

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

## ANALÝZA A INOVACE SYSTÉMŮ OSVĚTLENÍ VOZIDEL

ANALYSIS AND INNOVATION SYSTEMS OF VEHICLE LIGHTING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

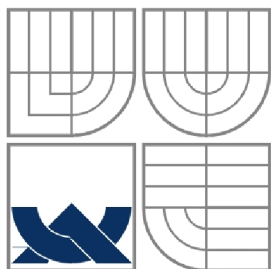
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

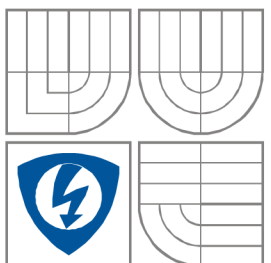
Ondřej Straka

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A  
KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY  
A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
ENGINEERING

## ANALÝZA A INOVACE SYSTÉMŮ OSVĚTLENÍ VOZIDEL

ANALYSIS AND INNOVATION SYSTEMS OF VEHICLE LIGHTING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Straka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

**Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

**Student:** Ondřej Straka

**ID:** 106794

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2010/2011

**NÁZEV TÉMATU:**

## **Analýza a inovace systémů osvětlení vozidel**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Popište stručně systémy osvětlení vozidel a jejich vývoj.
2. Posudte možnosti inovace (modernizace) hlavních světel vozidla se zaměřením na systémy pro vidění za ztížených podmínek.
3. Navrhněte způsob praktického využití ve cvičeních z předmětu BAEB.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Dle pokynů vedoucího

**Termín zadání:** 23.9.2010

**Termín odevzdání:** 30.5.2011

**Vedoucí práce:** prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

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

## **Abstrakt**

Předmětem této bakalářské práce je popsání základních zdrojů světla a vypracování rešerše základních a moderních způsobů osvětlování. Práce obsahuje rozdělení svítidel, projekčních systémů a možnosti zvýšení bezpečnosti na silnicích použitím moderních systémů usnadňující pohyb i za ztížených podmínek. Jsou zde také popsány systémy usnadňující viditelnost v nočních hodinách a způsoby realizace všech těchto systémů.

## **Abstract**

Subject bachelors thesis is diagnosis primary objective luminosity plus elaboration background research primary objective plus modern waies lighting. Work includes indicative allocation light fitting, systems plus possibilities increasing safeness on roads by using modern systems facilitating movement and behind handicap. Are here also circumscribed systems facilitating visibility in night o'clock plus manners realization of all these systems.

## **Bibliografická citace mé práce:**

STRAKA, O. *Analýza a inovace systémů osvětlení vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. XY s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Analýza a inovace systémů osvětlení vozidel jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a to s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne .....

Podpis autora .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

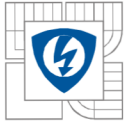
V Brně dne .....

Podpis autora .....



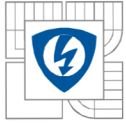
## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	7
Seznam obrázků: .....	8
1 Rozdělení a popis druhů.....	11
2 Základní pojmy v osvětlení.....	12
2.1 Světlo .....	12
2.2 Zdroje světelného toku .....	14
2.2.1 Patice žárovek .....	14
2.2.2 Konvenční žárovka.....	15
2.2.3 Halogenové žárovky.....	16
2.2.4 Výbojky .....	18
2.2.5 LED (Light Emitting Diode) .....	22
3 Konvenční světlomety .....	24
3.1 Hlavní světlomet.....	24
3.2 Parabolické světlomety .....	26
3.3 Elipsoidní světlomety .....	27
3.4 Fazetové a free-form systémy – reflektorová optika (FF).....	29
3.5 Kombinované světlomety .....	29
3.6 Světla pro denní svícení.....	30
3.7 Projekční světlomet Litronic .....	32
3.8 Pixelové světlomety.....	33
3.9 Adaptivní světlomety AFS ( Adaptive Frontlighting System ) .....	34
3.9.1 Statické adaptivní světlomety.....	36
3.9.2 Dynamické adaptivní světlomety .....	37
3.10 AFL (Adaptive Forward Lighting) .....	38
5 Systémy pro noční vidění.....	39
5.1 Aktivní technologie – NIR (Near Infra-Red) .....	39
5.2 Pasivní technologie FIR (Far Infra-Red).....	40
5.3 Porovnání technologie NIR a FIR .....	42
5.4 Doplnkové osvětlovací systémy pro osobní automobily.....	43



---

5.4.1	Uvítací světlo (Welcome light) .....	43
5.4.2	Funkce “Follow me home“ (Doprovod’ mě domů).....	43
5.4.3	Adaptivní dálniční osvětlení.....	43
5.4.4	Odbočovací světla .....	43
5.4.5	HUD Display.....	44
6	Návrh úlohy do BAEB.....	45
7	Použitá literatura: .....	48
8	Závěr: .....	47

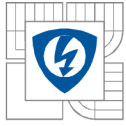


## Seznam použitých symbolů a zkratk

LED	Light Emitting Diode
FF	Free Form
ČR	Česká republika
AFS	Advanced Front Lighting System
AFL	Adaptive Forward Lighting
BMW	Bayerische Motoren Werke
HUD	Head-Up Display
NIR	Near Infra-Red
FIR	Far Infra-Red
ACL	Automatic Lighting Control

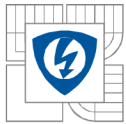
Světelný tok	$\Phi$	[lm] - lumen
Osvětlení	E	[lx] - lux
Svitivost	I	[cd]- kandela





## Seznam obrázků:

OBR. 1: SVĚTELNÝ TOK [27]	13
OBR.2: GRAFICKÉ VYSVĚTLENÍ OSVĚTLENÍ [27]	13
OBR.3: GRAFICKÉ VYSVĚTLENÍ SVÍTIVOSTI [27]	13
OBR.4: TEPLoty CHROMATIČNOSTI [6]	14
OBR.5: MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ KONVENČNÍCH ŽÁROVEK	15
OBR.6: NÁČRT KONVENČNÍ ŽÁROVKY [7]	16
OBR.7: NÁČRT HALOGENOVÉ ŽÁROVKY [7]	17
OBR. 8: NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ HALOGENOVÉ ŽÁROVKY ZLEVA H1, H3, H4, H7 [9]	18
OBR.9: SCHÉMA XENONOVÉ VÝBOJKY D2S [8]	19
OBR.10: NÁČRTY VÝBOJEK D2S D2R [10]	19
OBR.11: SCHEMA ZAPOJENÍ STARTOVACÍHO A REGULAČNÍHO OBVODU VÝBOJKY [29]	20
OBR.12: POROVNÁNÍ HALOGENOVÉ ŽÁROVKY (VLEVO) A XENONOVÉ VÝBOJKY (VPRAVO) [6]	20
OBR.13: ZAPOJENÍ REGULÁTORU POLOHY SVĚTLOMETŮ (VLEVO), NAKLÁNĚNÍ NÁPRAVY (VPRAVO)	21
OBR.14: ROZPIS POZICÍ SENZORŮ REGULACI SKOLNU SVĚTLOMETŮ [3]	21
OBR. 15: KONCEPT POUŽITÍ LED DIOD SCHEMA (VLEVO), REÁLNÝ SVĚTLOMET (VLEVO) [11]	23
OBR. 16: LUXEON K2 LED DIODA [32]	23
OBR. 18: TVARY ELEMENTŮ NA KRYCÍM SKLE SVĚTLOMETU [7]	25
OBR. 19: ODRAZY PAPRSKŮ VZHEDEM K ELEMENTŮM NA KRYCÍM SKLE SVĚTLOMETU [7]	25
OBR. 20: SCHEMA PARABOLICKÉHO (VLEVO) A SKUTEČNÉHO SVĚTLOMETU S OPTIKOU NA SKLE [13]	26
OBR. 21: SCHEMA PRINCIPU PROJEKČNÍCH SYSTÉMŮ [14]	27
OBR.22: ROZPAD BI-XENONOVÉ SVĚTLOMETU [16]	28
OBR.23: POROVNÁNÍ XENONOVÉHO A BI-XENONOVÉHO SYSTÉMU [15]	28
OBR.24: SCHEMA FAZETOVÉHO REFLEKTORU A REÁLNÉHO FREE-FORM SVĚTLOMETU	29
OBR.25: DENNÍ SVÍCENÍ NA AUTOMOBILU ŠKODA [19]	31
OBR.26: TEORIE DENNÍ SVÍCENÍ [19]	31
OBR.27: LITRONIC [29]	32
OBR.28: UKÁZKA NASTAVOVÁNÍ TLUMENÝCH A DÁLKOVÝCH SVĚTEL REFLEXNÍ [29]	32
OBR.29: UKÁZKA NASTAVOVÁNÍ TLUMENÝCH A DÁLKOVÝCH SVĚTEL REFLEXNÍ [29]	33
OBR.30: ULOŽENÍ SYSTÉMU LITRONIC [29]	33
OBR.31: UKÁZKA PITELOVÝCH ZRCADEL (VLEVO) UKÁZKY SAMOTNÉHO DMD PROCESORU (VPRAVO) [31]	34
OBR.32: UKÁZKA AFS SYSTÉMŮ S NĚKOLIKA REŽIMY [14]	35
OBR.33: FUNKCE „CORNER“ ZABUDOVANÁ DO MLHOVÉHO SVĚTLOMETU ŠKODA [19]	36
OBR.34: UKÁZKA VELIKOSTI OSVĚTENÍ [19]	37
OBR.35: NATÁČENÍ DYNAMICKÉHO SYSTÉMU [14]	37
OBR.36: MODUL AFL MODELU OPEL INSIGNIA [30]	38
OBR.37: UKÁZKA VYBRANÝCH REŽIMŮ Z AFL MODULU [30]	39
OBR.38: SCHEMA PRINCIPU TECHNOLOGIE NIR [22]	40
OBR.39: POHLED NA NIR OBRAZOVKU [22]	40
OBR.40: ADAPTABILNÍ PŘÍZPŮSOBENÍ KAMERY [20]	41
OBR.41: UKÁZKA NOČNÍHO VIDĚNÍ PODLE TECHNOLOGIE FIR [23]	42



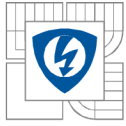
OBR.42: HUD OBRAZ [31]	44
OBR.43 MOŽNÉ ROZLOŽENÍ PROTŘEBNÝCH PRVŮ HUD [31]	45

## 1 Historie osvětlení

Je to více jak 100 let co se začali osvětlovat vozy tažené koňmi osvětlovat svíčkami, které později vystřídali acetylenové a olejové lampy. Pro svoji malou bezpečnost při používání byly v těchto letech vybaveny kola a malé vozy karbidovými lampami, které měli výborné vlastnosti pro osvětlení velkých prostor a ploch. V roce 1920 byly poprvé použity u automobilů jednoduché elektrické systémy osvětlení, poháněné dynamem. Tento systém byl použit ve 30. letech pro návrh prvního projekčního systému. V 50. letech byla zavedena norma na osvětlení vozidel a o 10 let později byla zvýšena napěťová úroveň na 12 V, která jako každá nově zavedená změna, měla řadu odpůrců, ovšem jejich odpor neměl dlouhého trvání. V 80. letech byly vyměněny reflektorové žárovky za halogenové žárovky, které byly jedny z nejpoužívanějších osvětlovacích systémů vozidel. Svoje použití měli, až do roku 1990, kdy jim konkurenci udělali xenonové osvětlovací systémy. [1]

### Historie vývoje světlometu v číslech:

- 1896:** vyrobeny první automobily vybavené acetylenovými nebo olejovými hlavními světlometry, acetylenové lampy byly populárnější, protože jejich plamen lépe odolával dešti a větru
- 1898:** první elektrický světlomet v automobilu představila firma Columbia AutomobileCompany, v té době však byly acetylenové a olejové lampy považovány za lepší
- 1913:** firma BOSCH uvádí na trh první úspěšný elektrický světlomet
- 1924:** objeven Bilux, Bilux byla první žárovka umožňující klopené a dálkové světlo
- 1962:** evropští výrobci světlometů představují halogenovou žárovku pro osobní automobily
- 1991:** automobilka BMW představuje první xenonové světlometry, zatím pouze s jednoduchou výbojkou (Litronic)
- 1999:** bi-xenonové světlometry, tlumená i dálková světla obstarává jedna výbojka
- 2007:** představen hlavní světlomet kompletně tvořený LED diodami [2]



## 2 Rozdělení a popis druhů

### Podle směru působení světla:

Vnější

Vnitřní

### Podle účelu

Návěstní světla

mezi ně patří obrysová, koncová, brzdová a směrová světla. Světlo vychází ze svítilen, které upozorňují na brzdění, změnu směru jízdy, obrys automobilu apod.

Osvětlovací světla

Patří zde dálková, tlumená a světla do mlhy. Světlo vychází ze světlometů určených k osvětlení prostoru před vozidlem

### Podle vzájemného uspořádání prvků:

samostatná

samostatný zdroj světla, samostatná výstupní plocha, samostatné pouzdro

sdužená

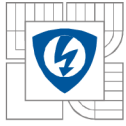
společný zdroj světla, společné pouzdro, samostatné výstupní plochy

sloučená

samostatné světelné zdroje nebo společný světelný zdroj pracující za rozdílných světelných podmínkách, společná výstupní plocha, společné pouzdro

skupinová

samostatný světelný zdroj, společné pouzdro, samostatné krycí skla



### Podle typu světelného zařízení:

světlomety

systém je tvořen zdrojem spojeným s optickou soustavou vrhající soustavu paprsků světelného toku před přední část automobilu. Jejich výkon se pohybuje okolo 55W

svítílny

zdroje světla s výkonem v jednotkách wattů, zde patří všechna světla kromě světlometů, mohou být usměrněné i neusměrněné toky světla

odrazky

tento pasivní systém je tvořen odrazovými skly, které mají předepsané vlastnosti při působení cizího zdroje světla.

