

Led sijalke



PETER LEGIŠA

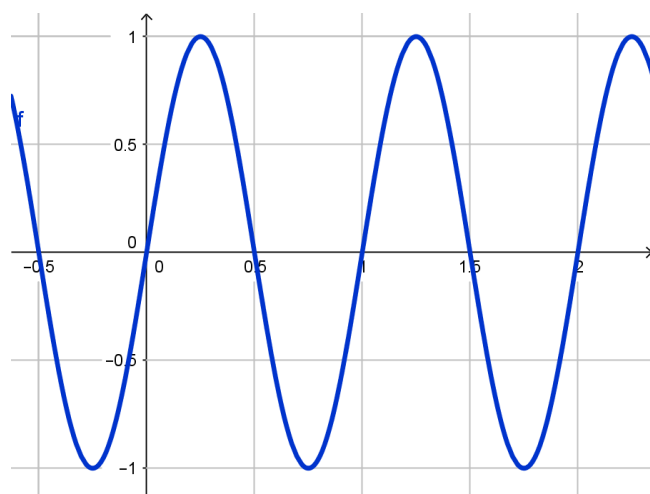


Napajalniki in utripanje

Svetleče diode (angleško LED, *light emitting diode*) so polprevodniški elementi. Kot druge diode prepuščajo tok le v eni smeri; ampak, kot ime pove, LED pri tem oddajajo svetlobo.

Če na diodo, ki prepušča tok le v eni smeri, priključimo izmenično napetost $U(t)$, pride skozi njo idealizirana napetost $U^+(t)$. Ta je enaka $U(t)$, kadar je $U(t) \geq 0$, in enaka 0, kadar je $U(t) < 0$. Pravimo, da je U^+ pozitivni del funkcije U . Če je U periodična, ima U^+ enako periodo kot U . (V resnici dioda potrebuje neko minimalno napetost, da začne prevajati.)

Na sliki 1 je $U(t) = \sin(2\pi t)$. Za ta primer imamo na sliki 2 narisan graf za U^+ . V praksi tak preprost polvalni usmernik uporabljamo le redko, za kaka nezahtevna opravila. Svetleče diode praktično trenutno reagirajo na spremembe toka. Če LED priklju-



SLIKA 1.

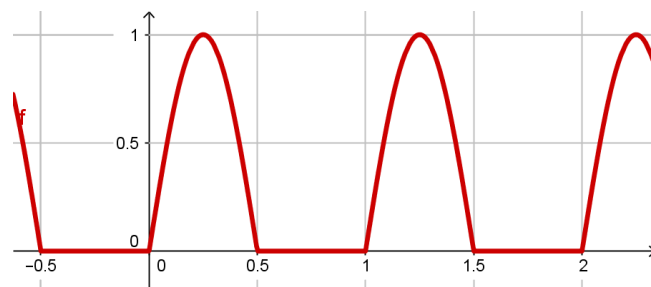
Sinusna izmenična napetost $U(t) = \sin(2\pi t)$

čimo neposredno na izmenično napetost, bo svetila le takrat, ko bo napetost pravega predznaka (in dovolj velika), sicer pa bo temna. Svetloba bo torej zelo močno utripala s frekvenco priključne napetosti. Najcenejše LED verige, ki jih obešajo za praznike, so sestavljene iz velikega števila zaporedno vezanih diod (in morda še upornika za omejitev toka), neposredno priključenih na omrežno napetost. Posledično taka veriga zelo močno utripa s frekvenco 50 Hz. To je vidno zlasti, če se verige premikajo v vetru ali če jih oplazimo s pogledom. V povprečju je taka veriga več kot pol časa temna. Tudi zaradi varnosti odsvetujemo nakup in uporabo takih izdelkov. (Še bolj nevarne in zelo potratne so verige z zaporedno vezanimi klasičnimi žarnicami ali halogenkami, pri katerih lahko nastanejo visoke temperature.)

