

ÚVOD



Magnetické indukčné lampy sú efektívne trvalé zdroje osvetlenia, schopné ponúknuť 50% úspory nákladov na energiu a údržbu počas svojej životnosti v porovnaní s tradičným osvetlením priemyselných a obchodných priestorov na báze halogenidových, ortuťových, či sodíkových výbojok.

Mnoho ľudí pri prvom kontakte s týmto druhom osvetlenia zaznamená, že magnetické indukčné lampy pôsobia veľmi jasným a príjemným svetlom. Avšak pri porovnaní hodnôt z meracích prístrojov mávajú tieto nové lampy nižšie hodnoty vyžiareného výkonu, ako bežné svetlá. To môže vyvolať radu pochybností ohľadom inštalácie tohto druhu osvetlenia, napriek tomu, že má výrazne nižšiu spotrebu energie. Najčastejšie obavy sú o dostatočné osvetlenie priestorov v porovnaní s konvenčnými zdrojmi svetla, aj keď na pohľad pôsobia indukčné lampy rovnako alebo dokonca jasnejšie.

Problém nie je v nových svetlách, ktoré sú ozaj vizuálne jasnejšie, ale v kalibrácii meracích prístrojov podľa štandardu 1951 CIE. Tento štandard určuje krivku citlivosti meračov osvetlenia, avšak neberie do úvahy vplyv skotopického vnímania ľudského oka, to znamená "nočného videnia na celkovú citlivosť nášho zraku.

Vedecké štúdie preukázali, že ľudské oko je na svetlo v modrom spektre citlivejšie, ako udáva meracia krivka citlivosti svetlomeracích prístrojov, navyše modré svetlo pôsobí na naše skotopické vnímanie výrazne zvyšuje ostrosť videnia.

Dôsledkom kalibrácie prístrojov podľa neaktuálneho štandardu, ktorý nezodpovedá súčasným vedeckým poznatkom, sú tieto prístroje nepresné. Vďaka tomu zákazníci utrácajú za energiu a vybavenie, ktoré neprispieva k zlepšeniu osvetlenia, zatiaľ čo inovatívne produkty s vyššou účinnosťou a kvalitnejším svetlom sú ignorované. Dochádza až k tomu, že sa kvôli nedostatočným hodnotám na prístrojoch inštalujú nadbytočné lampy a znižuje sa tak potenciálna úspora energie.

Z týchto dôvodov je potrebné pochopiť vedecké princípy indukčného osvetlenia a dôvody, prečo je lepšie a jasnejšie, napriek tomu, že bežné merače tvrdia opak. V tejto štúdii zjednodušenou formou vysvetlíme vedecké princípy indukčného osvetlenia. Pokiaľ budete mať záujem o podrobnejšie informácie, v poznámkach pod čiarou nájdete odkazy na detailné vedecké štúdie a práce, na ktorých je teória indukčného osvetlenia postavená.

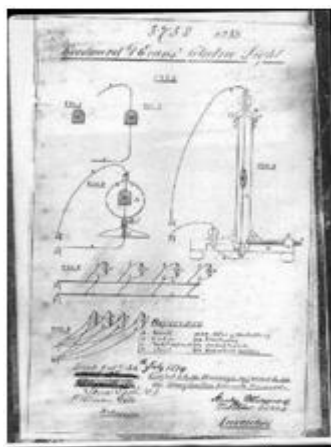
Stručná história magnetických indukčných lúčp

Od dôb, kedy ľudia osídlili prvé jaskyne, začali tiež hľadať zdroje umelého osvetlenia, aby si uľahčili život. Napriek tomu, že trepotavé ohne kromaňoncov vydávali viacej tepla, ako svetla, vtedajší ľudia využili i toto skromné osvetlenie pri tvorbe jednej z najrannejších podôb umenia a zaznamenali svoje zážitky na steny obývaných jaskyní. Tieto primitívne maľby hovoria o dôležitom vplyve umelého osvetlenia na kultúru a gramotnosť, pretože poskytlo človeku viacej času na rozvinutie svojich schopností.

Prvé elektrické svetlo predstavil v Kráľovskej vedeckej Spoločnosti v Londýne sir Humphry Davy v rannom 19. storočí (podľa väčšiny údajov v roku 1809, avšak presný rok nie je známy). Použil dve elektródy s dreveného uhlia, vzdialené od seba 10 centimetrov a batériu s dvoma tisícmi článkami na vytvorenie elektrického oblúka. Pretože pri svojom pokuse Humphry upevnil elektródy vodorovne, vzniknutý náboj získal tvar oblúka, neseného hore prúdom vzduchu ohriateho v mieste výboja.

Vynález prvej komerčne úspešnej elektrickej lampy je pripisovaný Thomasovi Edisonovi. Vo svojej práci staval na poznatkoch priepokníkov na poli premeny elektrickej energie na svetlo, ktorí svoje objavy predviedli v laboratóriách.

Zhodou okolností v roku 1874 Kanadania Henry Woodward a Matthew Evans požiadali o patent na žiarovku s uhlíkovým vláknom v dusíkovej atmosfére. Aj keď sa



im Kanadský patent nepodarilo svoj vynález zpeňažiť, zaujali Edisona natoľko, že v roku 1875 kúpil kanadský aj americký patent na ich objav za na vtedajšiu dobu kráľovských 5 tisíc dolárov. Edison pokračoval vo vývoji ich patentu a nahradil uhlíkové vlákno kovovým umiestneným vo vákuu, čím v vytvoril v roku 1880 prvú použiteľnú a obchodne úspešnú žiarovku.

V 90. rokoch 19. storočia predviedol Nikola Tesla prenos energie do bezelektrodových žiarových a fluorescenčných lúčp behom svojich prednášok a vo svojich publikáciách^[1]. 23. júna 1891 bol Teslovi pridelený patent na veľmi ranný druh indukčnej lampy. Keď preskúmame Teslove náčrtky z prednášok a patentov, je podobnosť s modernými bezelektrodovými lampami až zarážajúca.

