

ILUMINAT EFICIENT BAZAT PE DIODE SUPERLUMINISCENTE CU ACTIVARE AUTOMATĂ ZI/NOAPTE/ZGOMOT

V. Secrieru

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Necesitatea utilizării metodelor de iluminat economice este evidentă și indiscutabilă în condițiile scumpirii continue a energiei electrice și situația ecologică deplorabilă generată de utilizarea carburanților. Crearea unor sisteme de iluminare exterioară și interioară pentru case de locuit, oficii, terase, centre de divertisment, parcuri, panouri de reclamă, scări, ascensoare, etc. permite de a pune în evidență toate prioritățile utilizării diodelor electroluminiscente superluminiscente (LED) moderne.

În prezent sunt elaborate și puse în producție o serie de LED-uri cu eficiența de până la 29%, în perspectivă 37% [1-3]. În ultimul timp încep să apară pe piață și diode cu mai multe structuri (>32 cd) [4,5], timpul de viață până la 100000 ore. Cu toate acestea nivelul de utilizare a acestor dispozitive este redus pe scară mondială precum și în Republica Moldova în particular.

Factorii menționați au dus la ideea elaborării și confecționării unui sistem de iluminare econom și unei serii de emițătoare separate ce permite înlocuirea surselor de radiație tradiționale precum lămpile incandescente (eficiența ~3% în regiunea vizibilă a spectrului) și a altor emițători optici cunoscuți, cu LED-uri de ultimă generație.

1. FLUXUL RADIANT ȘI LUMINOS

Fluxul radiant Φ_E este definit ca valoarea totală de energie electromagnetică emisă de o sursă de lumină pe unitate de timp, unitatea de măsurare a fluxului radiant - W (wat). În general, fluxul radiant este specificat la toate unghiurile emise într-o sferă imaginată de 360° în jurul sursei de lumină. Cu toate acestea, de asemenea poate fi definită mărimea de flux radiant emis într-un anumit interval unghiular. În cazul în care fluxul radiant variază cu lungimea de undă, $\Phi_E(\lambda)$, (unitatea de măsură W/nm), atunci fluxul radiant Φ_E , poate fi exprimat ca:

$$\Phi_E = \int \Phi_E(\lambda) d\lambda$$

Fluxul luminos Φ_V este definit ca valoarea totală a energiei electromagnetice pe unitate de timp

emisă de o sursă de lumină. Drept unitate de flux luminos servește lumenul (lm). Ochiul uman posedă sensibilitate maximă la radiația cu lungimea de undă 555 nm. La această lungime de undă, 1 watt de flux radiant este egal cu 683 lumeni de flux luminos. Similar cu fluxul radiant, fluxul luminos este, în general, specificat la toate unghiurile emise într-o sferă imaginată de 360° trasată în jurul sursei de lumină. Cu toate acestea, de asemenea, se definește fluxul luminos emis într-un anumit interval unghiular. După cum este prezentat în figura 1, funcția de ponderare a ochiului uman definită de CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) în 1931 este cunoscută sub denumirea de funcție de luminozitate 1931 CIE, $L(\lambda)$ [5].

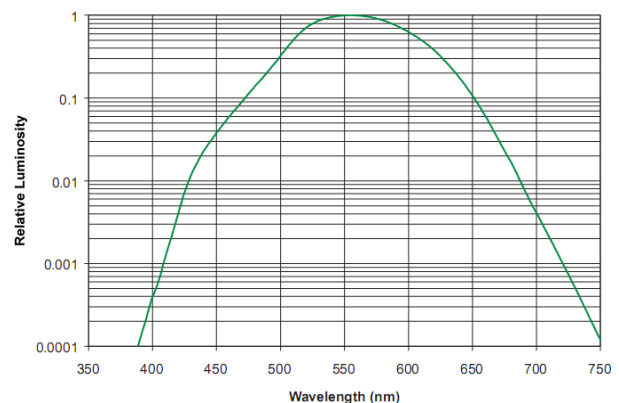


Figura 1. Funcția de luminozitate 1931 CIE.

