

Úspora elektrickej energie vo verejnom osvetlení

¹Emanuell TOMIQ, ²Marek PAVLÍK

¹ Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická Univerzita v Košiciach, Slovenská Republika.

¹emanuell.tomiq@tuke.sk, ²marek.pavlik@tuke.sk

Abstrakt — Tento článok rieši problematiku úspory elektrickej energie vo verejnom osvetlení. Vysvetlenie normy pre návrh verejného osvetlenia STN EN 13201 a svetelno-technické parametre sú dôležitým krokom k pochopeniu požiadaviek verejného osvetlenia. Pomocou týchto poznatkov sú následne rozoberané rôzne návrhy verejného osvetlenia, ktoré sa potom použijú na vytvorenie databázy, ktorá umožní používateľom vyrátať približný počet nových LED svietidiel potrebných pre rôzne druhy cestných situácií, čo následne umožní výpočet možnej úspory.

Kľúčové slová — osvetlenie, databáza, návrh osvetlenia, norma, svietidlo, úspora

I. ÚVOD

Verejné osvetlenie je dôležitou súčasťou každej obce a slúži nám všetkým vo forme bezpečnosti, orientácie v priestore a umožňuje využívať verejné komunikačné cesty vo večerných hodinách. V súčasnosti sa však dozvedáme, že doteraz používané svietidlá sú už zastaralé a vyžadujú veľa elektrickej energie a pritom neponúkajú účinné osvetlenie. Vzniká tak problematika, ktorá rieši možnosti úspory elektrickej energie a zvýšenie účinnosti na verejných osvetleniach. Existuje viac spôsobov ako ušetriť elektrickú energiu vo verejnom osvetlení čo napokon prispeje aj ušetreniu finančných prostriedkov. Šetrenie však nesmie byť na úkor funkčnosti a kvality osvetlenia.

V svetelnej technike sa neustále hľadajú nové svetelné zdroje, ktoré by zabezpečili zníženie nákladov, bezpečnú prevádzku a ktoré zabezpečia bezpečnú premávku pre vodičov a pre chodcov. Trendom súčasnosti sú svietidlá, ktoré sú založené na LED technológii, a keďže sú dnes stredobodom pozornosti, prechádzajú značným vývojom. LED (light emitting diode) sa vyznačujú dlhou životnosťou, nízkym napätím, malými rozmermi, nízkou spotrebou elektrickej energie, vysokou odolnosťou proti otrasom a vibráciám, možnosťou plynulého stmievania. Na Slovensku sa postupne čoraz viac vyskytujú rekonštruované osvetlenia, ktoré sú založené na technológii LED dá sa predpovedať, že sa v budúcnosti všetky zastaralé osvetlenia realizované vysokotlakými výbojkami nahradia práve touto technológiou. Súčasťou tohto príspevku sú preto aj návrhy osvetlení, navrhnuté pomocou LED osvetlenia.

II. STN NORMY PRE NÁVRH OSVELTENIA

Normy STN EN 13201-1 a STN EN 13201-2 sú normy, ktoré sa nezaoberajú priamou realizáciou návrhu ale hlavne samotným návrhom a projekciou. Tieto normy stanovujú triedy osvetlenia a ich svetelnotechnické kritéria. Cieľom stanovenia tried osvetlenia je zjednotiť vývoj a použitie osvetľovacích zariadení pozemných komunikácií a ich prevádzku v členských štátoch CEN.

STN EN 13201-1 je norma, ktorá obsahuje návod na výber tried osvetlenia a súvisiace hľadiská. Návod je použiteľný na pevné osvetľovacie zariadenia, ktoré majú zabezpečovať používateľom verejných pozemných komunikácií dobrú viditeľnosť počas tmy, bezpečnosť cestnej premávky, intenzitu cestnej premávky a majú prispievať k pocitu bezpečnosti. [1]

STN EN 13201-2 je časť európskej normy STN EN 13201, ktorá definuje na základe fotometrických požiadaviek triedy osvetlenia pozemných komunikácií, ktoré zodpovedajú vizuálnym potrebám užívateľov pozemných komunikácií a zvažuje environmentálne aspekty ich pôsobenia. [2]

A. Triedy osvetlenosti

Triedy M sú určené pre vodičov motorových vozidiel alebo užívateľov pozemných komunikácií s povolenými priemernými až vysokými jazdnými rýchlosťami. Hlavné kritérium osvetlenia týchto tried sa zakladá na jase povrchu vozovky a zahŕňa priemerný jas vozovky, ako aj celkovú pozdĺžnu rovnomernosť jasu suchého povrchu vozovky. Ďalším kritériom je zníženie obmedzujúceho oslnenia. Triedy M obsahujú šesť stupňov, ktoré majú svoje vlastné svetelno-technické požiadavky (viď Obr. 2). Kategorizácia týchto stupňov je nepriamo úmerná, čo znamená, že nižším číslom sa určuje vyššia trieda osvetlenosti.

