

Ľubomír Beňa, Daniel Hlubeň

Znižovanie energetickej náročnosti osvetľovacích sústav

Problematika energetických úspor osvetľovacích sústav sa stále viac rozvíja, je predmetom mnohých viac či menej úspešných riešení. Súčasný stav osvetľovacích sústav, či sa jedná o osvetlenie vnútorné alebo vonkajšie, je v mnohých prípadoch alarmujúci. Tento fakt je pozostatkom minulej éry, doby lacnej energie. Priestor na rekonštrukciu osvetlenia je všade tam, kde toto osvetlenie je v prevádzke už dlhšiu dobu a pri jeho návrhu neboli využívané súčasne dostupné poznatky a technológie. Vhodný návrh osvetľovacej sústavy prispieva k značnej úspore elektrickej energie, k predĺženiu intervalov údržby, zníženiu výpadkov osvetlenia a z toho vyplývajúcu úsporu finančných prostriedkov.

Kľúčové slová: svetelné zdroje, svietidlá, racionalizácia spotreby elektrickej energie, regulácia osvetlenia

I. ÚVOD

Umelé osvetlenie sa stalo neoddeliteľnou súčasťou každodenného života. Z energetickeho hľadiska sa osvetľovacie sústavy podieľajú významnou mierou na celkovej spotrebe elektrickej energie, ktorá v súčasnosti predstavuje 19 % celosvetovej spotreby. Podľa odhadov Medzinárodnej energetickej agentúry je možné v osvetlení dosiahnuť zníženie spotreby elektrickej energie až o 6 %, čo predstavuje približne 16 miliárd ton emisií CO₂ [1]. Pri návrhu a prevádzkovaní osvetľovacích sústav preto musíme vychádzať zo zásad maximálnej hospodárnosti. Pri návrhu osvetľovacích sústav je potrebné použiť svietidlá s vysokou účinnosťou, svetelné zdroje s vysokým merným výkonom a životnosťou. Správny návrh osvetlenia má v prvom rade zabezpečiť podmienky na vykonávanie požadovaných zrakových úloh a zabezpečenie zrakovej pohody, zároveň má byť realizovaný s čo najväčšou účinnosťou. Náklady na prevádzku umožňuje vo veľkej miere znížiť zavádzanie tzv. inteligentných riadiacich prvkov.

II. SVIETIDLÁ A SVETELNÉ ZDROJE

Svietidlá sú elektrické zariadenia zložené zo základných prvkov osvetľovacej sústavy. Sú zložené zo svetelnočinných, konštrukčných a elektrických častí. Svetelnočinné časti slúžia k zmene rozloženia a rozptylu svetelného toku, k zábraniu oslnenia, prípadne k zmene spektrálneho rozloženia svetla. Konštrukčné časti slúžia k upevneniu svetelných zdrojov, upevneniu svetelnočinných častí, k inštalácii elektrických častí, krytiu svetelných zdrojov, svetelnočinných a elektrických častí pred vniknutím cudzích predmetov a vody a k ochrane pred zásahom elektrickým prúdom. Svetidlá musia spĺňať podmienky jednoduchej montáže, jednoduchej údržby, dlhej životnosti a funkčnej spoľahlivosti [5], [6], [7], [9].

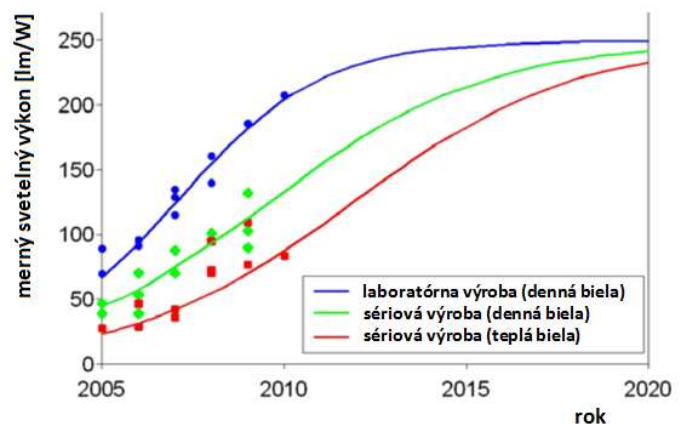
Zásadný vplyv na svetelný výkon, ale aj spotrebu osvetľovacej sústavy, majú použité svetelné zdroje. Svetelné zdroje môžeme rozdeliť na teplotné, výbojové, indukčné a svetelné diódy (LED).