Dacă fluxul radiant $\Phi_E(\lambda)$ emis de sursa de lumină este cunoscut și $L(\lambda)$ este funcția de luminozitate 1931 CIE, atunci fluxul luminos Φ_V , este egal cu:

$$\Phi_V = 683 \int_{\lambda=360}^{\lambda=830} L(\lambda) \Phi_E(\lambda) d\lambda$$

Dacă fluxul radiant total și spectrul normalizat $S(\lambda)$ emis de sursa de lumină sunt cunoscute, atunci fluxul luminos Φ_V devine:

$$\Phi_V = 683 \Phi_E \frac{\int_{\lambda=360}^{\lambda=830} L(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda=360}^{\lambda=830} S(\lambda) d\lambda}$$

2. SPECTRUL LEDULUI DE CULOARE ALBĂ

În figura 2 este prezentat spectrul normalizat al unui LED alb [5] suprapus pe funcția de luminozitate 1931 CIE și produsul celor două funcții. Este de menționat că spectrul posedă o energie radiantă considerabilă la lungimea de undă 450 nm și dincolo de 650 nm. Cu toate acestea, deoarece funcția de luminozitate este foarte mică la aceste lungimi de undă, produsul a două funcții este relativ mic în aceste zone. Pentru acest exemplu aria curbei $S(\lambda) \cdot L(\lambda)$ constituie aproximativ 47% din aria curbei $S(\lambda)$, astfel încât fluxul radiant de 1 W generează aproximativ 320 lumeni.

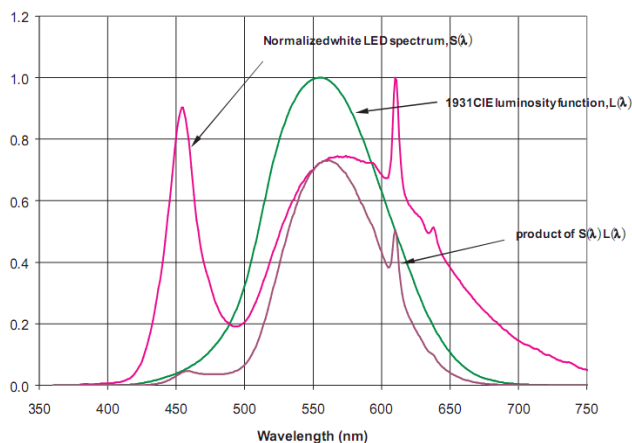


Figura 2. Spectrul ledului de culoare albă

Multiple tehnologii de confecționare a surselor luminoase generează lumina "albă". O clasa comună de surse de lumină sunt numite corpuri negre iradiatoare Planck-iene. Cu toate acestea sunt multiple tehnologii de obținere a culorii albe spectrul cărora diferă de sursele Planck: surse de lumină fluorescente, cu descărcare în gaz și LED-uri "albe". Multe din aceste surse de lumină sunt definite după Temperatura de Culoare Corelată (CCT - correlated color temperature) [4]. Conceptul de CCT este de a

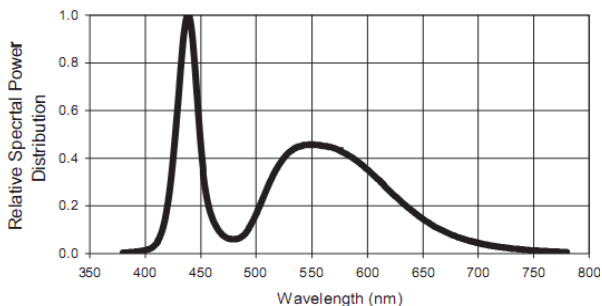


Figura 3. Spectru tipic CCT pentru culoarea albă.

extrapola culoarea sursei de lumină culorii de iradiere a unui corp negru Planckian de o anumită

culoare de temperatură (°K), astfel ca acestea să aibă aceeași nuanță de "alb", sesizată de ochiul uman, figura 3.

3. EFICIENȚA LUMINOASĂ TIPICĂ ȘI RELATIVĂ A EMIȚĂTOARELOR

Eficiența luminoasă a unei surse de lumină este un indicator al eficacității și eficienței respectivei surse, tabelul 1 [10].

Expresia pentru eficiența luminoasă este:

$$\eta = \frac{\hat{O}_v}{P},$$

unde \hat{O}_v - fluxul luminos emis de sursă, P - puterea consumată de aceasta.

Tabelul 1. Eficiența luminoasă tipică și relativă.