Triedy C sú tiež určené pre vodičov motorových vozidiel, a to v kolíznych úsekoch, ako sú nákupné centrá, zložité križovatky, okružné križovatky a čakacie úseky pred križovatkou a pod., kde sa konvenčné výpočty jasu a povrchu vozoviek nepoužívajú alebo sú neuskutočniteľné. Kritéria sú založené na horizontálnej osvetlenosti spriemerovanej na povrchu vozovky a celkovej rovnomernosti osvetlenosti. Tieto triedy osvetlenia sa môžu použiť aj na komunikáciách pre chodcov a cyklistov. Triedy C sa rozdeľujú na šesť stupňov, ktoré majú tiež svoje svetelno-technické parametre.

Triedy P sú určené na osvetlenie chodníkov a cyklistických komunikácií, na osvetlenie núdzových pruhov a iných priestorov pozemných komunikácií, navrhnutých oddelene alebo pozdĺž jazdného pásu cestnej komunikácie a ďalej na osvetlenie miestnych komunikácií, peších zón, parkovísk, školských dvorov a pod. Triedy C obsahujú šesť stupňov. [1] [2]

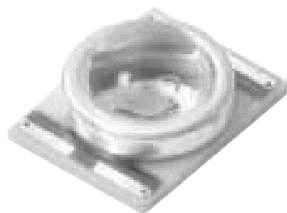
III. SVETELNÉ ZDROJE

Svetelný zdroj je hlavná časť svietidla, ktorá mení elektrickú energiu na svetlo. Výber svetelného zdroja výrazne ovplyvňuje vlastnosti osvetľovacej sústavy, kvalitu vyžarovaného svetla, spotrebu energie, výšku investície a prevádzkové vlastnosti. Dôležitými parametrami pri výbere svetelného zdroja okrem spotreby elektriny sú svetelný tok, merný výkon, životnosť, index podania farieb a náhradná teplota chromatickosti. Z pohľadu znižovania nákladov za elektrinu zohrávajú dôležitú úlohu predradníky a možnosť stmievania.

A. LED

LED diódy patria síce k luminiscenčným svetelným zdrojom. Od iných svetelných zdrojov sa líšia fyzikálnym princípom vzniku žiarenia a to tak, že nie je založený na ohreve vlákna, ako je to pri teplotných svetelných zdrojoch. LED je svetelný zdroj, kde dochádza k vzniku svetla na p-n priechode, ktorý je zapojený v priepustnom smere. Elektrón z vodivostného pásma rekombinuje s dierou vo valenčnom pásme, pričom je uvoľnená energia vo forme fotónu. Ide o žiarivý prechod, pričom vlnová dĺžka fotónu sa pre rôzne polovodiče líši. Tento prechod je samovoľný (spontánny), pretože nemožno dopredu určiť okamih prechodu, ale len strednú hodnotu doby, keď k nemu dôjde. A keďže zároveň dochádza k emisii fotónu, táto emisia sa nazýva spontánna. Spontánna emisia sa využíva aj v iných zdrojoch žiarenia, ale najmä v elektroluminiscenčných diódach. Uvoľnená energia môže byť dodaná aj kryštálovej mriežke vo forme tepelnej energie (nežiarivý prechod), pričom snahou je v optoelektronických súčiastkach tento jav potlačiť.

Na výrobu LED p-n priechodu sa využívajú rôzne polovodičové materiály. Podľa toho ich delíme aj na takzvané LED a OLED diódy. V LED sa využívajú anorganické materiály, ako aj kombinácia prvkov z tej istej skupiny periodickej tabuľky. Organické elektroluminiscenčné diódy, označované skratkou OLED, pracujú na princípe LED diód, polovodičový materiál je organický. [3] [4]