V rokoch 1967 a 1968 požiadal inžinier General Electric Company John M. Anderson o patenty na bezelektrodové lampy^{[2][3]}. Philips uviedol svoju radu indukčného osvetlenia pod označením „QL“ v roku 1990 na európsky a o dva roky neskôr aj americký trh. Ide o lampy s vnútornou indukčnou cievkou, pracujúcou na frekvencii 2.65 MHz a ich hlavnou devízou je trvanlivosť. V Ázii a Japonsku uviedla na trh indukčné osvetlenie Matsushita v roku 1992.



General Electric Lighting, vtedy jeden z najväčších výrobcov fluorescenčných trubíc, uviedol v apríli 1994 „prvú kompaktnú, praktickú a supermodernú indukčnú lampu“. Svoju radu „E-lamp“, ako znelo pôvodné označenie, predstavil v apríli na Hannoverskom veľtrhu a o mesiac neskôr v New Yorku na veľtrhu Svetlá. Pod obchodným označením "Genura"^[5] sa dnes skrýva indukčná lampa s vnútorným induktorom a integrovanou riadiacou elektronikou, pracujúcou na frekvencii 2.65 MHz.

Ako magnetické indukčné lampy fungujú

Klasická žiarovka

Náš prehľad zdrojov osvetlenia začneme najbežnejšou formou elektrického svetla, ktorú všetci dôverne poznáme - klasickou žiarovkou. Tá sa skladá so sklenenej



banky s vákuom, do ktorého cez jednu stenu vyčnievajú spravidla dve ukotvené elektródy a privádzajú dovnútra elektrický prúd. Medzi elektródami je upevnené typicky wolframové žiarové vlákno. Žiarovka môže obsahovať viac než dve elektródy, napríklad u dvojvláknových žiaroviek, alebo tiež nezapojené dráténé vodiče pre mechanickú oporu ďalších vlákien.

Klasická žiarovka funguje na princípe dobiela rozžhaveného wolframového vlákna, ktorým prechádza elektrický prúd a to potom vydáva svetlo rovnakej farby. Premena energie v

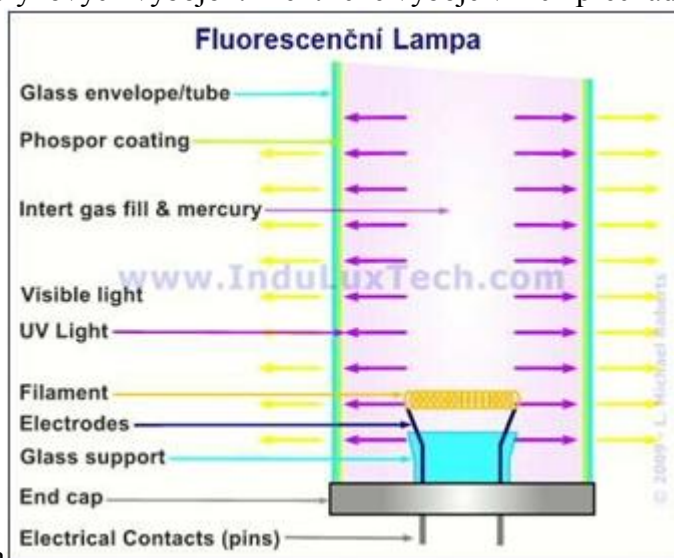
klasickej žiarovke je veľmi neefektívna, až 95% energie je vyžiarenej ako teplo. Vláknko v žiarovke chráni vákuum, alebo atmosféra z inertných plynov. Akýkoľvek kontakt rozžhaveného vlákna s kyslíkom by spôsobil odparenie vlákna, prerušenie obvodu a znehodnotenie žiarovky.

Ďalšie typy svietidiel

Existuje mnoho ďalších druhov lúč, od xenonových oblúčkových lúč pre filmové projektory, cez halogenidové, ortuťové a sodíkové výbojky, fluorescenčné lúč až po polovodičové diódy LED. Detailné pokrytie všetkých typov osvetlenia je nad rámec tejto štúdie, ale pre dôkladné pochopenie magnetických indukčných lúč je nutné porozumieť tiež fluorescenčným lúč, ktoré sú vývojovým predstupňom indukčného osvetlenia.

Fluorescenčné lúč

Fluorescenčné lúč, tiež známe ako žiarivky sú druhom nízkotlakových trubicových plynových výbojok. Elektrické výboje v nich prechádzajú atmosférou z inertného plynu



a ortuťových pár a vyvolávajú žiarenie v ultrafialovom spektre, najčastejšie vo vlnových dĺžkach 253.7 nm a 185 nm. Toto žiarenie dopadá na steny trubice pokryté luminofórom, ktorý ho pohlcuje a sám žiari v oblasti viditeľného svetla.

Na koncoch žiarivkovej trubice bývajú wolframové žhaviace elektródy pokryté zmesou oxidov bária, stroncia a vápnika, ktorá pri teplote okolo 700°C dobre emituje elektróny, a tak stimuluje ortuťové ióny v trubici.

Žiarivky sa vyznačujú negatívnou hodnotou odporu (čím väčší prúd nimi preteká, tým nižší odpor proti nemu pôsobí a dovoľuje tak ďalší rast hodnoty prúdu), preto k svojej funkcii potrebujú regulátor prúdu.

Najčastejšou formou regulátora je zapojenie štartéra a tlmivky. V tejto kombinácii tvoria obmedzujúci transformátor, ktorý žiarivke dodáva patričný prúd potrebný k prevádzke. Tento druh regulátora je veľmi lacný, ale súčasne tiež neefektívny: 12 až 16% energie spotrebovanej žiarivkou bezúčelne vyčerpá regulátor.

Nové typy žiariviek preto používajú vysokofrekvenčný elektronický predradník, ktorý je síce nákladnejší na výrobu, ale poskytuje omnoho vyššiu účinnosť a obvykle spôsobuje iba 4 až 8% stratu.