Z malo bolj zapletenim »mostičnim« vezjem s štiri diodami (angleško *bridge rectifier*) – glejte recimo [1] – dobimo t. i. *polnovalni usmernik*, ki nam daje na izhodu idealizirano napetost $V(t) = |U(t)|$. Velja:

$$U(t) + |U(t)| = 2U^+(t).$$

Na sliki 3 imamo narisan graf za V , če je $U(t) = \sin(2\pi t)$. Če je $U(t) = \sin(2\pi \nu t)$, se pravi, ima frekvenco ν , ima V pol krajšo periodo in frekvenco 2ν . V našem omrežju imamo napetost s frekvenco



SLIKA 2.

Pozitivni del funkcije $U(t) = \sin(2\pi t)$

50 Hz. Torej enosmerna napetost iz polnovalnega usmernika niha s 100 Hz in stokrat na sekundo pade na vrednost 0. Smiselno je svetlečo diodo priključiti na tak usmernik. Pred usmernikom potrebujemo navadno še transformator, ki zniža napetost; kombinacija obojega je najpreprostejši *napajalnik*. Prej smo omenili LED verige. Danes za zmerno ceno dobimo take verige, pri katerih so posamezni elementi vezani vzporedno na polnovalni napajalnik. To pomeni zaradi nizke napetosti v verigi bistveno večjo varnost.

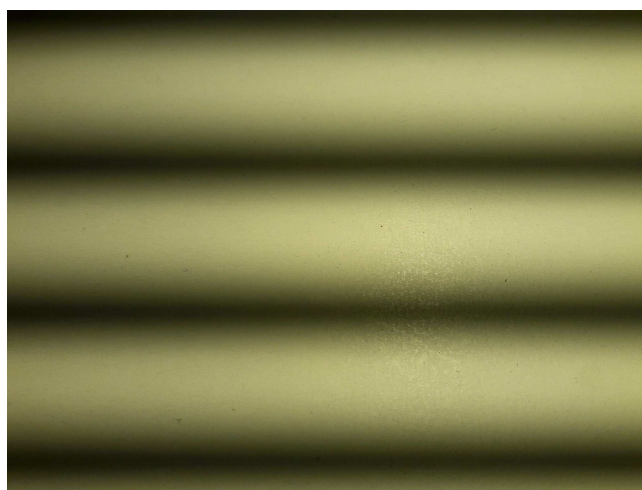
Napajalnik je lahko kot zgoraj skupen za več sijalk ali pa vgrajen v okov sijalke. Če polnovalni napajalnik usmerjenega toka ne gladi, svetlobni tok stokrat na sekundo pade praktično na nič (glejte tudi [2]). Taka razsvetljava torej spominja na stroboskop s frekvenco 100 Hz in je nevarna v bližini strojev. (Če recimo šivalni stroj deluje s 100 vbodi na sekundo, je ob vsakem zaporednem svetlobnem impulzu igla na istem mestu in je tako videti, kot da stroj stoji. Podobni problemi lahko nastopijo pri vrtečih se napravah.) Čeprav tega utripanja večina ne zazna neposredno, določenemu delu populacije predstavlja težave. Tako utripanje ni primerno za pisarne, učilnice.

Dobri napajalniki zgladijo tok in dobimo praktično konstantno svetlobo, bolj stalno kot klasična ali halogenska žarnica.

Za glajenje toka uporabljamo kondenzatorje ali pa bolj zapletena vezja, ki tudi vsebujejo kondenzatorje. Elektrolitski kondenzatorji pa so najbolj pokvarljivi del elektronike. To je eden od razlogov, zakaj nekateri izpuščajo glajenje. Drugi je ta, da se pri glajenju izgubi nekaj energije. Vendar se da, kot

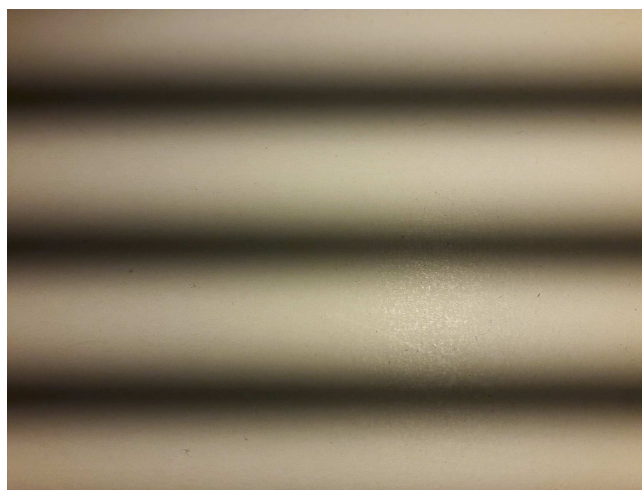
zatrjujejo, izgube pri glajenju zmanjšati na nekaj (3–5) odstotkov, ne da bi to bistveno podražilo sijalko. Boljši kondenzatorji so fizično večji, zato predstavljajo problem pri miniaturizaciji.