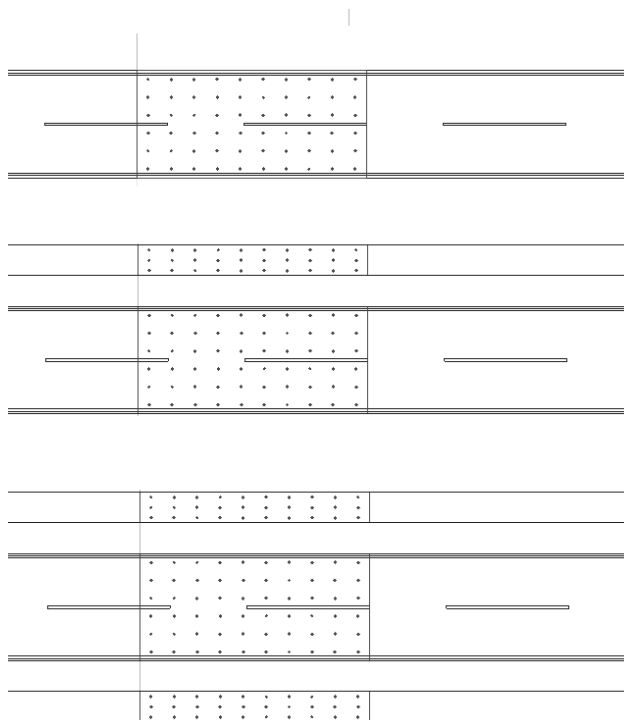
Obr. 1 Elektroluminiscenčná dióda – LED

IV. NÁVRH ÚSPORY ELEKTRICKEJ ENERGIE VO VEREJNOM OSVETLENÍ

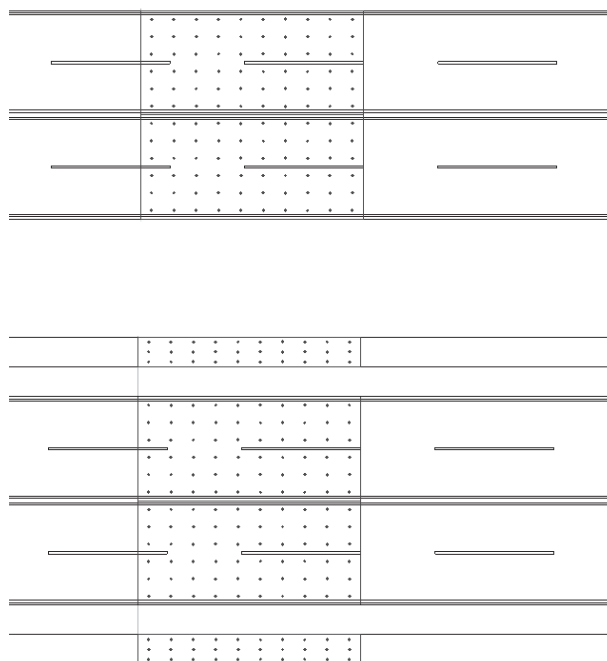
Pri návrhoch úspor elektrickej energie sa bude uvažovať s LED osvetlením. Hlavným cieľom je vytvorenie databázy, ktorá v sebe bude zahŕňať rôzne situácie, pomocou ktorej sa dá približne určiť, koľko svietidiel je potrebných na osvetlenie v situáciách, ktoré sú podobné s tými z databázy, čo následne pomôže k určeniu približnej veľkosti investície, potrebnej na realizáciu výmeny starších osvetlení za novšie, LED osvetlenie, v reálnych cestných premávkach.

A. Návrh osvetlenia pre typické druhy ciest

Pod pojmom „typické druhy ciest“ sa myslí typ ciest, ktoré sa v cestných komunikáciách vyskytujú najčastejšie. Jedná sa o päť typov cestnej komunikácie - klasická dvojprúdová cesta, dvojprúdová cesta s jedným chodníkom po boku, dvojprúdová cestu s chodníkom na oboch stranách, dvojprúdová cestu a dvojprúdovú cestu s chodníkom na oboch stranách.



Obr. 2 Príklady jednoduchej dvojprúdovky



Obr. 3 Príklady dvojitéj dvojprúdovky

B. Návrh reálnych situácií a porovnanie s návrhmi pre typické druhy ciest

Návrhy pre osvetlenie boli realizované pomocou DiaLux Evo a jednou z možností tohoto programu je optimálne vypočítanie vzdialenosti medzi svietidlami tak, aby svetelno-technické požiadavky boli dodržané. Tieto optimalizačné výpočty prebehli na všetkých typoch ciest zakomponovaných v týchto návrhoch a to pomocou 5 rôznych dĺžkach stĺpov h (8 m, 9m, 10m, 11m, 12m). Uhol naklonenia svietidla u je v prípade jednoduchej dvojprúdovky 0° , keďže tento uhol vykazuje najvyššie vzdialenosti medzi svietidlami. Dĺžka ramena je jeden meter a vzdialenosť stožiaru od kraja vozovky taktiež jeden meter. Hodnoty vo vnútri tabuľky sú vzdialenosti medzi svietidlami pre všetky možné dĺžky stožiarov a pre všetky vybrané svietidla.