Druh luminoforu, alebo ich kombinácia na vnútornej strane žiarivkovej trubice ovplyvňujú konečnú vnímanú farbu vyžiareného svetla. Určité luminofory vyžarujú červené, zelené alebo modré svetlo v reakcii na UV žiarenie vo vnútri trubice. To umožňuje výrobcovi ponúkať osvetlenie s "teplou bielou", "chladnou bielou" farbou svetla alebo s charakteristikou slnečného svetla. Tieto farebné označenia zodpovedajú približnej farebnej teplote žiariviek a výrobcovia ich dosahujú kombináciou rôznych druhov luminoforov na vnútorných stenách výbojky.

Bezelektrodové lampy

Takmer všetky aktuálne používané zdroje osvetlenia majú spoločnú jedinou vlastnosť - kovové elektródy zapustené do steny žiaríča, ktoré privádzajú elektrický prúd do vnútornej komory svetelného telesa. Niet divu, že práve elektródy a na nich upnuté žhavené vlákno sú typickou príčinou zlyhania týchto svetelných zdrojov. Nasledujúci zoznam vymenúva najčastejšie poruchy osvetlenia s výnimkou fyzického rozbitia:

- Prerušenie vlákna vďaka opotrebovaniu materiálu počas prevozu. Atómy vlákna sú postupne odparované prechádzajúcim elektrickým prúdom a usádzajú sa v podobe čiernych pruhov vo vrstve luminoforov.
- Prerušenie vlákna vibráciami počas prevádzky, kedy je vláknu blízko bodu tavenia a stáva sa krehkým.
- Netesnosť telesa lampy spôsobená tepelným namáhaním okolo elektród predhádzajúcich sklom banky. K zlyhaniu dochádza buď nárazovo, alebo pomalým únikom, ktorým do banky prenikajú atmosferické plyny a znehodnocujú ich ochrannú funkciu.

Lampa bez týchto problematických vnútorných elektród bola dlho snom vynálezcov elektrického osvetlenia. V lampe bez elektród je vnútorná banka kompletne uzavretá a mizne tak riziko atmosferickej kontaminácie vďaka netesnostiam i problém s opotrebovaním elektród a vlákna.

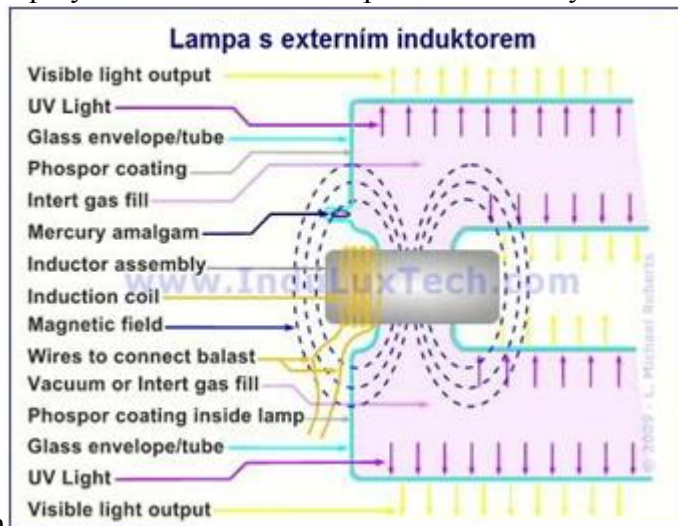
Pre bezelektrodové lampy zostávajú dva hlavné mechanizmy zlyhania (s výnimkou mechanického rozbitia):

- Spotrebovanie ortuťových pár vo vnútri výbojky. Malá časť nabitých iontov, ktoré bombardujú vrstvu luminoforov v trubici, zostáva zachytená v luminiscenčnej vrstve. Pokiaľ príde k vyčerpaniu ortuťových pár, bude lampa vydávať len veľmi slabé svetlo a lampa musí byť vymenená.

[illegible]

Bezelektródové magnetické indukčné lampy

Zostáva teda vyriešiť hádanku, ako dostať elektrický prúd do uzavretej trubice, kde musí ionizovať ortuťové pary. Na trhu sú dnes dva použiteľné druhy

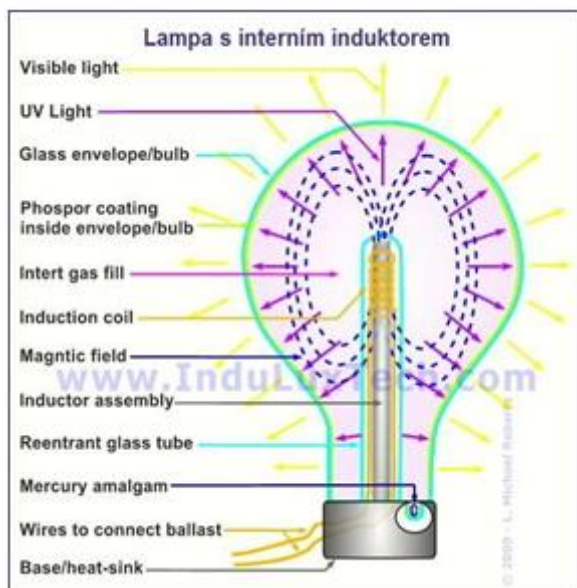


bezelektrodových  l&acaron;p, mikrovlnné a magnetické indukčné lampy. Mikrovlnné svietidl&acaron; bombardujú kapslu so s&iacaron;rou r&acaron;di&acaron;vúmú vlnami, ktoré s&iacaron;ru rozohrejú a&z; na teplotu plazmy vyd&acaron;vajúcu intenz&iacaron;vne svetlo. Nevúhodou tohto riešenia je nutnosč rot&acaron;cie kapsle aby sa zamedzilo nerovnomernému zahrievaniu, a z&acaron;roveň počadované chladenie svietidla prúdom vzduchu. Súčasčou svietidla sú tak i mechanické prvky. V súcasnej dobe nenach&acaron;dzajú mikrovlnné zdroje široké uplatnenie mimo vúskumnúch zariaden&iacaron; pre svoju n&acaron;kladnosč a n&acaron;ročnú údrčbu.