LED sijalke znanih znamk navadno nimajo večjih težav z utripanjem, čeprav nekatere v tem pogledu niso idealne. Drugače pa je s ceneni izdelki.



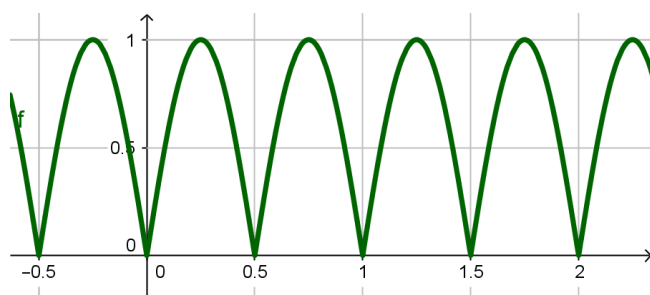
SLIKA 4.

Utripanje svetlobe pri ceneni LED sijalki 4 W, 3000 K



SLIKA 5.

Utripanje poceni LED sijalke 3 W, 2700 K



SLIKA 3.

Funkcija V je absolutna vrednost funkcije $U(t) = \sin(2\pi t)$.



V naši znani internetni trgovini smo kupili dve LED sijalki manj znanih znamk z navojem E27. Prva ima ugodno ceno in daje povsem konstantno svetlobo, ki pa vleče na rumeno-zeleno. Druga, še cenejša, utripa kot za stavo s 100 Hz (posnetek njene svetlobe je na sliki 4). Fotografija je bila posneta s pametnim telefonom, usmerjenim na bel karton, ki smo ga postavili tik zraven sijalke. Vidimo, da svetloba sijalke stokrat na sekundo pade praktično na nič. (Več o fotografiranju utripanja bomo povedali v članku *Žarnice in sijalke*. Uporabljamo efekt zavesnega zaklopa, o katerem je nedavno [3] pisal Presekov urednik dr. Aleš Mohorič. Če izvor svetlobe ni ravno točkast in zelo intenziven, lahko telefon usmerimo neposredno na sijalko in vidimo morebitno utripanje.)

Žal smo zamudili štirinajstdnevni rok, ko lahko stvari, kupljene na daljavo, vrnemo brez razlage. Enako močno utripa poceni LED sijalka iz diskontne trgovine. Njeno utripanje je zabeleženo na sliki 5.

Utripanje svetlobe lahko odkrijete tudi tako, da s svinčnikom ali roko mahate sem ter tja blizu svetila. Če vidite zaporedje zamaknjenih slik, je sum potrjen.

Uporaba in težave

Z LED sijalkami so tudi težave. Pri visokih temperaturah imajo večinoma manjši izkoristek in se lahko pokvarijo. Diode so sicer pritrjene na aluminijast nosilec, ki odvaja toploto. Starejše sijalke so imele večinoma tudi hladilna rebra. Uporaba v svetilkah brez ventilacije je vseeno problematična, če ni poskrbljeno za odvajanje toplote iz svetilke. V takem primeru moramo poiskati LED sijalke, ki bolje prenašajo višje temperature. To lahko piše na deklaraciji ali pa to razberemo iz neodvisnih testov. Prav tako »ledice« ne prenašajo prenapetostnih sunkov. Že mala povečanja napetosti nad normalo lahko povzročijo velike spremembe v toku skozi diodo. Zato imajo navadno vgrajen stabilizator toka – podobno kot fluorescenčne svetilke. O utripanju smo že govorili. Napajalniki nekaterih sijalk oddajajo zvoke. Mnoge sijalke svetijo le v eni smeri. To lahko deloma ugotovimo že iz podobe sijalke. Če je svetleči del omejen le na vrh sijalke, bomo navadno imeli bolj malo svetlobe v smeri od vrha nazaj. Danes lahko dobimo »ledice« s svetlečimi nitkami (filamenti), s