Pre návrh reálnych situácií sa vybrali vozovky na troch uliciach v meste Košice, podobné typickým druhom ciest. Jedná sa o jednoduché dvojprúdovky s chodníkom a dvojité dvojprúdovky s dvoma chodníkmi.

V Tab. 1 sa nachádzajú rozdiely návrhov, optimálne vypočítaných pomocou DiaLux Evo, medzi typickou dvojitou dvojprúdovkou s dvoma chodníkmi a ulicou Jantarová. Vzdialenosť medzi svietidlami a uhol naklonenia svietidla na ulici Jantarová je značená ako d_j a u_j . Návrhy typických ciest sú značené vzdialenosťou d_t a uhlom naklonenia u_t . Keďže má táto praktická časť pomôcť k približnému určeniu počtu svietidiel, uhol naklonenia nieje až taký dôležitý. V tabuľke sa preto nachádza aj rozdiel medzi vzdialenosťami d_j a d_t vo forme $|d_j - d_t|$ a počet svietidiel potrebných na jeden kilometer dĺžky p_j , pre ulicu Jantarová, a p_t , pre danú typickú cestu.

Tab. 1 Rozdiel vzdialeností a počtu svietidiel na dĺžku jeden kilometer, medzi vozovkou na ulici Jantarová a typickou dvojitou dvojprúdovkou s dvoma chodníkmi

$h(m)$	8	9	10	11	12
$d_j(m)$	51	54	59	61	63
$u_j(^{\circ})$	20	15	15	15	15
$p_j(-)$	19	18	16	16	15
$d_t(m)$	52	57	62	69	73
$u_t(^{\circ})$	15	15	20	10	10
$p_t(-)$	19	17	16	14	13
$ d_j - d_t $	1	3	3	8	10
$ p_j - p_t $	0	1	0	2	2

Značenie v Tab. 2 ostáva nemenné. Jediným rozdielom je, že sa indexy pre vzdialenosť medzi svietidlami a uhol naklonenia, pre návrh ulice Šafáriková, zmenili z písmena „j“ na písmeno „š“, takže vzdialenosti medzi svietidlami a uhol naklonenia svietidla sa v tomto prípade vyznačili ako d_s a u_s . Najmenší rozdiel bol zaznamenaný v prípade dĺžky stožiara $h = 10\text{m}$ a $h = 11\text{m}$, kde návrh pre ulicu Šafáriková a pre typický prípad, vykazoval rovnaký počet svietidiel $p = 13$ a $p = 14$. Najväčší rozdiel bol zaznamenaný v prípade dĺžky stožiara $h = 8\text{m}$. Tieto počty sú tak isto riešené len na jednu stranu vozovky, takže ak je návrh riešený tak, že sa svietidlá osadzujú z oboch strán vozovky striedavo, počet svietidiel sa zdvojnásobi a k tomu sa pridá ešte jedno svietidlo.

Tab. 2 Rozdiel vzdialenosti a počtu svietidiel na dĺžku jeden kilometer, medzi vozovkou na ulici Šafáriková a typickou jednoduchou dvojprúdovkou s dvoma chodníkmi

$h(\text{m})$	8	9	10	11	12
$d_s(\text{m})$	60	65	75	70	67
$u_s(^{\circ})$	10	5	0	0	0
p_s	16	15	13	14	14
$d_t(\text{m})$	82	83	73	69	61
$u_t(^{\circ})$	5	0	5	5	10
p_t	12	12	13	14	16
$ d_s - d_t $	22	23	2	1	6
$ p_s - p_t $	4	3	0	0	2

Značenie v Tab. 3 ostáva rovnako nemenné. Jediným rozdielom je, že sa indexy pre vzdialenosť medzi svietidlami a uhol naklonenia, pre návrh ulice Popradská, zmenili na písmeno „p“. Takže vzdialenosti medzi svietidlami a uhol naklonenia svietidla sa v tomto prípade vyznačil ako d_p a u_p , ako je v Tab. 3 vidieť, najmenší rozdiel bol zaznamenaný v prípade dĺžky stožiara $h = 9\text{m}$ a $h = 10\text{m}$, kde rozdiel $|p_p - p_t| = 4$. Najväčší rozdiel bol zaznamenaný v prípade dĺžky stožiara $h = 8\text{m}$ a $h = 11\text{m}$. Tieto počty sú tak isto myslené len na jednu stranu vozovky no v tomto prípade je návrh riešený tak, že sa svietidlá osadzujú len z jednej strany takže počet svietidiel ostáva.

