Mercedes třídy C časopis Svět motorů ve spolupráci s webem Auto.cz.

Graf. č. 8 Hodnoty svítivosti naměřené webem Auto.cz u LED světlometů



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy

Z grafu č. 8 vyplývá, že naměřený dosvit u LED světlometů v laboratorních podmínkách na pravém středu vozovky je 140 m, oproti měření autora, které bylo 100 m. Hranice vzdálenosti dosvitu byla stanovena na staticky naměřenou hodnotu 1 lx, kolmo ke středu vozidla.

6. Hlavní světlomet - budoucnost

V centru pozornosti výrobců automobilů a autožárovek je nyní snížení příkonu a prodloužení životnosti osvětlení. Každý ušetřený watt znamená pokrok, protože přinese i snížení spotřeby paliva. V současné době se výrobně levné, lehké a úsporné diody rychle stávají standardem a pronikají do nižších automobilových tříd. Současně však nastávají první problémy, kdy přes mnohdy extrémní výši příplatků zatím nedosahují výkonů mnohem levnějších xenonů a jejich životnost často bývá omezená, přestože zpravidla selhává obslužná elektronika a nikoliv samotné diody. Jaký bude další vývoj zatím není jasné, něco naznačují nejnovější zkoušky s laserem firmy BMW a Audi. [11]

Kdo přijde s touto novinkou jako první, bude mít nespornou výhodu odlišit se od ostatních. Je možné, že v blízké době při představení nového BMW i8 bude toto vozidlo vybaveno jako první na světě laserovými světlometry. Hlavní výhodou laserového světlometu je mnohem větší dosvit dálkových světlometů než u stávajících (údajně až 450 m). Další výhodou je minimální náročnost na prostor pro zástavbu do předě vozů.

Dnešní automobily musí nabídnout řidičům dokonalou viditelnost za všech okolností, ve dne nebo v noci. Proto firma Valeo vytvořila vývojové centrum Business Group, které vyvíjí inovativní, vysoce výkonné systémy, které by splňovaly potřeby řidiče, a to jak v manuálním, tak v budoucnu v automatickém režimu. Tyto systémy jsou optimalizovány z hlediska hmotnosti, velikosti a spotřeby energie a tím přispějí ke snížení emisí produkovaných vozidlem. Od roku 2014 LED technologie upevnila svůj mezinárodní úspěch ve vnějším i interiérovém osvětlení, a to jak v palubních kontrolních systémech, tak i vnějších osvětlovacích systémech vozidel a populárních modulech hlavních světlometů. Hlavním vývojovým trendem firmy Valeo je model světlometu s Bi-LED modulem, které se nyní montují do automobilů značek BMW a Ford a dalších, vyráběných v Číně. Tyto moduly patří k technologii automaticky řízených neoslňujících systémů a v současné době se rozšiřují do nabídky dalších evropských automobilek. [12]

Automobilka BMW ve spolupráci s výrobcí světlometů rovněž vyvíjí laserový světlomet. Ten je při aktivovaném dálkovém režimu schopen osvětlit silnici do vzdálenosti až 600 metrů, což je oproti dálkovým světelným složeným ze světelných diod dvojnásobek. Spotřeba energie je při použití laseru o 30 procent nižší. [13]

Obr. č.44 Porovnání LED dosvitu světlometů v potkávacím a dálkovém režimu nalevo a uprostřed, s laserovými světlometry napravo



Zdroj: [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.autoinform.co.uk>

7. ZÁVĚR

Rozdíly mezi parametry světlometů se ukázaly větší, než bylo předpokládáno. Při měření dosvitu světlometů v režimu potkávacích světel je LED v porovnání s halogenem o polovinu a s xenonem o třetinu výkonnější. LED světlomet dosahuje dobrých výkonových hodnot nejen na vzdálenost dosvitu, ale i osvětlením celé širě vozovky.

Z naměřených hodnot statickou metodou je zřejmý rozdíl dosvitu měřených světlometů. Je prokázáno, že LED světlometry, které nahrazují již propracovaný systém bi-xenonových světlometů, přispívají k větší bezpečnosti jízdy a jsou výkonově lepší a doživotně použitelné, ale u testovaného typu koncernu VW za příplatkovou cenu.

Předpokládalo se, že halogenové světlometry jsou překonané. Stále jsou však v základní nabídce automobilek a budou se ještě dlouhou dobu ve většině aut objevovat, protože jsou proti ostatním systémům o mnoho levnější, i když nedosahují tak dobrých vlastností jako LED a xenonové světlometry. Úplně bez výhrad nejsou ani údajně bezúdržbové LED světlometry. Při testu bylo zjištěno, z kolika mechanických funkčních prvků a drobných součástí, vzájemně na sobě závislých, se skládají. Vznikají tím pochybnosti o jejich doživotní funkčnosti. Vše ukáže praxe a průběh doby provozu.