### Hlavní části svítidla:

světelný zdroj

prvky, které vyzařují světlo (žárovka, výbojka, LED dioda apod.)

optický systém

systém usměrňující světelný zdroj, skládá se z odrážející plochy a průsvitného krytu tvořenou systémem útvarů, které určují rozložení výstupního toku světla

pouzdro

ochranný obal okolo zdroje a optické soustavy

[3]

## 3 Základní pojmy v osvětlení

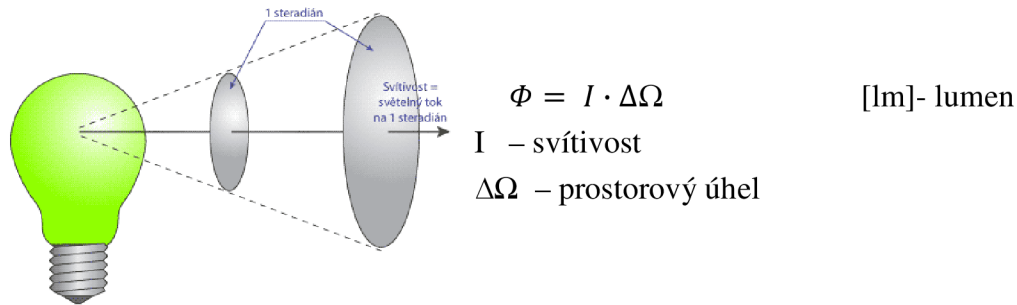
### 3.1 Světlo

Světlo je elektromagnetické záření, pohybující se mezi 400 – 750 nm vlnové délky. Vlnové délky pohybující se mezi ultrafialovým a infračerveným zářením. Každá vlnová délka je okem vnímána charakteristickým zbarvením chromatičnosti. Spektrum je tvořeno červeným světlem s nejdelší vlnovou délkou až po fialovou s nejkratší vlnovou délkou.

[4]

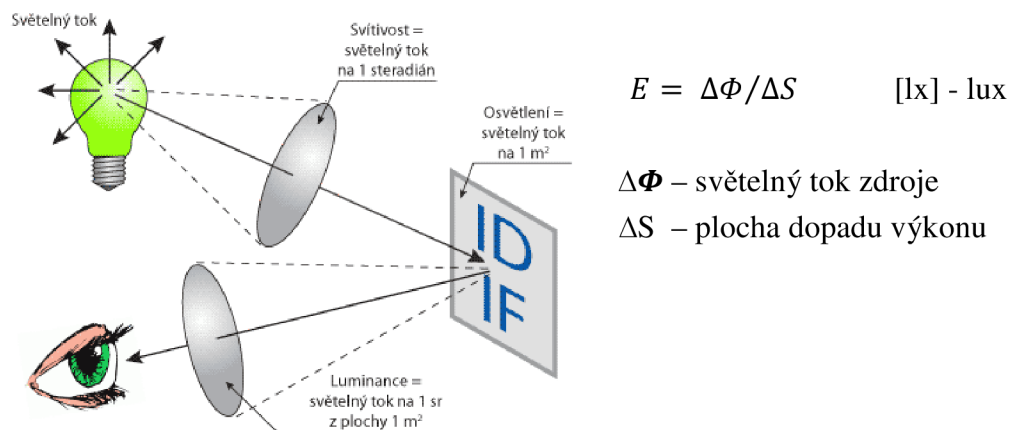
**Vlastnosti světla se popisují:**

**Světelný tok  $\Phi$**  - vyjadřuje světelný výkon vztažený k citlivosti lidského oka, působící určitým směrem ve zvoleném prostorovém úhlu  $\Omega$



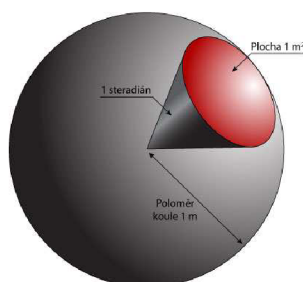
OBR. 1: SVĚTELNÝ TOK [27]

**Osvětlení  $E$**  - vyjadřuje světelný výkon dopadající na určitou plochu vzdálenou od zdroje světla



OBR.2: GRAFICKÉ VYSVĚTLENÍ OSVĚTLENÍ [27]

**Svítivost  $I$**  - udává hustotu světelného toku bodového zdroje v různých směrech. Jednotkou je kandela [cd]



Vyznačená plocha je zde prostorový úhel tzv. steradián, což je definovaný kužel na kouli o poloměru 1 m, jež vytvoří na povrch koule plochu 1 m<sup>2</sup>

OBR.3: GRAFICKÉ VYSVĚTLENÍ SVÍTIVOSTI I [27]

### **Příklady teploty chromatičnosti:**

- 1 200 K – svíčka,
- 2 700 K – teplota chromatičnosti žárovky, slunce při východu a západu,
- 3 000 K – teple bílá,
- 4 000 K – neutrálně bílá,
- 6 500 K – chladně bílá – standardizované denní světlo.



OBR.4: TEPLoty CHROMATIČNOSTI [6]

## **3.2 Zdroje světelného toku**

### **3.2.1 Patice žárovek**

#### **Bezpaticové žárovky**

Často používané pro signalizaci a osvětlení přístrojů a pro výstražné a kontrolní svítlny. Zde tvoří patici pouze 2 kontakty zatavené do skla.

#### **Sufitová patice**

Na patice nejsou použity žádné výstupky fixující polohu vzhledem k automobilu. Tuto funkci zde zastupují 2 pružné kontakty, do kterých se zasune příslušná žárovka. Tento spoj se používá k osvětlení vnitřních prostor automobilu.

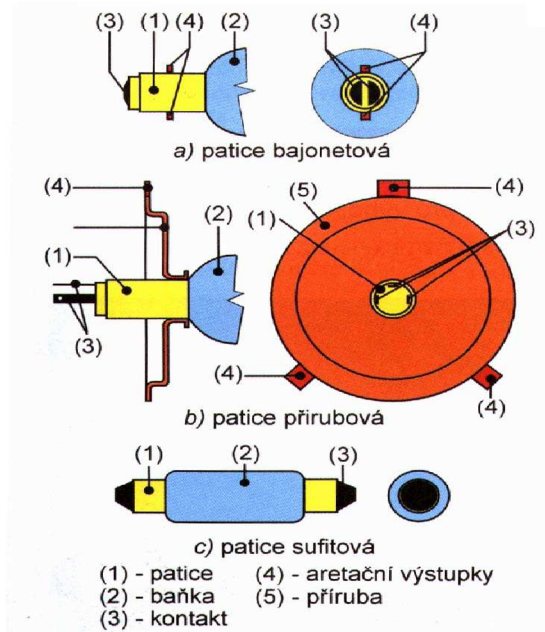
#### **Přírubová patice**

Zde jsou požadavky na co nepřesnější a nejstálější polohu vzhledem ke světlometu. Montáž musí být přesná a systém spojení musí mít pojistkou proti špatné montáži. Na patici je připevněna příruba, na které jsou nepravidelně rozmístěné aretační výstupky. Jelikož je na patici příruba, musí být vyveden kontakt na ukostření.

#### **Bajonetová patice**

Nejrozšířenější patice u signalizačních světel, kde není potřeba takových nároků na přesnou polohu. Na patici jsou aretační výstupky zajišťující pevný spoj, které dále souží jako

uzemnění na kostru automobilu. Málo rozšířené je použití žárovek s touto paticí jako světlomety, ovšem musí být dodržena podmínka přesného vzhledem nastavení optickému systému.



[28]

OBR.5: MOŽNOSTI PŘIHOJENÍ KONVENČNÍCH ŽÁROVEK

### 3.2.2 Konvenční žárovka

Jeden z nejrozšířenějších druhů světelných zdrojů. Jejich funkce je závislá na žhavení pracovní látky (nejčastěji wolfram) na vysokou teplotu tak, že vyzařuje světlo. Jelikož se velká část energie uvolní formou tepla, tak tyto zdroje mají malou účinnost vykompenzovanou tím, že dávají spojité spektrum světla (do červené po fialovou).

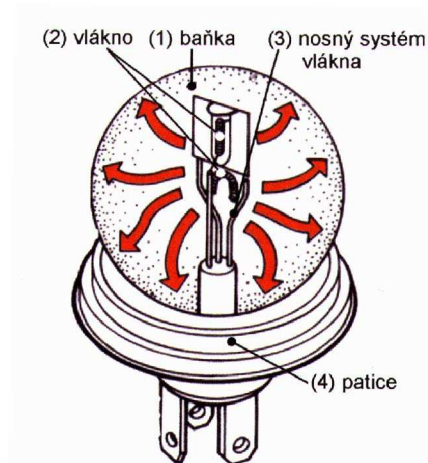
Vyrábí se v rozmezí 6-24 V s výkonem do 75 W při svítivosti do 2000 lm.

Vlákno z wolframu žhaví proud na teplotu okolo 3300 °C a materiál při takové teplotě začne svítit. Baňka je naplněna nejčastěji směsí argonu a dusíku kvůli snížení emisí vlákna.

a při vysokých teplotách. Svícením se emituje materiál vlákna, u kterého se zmenšuje jeho průřez. Tento materiál emituje směrem ke stěně baňky, kde se usazuje a snižuje tak účinnost



žárovky. Patice žárovky má předepsanou velikost i tvar s přihlédnutím k servisním požadavkům. [3]

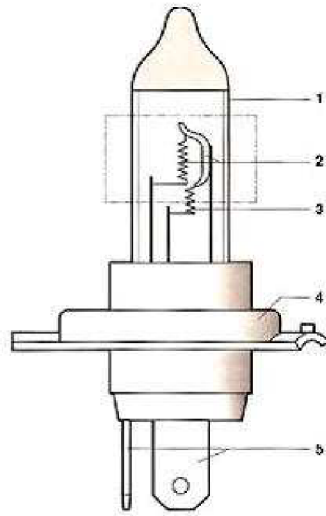


OBR.6: NÁČRT KONVENČNÍ ŽÁROVKY [7]

### 3.2.3 Halogenové žárovky

Jsou to zdroje světla, které mají ve srovnání s konvenčními žárovkami delší životnost a při stejném příkonu 2x vyšší svítivost. Baňka na bázi křemičitého skla je naplněna plynem s příměsí halových prvků, ve které vzniká halogenový cyklus. V automobilové technice se používá plnicí plyn metylenbromid a brom jako halový prvek. Baňka je menší než u konvenční, protože se v ní pracuje s velkými teplotami potřebných ke správné funkci halogenového cyklu. Povrch baňky, jak už ukazuje materiál ze kterého je vyrobena, je náchylný na nečistoty a mastnotu. Dodrženo musí být také předepsané napětí s minimálním kolísáním. Jestliže nejsou dodrženy vstupní podmínky správné funkce procesu, v halogenové žárovce neprobíhá halogenový cyklus a žárovka rychleji degraduje a snižuje se její životnost.

Při průchodu proudu se rozžhaví vlákno na 3200 °C, začne se odpařovat wolfram. Ve střední části výbojky s teplotou okolo 1400 °C se začne brom vázat na bromid wolframu a tato nově vzniklá sloučenina putuje zpět na vlákno, kde se rozpadá znovu na brom a bromid wolframu. V poslední zóně kde se teplota pohybuje nad 500 °C se rozpadá na metylenbromid. Proti této reakci sou části žárovky chráněny neagresivním bromovodíkem. Jelikož se odpařený wolfram nikdy nevrátí na stejné místo, mění se tloušťka vlákna a tím je omezená její životnost. [3,7,8]



OBR.7: NÁČRT HALOGENOVÉ ŽÁROVKY [7]

- 1 – baňka žárovky, 2 – vlákno žárovky tlumeného světla s krytkou, 3 – vlákno žárovky dálkového světla  
4 – držák žárovky, 5 – elektrické připojení (konektor) [7]

Halogenové žárovky byly postupem času vylepšeny o lepší světelné podání bílého světla. Tyto žárovky mají podobné barevné podání jako xenonová výbojka. Firma Philips představila na trhu svoji žárovku s názvem BlueVision, a protože cena je nižší než u xenonových výbojek, stala se na trhu vyhledávanou. Na baňce je nanesen modrý povlak, který zajišťuje vnímání vystupujícího světelného toku za denní světlo. Někteří výrobci nabízejí speciální nástavce, které mění podání barvy na denní. Výhodou těchto zdrojů světla je jejich poměrně nízký příkon do 60 W a možnost rychlé výměny pomocí většinou přírubové patice k pevným částem světlometu. Společnosti tyto zdroje vyrábí sériově jako dvouvláknové s tím, že je možno měnit 2 polohy světelných paprsků na tlumené a dálkové světla. Nejstarší halogenová žárovka H1 vyrobená v roce 1967 byla nástupcem obyčejné wolframové žárovky, vylepšením z hlediska rozměrů a životnosti. Dodnes se tyto žárovky sériově vyrábí do výkonu do 100 W a do světelného toku 1700 lm. Další vývojový stupeň v halogenových žárovkách byla dvouvláknová žárovka H4, která se stala jednou z nejúspěšnějších žárovek minulého století, s parametry klasické výbojky H1. Další vývoj směřoval k halogenové žárovce H7, která má díky velice přesnému nastavení polohy vlákna zvýšenou hodnotu jasu o 25% a snížený příkon v jednotkách wattů. Na zkušenostech z předchozích konstrukcí se vyrobily i halogenové žárovky H8 pro mlhové světlometry, H9 pro dálková světla a H11 pro tlumené světlometry. Vlákná žárovek jsou vyrobeny z wolframu, jsou stočena do tvaru šroubovice, oblouku, do

písmene V nebo je rovné. U obyčejných žárovek je rovné využito v tlumených světlech, tvar písmena V pro světla dálková. Používá se jedno nebo dvě vlákna umístěné v jedné baňce. U halogenových je šroubovice kompaktní a orientace je k ose nebo kolmo k ose žárovky. Každá žárovka se připojuje do obvodů automobilů pomocí patice. Tyto mechanická spojení jsou normovaná a nesmí dojít vlivem otřesů nebo nevhodnou montáží ke změně jejich polohy ke světlometu. Všechny sériově vyráběné halogenové žárovky se vyrábí ve vícero provedení barevného podání světla, napěťové hladiny napájení a hodnotách příkonu. [7,8]