Teplotné svetelné zdroje pracujú na princípe premeny elektrickej energie na svetelnú, a to nahriatím telies (u žiarovky je to wolfrámové vlákno), ktoré potom emitujú viditeľné žiarenie. Sú spravidla napájané priamo sieťovým napätím 230 V 50 Hz, prípadne väčšina halogénových zdrojov je napájaná prostredníctvom transformátorov 230 V / 12 V 50 Hz. Kvôli ich nízkemu mernému výkonu ich považujeme za energeticky náročné.

Výbojové svetelné zdroje (lineárne žiarivky, kompaktné žiarivky, nízko a vysokotlakové výbojky) pracujú na princípe premeny elektrickej energie na kinetickú energiu pohybujúcich sa elektrónov,

prítom dochádza k zrážkam s molekulami plynnej náplne a výsledkom je emitovanie optického žiarenia [2]. V otázke napájania sú o niečo zložitejšie. Pre zapálenie výboja je potrebné zapalovacie zariadenie, ktoré zabezpečuje funkciu predžhavenia elektród, vytvorenie potrebného zápalného napätia a samotného zápalného impulzu. V závislosti od typu výbojového svetelného zdroja sa využívajú konkrétne zapalovacie zariadenia.

Pri svetelných zdrojoch je podstatným parametrom veľkosť svetelného toku vzťahnutá na jednotkový príkon, teda merný svetelný výkon η (lm/W). U obyčajných žiaroviek táto hodnota predstavuje niečo cez 15 lm/W, u halogénových žiaroviek 30 lm/W, u žiaroviek 100 lm/W. V prípade vysokotlakých ortuťových výbojok je to 60 lm/W, vysokotlakových halogenidových výbojok 110 lm/W, vysokotlakových sodíkových výbojok 150 lm/W, nízkotlakových sodíkových výbojok 200 lm/W. Nové svetelné zdroje, zvlášť svetelné diódy, vďaka svojim technickým parametrom v budúcnosti majú tendenciu ovplyvniť nielen prevádzkové náklady a energetickú náročnosť ale aj ich životnosť a spoľahlivosť. Na obr. 1 je uvedený predpokladaný vývoj merného svetelného výkonu svetelných diód (350 mA) pre denný a teplo biely farebný tón vyžarovaného svetla uverejnený na začiatku roka 2010 [3].



Obr. 1. Predpokladaný vývoj merného svetelného výkonu (lm/W) svetelných diód (350mA) [3]

Ukazuje sa, že ani všeobecný index podania farieb Ra nemusí mať výraznejší vplyv na merný svetelný výkon. V tab. č. 1 sú uvedené teoretické maximálne a prakticky dosiahnuteľné hodnoty merných

výkonov pre svetelné diódy vyžarujúce biele svetlo, vytvárané miešaním troch základných farebných zložiek (RGB).

TABUĽKA I

Hodnoty teoreticky maximálnych a prakticky dosiahnuteľných merných výkonov svetelných diód v závislosti na náhradnej teplote chromatickosti a všeobecnom indexe podania farieb [3].

T_c (K)	Teoretická maximálna hodnota η (lm/W)			Prakticky dosiahnuteľná hodnota η (lm/W)		
	Ra			Ra		
	70	80	90	70	80	90
2 700	433	424	416	290	284	279
4 100	408	399	390	261	267	261
6 500	366	358	349	245	240	234

Prakticky dosiahnuteľná hodnota merného výkonu, súvisiaca s účinnosťou premeny elektrickej energie na svetelnú, odpovedá 67 % jeho teoretického maxima [3]. Údaje v tabuľke I ukazujú, že pri teplotách chromatickosti T_c vyžarovaného svetla v rozsahu od 2 700 K do 6 500 K sa hodnoty prakticky dosiahnuteľných merných výkonov nelíšia o viac než 15 %.

Pri zmenách indexu podania farieb v rozsahu od 70 do 90 sa hodnoty prakticky dosiahnuteľných merných výkonov nelíšia o viac ako 5 %. Ak sa získa biele svetlo svetelných diód transformáciou žiarenia z oblasti kratších vlnových dĺžok do oblasti dlhších vlnových dĺžok s využitím luminofóru, je predpokladaná hodnota dosiahnuteľného merného výkonu okolo 250 lm/W [3].