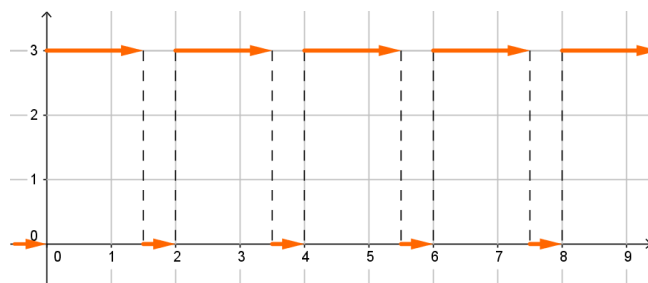
prozorno ali le rahlo matirano hruško, ki so zelo podobne klasični žarnici in svetijo skoraj v vse smeri. Primer imamo na sliki 6.

Za zatemnjevanje so primerne le z *dimmable* označene sijalke, in to le z nekaterimi zatemnilnimi stikali (»dimerji«). Ena rešitev je napajalnik z vgrajenim zatemnjevanjem za več sijalk. Uporablja PWM metodo. Kratica pomeni *Puls Width Modulation* ali *pulzna širinska modulacija*. To zveni silno učeno, a gre le za to, da pri zatemnjevanju periodično izključujemo tok. Tako enosmerni tok razsekamo na



SLIKA 6.

LED sijalka z nitkama daje 250 lumnov pri 2 W.



SLIKA 7.

Pulzno širinska modulacija periodično blokira tok skozi porabnik.

pulze. Za večjo zatemnitev skrajšamo širino tokovnih pulzov, tako da so diode dalj časa temne. Na sliki 7 vidimo primer poteka toka. Plošče na steklokeramičnem štedilniku delujejo na pulzno širinsko modulacijo: grelni elementi se v taktu nekaj sekund prižigajo in ugašajo. Podobno je pri indukcijskih ploščah. Na najnižji stopnji je plošča dolgo izključena in le kratek čas vključena.

Da ne občutimo utripanja svetlobe, se morajo pri LED sijalkah ciklično prižiganja in ugašanja ponavljati vsaj petstokrat v sekundi. Ker so zatemnjevalniki lahko tudi glasni, nekateri prisegajo na frekvenco 30 kHz, ker zvoka s to frekvenco ne slišimo več. Žal se nekateri proizvajalci zadovoljijo s 100 Hz ali še manj. Primer so zavorne LED luči na nekaterih avtomobilih. Da te luči delujejo kot pozicijske, jih zatemnijo s pulzno metodo, kar pa pri nizkih frekvencah moti druge udeležence v prometu.

Od 16 kupljenih LED sijalk z navojem E27 sta dve začeli migotati v prvi minuti, štiri pa so se pokvarile po nekaj mesecih uporabe. Vsekakor nima smisla kupovati poceni. Testi žal kažejo, da so tudi med dragimi sijalkami črne ovce, ki že po nekaj sto urah svetijo bistveno šibkeje. Mnoge firme dajejo dvo ali štiriletno garancijo, zato spravimo račun. Navadno se napake pokažejo že v prvih nekaj mesecih uporabe.

Nemška potrošniška revija je leta 2011 izbrala deset LED sijalk, ki so se dobro izkazale na nekajmesečnem testu. Pustili so jih prižgane noč in dan šest let. Vmes so vsako približno milijonkrat prižgali in ugasnili. Izbrane sijalke so to brez težav prestale. Njihova svetlobni tok se je po 45 tisoč urah zmanjšal za manj kot 20 odstotkov, le svetloba je sčasoma postala nekoliko toplejša. Za primerjavo: navadna žarnica zdrži kakih tisoč ur, halogenska okrog dva tisoč.

