

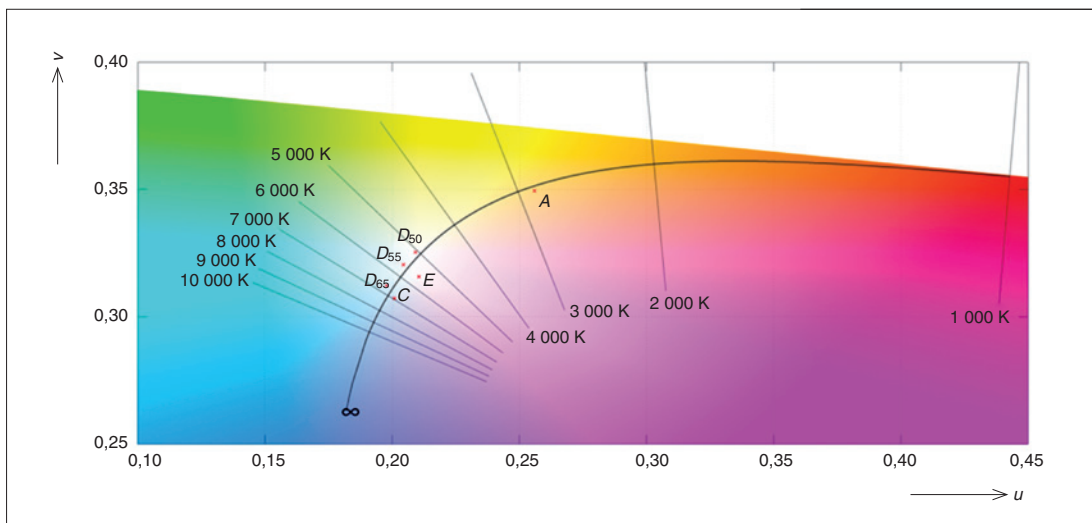
Miešanie LED svetelných zdrojov ako nástroj pre zvyšovanie R_a

Ing. Marek Mácha, OMS spol. s r. o.

Čoraz viac a viac sa svetelné diódy dostávajú do popredia. Získať kvalitné osvetlenie je najmä otázkou svietidla a svetelného zdroja, ktorý je v ňom umiestnený. LED svetelné zdroje majú nepočítateľné množstvo výhod, ktoré už boli

je to, že čím účinnejšia dióda LED je (lm/W), tým horšieje R_a a naopak. Bežne sú dostupné LED T_{cp} 8 300 K, R_a 75 s merným výkonom 140 lm/W pre chladnú farbu a LED T_{cp} 2 600 K, R_a 90 s merným výkonom 110 lm/W. Je zrejme, že

odrazu alebo priestupu, ktorý pri prijateľnej miere strát zabezpečí zvýšenie indexu podania farieb na požadovanú hodnotu. Druhou cestou je miešanie teplej a studenej farby pre zlepšenie R_a . A treťou je pridávanie rôznych farieb,



Obr. 1. Rovnomerný diagram chromatickej korekcie CIE 1976

Tab. 1 Pomer svetelných tokov a závislosť R_a a T_{cp} zmiešaného svetla

| Svetelný tok CW LED | Svetelný tok LED 612 až 622 nm | Index podania farieb R_a | Teplota chromatickosti T_{cp} |
|---------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0 | 77 | 5795 |
| 1 | 1 | 69 | 1667 |
| 5 | 1 | 89 | 3232 |
| 10 | 1 | 93 | 4254 |
| 14 | 1 | 90 | 4654 |

popísané vo veľa článkoch a odborných publikáciách.

Pri svetelných diódach je veľké množstvo variability teploty chromatickosti T_{cp} . Od teplej bielej 2 600 K až po studenú bielu 10 000 K. Jedným z kritérií pre kvalitu osvetlenia je aj index podania farieb R_a . Pri použití v interiéri (kancelárie) určuje index podania farieb európska norma EN 12464-1 Svetlo a osvetlenie: Vnútorne pracovné miesta na hodnotu $R_a > 80$. Na trhu sú LED svetelné zdroje s R_a 65 ale aj s $R_a > 90$. Ich nevýhodou

rozdiel v účinnosti je až 30 lm/W, čo predstavuje takmer 22%.

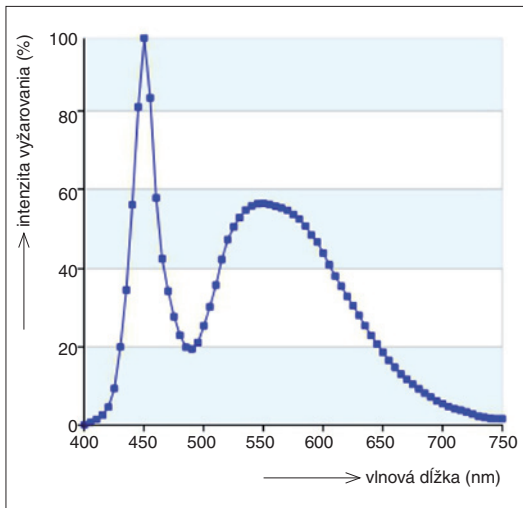
V súčasnosti sa odborníci v spoločnosti OMS zaoberajú tromi cestami, ako zvýšiť R_a pri zachovaní prednosti vysokého merného výkonu. Prvá možnosť je použiť optický materiál cestou

ako sú červená, oranžová alebo zelená, k studenej bielej farbe.