III. REGULÁCIA OSVETLENIA

Medzi hlavné dôvody regulácie a riadenia osvetlenia patrí dosiahnutie požadovaného osvetlenia s ohľadom na vykonávanú činnosť, prispôbenie osvetlenia požiadavkám užívateľov, dosiahnutie požadovaného osvetlenia v závislosti na úrovni denného svetla a zníženie prevádzkových nákladov na osvetlenie. Výsledkom riadenia osvetlenia je zlepšenie kvality osvetlenia, spríjemnenie pobytu a práce, zníženie príkonu svietidiel a strát na napájacom vedení.

Dávnejšie boli svetelné zdroje regulované z dôvodu prispôbenia intenzity osvetlenia určitej situácii. V posledných desaťročiach však osvetľovacie zariadenia regulujú intenzitu osvetlenia prevažne z ekonomického hľadiska. S vývojom elektronických technológií sa postupne ustupuje od klasického spôsobu ovládania osvetľovacích sústav len zmenou napájacieho napätia a pristupuje sa k riadeniu osvetlenia pomocou rôznych riadiacich systémov. Tieto systémy poskytujú možnosť riadiť a ovládať osvetľovaciu sústavu z hľadiska maximálneho využitia denného svetla a prítomnosti osôb.

V súčasnosti existujú systémy, ktoré sa zaoberajú nielen riadením osvetlenia, ale tiež ovládaním všetkých technológií v budovách, ako je vykurovanie, klimatizácia, bezpečnostné systémy a požiarne signalizácia. Aj keď ekonomické a energetické úspory sú hlavným kritériom pre voľbu týchto systémov, dosahuje sa pomocou nich taktiež zvýšenie komfortu osvetľovania a prevádzkovej bezpečnosti.

Najdôležitejšie požiadavky pre riadenie umelého osvetlenia:

- komfort riadenia – spočíva v poskytnutí pohodlného ovládania danej osvetľovacej sústavy. Komfort spojený s kvalitou riadenia osvetľovacej sústavy sa dosahuje použitím rôznych senzorov a diaľkových ovládaní.
- úspora elektrickej energie – riadiace systémy dosahujú vysoké úspory pri optimálnom návrhu osvetľovacej sústavy v spojení s využitím dostupného denného svetla, s časovými spínačmi a s použitím svetelných a pohybových senzorov.

- flexibilita – prispôbivosť riadiaceho systému je dôležitou vlastnosťou riadiacich prvkov zabezpečujúcich variabilitu použitia.
- presnosť a funkčnosť systému – je daná kvalitou použitých riadiacich prvkov.
- ekonomické náklady – sú jedným z rozhodujúcich kritérií pri výbere riadiaceho systému a súvisí s predchádzajúcimi kritériami.

Pri stmievaní sa vo všeobecnosti znižuje merný výkon svetelných zdrojov. Tento fakt je nutné zdôrazniť, pretože napríklad pri prevádzke osvetľovacej sústavy na 50 % svetelného toku nie je elektrický príkon 50 %, ale je vyšší. V tabuľke II je uvedený orientačný rozsah možností regulácie svetelného toku vybraných svetelných zdrojov [9].

TABUĽKA II

Rozsah regulácie vybraných svetelných zdrojov [9]

svetelný zdroj	rozsah regulácie (%)	poznámka
klasické žiarovky	0 až 100	znižovanie T_c
halogénové žiarovky	0 až 100	
žiarivky s konvenčným predradníkom + regulačný prvok		40 až 100
žiarivky so stmievateľným elektronickým predradníkom		1 až 100
kompaktné žiarivky so stmievateľným elektronickým predradníkom		3 až 100
svetelné diódy (LED)		0 až 100
halogenidové výbojky s regulačným prvkom	50 až 100	nedefinované zmeny farby svetla – neodporúča sa stmievať
vysokotlakové sodíkové výbojky		40 až 100

V závislosti od druhu svetelného zdroja poznáme niekoľko spôsobov ovládania a regulovania osvetľovacích sústav. Teplotné svetelné zdroje sa regulujú iným spôsobom ako výbojové svetelné zdroje.