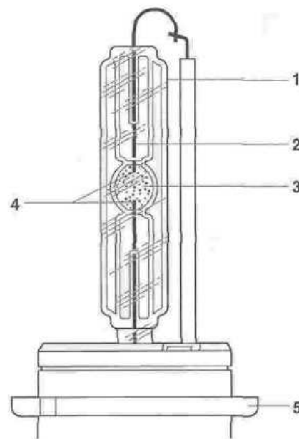


OBR. 8: NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ HALOGENOVÉ ŽÁROVKY ZLEVA H1, H3, H4, H7 [9]

### 3.2.4 Výbojky

Zde tvoří světlo výboj mezi elektrodami, v prostředí par některých kovů nebo zředěných plynů. Kontakty mezi kterými se tvoří výboj, jsou umístěny v trubici vyrobené z čistého křemičitého skla, naplněné příslušným plynem. Jelikož se pracuje s velkými počátečními hodnotami napětí pro vytvoření ionizované vrstvy, banka se zahřívá a výboj dosahuje velkého světelného toku. Výbojka vydává monochromatické světlo. Nejčastěji používanou výbojkou v autě je výbojka xenonová. Trubice je zde naplněna xenonem s příměsí metalických solí. xenon má velmi nízký elektrický odpor a tím velmi dobře vede el. proud a plní zde úlohu dostatečně rychlého zapálení výboje. Jelikož je zde proces zapalování a udržení oblouku problematický musí být předřazen odvod, který zajistí podmínky pro správnou funkci výbojky. Řídící elektronika vysokonapěťovým pulzem (24 kV) vytvoří ionizovanou cestu, ve které hoří oblouk. Elektronika po zapálení reguluje výkon na 35 W a z bezpečnostních důvodů také hodnotu proudu, která nesmí přesáhnout hodnotu 20 mA. Vysokonapěťový pulz zajišťuje měnič ( Ballast ), který ze stejnosměrného napětí (12 nebo 24 V) vyrábí napětí střídavé o frekvenci 300 Hz. U moderních typů řídicích jednotek je integrována zapalovací

elektronika. V porovnání s halogenovými žárovkami mají xenonové výbojky dva krát větší světelný tok, lepší osvětlení krajnic a světlo podobné dennímu. Pro použití těchto zdrojů musí být povinně auto vybaveno automatickým senzorem hlídající seřizování sklonu světlometů dle zatížení a ostříkovacím systémem světlometů. Jejich životnost je asi 8x větší než u klasických halogenových žárovek. [3,8,12]



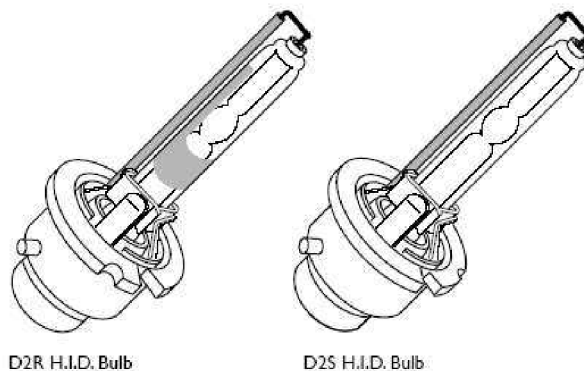
OBR.9: SCHÉMA XENONOVÉ VÝBOJKY D2S [8]

1 – skleněná baňka s ultrafialovým filtrem, 2 – elektrická průchodka, 3 – vybíjecí prostor, 4 – elektrody, 5 – patice,  
6 – elektrický kontakt.

### Nejčastější typy xenonových výbojek používaných ve vozidlech:

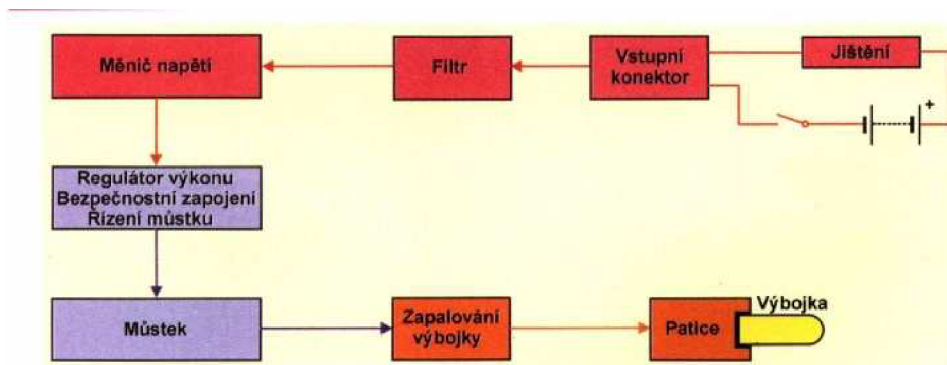
D2R pro odrazové a reflexní plochy

D2S pro projekční systémy

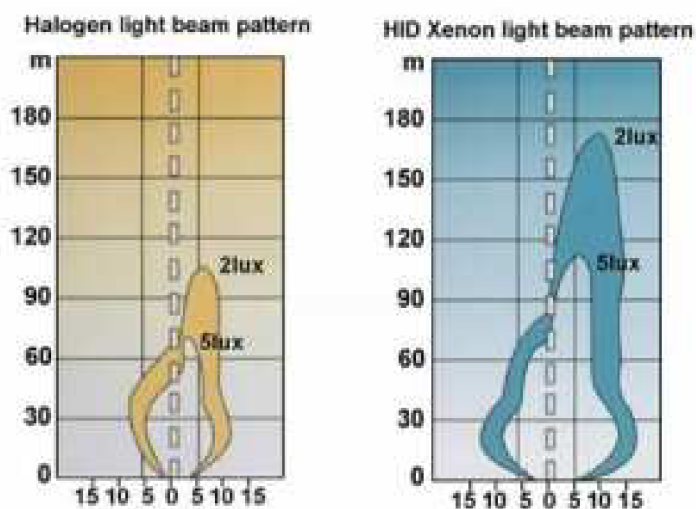


OBR.10: NÁČRTY VÝBOJEK D2S D2R [10]

V porovnání s halogenovými žárovkami mají xenonové výbojky lepší chromatičnost světla (okolo 6000 kelvin.), 3x vyšší světelný tok a lépe osvětlí přiléhající okraje vozovky. Mají také daleko větší dosvit světelného kuželu a větší rozptýlení světla před vozem. [12]



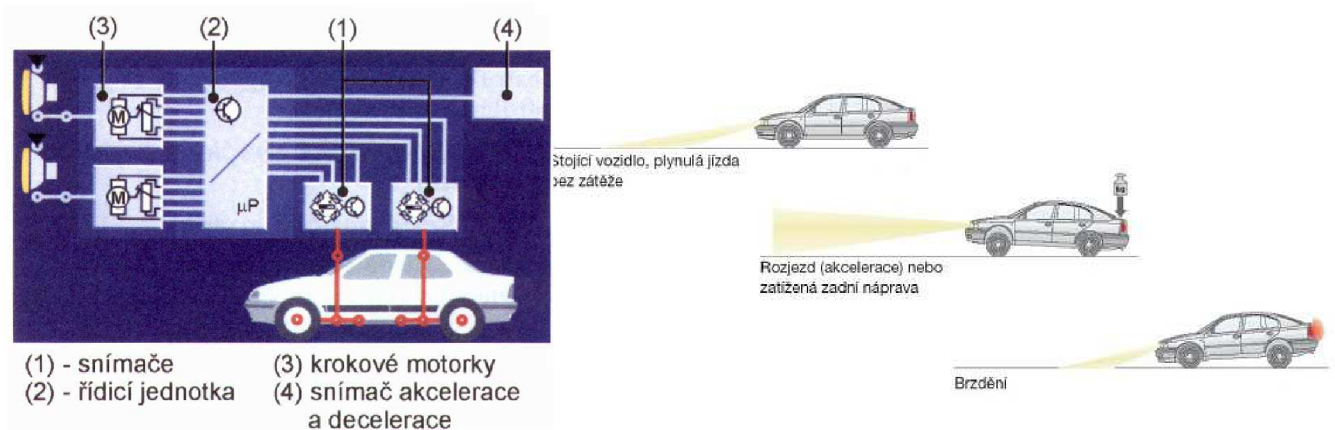
OBR.11: SCHEMA ZAPOJENÍ STARTOVACÍHO A REGULAČNÍHO OBVODU VÝBOJKY [29]



OBR.12: POROVNÁNÍ HALOGENOVÉ ŽÁROVKY (VLEVO) A XENONOVÉ VÝBOJKY (VPRAVO) [6]

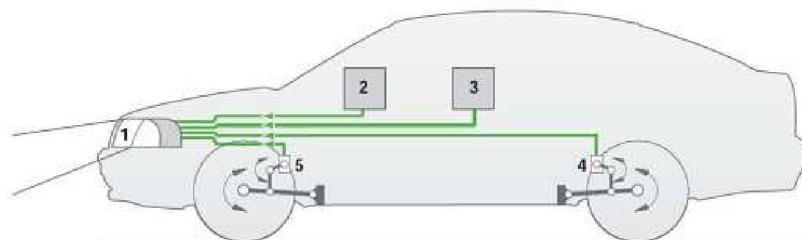
### Regulace sklonu světlometů

Jedním ze základních požadavků pro použití výbojek v automobilu jsou systémy pro zapálení a udržení výboje, pomocných obvodů, snímačů, obvodů regulujících sklon automobilu vzhledem k vozovce a zařízení pro čištění těchto světlometů prováděné teleskopickými ostříkovači. Důležité požadavky dané zákonem jsou proto, že protijedoucí auta mají jistotu, že



OBR.13: ZAPOJENÍ REGULÁTORU POLOHY SVĚTLOMETŮ (VLEVO), NAKLÁNĚNÍ NÁPRAVY (VPRAVO)

nebudou oslňována protijedoucími vozy. Tyto systémy jsou velice důležité, z důvodů velké svítivosti výbojky. Jelikož auto během dynamických pochodů (rozjíždění, brzdění) mění svoji horizontální polohu vzhledem k vozovce, musí regulace probíhat rychle a plynule. Tento požadavek realizují krokové motory. Vyhodnocení se děje pomocí dvou snímačů, každý umístěný na jedné části nápravy, přičemž při prvním zapnutí systému se sklon nastaví do nejnižší polohy, ze které se potom přestaví do polohy určenou zatížením a polohou vozidla k vozovce.[3]



OBR.14: ROZPIS POZICÍ SENZORŮ REGULACI SKLONU SVĚTLOMETŮ [3]

1 – světlomet, krokový motor, zapalovací modul a řídicí jednotka xenonových světlometů; 2 – řídicí jednotka ABS (získání informací o rychlosti automobilu); 3 – řídicí jednotka panelu přístrojů; 4 – snímač zatížení zadní nápravy; 5 – snímač zatížení přední náprav

### 3.2.5 LED (Light Emitting Diode)

Oblíbený zdroj světla se v posledních letech dočkal svého použití v automobilovém průmyslu pro svoji světelnou účinnost, dlouhou životnost a rychlejší odezvu (do 50 ms), což zkracuje brzdovou dráhu při vysokých rychlostech o několik metrů. Jejich výhodou je nízký příkon, barevná stálost a možnost úpravy pro osvětlení jako vnitřních tak vnějších prostor automobilu. Nevýhodou je jejich nepřírozená barva světla a omezený rozptyl, který lze vhodnými uspořádáním více LED prvků vykompenzovat na takovou úroveň, že lze tuto technologii použít při správné úpravě na všechny druhy světlometů. Mluví s o nich jako o náhradě za halogenové a xenonové zdroje. Konstrukce z LED prvků je nenáročná na prostor a jejich životnost odpovídá 10 letům trvalého provozu. Jedna z výhod je také zmenšení požadavků na hloubkové velikosti prostoru světlometu. [8]

Základ tvoří polovodičový přechod vytvářející světlo o určité krátké vlnové délce při procházejícím proudem. Díky rekombinaci párů elektron-díra vyzařuje přechod elektromagnetické vlnění formou luminiscence. Vhodnou volbou příměsí je možné měnit barvu vyzářeného světla, skládajícího se z modré, červené a zelené barvy. Díky těmto barvám smě schopni vyrobit i světlo podobající se dennímu světlu. Struktury diod se skládají z GaN a InGaN přechodů produkující elektromagnetické záření, pokrytých luminoformním nátěrem, zajišťující správnou interakci modrého a žlutého spektra, které nám vytváří dojem bílého světla. Klasická dioda má světelný výkon okolo 5 mW, což souvisí s konstrukcí přechodu, u kterého když zvýšíme proud, přestane součástka emitovat světlo a všechna energie se spotřebuje ve formě tepla, zahřívající přechod. Jediným východiskem je zvýšení napájecího napětí na takovou úroveň, aby součástkou tekla jmenovitý proud takové hodnoty, aby zahřívání přechodu nevedlo ke zničení celé diody. Možnou konstrukcí je dnes použití PN přechodu o různých polovodičích (heteropřechodu), zvyšující rekombinaci párů elektron-díra na viditelné elektrozáření. Díky těmto pokrokům je možné dnes obstarat diodu o výkonu více než 1 W.