Index podania farieb ako jedna zo základných charakteristík svetelného zdroja je merateľný spektrofotometrom, tedy zmeraním spektra vyžarovania svetelného zdroja a následným výpočtom. Pou-

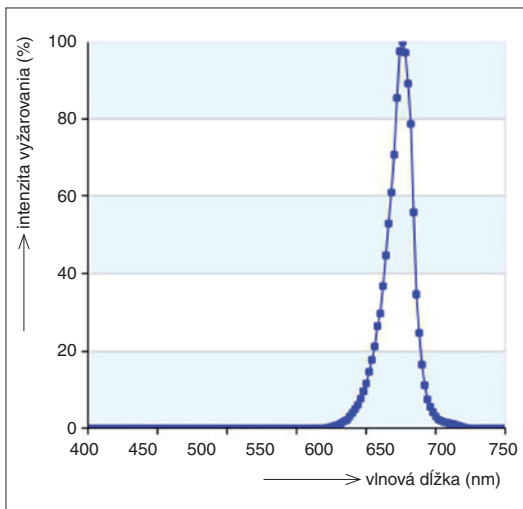
| Označenie vzorky | Kód podľa Munsellovho atlasu farieb | Popis farebného vzhľadu na dennom svetle | Farba vzorky |
|------------------|-------------------------------------|--|--------------|
| TCS01 | 7,5 R 6/4 | svetlá šedo červená | |
| TCS02 | 5 Y 6/4 | tmavá šedo žltá | |
| TCS03 | 5 GY 6/8 | výrazne žltá zelená | |
| TCS04 | 2,5 G 6/6 | stredne žltá zelená | |
| TCS05 | 10 BG 6/4 | svetlá modro zelená | |
| TCS06 | 5 PB 6/8 | svetlá modrá | |
| TCS07 | 2,5 P 6/8 | svetlá fialová | |
| TCS08 | 10 P 6/8 | svetlá červeno purpurová | |
| TCS09 | 4,5 R 4/13 | výrazná červená | |
| TCS10 | 5 Y 8/10 | výrazná žltá | |
| TCS11 | 4,5 G 5/8 | výrazná zelená | |
| TCS12 | 3 PB 3/11 | výrazná modrá | |
| TCS13 | 5 YR 8/4 | svetlá žltá rúžová | |
| TCS14 | 5 GY 4/4 | stredne olivovo zelená (listová zeleň) | |

Obr. 2. Základné farby pre výpočet R_a

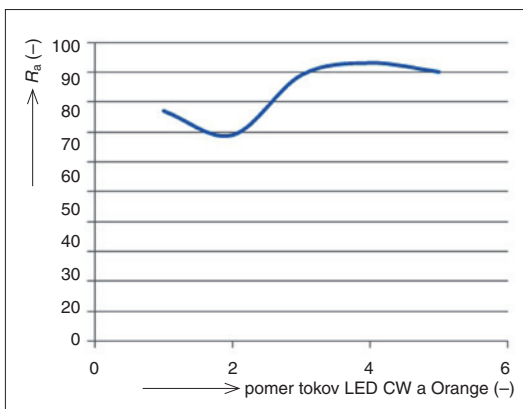


Obr. 3. Spektrálny vyžarovací diagram LED s T_{cp} 5 795 K, R_a 77

žívajú sa dve metódy výpočtu R_a . Prvou je tzv. testovacia metóda a druhá je metóda R_{96a} . Pri testovacej metóde sa výpočet R_a robí pre skupinu základných farieb, ktoré sú na obr. 2. Pomocou porovnávania s ideálnym svetelným zdrojom (absolútne čierne teleso) s R_a 100 sa dostávajú hodnoty pre jednotlivé farby.



Obr. 4. Spektrálny vyžarovací diagram LED s vyžarovaním v oblasti 612 až 622 nm



Obr. 5. Grafická závislosť pomeru svetelných tokov a R_a

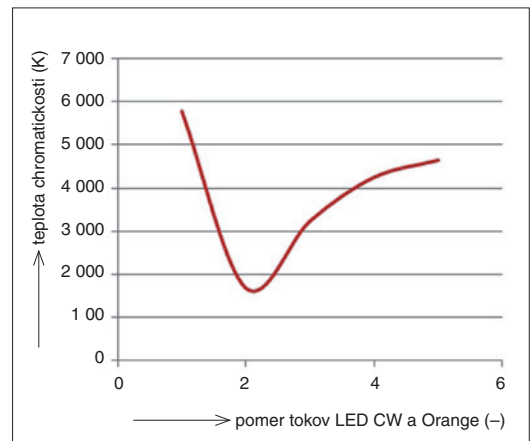
Výsledné R_a je aritmetickým priemerom čiastkových hodnôt pre jednotlivé farby.