Tab. 3 Rozdiel vzdialenosti a počtu svietidiel na dĺžku jeden kilometer, medzi vozovkou na ulici Jantarová a typickou dvojitou dvojprúdovkou s jedným chodníkom

$h(\text{m})$	8	9	10	11	12
$d_p(\text{m})$	13	15	16	15	13
$u_p(^{\circ})$	5	5	0	0	10
p_p	76	66	62	66	76
$d_t(\text{m})$	15	16	15	13	12
$u_t(^{\circ})$	15	15	15	20	20
p_t	66	62	66	76	83
$ d_p - d_t $	2	1	1	2	1
$ p_p - p_t $	10	4	4	10	7

V. ZÁVER

Táto databáza obsahuje návrhy pre cesty triedy M, v ktorých boli vypočítané maximálne možné vzdialenosti medzi svietidlami, ktoré sú zároveň dostatočné na dodržanie svetelno-technických požiadaviek, ktoré sú určené v norme STN EN 13201-2. Výhodou je taktiež aj to, že si človek, ktorý si bude napomáhať takouto databázou, môže vybrať jednu z piatich dĺžok stĺpov, počnúc dĺžkou $h = 8\text{m}$, až po dĺžku $h = 12\text{m}$, keďže situácie môžu byť rôzne a jedna dĺžka stĺpu nemusí byť vhodná pre všetky cestné situácie. Týmto spôsobom sa databáza dátovo rozšíri, čo umožní kompatibilitu s viacerými situáciami. Cestné situácie, ktoré sú zakomponované do databázy sú jednoduchá dvojprúdovka, dvojité dvojprúdovka, jednoduchá dvojprúdovka s jedným chodníkom, jednoduchá dvojprúdovka s dvoma chodníkmi, dvojité dvojprúdovka s dvoma chodníkmi.

Pre ukážku nám slúžia aj príklady z reálnych situácií dvoch rôznych ulíc v meste Košice, ktoré budú poukazovať na presnosť resp. nepresnosť databázy. Z výsledkov sme zistili, že presnosť takejto databázy závisí od počtu a veľkosti rozdielov medzi reálnymi situáciami a tými z databázy, ako napríklad rozdiel širok zelení, ktoré oddeľujú vozovky od chodníkov. Dôležitým faktorom je aj dĺžka stožiara, resp. výška svietidla od vozovky. Aj napriek rozdielom v geometrii vozovky, sa počet svietidiel potrebných na optimálne osvetlenie, pri dĺžke stožiara $h = 10\text{m}$, v dvoch prípadoch rovnal počtu svietidiel v návrhoch zakomponovaných v databáze. Dôvodom je že krivka svetivosti svietidiel, použitých na návrh, je tak nastavená, že pri danej výške stožiara (v tomto prípade $h = 10\text{m}$) dokáže svietidlo osvetliť viac priestoru okolo svietidla rovnomerne. To znamená, že databáza je viac nápomocná v prípadoch, kedy je cesta kratšia, lebo čím kratšia cesta, tým presnejší je počet svietidiel. Treba však zdôrazniť, že táto databáza by mohla byť nápomocná hlavne pri použití svietidiel použitých v databáze, poprípade svietidiel, ktoré sa krivkou svetivosti týmto svietidlám podobajú.

ZDROJE

- [1] STN EN 13201-1 Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 1: Výber tried osvetlenia
- [2] STN EN 13201-2 Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 2: Svetelnotechnické požiadavky
- [3] Daniel Klivanec, Boris Lacsny, Monika Hanáková, Omar Al-Shantir. LED – ZAUJÍMAVÉ A ATRAKTÍVNE SVETELNÉ ZDROJE VO VYUČOVANÍ FYZIKY - Tvorivý učiteľ fyziky VIII, Smolenice 7. - 9. apríl 2015 [online], [cit. 24. 6. 2018]. Dostupné na internete:
<https://ufv.science.upjs.sk/_projekty/smolenice/pdf_15/18_klivanec_kol.pdf>
- [4] Studený, Vladimír: Úspora elektrickej energie na verejnom osvetlení, Diplomová práca, Slovenská poľnohospodárska univerzita Nitra 2010

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied grantom VEGA č. 1/0372/18.