Problem je lahko zamenjava malih halogenskih žarnic (na napetost 12 V) z LED sijalkami. Večina takih ledic je sicer primernih za izmenično napetost, kar pomeni, da vsebujejo polnovalni usmernik in lahko tudi glajenje. Halogenke so pogosto priključene na visoko učinkovit elektronski transformator, ki dobro deluje le pri precejšnji obremenitvi. (Minimalna in maksimalna obremenitev sta na transformatorju vidno zapisani.) Ledice predstavljajo – ob istem svetlobnem toku – bistveno manjšo, večkrat premajhno obremenitev za elektronski transformator. Nekateri

si menda pomagajo tako, da pustijo priključeno vsaj eno požrešno in zelo vročo halogenko. Najvarneje je transformator zamenjati s stabiliziranim napajalnikom za »ledice«. Napajalnik z zatemnjevanjem je le nekaj dražji. Upoštevati moramo še, da so ledice večinoma večje.

Večni problem je oblikovanje svetilk. Slaba konstrukcija pogosto poskrbi za to, da v svetilki »izgine« (se pretvori v toploto) velik del svetlobe, da svetilke povzročajo bleščanje, sijalke v njih zaradi pregrevanja odpovedujejo.

Prednosti in paleta možnosti

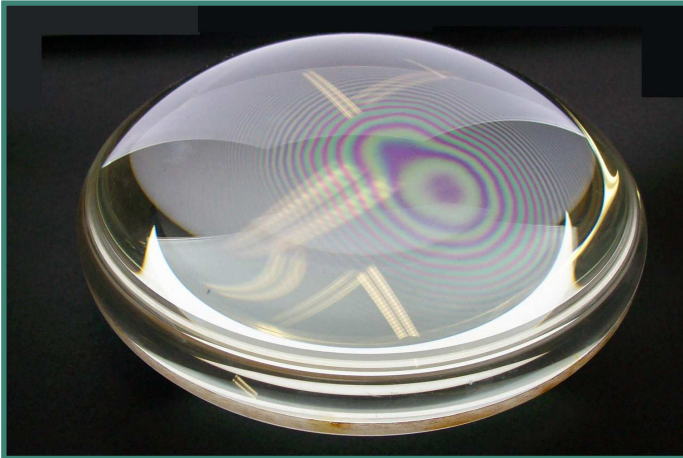
Kakovost LED sijalk se izboljšuje in cene padajo. Najboljša sijalka z navojem E27 in močjo 9 W je imela že poleti 2016 izkoristek skoraj 90 lumnov na watt, indeks barvne vernosti (videza) $R_a = 94$, konstantno svetlobo in dolgo življenjsko dobo. Tu je R_a , *indeks barvnega videza (barvne vernosti)*, ki je lahko največ 100 in pove, kako dobro svetloba podaja barve. (Klasične žarnice in halogenke imajo R_a enak 100 ali praktično 100. Nekateri namesto R_a uporabljajo oznako CRI, *Color rendering index*.) V isti kategoriji je navišji izkoristek imela zelo kakovostna sijalka s svetlečimi nitkami s 130 lumni na watt konstantne svetlobe in $R_a = 82$, ki pa ni bila povsem neslišna. Za primerjavo: halogenske žarnice z navojem E27 dajejo okrog 15 lumnov na W.

Svetleče diode same po sebi oddajajo enobarvno svetlobo. Spekter je sicer zvezen, a navadno zelo ozek. Rdeče LED so idealne za zadnje in zavorne luči na vozilih. Klasične luči uporabljajo žarnice, pokrite z rdečo plastiko. Ta prepušča manj kot 20 odstotkov svetlobe, torej gredo vsaj štiri petine svetlobe žarnice v nič. Denimo, da žarnica oddaja 15 lumnov na watt. Skozi pokrov pride kvečjemu 3 lumne rdeče svetlobe na W. Rdeča LED ne potrebuje filtra in daje 35 ali več lumnov na watt. Tudi če je rdeča LED (po nepotrebnem) pokrita z rdečo plastiko (ali steklom), ta prepušča veliko večino njene svetlobe. Tako so rdeče LED luči vsaj desetkrat učinkovitejše. Tudi pri semaforjih so prihranki veliki. V njih so včasih uporabljali žarnice z zelo nizkim izkoristkom, da bi imele daljšo življenjsko dobo. Problem z LED semaforji lahko nastane le pozimi, saj ne oddajajo toliko toplote, da bi stalili sneg, napihan na luči.