Magnetické indukčné lampy sú vo svojej podstate fluorescenčné lampy s indukčnými cievkami okolo časti trubice (viď. diagram vpravo). Vysokofrekvenčný prúd z regulátora indukuje v týchto cievkach intenzívne magnetické pole, ktoré pôsobí na ortuťové ióny v trubici a núti ich vydávať ultrafialové žiarenie, ktoré luminofory na stenách premenia na svetlo vo viditeľnom spektre.

Tento systém je možné prirovnať k transformátoru s primárnym vinutím vo forme induktoru a sekundárnym vinutím s jedným závitom tvoreným atómami ortuti v trubici. Energia tak prechádza skrz sklenenú stenu dovnútra trubice, kde voľné atómy ortuti vybudí.

Variácia indukčnej lampy v tvare klasickej žiarovky má vo svojom strede výduť v tvare skúmavky, v ktorej sa nachádza indukčná cievka navinutá na tenkom jadre. Riadenie lampy tentokrát zaobstaráva predradník pripojený k indukčnej cievke a svetlo produkuje vrstva luminoforu vo vnútri sklenenej banky.



Výhody indukčných svietidiel sú dlhá životnosť vďaka absencii elektród a veľmi vysoká účinnosť konverzie elektriny díky vysokofrekvenčným regulátorom s účinnosťou 95-98%. Tieto výhody umožňujú usporiť až 50% výdavkov za energiu a údržbu v porovnaní s inými zdrojmi osvetlenia, ktoré indukčné svietidlá nahrádzajú.

Rovnako ako žiarivky, tiež indukčné lampy menia svoje vlastnosti podľa použitej zmesi lumínoforov, čo umožňuje výrobcovi ponúkať svietidlá s presne vymedzeným farebným podaním.

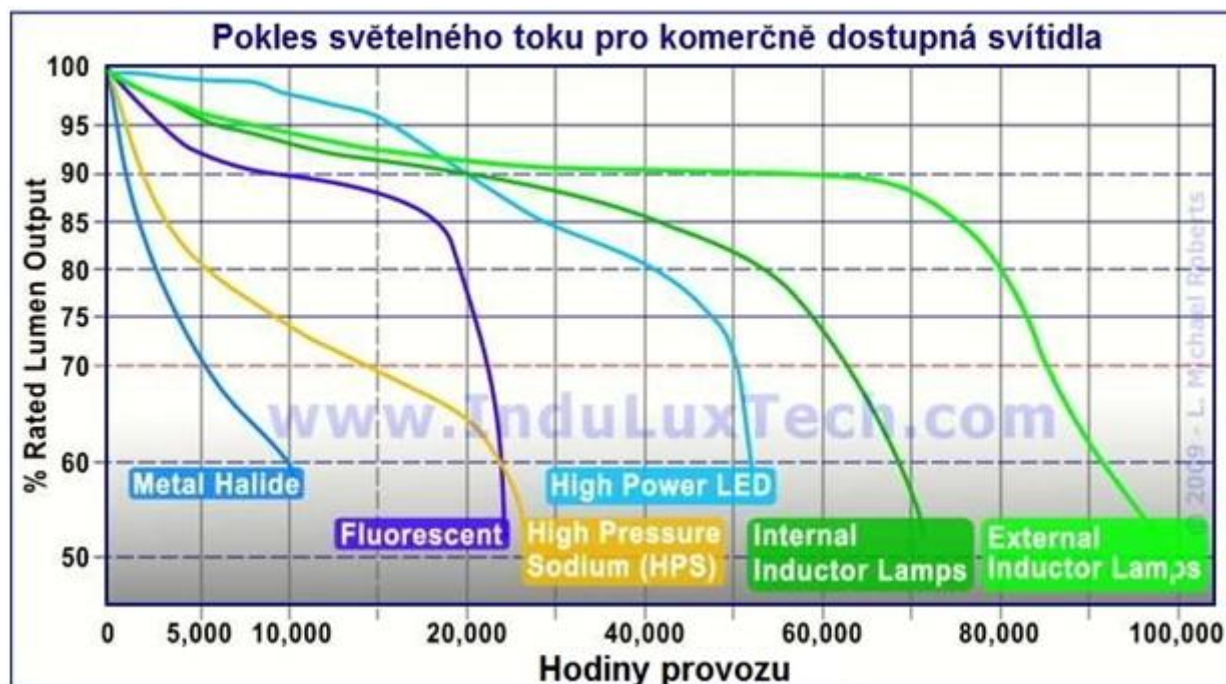
Magnetické indukčné lampy vyžadujú pripojenie vhodného predradníka pre správnu funkciu. Predradník sa stará o konverziu napájacieho napätia na jednosmerné a následnú konverziu na vysokofrekvenčný signál (2,65 MHz alebo 13,6 MHz podľa typu lampy). Tento signál je potom privedený na indukčnú cievku na feritovom jadre, ktorá vytvorí silné magnetické pole a odovzdá energiu atómom ortuti v trubici alebo žiarovke. Predradník indukčných lúčných lúč musí byť tiež schopný vytvoriť štartovací pulz, ktorým ionizuje atómy ortuti a lampu tak spustí. Magnetické indukčné osvetlenie dosahuje 100% výkonu už po niekoľkých sekundách rozsvietenia, keď sa s rozohriateho amalgánu uvoľní dostatočný počet atómov ortuti, ktorá je v ňom viazaná.

Bezprostredné riadenie svietidiel predradníkom s mikročipom umožňuje dosiahnuť účinnosť medzi 95 - 98% (podľa modelu), pri minimalizovaní strát na 2 - 5 %. Pre porovnanie, jednoduchý regulátor štartér-tlmivka má straty 12 - 16 %.