Díky vlastnostem, které LED technologie má, se dá počítat s jejím velkým nasazením do osvětlení vozidel. Příkladem moderního využití technologie je nový koncept automobilky Audi, u modelu A8 kde se diody používají jak pro směrová, tlumená, dálková i denní světla zabudované do jednoho světlometu. Tato technologie má velice prosperující možnosti konstrukce hlavních světlometů, protože nemá velké nároky na prostor celého světlometu.[11]



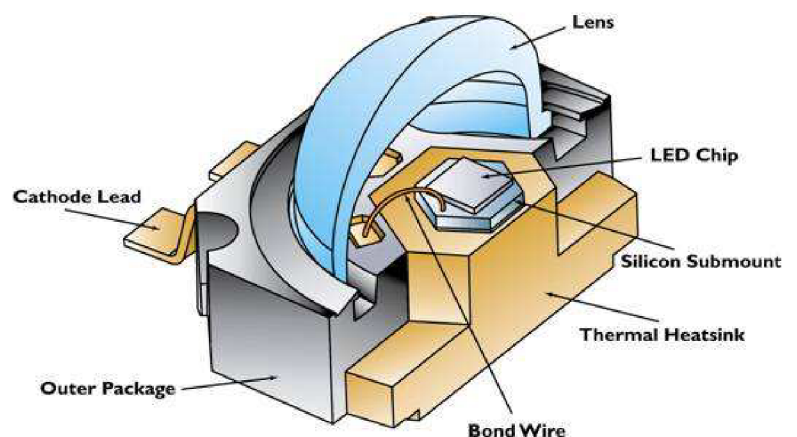
OBR. 15: KONCEPT POUŽITÍ LED DIOD SCHEMA (VLEVO), REÁLNÝ SVĚTLOMET (VLEVO) [11]

### Speciální konstrukce diody Luxeon K2

Je to jeden ze směrů, kam se ubírají dnešní požadavky na kvalitu osvětlení na pozemních komunikacích. Jedná se o konstrukci oddělující tepelné a elektrické části diod. Její velikosti světelného toku při průchodu proudem o velikosti 1 A jsou v rozmezí 160-200 lm a při 1,5 A dosahuje hodnota toku hodnoty až 275 lm. Měrný výkon při proudu 1A je asi 60 lm/W. Pracovní teplota patří k vysokým okolo 150 °C při jmenovitém průchodu proudem. Tato teplota se kompenzuje konstrukčním řešením zapouzdření obalu. [3,7,32]



OBR. 16: LUXEON K2 LED DIODA [32]



OBR. 17: LUXEON K2 LED DIODA V ŘEZU [32]



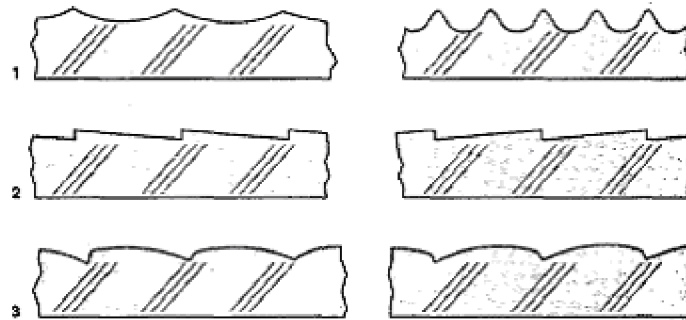
## 4 Konvenční světlomety

### 4.1 Hlavní světlomet

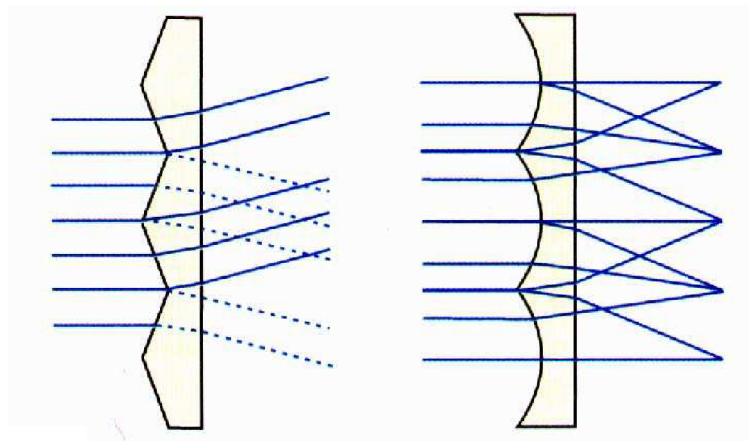
Základní světlomet pomáhající vidět do prostorů před vozidlo. Skládá se reflektoru, do kterého se pomocí objímek připojují zdroje světla. Tento světlomet má dva způsoby nastavení světelného paprsku. Jeden způsob používající se za provozu s více vozidly – tlumená funkce, a při samostatné jízdě vozidla jsou použita funkce dálkových světel. Směr působícího paprsku se při tlumených světlech nastavuje ručně podle velikosti zatížení zadní části vozidla. Při použití tlumených světel nesmí oslnit řidiče přímo, ani nepřímě přes zpětná zrcátka. U dálkových světel se paprsky usměřňují do kužele světla s malým sklonem, aby měli co největší záběr dosvitu paprsku. U paprsků tlumených světel jsou požadavky na plošší záběr a velký sklon. [3,8]

#### Reflektor

Je to část systému hlavního světlometu sloužící ke zdokonalení funkce vedení světelného paprsku od zdroje světla umístěný v ohnisku reflektoru. Je to citlivá chromovaná plocha. Už od nástřiku se předepisují požadavky na jeho celistvost, tloušťku vrstvy a čistotu. Reflektorové vrstvy se nedotýkáme, protože by se zmenšila odrazivost vrstvy a tím se znehodnotila funkce reflektoru. Reflektor a přední kryt (rozptylové sklo) jsou pevně spojeny. Dříve byly reflektory vyráběny z ocelových plechů, dnes ovšem z důvodů složitých tvarů se přešlo k plastům. Jelikož nám to zvyšuje účinnost světelných zdrojů, tento výrobní proces jeden z nejstřednějších, musí být povrch trvanlivý, hladký, bez kazů a výstupků, s malou pohltivostí a musí odrážet skvěle světelné paprsky. Vhodným tvarem reflektoru můžeme docílit lepšího usměrnění paprsku světla tam, kam potřebujeme. Dále lze paprsek usměrnit výstupky rozptylového skla. Tyto výstupky nám vhodně lámou světlo a mají také funkci proti oslnění řidiče. Je prezentován několika segmenty, přičemž každý může mít jiný charakter povrchu působení do různých směrů. Používají se skla z vysoce tepelně odolných plastů s požadovanými mechanickými vlastnostmi. Tyto kryty nemají jenom funkci vedení paprsku a také chrání obsah světlometu před nečistotami a mechanickým poškozením. Protože by se nám při nedostatečném utěsnění světlometu mohla srážet voda, musí být celý světlomet utěsněn. První možnost je dát mezi sklo a reflektor těsnění, což je záležitost pro výrobce levnější, než nákladné spojování obou částí. Náhled na vzorky výstupků na obr. Dnes se vyrábí krycí skla bez usměřňujících elementů. [3,7]



OBR. 18:TVARY ELEMENTŮ NA KRYCÍM SKLE SVĚTLOMETU[7]  
1-čočkové prvky 2-prizmatické prvky 3-kombinované prvky



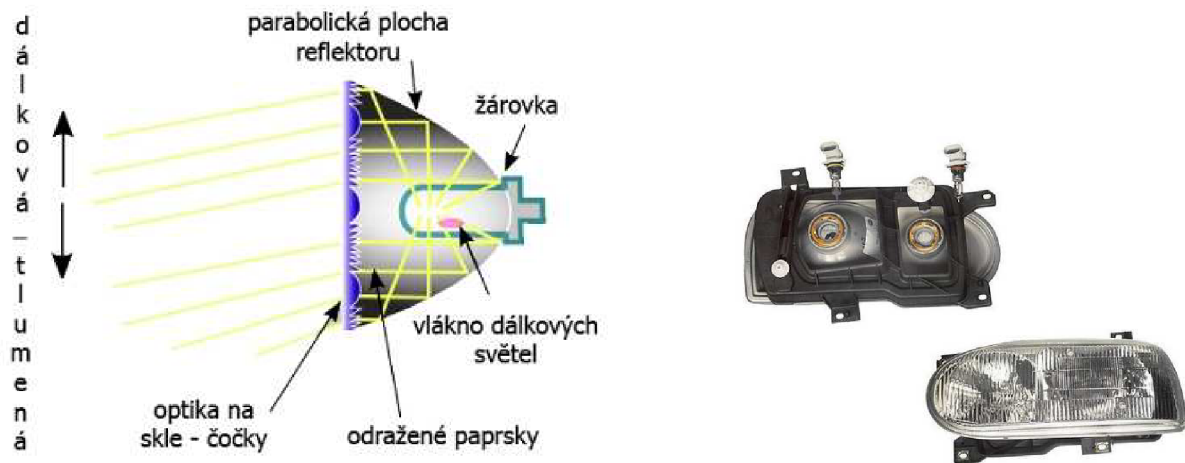
OBR. 19:ODRAZY PAPRSKŮ VZHELEDEM K ELEMENTŮM NA KRYCÍM SKLE SVĚTLOMETU[7]

### Rozdělení:

- Parabolový reflektor s optikou na skle
- Fazetové a free-form systémy – reflektorová optika (FF)
- Projekční systémy - elipsoidní (DE)
- Natáčeční a AFS systémy
- Litronic
- Světla pro denní svícení
- Další pokročilejší technologie

## 4.2 Parabolické světlomety

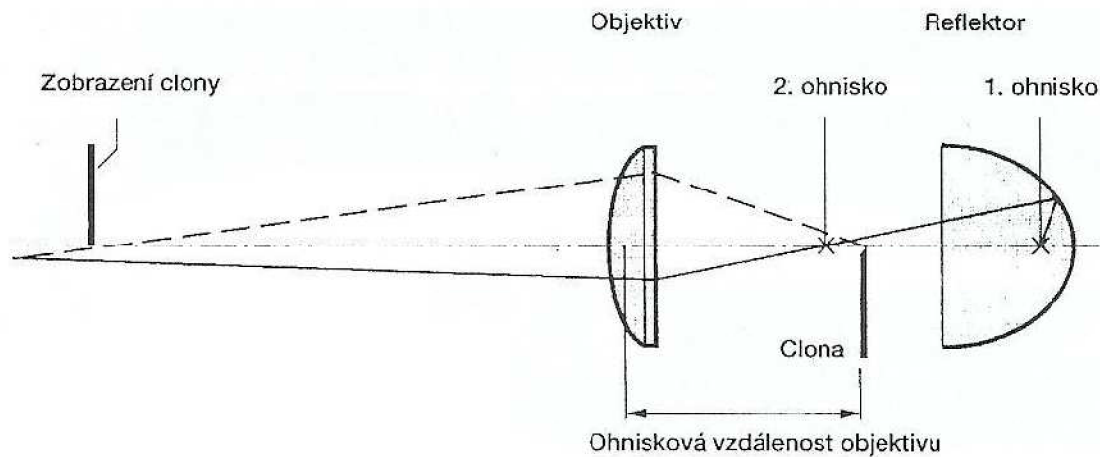
U této skupiny je reflektorová plocha tvořena povrchem paraboly točící se kolem osy-paraboloid. Tento tvar reflektoru má pouze jedno ohnisko, což znárodňuje návrh povrchu reflektoru při souběžném používání dálkových i tlumených světel. Velikost ohniskových vzdáleností nám určuje výslednou polohu paprsku světla. Je-li zdroj světla v ohnisku, paprsky jsou odraženy rovnoběžným způsobem s osou paraboloidu, máme aktivována dálková světla. Jestliže je zdroj před ohniskem, paprsky mají tendenci lámat se k ose paraboloidu, používáme světla tlumená. U tohoto typu je nutné použití krycího odrazového skla s prvky určující směr paprsku tak, aby bylo docíleno symetrického oslnění vozovky. Jelikož je nutné přepínat mezi oběma stavy, musí mít zdroj 2 různá místa, odkud vyzařuje světelný paprsek. Tato možnost je realizována dvěma vlákny žárovek umístěné v jedné baňce tak, aby byla dodržena norma předepsaná pro tento druh osvětlení. [7,8,13]



OBR. 20:SCHEMA PARABOLICKÉHO (VLEVO) A SKUTEČNÉHO SVĚTLOMETU S OPTIKOU NA SKLE [13]