Nagradna križanka



										KOLIČINA TEKOČINE, KI STEČE SKOZI IZBRANI PRESEK V ČASOVNI ENOTI	TRTA, KI ZGODAJ DOZORI IN VINO IZ NJE	MESTO V SRED-NJEM DELU NIZO-ZEMSKÉ	SLAP POTOKA GLJUN PRI BOVCU	STROKOV-NJAK ZA PRAVILNO SKLEPANJE	POKOJNI AMERÍŠKI BOKSARSKI ŠAMPION (MOHAMED)	HRANENJE OTROKA NA MATERINIH PRSIH	NAŠA MLADA TEKAČICA ČEZ OVIRE ZUPIN
										PREMOČ							
										STROKOV-NJAK ZA UPORABO SEVANJA V MEDICINI					1		
										SKALARNA FIZIKALNA KOLIČINA							
										TITAN NASPROTJE POTENCE V MATE-MATIKI		JURE IVANUŠIČ PRESER-NOVA ROJ-STNA VAS			LATINSKI VEZNIK FOND		
AVTOR MARKO BOKALIČ	LEPILO IZ ŽIVALSKIH SNOVI	POLJŠČINA ZA KRMO IN KISANJE	LASTNOST TKANINE, KI SE ZAZNA Z DOTIKOM	PREDPONA ZA MILI-JARDINKO OSNOVNE ENOTE	DELOVNI POLET, VNEMA	DESKARKA NA SNegu SADAR	NAŠ PISATELJ (DANILO) KARMEN SVEGL										
NEMŠKI MATEMATIK (LEOPOLD)												FRANC. SKLADATELJ IN DIRIGENT (PIERRE) DESNI PRITOK LOARE IN PROVINCA V ZAHODNI FRANCIJI					ŽIVLO IZ GROBO ZMLETGA ŽITA
AERODROM												PEVKA ZORE LADUŠKA PLOŠČAD, PALUBA	9				REŽISER ŽIVADINOV NAJVEČJA REKA V KATALONJI
SREDIŠČE FR. DEPART-MAJA VOSGES OB MOZELI				3			NOVINARKA PIRS TOČKA NAD ZARIŠCEM POTRESA					DRŽAVNA UREDITEV MESTO NA AZURNI OBALI					
POLETNO OBUVALO								TOVARNÁ GRADBEN. MATERIALA IZ ŽGANE GLINE	BULDOŽER NAŠA PISAVA							NEM. PISAT. (FIREDRICH) PRITOK GARONE PRI AGENU	
										DRUŽINA NAŠIH SKLADA-TELJEV					SKLADAT. DELIBES ODVET-NIKOVA STRANKA		GOZDNI SADEŽ OD NJE JE ODVISNA SILA
										TEKOČE POMIVALNO SREDSTVO			KORINTSKI KRALJ, KI JE VZGAJAL OJDIPA	ANGLOAM. ENOTA ZA POVRŠINO DRŽAVA V INDIJI			DEŽNIK (LJUĐSKO) STARORUS. VELEPO-SESTNIK
										MOŠTVO, TIM				HVALI-SANJE NIKOLA TESLA			
										NAOČNIKI ZA NA NOS. ŠČIPALNIK						DEL OBRAZA IGRALKA DOLINAR	2
										TRISTRAN-SKO SODELO-VANJE							
										BELJAKO-VINA, KI SODELUJE PRI PRESNOVI							ITALI-JANSKI NARAVO-SLOVEC
										NEMŠKO IME REKE RABE			NAŠA POKOJNA SOPRA-NISTKA (IRENA)	KOLIČINA Z ENOTO PASCAL			NABRUŠE-NOST REZILA

NAGRADNI RAZPIS

→ Črke iz oštevilčenih polj vpišite skupaj z osebnimi podatki v obrazec na spletni strani www.presek.si/krizanka

ter ga oddajte do **15. marca 2018**, ko bomo izžrebali tri nagrajence, ki bodo prejeli **knjižno nagrado**.