Pokles svetelného toku

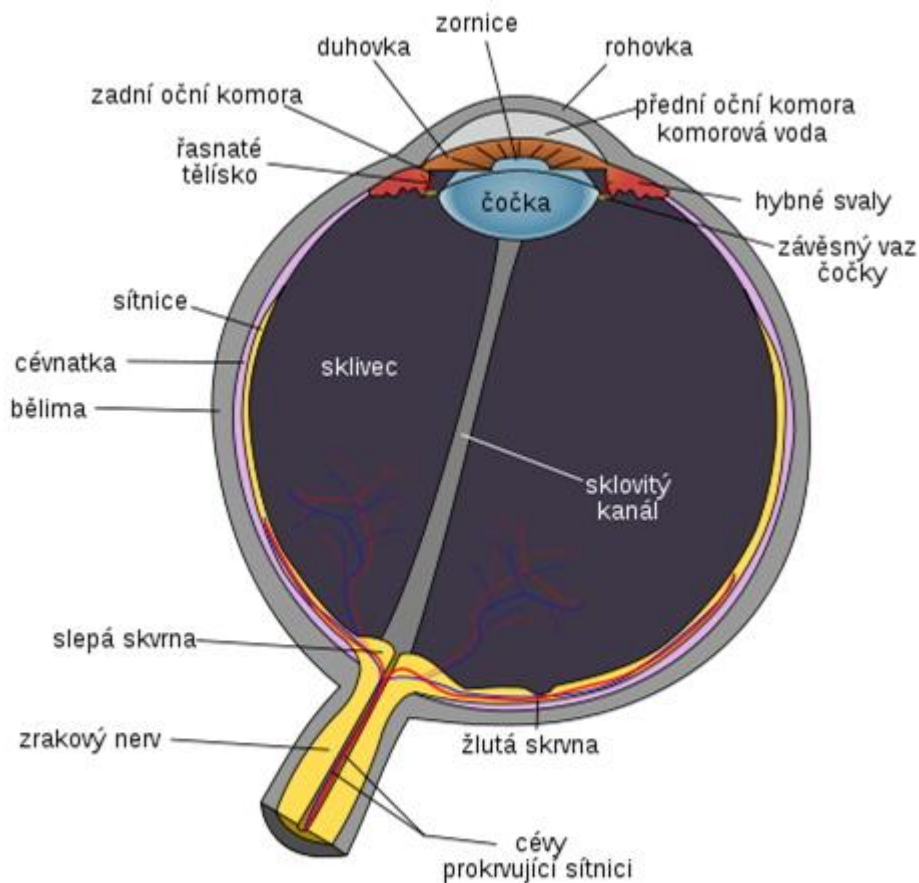
Pokles svetelného toku – alebo rýchlosť znižovania svietivosti svetelného zdroja v závislosti na čase - je ďalším z dôležitých faktorov v osvetľovacích systémoch. Pri starnutí lúčnych lúč klesá množstvo produkovaného svetla a znižuje sa účinnosť konverzie elektrickej energie na svetlo. To je spôsobené množstvom faktorov, počínajúc opotrebovaním vlákna, degradáciou atmosféry v lampe postupnou absorpciou molekúl plynu telesom lampy, až po zmenu tlaku v telesách lúčnych lúč.

Nasledujúci graf znázorňuje predpokladanú životnosť a postupný pokles svetelného toku pre rôzne svetelné zdroje vrátane magnetických indukčných lúč. Všimnite si, že magnetické indukčné lampy majú najmenší pokles svetelného toku vďaka absencii interných elektród a žiarových vlákien.



Ľudský zrak: Ako vidíme, čo vidíme

Ľudské oko je orgán, ktorý vníma svetlo a sprostredkuje nám videnie sveta okolo nás. Hlavnou súčasťou ľudského oka, v poradí, v ktorom ich pretne lúč svetla, sú:



Rohovka – priehľadná membrána, kryje vrchnú časť oka pred poškodením

Zornica – čierny kruhový otvor uprostred oka, ktorý reguluje množstvo svetla vstupujúce do oka. Keď je svetla málo, rozťahne sa, aby ho prepustila viac. V jasnom prostredí zúži svoj priemer aby prepustila svetla menej. Priemer zornice tiež ovplyvňuje ostrosť videnia.

Dúhovka – Najlepšie viditeľná časť oka, pozostáva z pigmentovaných vláknitých buniek, prepojených zvieračmi svalmi, ktoré ovládajú priemer zornice a množstvo svetla prepusteného do oka.

Šošovka – priehľadná bi-konvexná (dvojvypuklá) šošovka. Má za úlohu lámať svetlo tak, aby sa zaostrilo na sietnicu.

Sklovec – číra rôsolovitá hmota, ktorá vyplňa väčšinu priestoru očnej bulvy.

Sietnica – komplexná svetlocitlivá blana na zadnej očnej stene očnej bulvy, zaberá zhruba 72% povrchu očnej bulvy. Obsahuje svetlocitlivé bunky - tyčinky a čapíky, ktoré rôzne reagujú na rozne vlnové dĺžky svetla. Čapíky sú prispôsobené na detekciu farieb a dobre pracujú v jasnom osvetlení. Tyčinky sú prispôsobené na videnie v šere, ale nevnímajú farby. Sietnica obsahuje asi 125 miliónov tyčiniek a 6 miliónov čapíkov a môže byť rozdelená na dve hlavné časti:

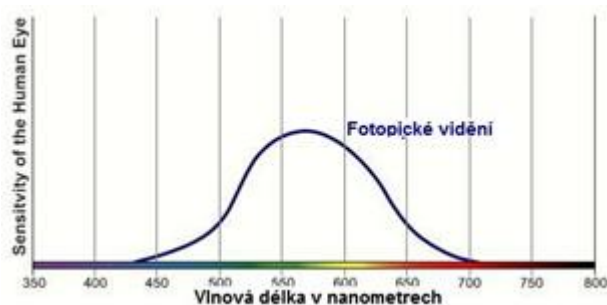
Fovea – tiež *fovea centralis* sa nachádza uprostred žltej škvrny, blízko očného nervu, ktorý prenáša obrazy do mozgu. Fovea zaberá menej než 1% plochy sietnice, ale signály z nej

zaberajú viac než 50% zrkového centra v mozgu^[5]. Fovea je husto pokrytá čapíkmi, avšak je takmer bez tyčínok. Ľudia majú tri druhy čapíkov zodpovedných za trichromatické videnie zložené z červeného a zeleného svetla, ktoré mozog skladá do farebných obrazov sveta okolo nás. Čapíky vo fovey sú menšie ako inde a sú usporiadané v šesťstrannom vzore. Fovea je zodpovedná za detailné videnie a rozlišovanie farieb. Pretože zaberá tak malú plochu sietnice, hýbeme očami pri čítaní, aby obraz padol práve na foveu.