### 4.3 Elipsoidní světlomety

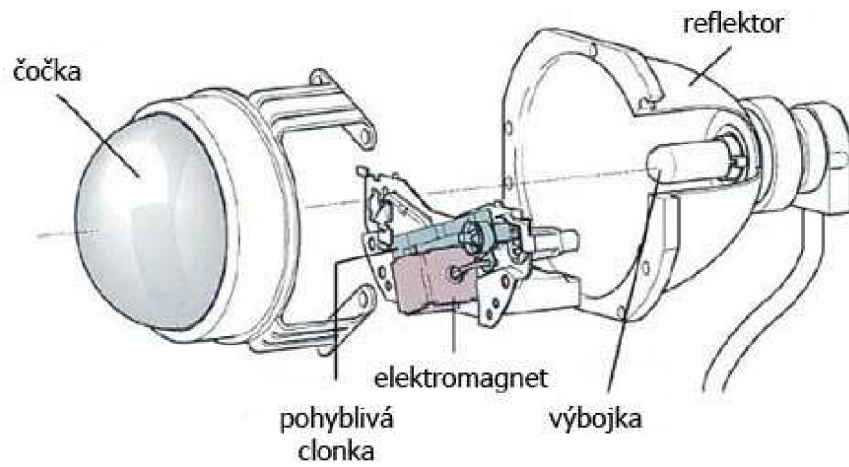
Již z názvu je patrné, že plocha, od které se paprsek odráží je tvaru elipsoidu. Tato skutečnost dává konstruktérům výhodu navrhovat moduly světlometů o velice malých rozměrech a při použití kvalitních světelných zdrojů i vysoké světelné výkony. Světelný paprsek vyzařovaný zdrojem je soustředěn do druhého ohniska a tím je možné clonou přesně měnit velikost procházejících paprsků do tuhého ohniska. Tyto světlomety mají vynikající vlastnosti při používání za mlhy z důvodů jejich ostrého přechodu světla a tmy. Jako zdroje se využívají halogenové a xenonové výbojky. Vyrábí se v provedení fixní nebo jako bi-modul. [8,14]



OBR. 21:SCHEMA PRINCIPU PROJEKČNÍCH SYSTÉMŮ[14]

#### Bi-Xenonové světlomety

U klasických xenonových světlometů je nevýhoda v časové prodlevě při rozsvěcení zdroje. Proto jsou konstruovány jako tlumená společně s halogenovými výbojkami používané pro funkci dálkových světel. Proto nelze používat přepínání funkce světel pomocí xenonové výbojky. Bi-Xenonové světlomety jsou moduly, u kterých je umožněna funkce přepínání mezi tlumenými a dálkovými světly při použití projekčního uspořádání. Praktické využití jednoho zdroje světla a jedné čočky pro dva různé režimy používání osvětlení. Přepínání mezi oběma stavy se děje pomocí elektromagnetu, který ovládá clonu. Tento proces má dva pevné body, mezi kterými se požadovaný stav vytváří. Clona odklopena - dálkové, clona stíní - tlumené. Jelikož je zdroj světla stále v provozu, není jej nutné zapínat a vypínat dle požadované funkce, zvyšuje se tím životnost a zlepšují se požadavky na využití prostoru. U těchto světlometů je přední kryt bez prvků ovlivňující usměrnění paprsku. [14]



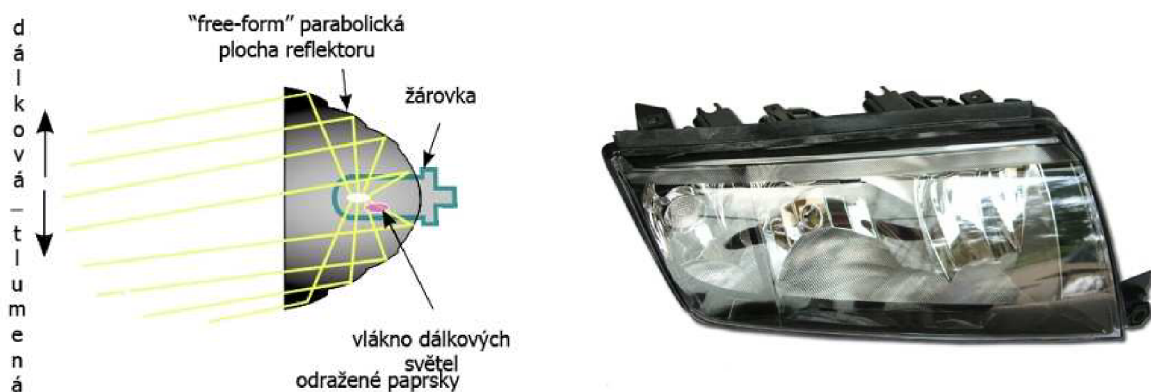
OBR.22:ROZPAD BI-XENONOVÉ SVĚTLOMETU[16]



OBR.23:POROVNÁNÍ XENONOVÉHO A BI-XENONOVÉHO SYSTÉMU[15]

#### 4.4 Fazetové a free-form systémy – reflektorová optika (FF)

Také nazýván jako světlomet s volnou plochou (free-form), přičemž každá část usměřňuje paprsek světla do určitého prostoru před vozidlem. Zde je plocha reflektoru složena z nepravidelných částí - fazetů. Tyto segmenty tvoří dohromady vícenásobnou odrazovou plochu, která tvoří výsledný světelný svazek součtem dílčích svazků segmentových ploch. Krycí světlo je zde čiré krycí sklo bez optických prvků, vyrobené nejčastěji ze skloviny. Čiré sklo je použito, protože některá soudobá vozidla mají krycí sklo pod tak ostrým úhlem ke straně horizontální osy reflektoru, že by nebylo možné najít přesné nastavení světelných svazků usměrněné optickými výstupky na krycím skle. Tvar reflektoru je navrhován pomocí výpočetní techniky tak, aby spodní segmenty byly maximálně využity k osvětlení vozovky. Zdroje světla jsou zde použity halogenové žárovky nebo xenonové výbojky. [8,14]



OBR.24:SCHEMA FAZETOVÉHO REFLEKTORU A REÁLNÉHO FREE-FORM SVĚTLOMETU[13]

#### 4.5 Kombinované světlometry

Kombinují elipsoidní a fazetový systém, pro maximální využití světelných možností zdroje. Jako u fazetových systémů se opět soubor ploch na reflektoru navrhuje pomocí výpočetní techniky. Světelný tok je zde opět usměrňován přes systém clona-objektiv. [7,10]

#### 4.6 Světla pro denní svícení

Světla pro denní svícení byla vynalezena z důvodů:

- menšího výkonového zatížení vozidla
- pro funkci „ být viděn “ – zajišťuje podmínku slabého oslnění protijedoucích vozidel
- využití silně rozptýleného toku světla, které není tvořeno tvarem kužele jako u běžných reflektorů

Tato technologie zajišťuje použití při nesnížených viditelnostních podmínkách. Montáž se provádí na přední stranu automobilu. Světla jsou do přední masky auta zakomponována tak, aby bylo dodrženo vodorovné uspořádání světel.

Požadavky:

Tyto světla se zapínají po nastartování a vypínají se po vypnutí činnosti motoru

Nelze použít světla pro denní svícení při použití obrysových světel.

Světla pro denní svícení zaručují efektivní výkonové, viditelnostní a finančně nenáročné řešení, které se uplatňuje výhradně za provozu v denních hodinách. Snižují spotřebu paliva, zatížení baterie a alternátoru, zvyšují viditelnost a životnost žárovek či výbojek. [7,14]

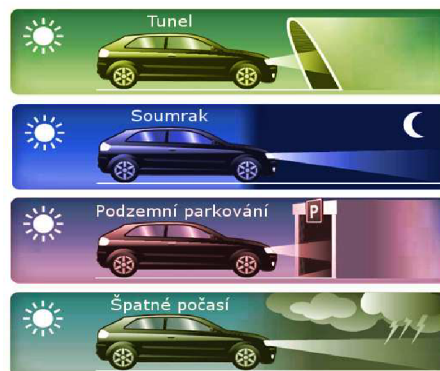
Většinou se skládají z LED diod (pro jejich životnost a malý příkon), které potěší spíše majitele vozidel, využívající xenonové výbojky, u nichž je sice velká životnost, ovšem na úkor servisních nákladů. Požití LED diod má velké úspěchy s brzkým zahlédnutím protijedoucích vozidel. Řidič dříve a přesněji vyhodnotí jakou rychlost má vozidlo a podle toho přizpůsobí svoje chování na vozovce, a rozeznávací schopnost od světel používající se na upozornění na couvací manévr, je dostatečná. Zejména při použití za podvečerů, kde řidič lépe rozezná pohyb protijedoucího automobilu při průjezdech lokací, kde je střídan stín a světlo. [14,18,19]



OBR.25:DENNÍ SVÍCENÍ NA AUTOMOBILU ŠKODA[19]

#### 4.6.1 Automatická aktivace světel ACL (Automatic Lighting Control)

Automatická aktivace světel je technologie, využívající nespojitého řízení světelného prvku v závislosti na intenzitě okolního světla. Na začátku regulačního řetězce jsou 2 čidla, zabudované v čelním skle. První senzor vyhodnocuje intenzitu okolních světelných podmínek, druhý senzor je zaměřený na velikost osvětlení ve směru jízdy automobilu. Jestliže obě čidla zaznamenají malou intenzitu světla (např. při vjezdu do tunelu), aktivuje to řídicí jednotu, která dá povel k rozsvěcení tlumených světel. Pokud ovšem senzor hlídající intenzitu ve směru jízdy vykazuje dostatečnou úroveň osvětlení a druhé nikoliv, tlumená světla zůstávají v provozu. Po překročení minimální požadované úrovně intenzity osvětlení obou čidel, tlumená světla po určitém časovém intervalu nastaveného výrobcem zhasínají. Ovšem jestliže nedojde k poklesnutí intenzity pod nastavenou úroveň u obou čidel, tlumená světla se neaktivují, protože nechceme při průjezdu pod krátce zatemněným prostorem (např. pod mostem), aby se světla aktivovala. Většinou je tato technologie použita v kombinaci se systémem denního svícení. [7,8]

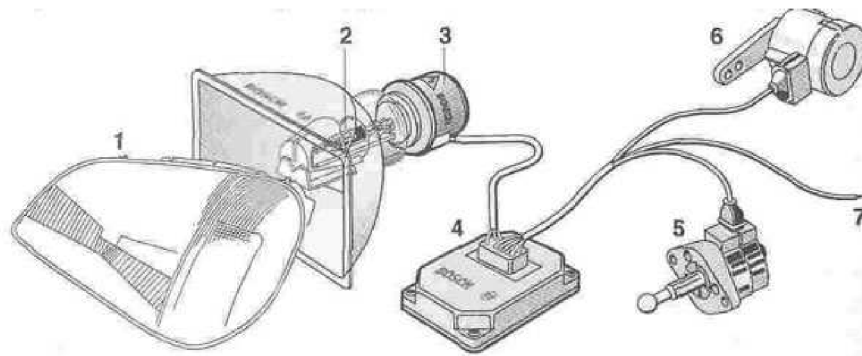


OBR.26:TEORIE DENNÍ SVÍCENÍ [19]



#### 4.7 Projekční světlomet Litronic

Technologie vytvořená společností BOSCH v roce 1991 byla převratem v osvětlení využívající podstatného zlepšení osvětlení vozovky. Byl to první systém využit u 7. řady BMW využívající světlomet se xenonovou výbojkou vyhovujícím požadavkům na regulaci distribuovaného světla. V té době měla 2,5x větší svítivost než v halogenové žárovky. Systém byl složen z výbojky, modulu regulující napětí výboje, řídicí jednotky a obvodů umožňující regulaci vertikálního sklonu modulu na kterém je upevněna výbojka. Nevýhodou byl 4 komorový systém (zvlášť tlumená, zvlášť dálková), jehož nedostatky řešilo vylepšení technologie na Bi-Litronic systém využívající posunu pozice oblouku výboje vzhledem k reflektoru a tím změnu ohniskové vzdálenosti ovlivňující distribuci paprsku. [3,7]

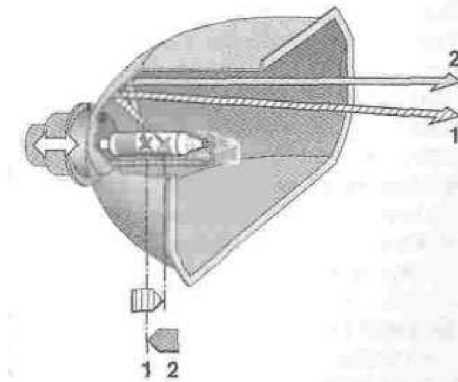


OBR.27:LITRONIC[29]

#### Bi-Litronic

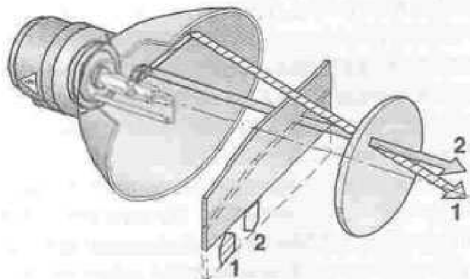
Systém využívající jednoho zdroje energie pro tlumená a dálková světla. Protože má ovšem výbojka určité zpoždění (zapálení výboje), je nutné vyvinout systém využívající pouze jednoho zdroje energie. Existují dva konstrukční typy Bi-Litronic systémů:

- Reflexní Bi-Litronic – využívá magnetu, ovládaného řídicí jednotkou, který sklápí výbojku a tím změní pozici výboje umístěného v reflektoru

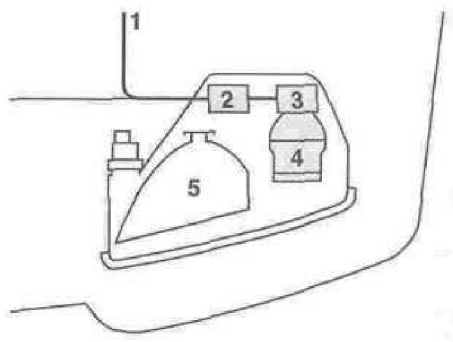


OBR.28:UKÁZKA NASTAVOVÁNÍ TLUMENÝCH A DÁLKOVÝCH SVĚTEL REFLEXNÍ[29]