15

nadaljevanje
s strani

Astronomi pri nočnih opazovanjih uporabljajo svetilke s šibko rdečo svetlobo, saj ta ne moti prilagoditve na temo. Z LED tehnologijo se je poraba baterij v prenosnih svetilkah izredno zmanjšala, pri svetilkah z rdečo svetlobo pa še toliko bolj, kot smo izračunali malo prej.

Vendar pa enobarvna svetloba včasih povzroči nepričakovane učinke. Na sliki 8 imamo isti objekt slikan v svetlobi bele LED in rdeče LED. V rdeči svetlobi del informacije izgine. Očitno rdeči napis odbija prav toliko rdeče svetlobe kot belo ozadje.

V nekaterih domovih za ostarele uporabljajo ponoči šibko oranžno ali rumeno razsvetljavo. Modra komponenta svetlobe je namreč ponoči nezaželen, saj nas popolnoma »zbudi«. Na sliki 9 imamo karton s slike 8 v svetlobi rumene LED.

Modrih resnično svetlih diod dolgo niso znali izdelati. Preboj so naredili okrog leta 1994 trije japonski znanstveniki: Isamu Akasaki, Hiroshi Amano in Shuji Nakamura. Leta 2014 so zato dobili Nobelovo nagrado za fiziko. Ta iznajdba je šele omogočila pravi razvoj LED razsvetljave.

Bele LED sijalke lahko kombinirajo diode različnih barv (rdeče, modre in zelene). To omogoča izdelavo svetilk, ki spreminjajo barvo. Druga možnost za belo svetlobo so modre diode, pokrite s fluorescenčnim slojem (kratko: *fosforjem*), ki del svetlobe pretvori v rumeno in rdečo. Fluorescenčna prevleka razširi

spekter, ki pa ima vrh v modrem delu, se pravi, da dioda oddaja še zmeraj precej modre svetlobe. Spekter je zvezen, a opazno drugačne oblike kot spekter halogenke. Fluorescenčni sloj zmanjša učinkovitost sijalke. Zadnji krik so ledice, ki imajo modre diode z zelenim fosforjem z minimalnimi izgubami in zraven zelo dobre rdeče diode. To omogoča visoko učinkovitost in visoko barvno vernost.

Na embalaži LED sijalk imamo podatke o barvni temperaturi. Tudi o tem bomo več povedali v članku *Žarnice in sijalke*. Tako sijalka z barvno temperaturo 3000 K oddaja približno tako svetlobo kot črno telo s temperaturo 3000 K ali halogenska žarnica s 100 W. Višja temperatura pomeni večji delež modre in manjši delež rdeče svetlobe. Svetloba pod 3300 K je »toplo bela« in primerna za večino področij v stanovanju, za hodnike v stavbah. Od 3300 K in pod 5000 K imamo »hladno belo« ali »nevtravno belo« ali »naravno belo«, primerno za delovne prostore. Nad 5000 K je »dnevno bela«.

Uspešna rešitev za primere, ko potrebujemo več svetlobe, so svetilke z vgrajenimi izmenljivimi LED moduli. Dobre svetilke so konstruirane tako, da omogočajo odvajanje toplote z naravnim kroženjem



SLIKA 8.

Embalaza, osvetljena z belo in rdečo LED.



SLIKA 9.

Karton, osvetljen z rumeno LED.

zraka skozi svetilko. Če so zaprte, pa imajo aluminijasto ohišje v tesnem stiku z LED moduli in morda tudi hladilna rebra. Aluminij je namreč zelo dober prevodnik toplote, rebra pa povečujejo površino, ki oddaja toploto. To ščiti svetleče diode in elektroniko. Na evropskem trgu obstajajo cenovno dostopne svetilke brez utripanja, z daljincem, s katerim lahko prilagajamo barvno temperaturo, denimo od 2200 K do 5000 K, in svetilko tudi zatemnjujemo.

Zunanja LED razsvetljava

Zunanja razsvetljava naj bi bila prilagodljiva, topla in ne premočna. Modra svetloba ima namreč negativen vpliv na astronomska opazovanja in spanec. Žal so do nedavnega hladno bele sijalke imele višji izkoristek. Tako so prodajalci cestne razsvetljave ponujali hladno bele svetilke, saj je bilo z njimi lažje delati reklamo o prihrankih energije.