Zbytok sietnice zodpovedá za periférne videnie a pozostáva predovšetkým z tyčinkových receptorov, ktorých je 20x viac ako čapíkov. Zhruba 100 miliónov tyčínok na ľudskej sietnici má v obmedzenom rozsahu farebného spektra vyššiu citlivosť ako čapíky, a sú tak zodpovedné za naše nočné videnie^[6]. Laureát Nobelovej ceny George Wald^[7] a ďalší vykonali experimenty, ktoré preukázali, že tyčinky sú citlivejšie na modrú časť spektra a nevnímajú svetlo nad 640 nm (červenú farbu)

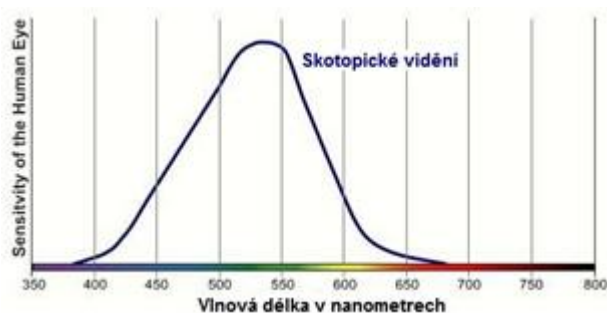
Fotopické, skotopické a mezopické videnie

Citlivosť ľudského zraku - graficky zobrazenú ako svetlocitlivosť v závislosti na vlnovej dĺžke svetla - možno rozdeliť na dve základné kategórie: fotopické a skotopické videnie.



Fotopické videnie je vedecký termín pre ľudské farebné videnie za normálnych svetelných podmienok behom dňa alebo s jasným umelým osvetlením. Tento druh videnia sprostredkovávajú tri druhy čípkov, citlivé v troch rôznych vlnových dĺžkach: červená (575nm), modrá (445nm) a zelená (535nm)

Krivka citlivosti CIE pre kalibráciu meračov osvetlenia kopíruje spektrálnu citlivosť fotopického videnia.



Skotopické videnie je vedecký termín pre čiernobiele vizuálne vnímanie za šera, tzv. nočné videnie.

Tento druh videnia zprostredkovávajú tyčinky, ktoré sú citlivejšie na modrú farbu.

Krivka citlivosti CIE skotopické videnie nereflektuje.



Mezopické videnie je vedecký termín pre nový model ľudského zraku, ktorý kombinuje krivky citlivosti fotopického a skotopického videnia.

Tento model je vďaka zložitej krivke citlivosti v závislosti na vlnovej dĺžke dosť komplikovaný.

Kalibrácia meračov osvetlenia

Tradične sa merače osvetlenia kalibrovali na základe meraní účinnosti ľudského zraku v 2° zornom poli. To zodpovedá veľkosti sietnice pokrytej foveou, tiež žltou škvrnou, v ktorej majú prevahu svetlocitlivé čípky. Táto metóda ale pokrýva iba dve stotiny percenta (0,02) zorného poľa a zcela ignoruje vplyv tyčiniek a skotopického videnia.

Kalibračná krivka (CIE 1951 Fotopická krivka svetelnosti) použitá vo väčšine meračov osvetlenia má vrchol okolo 550 nanometrov, čo znamená zelenú farbu. Merače preto vyhodnotia svetelné zdroje, ktoré vydávajú viac svetla ako "jasnejšie", než iné, ktoré síce vyžiaria menej zelenej, avšak vydajú viac rovnako vhodného alebo užitočnejšieho modrého a červeného svetla.

Tento efekt si môžete overiť sami u nových xenonových alebo modro zfarbených auto reflektorov, ktoré väčšina ľudí vníma omnoho jasnejšie ako bežné svetlá a



vodiči v noci tvrdia, že s nimi vidia omnoho lepšie a omnoho ďalej. Pri meraní svetelného výkonu však tieto svetlá vykazujú rovnaké hodnoty ako bežné halogénové. Tieto reflektory nám pripadajú jasnejšie práve kvôli modrému svetlu, ktoré v noci skotopicky vnímame intenzívnejšie. Pri privyknutí na tmú naše oči začnú uprednostňovať tyčinkové receptory a pozitívny efekt modrého svetla sa znásobí.

Podobne pôsobia na väčšinu ľudí indukčné svetlá, ktoré na pohľad vyzerajú jasnejšie než halogenidové či sodíkové výbojky, ktoré majú nahradiť. Keď však zmeriame indukčné svetlo bežným meracím prístrojom, bude vykazovať nižšie hodnoty svetelného toku, než konvenčné lampy, napriek tomu, že vyzerá na prvý pohľad jasnejšie.

Dôvodom je kalibrácia meracieho prístroja podľa spomínanej fotopickej krivky svetelnosti 1951 CIE, ktorá ignoruje výraznú modrú zložku v meranom svetle indukčnej lampy, ktorá pozitívne pôsobí na skotopické vnímanie ľudského oka.