- Projekční Bi-Litronic – zde je tvořen přechod dálkový a tlumený režim posunem stínítka umístěný v ohnisku distribuovaného paprsku [28]



OBR.29:UKÁZKA NASTAVOVÁNÍ TLUMENÝCH A DÁLKOVÝCH SVĚTEL REFLEXNÍ [29]

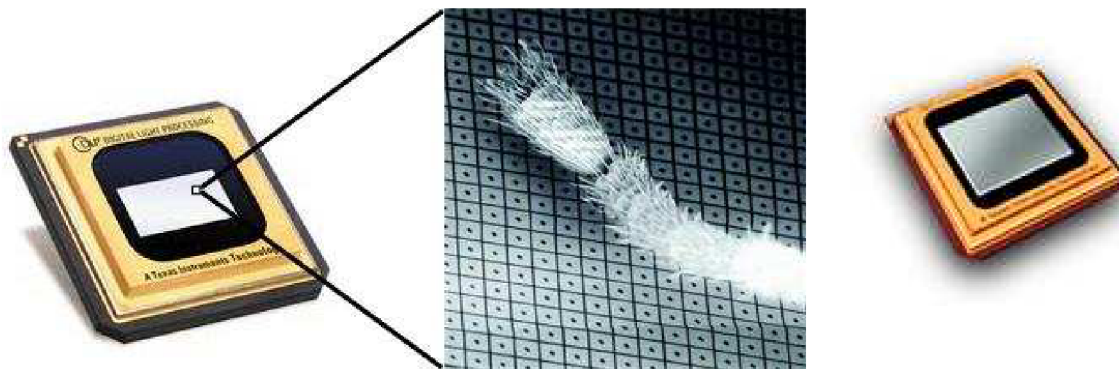


OBR.30:ULOŽENÍ SYSTÉMU LITRONIC [29]

## 4.8 Pixelové světlometry

Technologie vyvinutá společností BMW je jedním ze směrů, kam by se měla technika v konstrukci světlometů automobilů se ubírat. Jelikož je tento projekt na začátku, počítá se s postupným nasazováním těchto systémů jako doplňujícího systému osvětlení, následující fází kompletní výměny za technologii využívající xenonové osvětlení. Základním prvkem je procesor DMD (Digital Micromirror Device), umožňující natáčení souboru mikroskopických zrcadel vytvářející výsledné rozdělení světla na vozovce. Tento způsob vytváření výsledného obrazce osvětlení je převzatý ze zobrazovací technologie DPL, která vytváří pomocí odrazových plošek „pohyblivý“ reflektor pomáhající k menšímu oslnění protijedoucích vozidel. Nejprve tento systém bude zobrazovat směrové šipky, informační symboliku a poté bude jeho funkce kombinované se systémy GPS pro předpovídání průjezdy zatáčkami.

Světelný zdroj s reflexní plochou je v interakci s DMD čipem ovládající systém clonícího zařízení (pohlčovač) vyřezávající finální paprskový obraz. Konstrukce je řešená pomocí postupného pohybu sousedních clon nebo pohybem celého modulu s následným pohybem clon. Tyto clony mají rychlost okolo 48 cm/s což představuje prodlevu mezi přepnutím dálkových a tlumených světél asi 25 ms, což je asi 6x méně než při použití halogenových nebo xenonových systémů. [31]



OBR.31:UKÁZKA PITELOVÝCH ZRCADEL (VLEVO) UKÁZKY SAMOTNÉHO DMD PROCESORU (VPRAVO) [31]

#### 4.9 Adaptivní světlomety AFS ( Adaptive Frontlighting System )

Adaptivní světlomet je zařízení, které výrazně zjednodušuje jízdu v nočních hodinách. O této technologii se mluví jako o převratné a snaží se co nejvíce zefektivnit výhled z vozidla v noci. První systém natáčení světél podle polohy volantu byl vynalezen firmou Citroen v 60. letech, využívající principu mechanického natáčení lanek. V roce 1993 spolupracovali na vývoji této technologie přední výrobci světlometů, což vedlo k výrobě prvních adaptivních světlometů AFL (Adaptive Forward Lighting). AFL moduly kombinují statické a dynamické osvětlovací techniky pro efektivní osvětlení rozdělené do několika kategorií dle požadavků na viditelnost. Mění svoje nastavení podle toho na jaké silnici a při jakých podmínkách je auto během provozu vystaveno. Například při rychlé jízdě po rovné silnici je potřeba aby paprsek dosvítíl na větší vzdálenost než při jízdě ve městě. Ve městě je potřeba, aby byly osvětleny prostory okolo silnic, a eliminovali tak možnost nebezpečné situace způsobené nedostatečným osvětlením krajnic. AFL světlomety se přizpůsobují také změnám povětrnostních podmínek. Například při dešti, mlze, sněhu je řidič oslňován odrazy světla od mokré vozovky. Světlomety tento problém řeší snížením intenzity světla ve střední části a zvýšením intenzity postraních prostor. Tyto světlomety se natáčí podle polohy volantu a úhlu natočení kol, což

osvětluje místa, do kterých se auto stáčí. Velice zlepšuje výhled před a vedle vozu při jízdě do zatáčky. Řidič je tedy dříve informován o nerovnostech silnice i o překážkách před sebou, i když zatáčí. Otočné moduly jsou halogenové, xenonové nebo bi-xenonové. Nyní se pracuje na vývoji vario-xenonových světlometů, které dokáže jediným modulem přizpůsobit a přerozdělit světlo dle aktuálních podmínek na vozovce. Natáčení částí řídí elektronika dle aktuální rychlosti a velikosti natočení předních kol. [7,14,24]

#### 4 režimy AFS:

- standardní tlumené
- dálniční
- městské
- odbočovací



OBR.32: UKÁZKA AFS SYSTÉMŮ S NĚKOLIKI REŽIMY [14]

Základním prvkem jsou horizontálně a vertikálně natáčecí bi-xenonové světlometry, kterým jsou do cesty přidány pohyblivé části reflektoru, filtry a clony tak, aby byl výsledkem požadovaný tok světla. Rychlé a přesné nastavení na požadovaný stav dle podmínek provádí krokové motory. Pověly ji dává řídicí jednotka, která neustále vyhodnocuje informace ze snímačů. Pro správnou funkci světel se hlídají hodnoty rychlosti jízdy, natočení předních kol, zatížení vozu, velikosti okolního osvětlení, naklánění karoserie atd. Tyto systémy se postupně vylepšují tím, že se pomocí základních údajů o rychlosti, směru jízdy, povětrnostních podmínkách, poloze automobilu zvyšují počty režimů, které moderní typy AFL systému schopny vyobrazit, pomocí natáčejících krokových motorů, distribuovaný paprsek světlometů. [14]

### Dle historie vývoje dělíme AFS:

AFS 1 - tlumené světlo je vybaveno statickým adaptivním světlometem- rozsvěcováním pouze do zatáček

AFS 2 - tlumené světlo je vybaveno statickým adaptivním světlometem + dynamické natáčení do zatáček

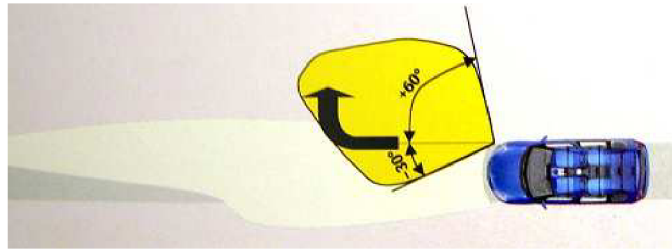
AFS 3 - tlumené světlo se přizpůsobuje jízdním podmínkám v režimech: dálniční světlo, tlumené, odbočovací, městské, déšť a mlha. [7,14]

#### 4.9.1 Statické adaptivní světlometry

Tvoří je pevný reflektor, integrovaný do blatníkové části namířený pod úhlem 45° od předné hrany vozidla. Tento systém pracující do rychlosti 70 km/h, spíná přídatný světlomet při odbočení vozidla pod úhlem 60 až 80° a osvětluje tak prostor vedle vozidla. Pro úspěšné řízení adaptivního světlometu je podmínka mít sepnuté směrové světla. Řízení potom závisí na rychlosti jízdy a úhlu natočení volantu, což jsou základní informace pro algoritmus, závislý na spínání směrových světel. Akční člen automatizace procesu je přídatná halogenová žárovka. Patří do skupiny přídatných světlometů a jejich intenzita postranního světla se mění plynule. Tento systém je vhodný tam, kde je potřeba manévrů v malých prostorech se špatnou viditelností (křižovatky, serpentiny, úzké vozovky atd.). U některých vozů tento systém slouží také jako mlhové světlo. [19,26]



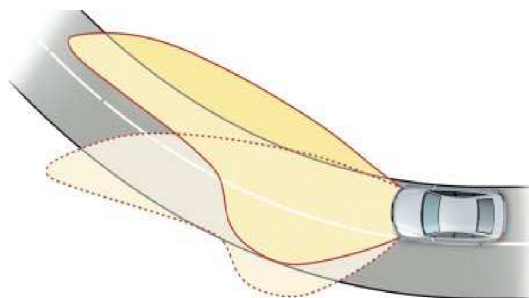
OBR.33: FUNKCE „CORNER“ ZABUDOVANÁ DO MLHOVÉHO SVĚTLOMETU ŠKODA [19]



OBR.34:UKÁZKA VELIKOSTI OSVĚTENÍ [19]

#### 4.9.2 Dynamické adaptivní světlomety

Tuto technologii je vhodné využít pro průjezd táhlými zatáčkami při vyšších rychlostech. Celý modul světlometu se pohybuje pouze kolem svislé osy do  $15^\circ$  na obě strany od osy. Natáčení reflektoru nebo projektoru zajišťuje řídicí jednotka, která mění směr, šířku a výška svazku světla, v závislosti na rychlosti jízdy a úhlu natočení řízených kol. Natočení prezentují krokové motory, u systémů bi-xenonových se natočení děje pomocí elektromotorů. Jako novinku představila společnost BMW ve své řadě 6 další vstupní parametr pro algoritmus natáčení je navíc sledování úhlové rychlosti kolem svislé osy vozidla. Další vývoj se ubíral směrem efektivního využití světelných zdrojů podle jízdní situace. Výsledkem spolupráce firem BMW a SiMotion se podařilo vyvinout systém ALC (Adaptive light control), který pomocí informací ze satelitů a pomocí aktualizovaných digitalizovaných map, které používá navigační přístroj, dokáže osvětlit zatáčku dříve než do ní řidič vjede. Tento systém také hlídá důležité značky upozorňující řidiče na omezení či zákaz pro lepší orientaci a zvýšení bezpečnosti. Hlídá také, jestli vozidlo projíždí obcí nebo mimo obec. V obci je světelný svazek velmi široký, aby byl řidič vidět na místa okolo vozovky, mimo obec se svazek světla zužuje a prodlužuje se také osvětlovací vzdálenost před vozidlem. [14,25,26]



OBR.35:NATÁČENÍ DYNAMICKÉHO SYSTÉMU [14]

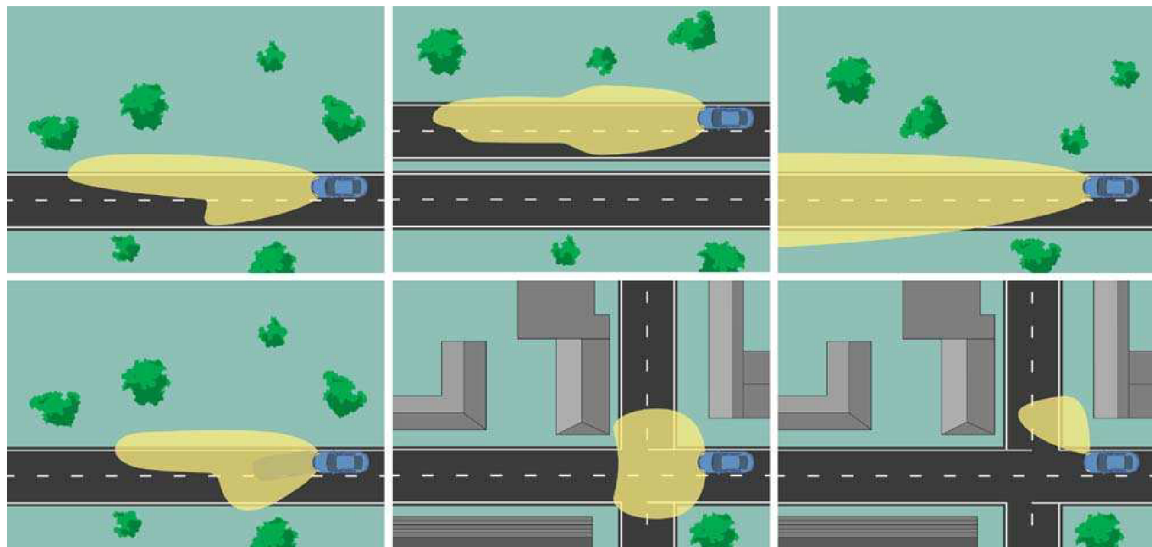
#### 4.10 AFL (Adaptive Forward Lighting)

Velké koncerny se předhánají v technologiích, zlepšující bezpečnost na silnicích pomocí několika režimů osvětlení závislých na okolních podmínkách. Společnost Opel ve svém novém modelu Insignia, používá několik režimů přizpůsobujících se jízdním vlastnostem a poloze automobilu. Zde je výřad režimů:

- Světla v pěší zóně – (0-30 km/h) rozšíření paprsku na každou stranu o 8 stupňů, širší výhled na vozovku
- Světla ve městě – aktivace při rychlosti 30-55 km/h, navíc dokáže přizpůsobovat výsledný paprsek podle pouličního osvětlení
- Světla mimo město – zde je osvětlení prodlužováno, aby řidič lépe viděl do dálky aktivace při 55-100 km/h
- Světla na dálnici – zde se zvyšuje intenzita zdroje používaná pro osvětlení a dosah světla až na délku 140 m
- Světla při nepříznivém počasí – dle informace z čidla reagující na déšť a jiné povětrnostní vlivy upravuje se svítivost kuželů. Jas levé strany se sníží a na pravé se zvýší, což lépe osvětlí vozovku za zhoršených podmínek
- Přepínání mezi tlumenými a dálkovými světly – pokud systém detekuje protijedoucí auto, samočinně přepne režim dálkových světel
- Dynamické natáčení – natáčení paprsků o 15° na základě informací o pohybu volantu a rychlosti jízdy, je-li v autě použita funkce sportovního režimu rychlost odezvy na systém je kratší
- Statické odbočovací světlo – aktivuje se při rychlostech do 45 km/h, při manévrování nebo parkování je trvale zapnuta svítla osvětlující prostory vedle vozidla. [26,29,30]



OBR.36:MODUL AFL MODELU OPEL INSIGNIA[30]



OBR.37:UKÁZKA VYBRANÝCH REŽIMŮ Z AFL MODULU [30]

## 5 Systémy pro noční vidění

Podle statistik provedených v Německu se 50% všech smrtelných nehod přihodí v noci, i přestože 75 procent veškerého provozu proběhne během dne. To ovšem znamená, že technologie zvyšující bezpečnost v noci ušetří velké množství lidských životů.