Teplotné svetelné zdroje sú napájané priamo zo sieťového napätia, prípadne prostredníctvom toroidných alebo elektronických transformátorov. Ovládajú sa konvenčnými elektroinštaláciami spínačmi prístrojmi, prípadne v moderných inštaláciách pomocou spínacích relé v rozvážači v spolupráci s vratnými tlačidlami s radením 1/0. Regulujú sa pomocou fázových regulátorov (stmievačov). V stmievačoch sa využíva jednoduchý princíp fázového riadenia jasu. Efektívna hodnota prúdu dodávaného do záťaže sa mení tým spôsobom, že polovodičový ventil (triak alebo výkonový tranzistor) je otvorený iba po určitú časť každej polovlny sínusového priebehu. Tento dej sa opakuje stokrát za sekundu, takže je pre ľudské oko nepostrehnuteľný a zmena uhla otvorenia je vnímaná ako zmena jasu svietidla. Existujú rotačné stmievače, kde jas zodpovedá uhlu natočenia ovládacieho prvku (potenciometra) alebo tiež krátkocestné (tlačidlové) stmievače, kde sa jas riadi elektronicky v závislosti od dĺžky stlačenia ovládacieho prvku.

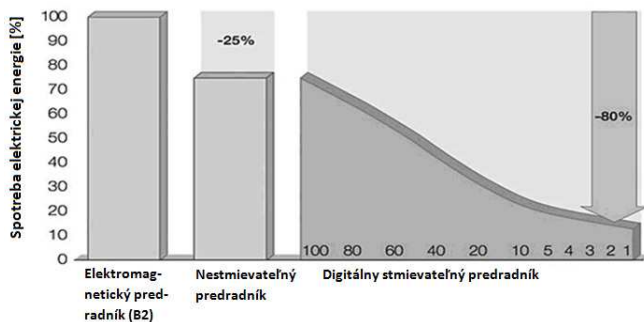
V prípade požiadavky stmievania 12 V svetelných zdrojov je potrebné zvoliť regulátor vhodný aj pre stmievanie svetelných zdrojov napájaných transformátorom. V súčasnej dobe sa pre napájanie 12 V halogénových žiaroviek využíva takmer výhradne elektronický transformátor. Pri snahe stmievať takto napájané žiarovky sa v praxi vyskytli problémy s blikaním a rôznymi ďalšími poruchami funkčnosti spôsobené nekompatibilitou polovodičových súčiastok

fázového regulátora a samotného elektronického transformátora. Túto situáciu v súčasnej dobe riešia stmievateľné elektronické transformátory.

U výbojových svetelných zdrojov je regulácia svetelného toku náročnejšia. Žiarivky napojené na elektronické predradníky je možné regulovať:

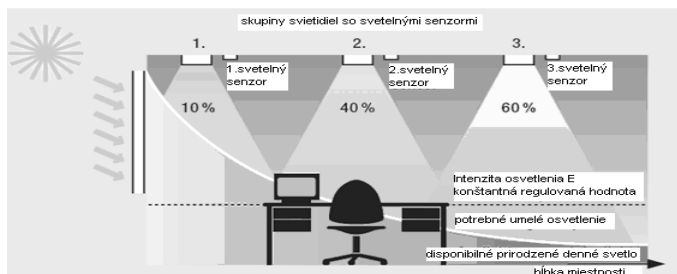
- stupňovite – vhodným zapojením (k tomu je potrebný vhodný napájací transformátor),
- plynule v danom rozsahu – použitím vhodného moderného analógovo stmievateľného predradníka,
- kontinuálne plynulo – použitím moderného digitálneho predradníka.

Ako je znázornené na obr. 2, použitím vhodného regulovania svetelného toku je možné u výbojových svetelných zdrojov dosahovať značné úspory v spotrebe energie [4], [5].



Obr. 2. Dosahované úspory použitím elektronických predradníkov [4]

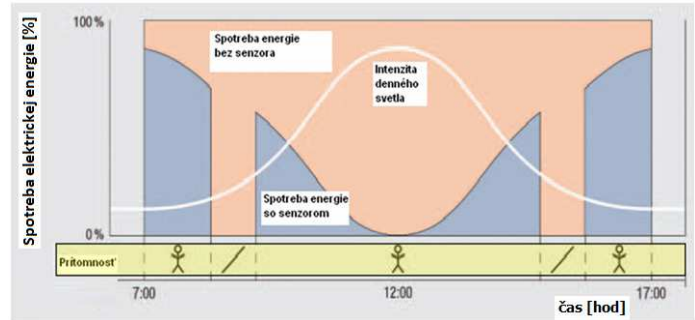
Vďaka moderným prístrojom v oblasti riadenia a regulácie osvetlenia je v súčasnej dobe možné umelé osvetlenie regulovať v závislosti od požadovanej hladiny osvetlenia (obr. 3).