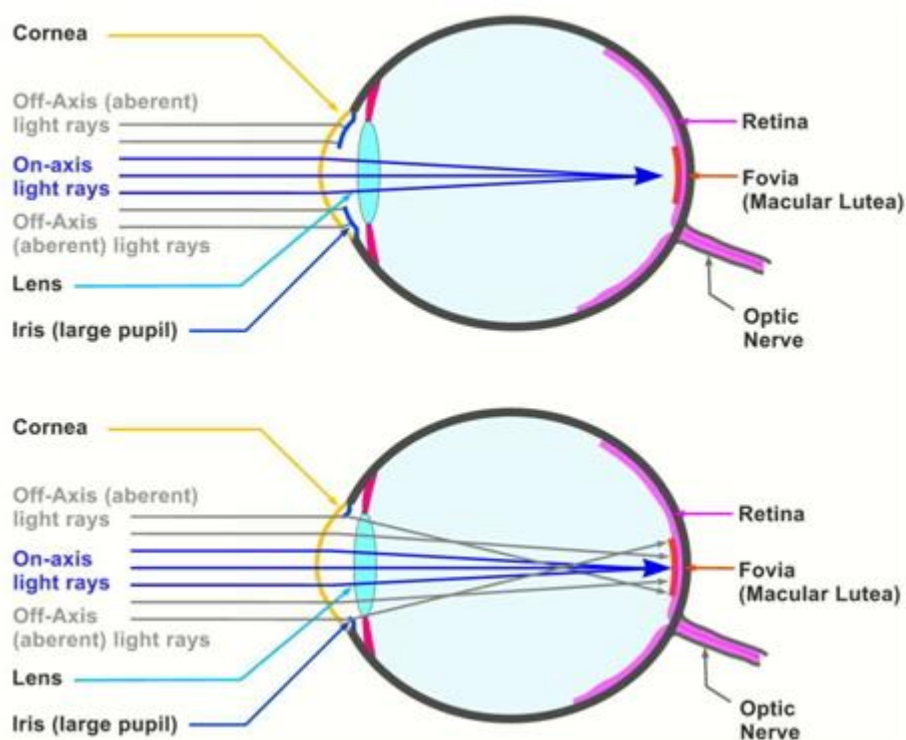
Vedecký výskum preukázal, že modré svetlo hrá dôležitú úlohu v ľudskom videní. Denné svetlo obsahuje výraznú modrú zložku v podobe difúzneho svetla z oblohy (tzv. Raleighov rozptyl slnečného svetla, ktorý spôsobuje, že obloha je modrá).

V štúdií^[8] publikovanej v roku 1996 boli pozorovaní jedinci požiadaní, aby sledovali malý farebný televízor v miestnosti, kde bola výskumníkmi riadená intenzita a farebná teplota osvetlenia okolitých stien. Intenzita osvetlenia meraná u subjektu bola daná do vzťahu s momentálnym rozšírením zorníc zaznamenaných infračerveným pupilometrom (zariadenie pre bezkontaktné meranie veľkosti zorníc očí).

Veľkosť zorníc ovplyvňuje ostrosť videnia, najmä pri pracovných aktivitách. Zúžené zornice pôsobia ako ekvivalent vysokého clonového čísla v objektíve fotoaparátu. Zúženie zorníc tak zvýši ostrosť videnia a zvýši hĺbku ostrosti videnia, najmä pri pracovných aktivitách. Zúženie zorníc zvýši ostrosť videnia a zvýši hĺbku ostrosti, čím zlepšuje videnie pri bežnej úrovni izbového osvetlenia.

V súčasnosti používané osvetľovacie systémy sa snažia zúžiť zornicu a zlepšiť videnie pomocou intenzívnejšieho osvetlenia. Tento prístup však neberie do úvahy citlivosť tyčinkových receptorov na modré svetlo, ktoré preukázateľne ovplyvňuje veľkosť zorníc. Samotné zvyšovanie intenzity osvetlenia iba zhoršuje odlesky a zbytočne plytvá energiou.

Ostrosť videnia



Horný diagram (nad textom) znázorňuje zúženú zornicu oka, ktorá blokuje mimobežné (odchýlené) lúče a dovoľuje rovnobežným lúčom zaostriť na sietnicu, čím poskytuje najostrejšie možné videnie.

Na spodnom diagrame je zornica rozšírená a prepúšťa ako rovnobežné, tak aj mimobežné lúče na sietnicu, čím zhoršuje ostrosť videnia.

Tento fakt je profesionálom v oblasti osvetlenia dobre známy. Na stretnutí IES (Spoločnosť Osvetľovacieho Inžinierstva) v San Diegu v roku 1992 bolo 100 prítomných odborníkov požiadaných, aby z dvoch miestností nepriamo osvetlených fluorescenčnými svetlami vybrali tú jasnejšie osvetlenú. Obe miestnosti boli v rovnakom farebnom prevedení, aby vyvolávali podobnú odozvu v čípkových receptoroch, avšak jedna z nich bola osvetlená svietidlami s vyšším pomerom modrého svetla (skotopicky vylepšené svetlo).

98 z prítomných odborníkov zvolilo miestnosť so skotopicky vylepšeným osvetlením ako jasnejšiu, aj keď podľa meracích prístrojov bola intenzita osvetlenia o 30% nižšia!

Dvaja jedinci, ktorí vybrali opak, neskôr potvrdili, že trpia nejakou formou farbosleposti.