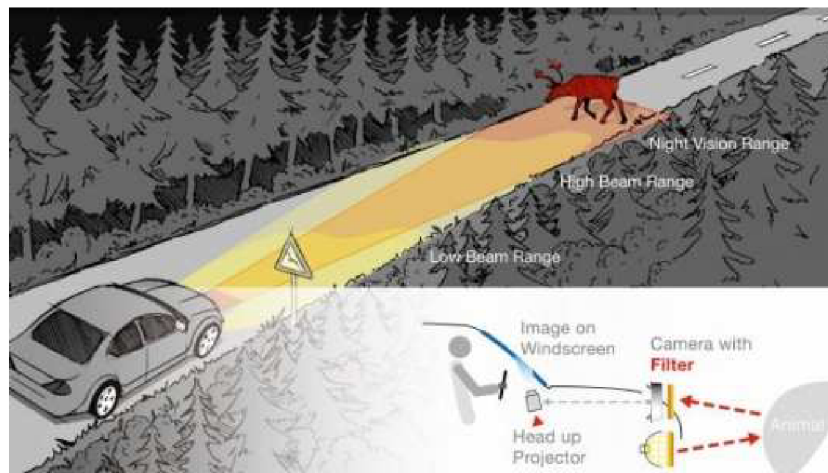
Jedna z dalších technologií, která nám usnadňuje pohyb vozidla i v nočních hodinách, je systém senzorů na bázi infračerveného záření. Předpoklad toho, že je pohyb vozidla především vizuální vyhodnocení situace, je zde ještě vylepšeno o snímání situace před vozidlem. Vlastnost vyzařování infračerveného záření mají všechny objekty. Toho jevu je využito při vývoji systému pro noční vidění. Čím teplejší je objekt, tím více světleji je zobrazen. Laserové světlomety osvětlují vozovku infračerveným světlem, obraz odrazu situace zachycují kamery nočního vidění a černobílý výsledek procesu je zobrazen na displeji zabudovaném na palubním počítači nebo HUD systémem. [7,20]

### 5.1 Aktivní technologie – NIR (Near Infra-Red)

Vývojářský tým u firmy Mercedes přišel na technologii pro vidění v nočních hodinách využívající infračerveného záření. Princip je zobrazen na obr. 20. Výhodou této technologie je fakt, že infračervené světlomety vysílají signál, který se odráží od překážek před vozidlem a tento obraz je snímán kamerovým systémem, a poté je zobrazen řidiči. Protože je to systém pracující s odrazem infračervených vln od lesklých předmětů, je jasné, že při průjezdem



městem je zobrazen každý objekt před vozidlem a tento fakt může být pro řidiče spíše matoucí. Obraz zobrazený na displeji je černobílý s vysokým rozlišením. Tento způsob aktivní bezpečnosti s přesným určením objektů má dosah okolo 150 m a jedním způsobem jak tyto informace předat řidiči je pomocí zabudované obrazovky umístěnou ve středních částech palubních desek automobilů nebo pomocí HUD či pomocí modulů přidělavajícími se přísavkami na přední sklo automobilu, které obsahují všechny prvky potřebné pro funkci NIR. Problém týkající se odrazů řeší technologie FIR, která pracuje na principu zobrazování odrazů od předmětů vyzařujících teplo, proto je tento systém oblíbenější pro neoslňující záběry protijedoucích osvětlení vozidel.[7,21,22]



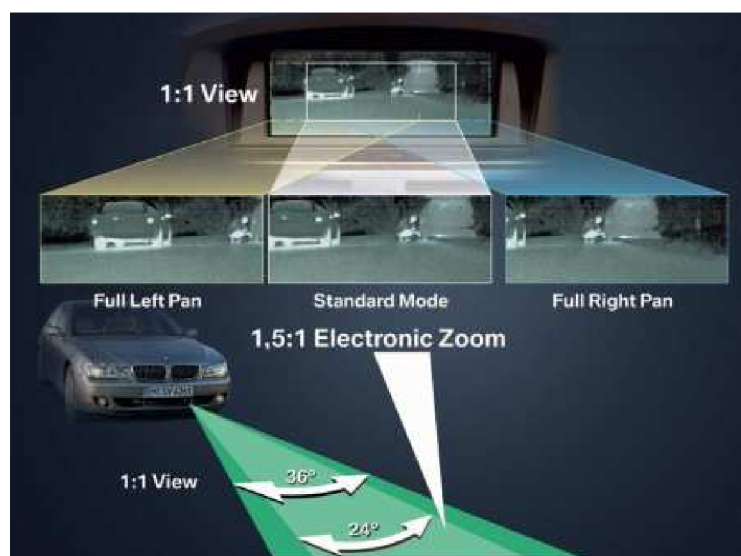
OBR.38:SCHEMA PRINCIPU TECHNOLOGIE NIR [22]



OBR.39:POHLED NA NIR OBRAZOVKU [22]

## 5.2 Pasivní technologie FIR (Far Infra-Red)

Jelikož je omezena délka světelného kužele u dálkových a tlumených světel (asi 40 m), musel být vyvinut systém upozorňující na situaci dříve, než je ohrožen bezpečnostní stav posádky automobilu. Technologie využívající infrakamerový systém, snímá rovnou vyzařované teplo z lidí a zvířat. První firma, která zavedla tuto metodu zvyšující bezpečnost na komunikacích, byla firma BMW. Snímač citlivý na teplo se instaluje do přední části nárazníku a je schopna dát informaci daleko rychleji než systém NIR, protože pracuje s celkovým vyzařovaným teplem osob či zvířat. Snímač je instalován pod nárazuvzdorným sklem a při použití ostříkovačů se automaticky čistí. Při použití v podmínkách pod 5°C musí být celý snímací systém vyhříván, aby nedošlo ke kondenzaci vody v zařízení. Podmínky provozu zařízení jsou náročnější, protože je celý signalizační systém namáhán podmínkami provozu a povětrnostních podmínek. Úhel snímání systému je závislý na rychlosti vozidla a na natočení volantu. Při rychlosti 80 km/h je systém snímání nastaven na hodnotu okolo 35 stupňů při vyšší rychlosti je to úhel okolo 23 stupňů. Firma BMW má navíc při vysokých rychlostech možnost zapnutí digitálního zoomu, který zvětší objekty o polovinu, což zvyšuje vzdálenost snímání a tím i čas reakce řidiče reagující na situaci před ním. Tento systém má dosah okolo 300 m, což je v porovnání se systémem NIR dvojnásobný dosah. Výsledný obraz je zde tvořen kontrasty tvořící objekty vyzařující teplo a doplňujícími obrazy, které jsou zastíněné, aby nemátly soustředěnost řidiče na danou situaci. [7,21,23]



OBR.40: ADAPTABILNÍ PŘÍZPŮSOBNÍ KAMERY [20]



OBR.41:UKÁZKA NOČNÍHO VIDĚNÍ PODLE TECHNOLOGIE FIR [23]

### 5.3 Porovnání technologie NIR a FIR

Při porovnání obou způsobů je jasné, že technologie FIR pracující pouze s tepelným vyzařováním z osob či zvířat je systém, který se hodí spíše pro provoz mimo město. Protože nemusí čekat na odraz záření od objektu je systém pružnější a reaguje na delší vzdálenost. FIR na rozdíl od NIR dokáže rozpoznat osobu na přibližně 3x větší vzdálenost. NIR má navíc problémy se světly protijedoucích vozidel, pouličním osvětlením, semaforey a vysoce reflexními povrchy (značky), což může řidiče spíše rozptýlit. Průměrná rozpoznávací schopnost pevně od sebe odlišit objekty účastníků se na silničním provozu je u systému FIR okolo 168m kdežto u NIR technologie byla průměrná vzdálenost 60 m od objektu před vozidlem [20,21,23]

## **5.4 Doplnkové osvětlovací systémy pro osobní automobily**

### **5.4.1 Uvítací světlo (Welcome light)**

Další technologie zlepšující pohodlí a pohyb u prostoru auta po odemčení je uvítací světlo. Tato funkce aktivuje interní světlo, které se po nastaveném potřebném intervalu zase ztlumí. Technologie pomocí času hlídá přechod dne a noci, kdy aktivuje případně osvětlení přístrojové desky a zajišťuje kvalitativní osvětlení za každých podmínek. [7]

### **5.4.2 Funkce “Follow me home“ (Doprovod' mě domů)**

Zde se využívá potřeby vidět i po vypnutí motoru v prostorech, ve kterých potřebujeme zajistit viditelnost v okolí automobilu. Zajišťuje aktivní světla po dobu kolem 45 sekund po vytáhnutí klíče ze zapalování. Tuto funkci ocení lidé, kteří nechtějí využívat jiné zdroje pro osvětlení prostorů garáže a jejího okolí. Aktivace trvá do doby, než se vozidlo naším zásahem zhasne. [7]

### **5.4.3 Adaptivní dálniční osvětlení**

Jak název říká, tato funkce se aktivuje při vysokých rychlostech nad 120 km/h a natáčí paprsek ve vertikální rovině tak, že paprsek tlumených světel dosvítí dále a tím zvýší řidičovu viditelnost vzdálenosti před vozidlem bez toho, aby oslňoval protijedoucí řidiče. [19,26]

### **5.4.4 Odbočovací světla**

Adaptivní světlomety mají také tzv. odbočovací světlomety, které pomáhají osvětlovat prostor vedle vozidla. Aktivuje se při rychlostech vyšších než 40 km/h a tím, že jsou paprskem namířeny do strany, dostatečně zvyšují viditelnost vedle vozidla. Dosah je okolo 30 m. Tím se zvyšuje pohotovostní doba na případně překážky při vjezdu do dlouhých zatáček a odbočování. [19,26]

### 5.4.5 HUD Display

Toto zřízení zvyšuje bezpečnost na silnicích, protože promítá důležité informace o pohybu automobilu a náhlých změnách dějící se v okolí vozidla na čelní sklo, což nerozptyluje řidiče při hledání těchto informací na palubní desce. Jízda je proto bezpečnější. Systém může zobrazovat informace o rychlosti jízdy, nejvyšší dovolené rychlosti, informace z GPS, informace o změnu směru jízdy a jiné nastavitelné prvky. Tento systém byl použit u leteckého průmyslu, kde je potřeba důležité informace o pohybu letadla zjišťovat v malých časových intervalech a tyto intervaly snižují soustředěnost na let.