Výhodou optického softvéru, ktorý je v OMS používaný, je možnosť vytvoriť svetelný zdroj s reálnymi vlastnosťami – nielen rozmermi, množstvom svetelného toku a zodpovedajúcej krivky svietivosti, ale aj kompletne spektrálne vyžarovanie. S kompletne vytvoreným svetelným zdrojom je potom možné počítať ako s reálnym. V praxi má tento postup veľa výhod a prináša množstvo poznatkov nielen o svetelnom zdroji, ale aj o chovaní svetla z daného zdroja pri strete s optickými materiálmi. Pre výpočet indexu podania farieb je to ideálny nástroj. Možno vytvárať nespočetné množstvo kombinácií svetelných zdrojov a vidieť výsledok ešte pred tým, než sa vyrobia fyzické kusy.

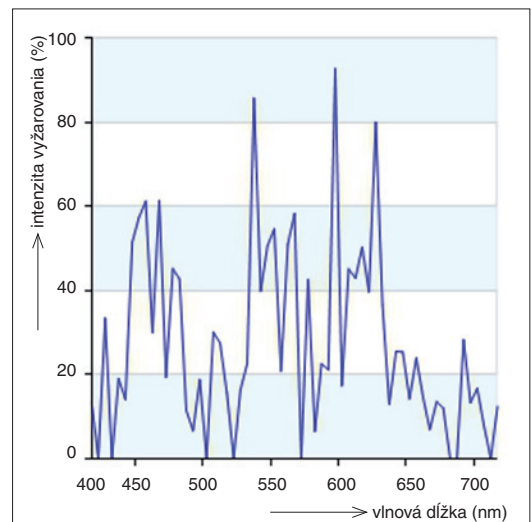
Pri LED svetelných zdrojoch sa najčastejšie miešajú dve farby: studeno biela s červenou farbou alebo studeno biela s oranžovou farbou. Zo spektrálneho vyžarovacieho diagramu na obr. 3 je zrejme, že práve tieto oblasti spolu s oblasťou modrozelenou chýbajú najviac. Avšak neplatí pravidlo aritmetického priemeru R_a pri miešaní teplej farby s chladnou. Preto ak sa zmiešajú dve LED, jedna teplo biela s R_a 85 a druhá studeno biela s R_a 75, výsledné CRI svetla nebude 80. To je častokrát mylný dojem; niektorí výrobcovia, ktorí vyrábajú vlastné LED moduly na báze viacerých jednotlivých čipov, dostávajú nekorektné hodnoty.

Veľmi výhodným riešením sa javí miešanie studeno bielej LED s R_a 75 s LED, ktorej spektrum vyžarovania je v oblasti 612 až 622 nm. Nájst dve vhodné diódy LED na miešanie ešte nie je tou najťažšou úlohou. To najťažšie ešte len príde v otázke miešacieho pomeru a zachovaní požadovanej teploty chromatickosti. Treba vždy rátať s tým, že každé miešanie s chladnou farbou zníži T_{cp} . Postupným menením množstva svetelného toku z jednotlivých LED možno pozorovať zmenu R_a a T_{cp} v závislosti od miešacieho pomeru.

Postupným miešaním jednotlivých farieb a množstva svetla sa získa tab. 1 významných medzníkov hodnôt indexu podania farieb. Boli miešané svetelné zdroje s T_{cp} 5 795 K a R_a 77 spolu s LED,



Obr. 6. Grafická závislosť svetelných tokov a T_{cp}



Obr. 7. Výsledný spektrálny vyžarovací diagram pre R_a 93, T_{cp} 4 254 K pri miešacom pomere 10 : 1

ktorá vyžaruje v oblasti 612 až 622 nm v rôznom pomere.

Z uvedených výpočtov vidieť, že vhodným miešaním chladných LED s vysokým merným výkonom s LED doplnujúcimi chýbajúce časti spektra možno využívať výhody vysokovýkonných a efektívnych LED svetelných zdrojov a dosiahnuť tak vyššie R_a celého systému. Ďalším krokom vo využívaní LED s vysokým merným výkonom v spoločnosti OMS bude zvyšovanie indexu podania farieb za použitia optických materiálov.

OMS spol. s r. o.
 906 02 Dojč 419, Slovensko
 tel.: +421 346 940 857
 fax: +421 346 940 856
 mobil: +421 918 659 586
 www.oms.sk
 e-mail: marek.macha@oms.sk

omsr
 move your vision