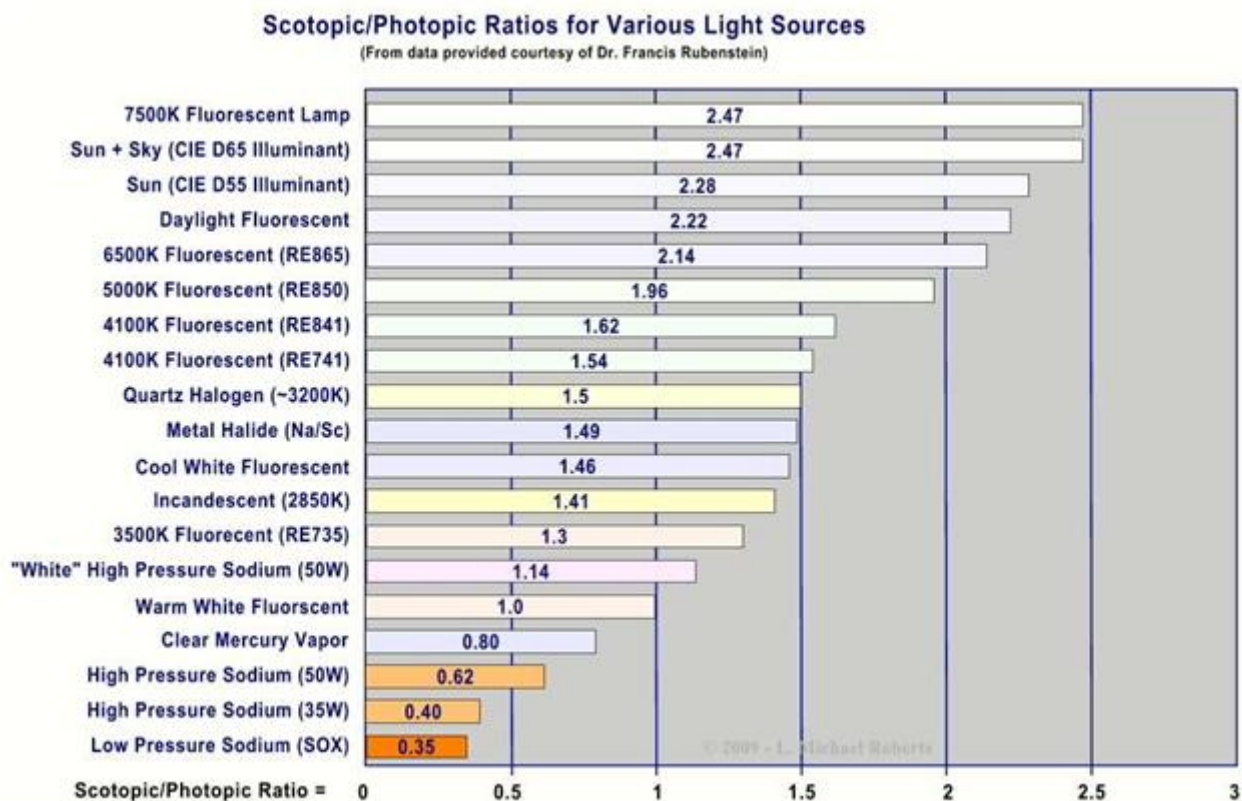
Pomer skotopického a fotopického videnia

Pomer skotopického a fotopického svetla v zdroji osvetlenia sa nazýva „Scotopic/Photopic ratio“, skrátene pomer S/P. Ten určuje jas svetelného zdroja a je zároveň dôvodom, prečo 200 wattové indukčné svietidlo pôsobí pre ľudský zrak rovnako jasne, alebo jasnejšie, ako sodíkové alebo halogenidové výbojky s dvojnásobným príkonom.

Pomer S/P je dôležitý údaj svietidla, ktorý stanoví násobiteľ výkonu svietidla zisteného podľa konvenčného merača za účelom stanovenia množstva pre ľudský zrak užitočného svetla vydávaného svietidlom. Táto hodnota sa niekedy nazýva "vnímateľný svetelný tok", v angličtine sa vžil termín "Pupil Lumens", zornicové lumeny.

Pomer S/P sa zisťuje porovnaním meraní svetelného toku (v lumenoch/luxoch) svietidla spektrometrom, čiže meračom kalibrovaným najprv podľa fotopického videnia (prakticky zodpovedá norme CIE) a potom opakovaným meraním v prístroji kalibrovanom podľa skotopického videnia. Výsledný pomer sa dá vyjadriť jedným číslom.

V nasledovnom grafickom porovnaní nájdete pomery S/P pre rad svietidiel. Údaje poskytol Dr. Francis Rubinstein z Národného laboratória Lawrenca Berkeleyho v Kalifornii.



Ak má sodíková výbojka nominálny svetelný výkon 140 lumenov na watt a indukčná lampa má 80 lumenov na watt, po započítaní ich pomeru S/P nám vychádza:

· 120 W Nízkotlaková sodíková výbojka [SOX 120] $\times 140 \text{ Lumenov/W}^{[11]} = 16\,800 \text{ Lumenov} \times 0,35 = \mathbf{5\,880}$ lumenov svetla užitočného pre ľudský zrak.

· 120 W Indukčná lampa $\times 80 \text{ Lumenov/W} = 10\,200 \text{ Lumenov} \times 1,96 = \mathbf{18\,816}$ lumenov užitočného svetla.

Indukčná lampa poskytuje viac ako trojnásobok užitočného svetla pri rovnakej spotrebe energie. (Pre túto chvíľu ignorujeme typický štartér s tlmičkou používaný pre sodíkové výbojky oproti 2-5% strate energie na elektronickom predradníku indukčnej lampy).

Tieto hodnoty vysvetľujú, prečo magnetické indukčné lampy pôsobia jasnejšie ako väčšina ostatných svetelných zdrojov, aj keď majú nižší príkon. Indukčné lampy jednoducho dávajú viac svetla, ktoré je užitočné pre ľudský zrak.

S využitím pomeru S/P je ľahké preukázať, prečo priemyselné stropné indukčné svietidlá znižujú spotrebu energie pri výmene za konvenčné svietidlá s vyšším udávaným príkonom.

· 400W Halogenidová lampa [M 400] $\times 54.6 \text{ lumenov/W}^{[11]} = 21\,840 \text{ lumenov} \times \text{S/P } 1,49^{[10]} = 32\,541$ užitočných lumenov.

· 200W Magnetická Indukčná lampa $\times 82 \text{ lumenov/W} = 16\,400 \text{ lumenov} \times \text{S/P } 1,96 = 32\,144$ užitočných lumenov.

Poznámka: Tieto výpočty neberú do úvahy reálnu spotrebu elektrickej energie, ktorá by zahŕňala straty na predradníku, ktorých započítaním by indukčné lampy vyšli ešte účinnejšie.