Avtorju tega članka je ponoči modra svetloba LED prikazovalnika na glasbenem stolpu izrazito neprijetna. Obrtnik mu je odrezal kos temnordečega pleksi stekla za pokritje prikazovalnika in povedal, da k njemu pride precej strank s podobnimi naročili.

Zdaj lahko dobimo zelo učinkovite zunanje LED svetilke z 2700 K in menda celo 2200 K, primerne za osvetlitev pločnikov in cest v naseljih. V kalifornijskem mestu Davis so zaradi pritožb stanovalcev morali cestno LED razsvetljava s 4000–5000 K zamenjati za toplejšo z 2700–3000 K. V Sacramentu je močna razsvetljava mosta z belimi LED skoraj popolnoma ustavila selitev lososov pod njim. Svetilke so zato morali izključiti. Tudi v New Yorku so morali močno LED razsvetljava nekoliko zatemniti.

Zunanjo LED razsvetljava cest lahko naredimo tako, da se njena intenzivnost hitro prilagaja gostoti prometa, kar je ugodno v vseh pogledih. Lahko jo celo prižigamo za posameznega pešca.

Bele LED sijalke imajo na nočni živi svet – metulje in druge žuželke, netopirje – negativen vpliv, bolj kot oranžno-rumene visokotlačne natrijeve sijalke, ki so bile do zdaj precej običajne. Bele LED imajo namreč vrh v modrem delu spektra, kar pomeni, da tam oddajajo precejšen del svetlobe. Na srečo pa ne oddajajo za okolje še bolj moteče UV svetlobe. Pri tople belih LED sijalkah je modri vrh precej manj izrazit.

Za bližino narodnih parkov in astronomskih observatorijev več podjetij ponuja [4] oranžno-rumene (jantarne) ali rumeno-zelene LED svetilke, pri katerih je količina modre svetlobe zanemarljiva. To dosežejo, recimo, z dodatnim fluorescenčnim slojem na toplo beli LED ali pa z rumenim filtrom na beli LED. Rumena je komplementarna k modri in jo blokira. (Tudi na sliki 9 so modri deli absorbirali rumeno svetlobo in postali črni.) Izkoristek se nekoliko zmanjša, vendar doseže še zmeraj 80 lm/W ali več. Indeks barvne vernosti znaša v enem primeru okrog 40 [5], kar je še zmeraj več kot skromnih 25 pri visokotlačni natrijevi razsvetljavi.

Raziskava podjetja Cree je pokazala, da velika večina cestne razsvetljave, stare in nove, utripa z dvakratnikom frekvence električnega omrežja. Vendar pa lahko kupimo danes tudi LED svetilke za razsvetljava brez utripanja, primerno za prometnice in javne površine. Športne dvorane in stadioni so že pred časom ugotovili, da potrebujejo razsvetljava brez utripanja, saj sicer ni mogoče zagotoviti kakovostnih upočasnjenih posnetkov dogajanja.

Literatura

- [1] M. Bezjak: Usmerniki, dostopno na www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2001/di/bezjak/apo_sipos/5.htm, ogled 29. 12. 2017.
- [2] Utripanje žarnic in sijalk, Flickern (Flackern oder Flimmern) von Glühbirnen und Lampen, Energie-Umwelt.ch, dostopno na www.energie-umwelt.ch/beleuchtungundbatterien/gluehbirnen-und-lampen/1425, ogled 29. 12. 2017.
- [3] A. Mohorič, *Zavesni zaklop*, Presek 44 (2016/17), 2, 30–31.
- [4] Réserve internationale de CIEL ÉTOILE du Mont-Mégantic, Priporočene svetilke, dostopno na ricemm.org/en/documentations/recommended-fixtures/, ogled 29. 12. 2017.
- [5] Ignialight: Cestna razsvetljava, dostopno na www.ignialight.com/content/files/downloads/13/ignialight-street-lighting-pdf.pdf, ogled 29. 12. 2017.

× × ×