Obr. 3. Zónová regulácia osvetlenia v závislosti na dennom osvetlení [5]

Nastavenú hladinu osvetlenia môžeme dosiahnuť ako umelým, tak aj denným osvetlením. To nám umožňuje skrátiť prevádzkový čas využitia umelého osvetlenia počas dňa a tiež znížiť svetelný výkon a v závislosti od toho aj odoberaný výkon. Na zníženie svetelného toku je možné použiť skokovú alebo plynulú reguláciu v závislosti od náročnosti použitej osvetľovacej sústavy.

Už spomenuté moderné senzory v oblasti svetelnej techniky nám okrem možnosti sledovania nastavenej hladiny osvetlenosti umožňujú aj spínanie sústavy v závislosti od pohybu a prítomnosti osôb v osvetľovanom priestore (obr. 4).



Obr. 4. Porovnanie spotreby energie neregulovanej a regulovanej osvetľovacej sústavy [5]

Vysokotlakové výbojky (majú uplatnenie hlavne vo verejnom osvetlení) vo všeobecnosti je možné stmievať reguláciou napájacieho napätia (napr. prostredníctvom ERVO rozvádzačov) alebo modernými regulovateľnými predradníkmi (napr. predradník ECOLUM – so stupňovitou reguláciou svetelného toku) [10], [11], [12].

Osvetľovacie sústavy plnia svoju hlavnú funkciu iba určitý čas počas dňa. Po skončení tejto doby je vhodné sústavu vypnúť prípadne prepnúť do iného režimu, scény. To sa dá dosiahnuť manuálnym ovládaním alebo použitím časových ovládacích prvkov. Tie môžu ovládať sústavu jednoduchým zapínaním a vypínaním, alebo môžu byť integrované do riadiaceho systému, ktorý potom môže ovládať prednastavené svetelné scény [5], [8].

IV. ZÁVER

Zámerom autorov príspevku bolo poukázať na faktory vedúce k znižovaniu energetickej náročnosti osvetľovacích sústav. Upozorňuje nielen na dôležitosť výberu energetickejšie efektívnych a pritom svetelne technicky účinných svetelných zdrojov a svietidiel, ale aj na veľký význam správneho návrhu a zavádzania riadiacich prostriedkov pri prevádzkovaní osvetľovacích sústav.

POĎAKOVANIE

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



LITERATÚRA

- [1] Krivošík, J.: O mezinárodní konferenci EEBW 2008. Časopis Světlo, 01/2009. ISSN 1212-0812
- [2] Plch, Jiří: Světelná technika v praxi. Praha: IN-EL s.r.o., 1999. 207 s. ISBN 80-86230-09-0

- [3] Habel, J., Žák, P.: Budoucnost veřejného osvětlení. In: IIIrd Conference of the Visegrad Countries on Lighting. LUMEN V4. Czech Republic, Brno, 23 – 25 June 2010, 288 p.
- [4] Digitally dimmable ballasts for fluorescent lamps. IN. CATALOGUE 2008/2009. TRIDONIC.ATCO, s.67
- [5] Árvay, P.: Regulácia osvetlenia vnútorných priestorov. Diplomová práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2010, 73 s.
- [6] Novotný, J.: Světelné charakteristiky svítidel. Časopis Světlo, 04/2007. ISSN 1212-0812
- [7] Mácha, M.: Inteligentné systémy pre osvetlenie a návrh svietidiel. Časopis Světlo, 05/2009. ISSN 1212-0812
- [8] Dolejš, O.: Ovládání a řízení osvětlení firmy WAGO. Časopis Světlo, 05/2007. ISSN 1212-0812
- [9] Sokanský, K. a kolektiv: Dominantní vlivy ovlivňující spotřebu elektrické energie osvětlovacích soustav. Ostrava 2007
- [10] Janočko, Š.: Energetické úspory pri regulácii osvetlenia. Diplomová práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2009, 109 s.
- [11] VEREJNÉ OSVETLENIE – Predradník ECOLUM. Dostupné na internete: <http://www.dnacap.sk/verejne_osvetlenie.html>.
- [12] Regulátor osvetľovacích sústav ERVO. Dostupné na internete: <http://www.intra-co.eu/regulacia/pdf_dokumenty/ervo_sk.pdf>.

ADRESY AUTOROV

Lubomír Beňa, Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská republika, lubomir.bena@tuke.sk
Daniel Hlubeň, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská republika, daniel.hluben@tuke.sk