Nabízí se otázka, jaký vliv má příplatková cena výbavy na rozhodování řidiče při pořizování automobilu vybaveného technologií LED světlometů, které významně přispívají k bezpečnosti silničního provozu. Prokazatelně ze zjištěných hodnot statického měření u vozidel několika generací VW Passat má vývoj světlometů a světelných zdrojů pozitivní vliv na osvětlenou plochu před vozidlem za snížené viditelnosti. V důsledku toho má řidič vozidla lepší rozhled, a tím je jízda bezpečnější.

Ze zjištěných informací lze udělat závěr, že vývoj světelných zdrojů a světlometů bude směřovat ke zdokonalení výkonových parametrů a snižování jejich hmotnosti a zabíraného prostoru. Návrhem dalšího řešení je nabízet technologii LED v základní výbavě vozidla a dále sledovat problematiku osvětlovací techniky moderních vozidel a zabývat se výkonovými parametry dříve používaných světlometů za dynamických podmínek a následné porovnání s výsledky statického měření.

S neustálým vývojem osvětlovací techniky a množstvím nových vozidel je nutno tuto problematiku nadále zkoumat, upravovat předpisy, a samozřejmě také sbírat a vyhodnocovat výsledky, v zájmu zvyšování úrovně bezpečnosti silničního provozu.

8. Použitá literatura

- [1] *Technické podmínky provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích: (informační sborník) : zákon č. 38/1995 Sb., vyhláška č. 102/1995 Sb., anotace předpisů EHK OSN : [stav k 1.1.1996]. Vyd. 1. Praha: Kodex, 1996.*
- [2] *Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (Zákon o silničním provozu). Vyd. 15. Praha: Armex, 2015. Edice kapesních zákonů. ISBN 978-80-87451-37-3.*
- [3] *Technické podmínky provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích: (informační sborník) : zákon č. 38/1995 Sb., vyhláška č. 102/1995 Sb., anotace předpisů EHK OSN : [stav k 1.1.1996]. Vyd. 1. Praha: Kodex, 1996.*
- [4] [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: http://www.auto.cz/historie-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni-od-svicky-k-laseru79316?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy
- [5] [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf
- [6] [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.osram.cz/osram_cz/novinky-a-znalosti/led-domov/technicke-informace/zakladni-prehled-led/historie-led/index.jsp
- [7] [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [8] *VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.*
- [9] *ADAC.DE [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: https://www.adac.de/infotestrat/tests/assistenzsysteme/scheinwerfertest_2012/default.aspx*
- [10] [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.spannerhead.com/>
- [11] *Více na http://www.auto.cz/historie-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni-od-svicky-k-laseru-79316?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy*
- [12] *Valeo.com[online]. [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.valeo.com/>*
- [13] *Autoinform.co.uk [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.autoinform.co.uk/the-futures-bright/>*

8.1. Obrázky

Obr. č. 1 Přední světlomety VW Passat nové generace, Zdroj: Autor

Obr. č. 2 Zadní světla VW Passat 3B6, Zdroj: Autor

Obr. č. 3 Osvětlení interiéru, osvětlení palubních přístrojů VW Passat 3B6, Zdroj: Autor

Obr. č. 4 Žárovka 5W 12V nalevo nová napravo začernalá, Zdroj: Autor

Obr. č. 5 Nepoužité žárovky nalevo celoskleněná 5W 12V, uprostřed dvouvláknová žárovka 30W 12V, napravo žárovka 15W 12V zbarvená do oranžova (určená pro blinkry), Zdroj: Autor

Obr. č. 6 „Proces cyklu“ popis: 1. wolframové vlákno, 2. halogenová náplň (jod nebo brom) 3. zhuštění wolframu, 4. navázání částic wolframu na částice halogenu a pohyb zpět k žhavému vláknu, 5. wolframové částice se vrací do vlákna a halogeny se znovu uvolňují [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Obr. č. 7 Nalevo žárovka H7, uprostřed žárovka H3, napravo žárovka H7, Zdroj: Autor

Obr. č. 8 Žárovka H4 s popisem [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Obr. č. 9 Žárovka H15 s popisem Conrad.com [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.conrad.com/ce/en/product/856636/OSRAM-64176-H15-Bulb-PGJ23t-1-12V>

Obr. č. 10 Xenonová výbojka s popisem [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Obr. č. 11 Nalevo xenonová výbojka D1S, uprostřed D2S, napravo D3S

Obr. č. 12 Srovnání mezi halogenovou žárovkou nalevo a xenonovou výbojkou napravo. [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Obr. č. 13 popis technologie LED.[online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.osram.cz/osram_cz/novinky-a-znalosti/led-domov/technicke-informace/zakladni-prehled-led/historie-led/index.jsp

Obr. č. 14 popis LED diody. [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>

Obr. č. 15 vysoce svítivá dioda s popisem konstrukce. [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf](http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf)

Obr. č. 16 klasická LED dioda. [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=405610>

Obr. č. 17 SuperFlux LED[online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=405610>

Obr. č. 18 Surface Mounted Device Dioda. [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z:

<http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=156428>

Obr. č. 19 High Power LED. [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z:

<http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=180916>

Obr. č. 20 Chip On Board LED. [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z:

<http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=181775>

Obr. č. 21 Chlazení světlometu Audi A8. [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z:

Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf

Obr. č. 22 Rozebraný světlomet Škody Octavia 1, Zdroj: Autor

Obr. č. 23 Rozebraný světlomet Fiat Marea, Zdroj: Autor

Obr. č. 24 Snímač úrovně vozidla na přední nápravě pro statickou regulaci dosahu světlometu

(Ford): 1. držák na pravém příčném rameni, 2. Hallův snímač, 3. držák na nápravnici, 4. vedení kabelu. VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Obr. č. 25 Principiální zobrazení dynamické samočinné regulace sklonu světlometů:

1. světlomet, 2. nastavovač, 3. snímač světlé výšky na přední nápravě, 4. vypínač světel (zapnuto/vypnuto), 5. elektronická řídicí jednotka, 6. snímač světlé výšky na zadní nápravě, 7. snímač otáček kola, 8. užitečné zatížení. VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Obr. č. 26 A) Světlo prochází přes hranoly rozptylu světla skrz válcové vzory v objektivu (při pohledu shora): 1. reflektor, 2. světelný zdroj, 3. krycí štít, 4 objektiv. B) Odraz světla na silnici, při pohledu ze strany při potkávacích světlech. [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf

Obr. č. 27 Princip zobrazení optiky projekčního světlometu. VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Obr.č. 28 Systém Litronic v projekčním světlometu: 1. čočka, 2. výbojka, 3. konektor, 4. zapalovací zařízení, 5. řídicí jednotka. VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Obr. č. 29 Bifunkční Litronic „Reflexion“: 1. tlumené světlo, 2. dálkové světlo (Bosch). VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Obr. č. 30 Princip zobrazování světlometu u LED[online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf

Obr. č. 31 Modul dynamického osvětlení systém (AFS.) VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Obr. č. 32 Princip osvětlování komunikace. [online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: Http://www.hella.com/bulbs/assets/media_global/817_Bulbs_Cars_HELLA_EN.pdf

Obr. č. 33 DMD Chip s naklápěcími destičkami. [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.spannerhead.com/>

Obr. č. 34 Koncept programovatelného světlometu. [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.spannerhead.com/>

Obr. č. 35 Světlomet VW Passat 3B5, Zdroj: Autor

Obr. č. 36 Světlomet VW Passat 3B6, Zdroj: Autor

Obr. č. 37 Světlomet VW Passat poslední generac, Zdroj: Autor e

Obr. č. 38 Komunikace pro uskutečnění měření vzdálenosti, měřící kolečko, vyznačovací sprej, Zdroj: Autor

Obr. č. 39 Luxmetr LX 103 LUTRON, Zdroj: Autor

Obr. č. 40 Měření dosvitu dálkových světlometů, Zdroj: Autor

Obr. č. 41 Měření vzdálenosti dosvitu pomocí Luxmetru u VW Passat 3B5, Zdroj: Autor

Obr. č. 42 Měření vzdálenosti dosvitu pomocí Luxmetru u VW Passat 3B6, Zdroj: Autor

Obr. č. 43 Měření vzdálenosti dosvitu pomocí Luxmetru u VW Passat poslední generace, Zdroj: Autor

Obr. č.44 [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.autoinform.co.uk/the-futures-bright/>

8.2. Tabulky

Tab. č. 1 Naměřené hodnoty dosvitu u vozidla VW Passat 3B5, Zdroj: Autor

Tab. č. 2 Naměřené hodnoty dosvitu u vozidla VW Passat 3B6, Zdroj: Autor

Tab. č. 3 Naměřené hodnoty dosvitu u vozidla VW Passat nové generace, Zdroj: Autor

Tab. č. 4 Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů světlometů VW Passat u dálkových světel, Zdroj: Autor

Tab. č. 5 Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů světlometů VW Passat u potkávacích světel, Zdroj: Autor

8.3. Grafy

Graf. č. 1 *Usmrcení chodců dle denní doby od roku 2012 - 2015.* [online]. [cit. 2016-03-07].

Dostupné z: [Http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx](http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx)

Graf. č. 2 *Vývoj počtu nehod a jejich následků, Česká republika, od roku 1961 - 2015.*

[online]. [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: [Http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx](http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx)

Graf. č. 3 *Naměřené hodnoty dosvitu u tří generací VW Passat, Zdroj: Autor*

Graf. č. 4 *Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů vzdálenosti dosvitu dálkových světel a elektrického příkonu světlometů VW Passat, Zdroj: Autor*

Graf. č. 5 *Naměřené a zjištěné hodnoty parametrů vzdálenosti dosvitu potkávacích světel a elektrického příkonu světlometů VW Passat, Zdroj: Autor*

Graf. č. 6 *Hodnoty svítivosti naměřené webem Auto.cz u halogenových světlometů.* [online].

[cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy

Graf. č. 7 *Hodnoty svítivosti naměřené webem Auto.cz u xenonových světlometů.* [online].

[cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy

Graf. č. 8 *Hodnoty svítivosti naměřené webem Auto.cz u LED světlometů.* [online].

[cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.auto.cz/halogen-vs-xenon-diody-zarovky-jeste-nevymrely-80531?utm_source=auto.cz&utm_medium=copy