Systém se skládá ze tří částí u místě mezi volantem a sklem, u kterého se zdá promítaný obraz sdělující informace vznášet nad kapotou. Je to silný zdroj světla vysílající záření na soubor zrcadel a ploché obrazovky. Tento obraz se promítá od čelního skla dále ke kapotě, což má za následek posunutí údajů směrem k přední části vozu řidič není rušen zaostřováním oka na údaje. V dnešních systémech HUD není problém upozorňovat také na stav vozidla pomocí zpráv, počtu najetých kilometrů, stavu pohonných hmot na nádrži, výstupních obrazů nočních vidění atd. Je to velice důležitý prvek pro sdělování informací řidiči, protože i nepozornost na pár sekund už při rychlosti 50 km/h vyvolá velké změny ve vzdálenostech, u kterých řidič není plně soustředěn na jízdu. [7,8,31]



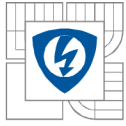
OBR.42: HUD OBRAZ [31]



OBR.43 MOŽNÉ ROZLOŽENÍ PROTŘEBNÝCH PRVŮ HUD [31]

## 6 Možnosti inovace hlavních světel při provozu za ztížených podmínkách

Do této části byly probírány základní konstrukce a vlastnosti moderních osvětlovacích soustav. Následuje shrnutí technologií a jejich významu do příštích let. Jak je možno vyčíst z mé práce, základním kamenem jsou zdroje, po kterých chceme co největší výkon, malé rozměry, malý příkon a co největší životnost. V tomto době je nutno říci, že hodně rozšířené halogenové výbojky žárovky mají výhodu ve své jednoduchosti, dostupnosti a nulového nároku na obvody zajišťující jeho funkci, vykompenzovanou velkými požadavky na stálost velikosti napětí a požadavky na čistotu v okolí baňky. Pomocí vrstev nanášených na vnitřní stranu baňky nebo barevnými filtry lze měnit chromatičnost produkovaného světla. Na rozdíl od xenonových ovšem mají dvojnásobný odběr. Xenonové výbojky mají výhody ve své svítivosti, životnosti a dosvitu distribuovaného kužele, malého příkonu ovšem za předpokladu, že máme vozidlo vybavené obvody pro jeho správnou funkci. Tyto zdroje měli velkou prosperitu, ovšem z důvodu rozmachu technologie LED pomalu ztrácí svoje místo na výslunní. Velkou konkurenci oběma zdrojům dělají také pixelové světlomety, umožňující vysílat velice variabilní tvar výsledného výseku kužele s co nejmenším oslněním protijedoucího automobilu. Má velice malý odběr a variabilita toho systému je daleko větší než dosavadní systém adaptivních světlometů s různými režimy. Stejně jako LED technologie má malé nároky na prostor, což dá volnou ruku konstruktérům řešící tvary předních konstrukcí.



## 7 Návrh úlohy do BAEB

Jelikož máme omezené finanční podmínky pro vytvoření měřené úlohy, je potřeba využít všech možností a dostupných prostředků pro zdárné vytvoření úlohy.

### **Srovnání svítivosti konvenčních, halogenových žárovek s výbojkami a LED diodami.**

Možné zadání laboratorní úlohy:

1. Seznamte se s teorií základních zdrojů světla používaných pro osvětlení automobilů
2. Seznamte se se základními vlastnostmi při manipulaci s přiloženými zdroji světla
3. Na předložených zdrojích určete intenzitu osvětlení pomocí luxmetru
4. Změřte odebíraný výkon měřených zdrojů a napájecího napětí
5. Porovnejte a zhodnoťte intenzity a odebírané výkony osvětlených zdrojů

V této úloze by si student osvojil základní znalosti použití, manipulace a udělal by si jasno jaké příkony, světelné toky a možnosti připojení všech základních zdrojů používaných pro osvětlení vozidel.

### **Měření svítivosti u předložených zdrojů v závislosti na napájecím napětí**

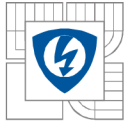
Možné zadání úlohy:

1. U předložených zdrojů proměřte, jakou svítivost mají při nastavování napětí od 75-105 %  $U_n$
2. U každého zdroje určete příkon svítivosti na základě změřených hodnot z předchozího bodu
3. Změřte závislost  $I = f(U)$ , při použití předložených zdrojů při režimu pro tlumená u dálková světla
4. Pomocí naměřených výsledků zhodnoťte měření.

### **Vytvoření prezentace do přednášek předmětu BAEB**

Prezentace, která slouží jako učební pomůcka pro objasnění probírané látky v předmětu Baeb, se skládá z několika částí probíraných oblastí a tvoří přílohu bakalářské práce:

- Základní rozdělení zdrojů používaných v automobilovém průmyslu
- Rozdělení světlometů
- Konvenční systémy světlometů
- Adaptivní systémy světlometů
- Systémy pro noční vidění

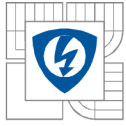


## 8 Závěr:

Tato práce je základním shrnutím osvětlovacích soustav. První část pojednává o rozdělení svítílen a světlometů. Dále jsou zde vysvětleny základní zdroje, systémy možností usměrňování souboru paprsků a možnosti použití moderních světlometů. Osvětlovací soustavy slouží k základní bezpečnosti na silnicích. Jelikož je to obor, který má neustále větší požadavky na kvalitu zdrojů a stále menší rozměry světlometů, je nutné využívat metodiku postavenou na počítačových postupech při návrzích tvaru reflektoru a jiných periférií. Je jisté, že čím lepší technologie jsou využity k osvětlení dne i v noci, tím kvalitnější a bezpečnější bude provoz na silnicích. V budoucnu bude velká snaha přizpůsobit osvětlovací prostředky v nepříznivých podmínkách těm denním.

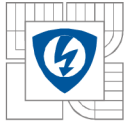
Trend vysoké bezpečnosti se objevil i v automobilové technice. Díky nočnímu vidění dokážeme daleko dříve zareagovat díky značnému dohledu před sebou. Do budoucna by bylo nejlepší, kdyby se dnes moderní technologie uplatňovali jako standardní výbava, což by mělo za následek menší počty nehod, zranění, usmrcení ale i také zvětšení komfortu. Pravidlo vidět s být viděn platí v automobilovém průmyslu dvojnásobně.



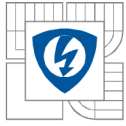


## 9 Použitá literatura:

- [1] - WÖRDENWEBER, Burkard ; WALLASCHEK, Jörg; HOFFMAN, Donald. *Automotive Lighting and Human Vision. 1. : Springer-Verlag Berlin Heidelberg , 2007. 415 s*
- [2] - [Http://cs.autolexicon.net/](http://cs.autolexicon.net/) [online]. 26. únor 2009 [cit. 2010-12-08]. Světlomet au tomobilu. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/svetlomet-automobilu>>.
- [3] - Vlk, František. *Elektrická zařízení motorových vozidel : [palubní síť, baterie, alternátory, startéry, zapalování, osvětlení]. 1. vyd. Brno : František Vlk, 2005. 251 s. ISBN 80-239-3718-9.*
- [4]- [Http://cs.wikipedia.org/](http://cs.wikipedia.org/) [online]. 20.10.2010 [cit. 2010-12-08]. Světlo. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlo>>.
- [5]- [Http://www.fyzika.net](http://www.fyzika.net) [online]. 23.07.2005 [cit. 2010-12-08]. Fyzikální veličiny (6) - fotometrické veličiny. Dostupné z WWW: <<http://www.fyzika.net/view.php?cislocclanku=2005072301>>.
- [6] - HOFMANN, M. H SERVIS [online]. 22.4.2010 [cit. 2010-12-08]. Přepněte na vyšší výkon XENONU. Dostupné z WWW: <<http://www.lokalizacevozidel.estranky.cz/stranka/prepnete-na-vyssi-vykon-xenonu>>.
- [7]- Grof, Tomáš. *Aktivní bezpečnost zaměřená na osvětlení vozidel. Pardubice, 2008. Diplomová práce (Ing.). Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.*
- [8]- Vlk, František. *Automobilová elektronika 2. / Systémy řízení podvozku a komfortní systémy : [systémy ABS/ASR/ESP, elektronické brzdové systémy, zádržné systémy, osvětlení vozidla, komfortní systémy]. 1. vyd. Brno : František Vlk, 2006. 308 s. ISBN 80-239-7062-3.*
- [9]- [Http://www.tradekorea.com](http://www.tradekorea.com) [online]. 2010 [cit. 2010-12-08]. Halogen Lamp H1,H3,H4,H7. Dostupné z WWW: <[http://www.tradekorea.com/product-detail/P00248133/Halogen\\_Lamp\\_H1\\_H3\\_H4\\_H7.html](http://www.tradekorea.com/product-detail/P00248133/Halogen_Lamp_H1_H3_H4_H7.html)>
- [10]- [Http://www.sportsimportsltd.com](http://www.sportsimportsltd.com) [online]. 2010 [cit. 2010-12-08]. HID Xenon 35 watt Replacement lamps / Bulbs. Dostupné z WWW: <<http://www.sportsimportsltd.com/hidxen35watr.html>>.
- [11]- [Http://benzs.blogspot.com](http://benzs.blogspot.com) [online]. 15.5.2010 [cit. 2010-12-08]. AUDI PIONEERS ALL LED HEADLAMP WITH R8 MODEL. Dostupné z WWW: <<http://benzs.blogspot.com/2008/01/audi-pioneers-all-led-headlamp-with-r8.html>>.
- [12]- [Http://cs.autolexicon.net](http://cs.autolexicon.net) [online]. 26.2.2009 [cit. 2010-12-08]. Xenonové světlometry (výbojky). Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/xenonove-svetlomety-vybojky>>.



- [13]- [Http://cs.autolexicon.net](http://cs.autolexicon.net) [online]. 26. únor 2009 [cit. 2010-12-08]. *Parabolový reflektor s optikou na skle*. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/parabolovy-reflektor-s-optikou-na-skle>>.
- [14]- Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav. *Vývoj a konstrukce světlometů*. 2007. 58 s.
- [15]- [Http://cs.autolexicon.net](http://cs.autolexicon.net) [online]. 26. únor 2009 [cit. 2010-12-08]. *Projektorový reflektor*. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/projektorovy-reflektor>>.
- [16]- [Http://cs.autolexicon.net](http://cs.autolexicon.net) [online]. 26. únor 2009 [cit. 2010-12-08]. *Bi-Xenonové světlometry (výbojky)*. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/bi-xenonove-svetlometry-vybojky>>.
- [17]- [Http://cs.autolexicon.net](http://cs.autolexicon.net) [online]. 26. únor 2009 [cit. 2010-12-08]. *Free-form reflektor*. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/free-forms-reflektor>>.
- [18]- [Http://www.dennisviceni.cz/](http://www.dennisviceni.cz/) [online]. 2010 [cit. 2010-12-08]. *Světla pro denní svícení*. Dostupné z WWW: <<http://www.dennisviceni.cz/>>.
- [19]- [Http://cs.autolexicon.net](http://cs.autolexicon.net) [online]. 26. únor 2009 [cit. 2010-12-08]. *Denní svícení*. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/denni-sviceni>>.
- [20]- [Http://cs.autolexicon.net](http://cs.autolexicon.net) [online]. 20. únor 2009 [cit. 2010-12-08]. *BMW Night Vision (Noční Vidění)*. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/bmw-night-vision-nocni-videni>>.
- [21]- BRIGGS, Josh . [Http://electronics.howstuffworks.com](http://electronics.howstuffworks.com) [online]. 2010 [cit. 2010-12-08]. *How In-dash Night-vision Systems Work*. Dostupné z WWW: <<http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/automotive/in-dash-night-vision-system3.htm>>.
- [22]- HANLON, Mike . [Http://www.gizmag.com/](http://www.gizmag.com/) [online]. 24.7.2007 [cit. 2010-12-08]. *Oerlikon nighttime vision uses near-infrared spectrum*. Dostupné z WWW: <<http://www.gizmag.com/go/7323/>>.
- [23]- [Http://www.bmw.com/](http://www.bmw.com/) [online]. 2010 [cit. 2010-12-08]. *BMW Night Vision*. Dostupné z WWW: <[http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology\\_guide/articles/bmw\\_night\\_vision.html?source=index&article=bmw\\_night\\_vision](http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/bmw_night_vision.html?source=index&article=bmw_night_vision)>
- [24]- [Http://cs.autolexicon.net/](http://cs.autolexicon.net/) [online]. 2. březen 2009 [cit. 2010-12-08]. *AFL (Adaptive Forward Lighting)*. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/afl-adaptive-forward-lighting>>.



[25]- [Http://www.fordmanuals.org](http://www.fordmanuals.org) [online]. 2009 [cit. 2010-12-08]. Adaptive front lighting system (AFS). Dostupné z WWW: <<http://www.fordmanuals.org/page-3102.html>>.

[26]-[Http://periskop.cz/](http://periskop.cz/) [online]. 13. prosince 2004 [cit. 2011-05-26]. Adaptivní světlomety. Dostupné z WWW: <<http://www.periskop.cz/cz/clanky/opel-vyvi-ji-adaptivni-svetlomety-afl-nove-generace/>>.

[27]-[Http://periskop.cz/](http://periskop.cz/) [online].

[28]- světlomety [online]. 2005 [cit. 2011-05-26]. Intranet.ssinte-karvina.cz. Dostupné z WWW: <<http://intranet.ssinte-karvina.cz/download/navratil/Elektrotechnika/07%20Sv%C4%9Btlomety/038%20patice%20%C5%BE%C3%A1rovek.jpg>>

[29]- Luxeon K2 [online]. 2010 [cit. 2011-05-26]. All-Battery.com. Dostupné z WWW: <http://www.all-battery.com/browseproducts/Luxeon-K2-LED-Flashlight-TL10008-with-4-RCR123A-750mAh-Li-Ion-battery-and-Smart-charger.HTML>

[30]- [Http://www.topspeed.com](http://www.topspeed.com) [online]. 2009 [cit. 2011-05-26]. Top speed. Dostupné z WWW: <<http://www.topspeed.com/cars/car-news/2009-opel-insignia-will-feature-new-afl-generation-ar50757.html>>.

[31]- [Www.bmw.com](http://www.bmw.com) [online]. 2010 [cit. 2011-05-26]. HUD. Dostupné z WWW: <[http://www.bmw.com/com/en/newvehicles/6series/coupe/2004/allfacts/ergonomics\\_hud.html](http://www.bmw.com/com/en/newvehicles/6series/coupe/2004/allfacts/ergonomics_hud.html)>.

[32]- LUXEON K2 [online]. 2009 [cit. 2011-05-26]. All-Battery.com. Dostupné z WWW: <<http://www.all-battery.com/browseproducts/Luxeon-K2-LED-Flashlight-TL10008-with-4-RCR123A-750mAh-Li-Ion-battery-and-Smart-charger.HTML>>.