Tipul emițătorului	Eficiența tipică luminoasă lm/W	Eficiența luminoasă relativă %
Lampă incandescentă 100W	12-17	2.0
Lampă incandescentă 200W	15.2	2.2
-- halogen 100 Br	16,7	2.4
-- halogen 200 Br	17.6	2.6
-- halogen 500 Br	19.8	2.9
-- proiectare cinema	35	5.1
-- fluorescentă	45-75	
-- în baza LED	10-200	1.5-29
-- LED de perspectivă cu parametri record	249 ^[7] , 254 ^[8] , 276 ^[9]	36, 37
-- xsenon cu arc	30-50	4.4-7.3
-- metal hidrid	75-100	
-- luminiscentă	40—104	6-15
-- vapori Na de presiune înaltă	85-150	12-22
-- vapori Na de presiune joasă	100-200	15-29
-- vapori Hg	35-65	

În figura 4 este prezentat graficul evoluției eficienței diferitor tipuri de emițători în timp. În

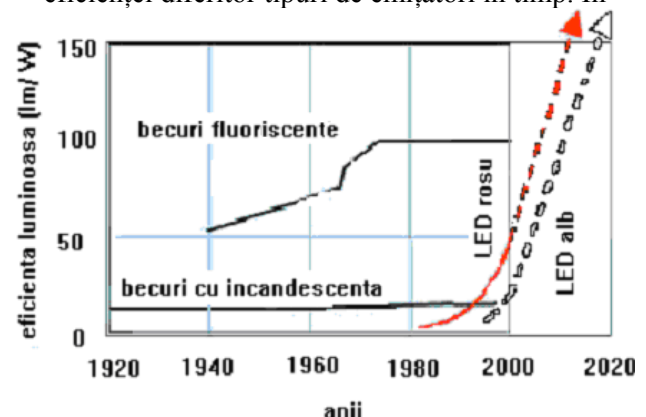


Figura 4. Evoluția eficienței în timp.

prezent se vede o creștere exponențială a eficienței luminoase în cazul ledurilor superluminiscente. Lipsa saturației în cazul LED vorbește despre dezvoltarea continuă a tehnologiei de fabricație și îmbunătățirea caracteristicilor acestora.

Utilizarea în calitate de emițătoare a diodelor electroluminiscente superluminiscente permite crearea sistemelor de iluminare economă. Datele prezentate permit de a prognoza o economie considerabilă, necesară în cazul crizei energetice actuale.

4. SISTEM DE ILUMINAT IN BAZA LED CU ACTIVARE AUTOMATĂ ZI/NOAPTE

În figura 5 este prezentată schema bloc a modului de comandă și control pentru sistemul de iluminat econom. Sistemul constă din blocul respectiv, emițătoarele luminoase de diferite forme/putere și cablurile de conexiune.

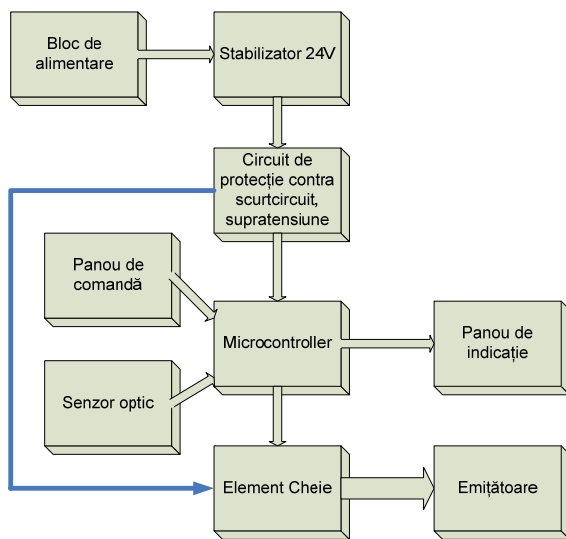


Figura 5. Modulul de comandă și control

Este realizat conform schemei structurale prezentate în figura 6 – sistem de tip încorporat (EmS), în care aplicația este dotată cu senzori digitali sau analogici conectați nemijlocit la unitatea centrală care are încorporați algoritmi și hardul pentru a prelucra semnalele respective, și realizarea fizică conform figurii 7. Modulul de comandă este realizat conform unei scheme relativ simple, având un spațiu minim de intrare/ieșire [11].

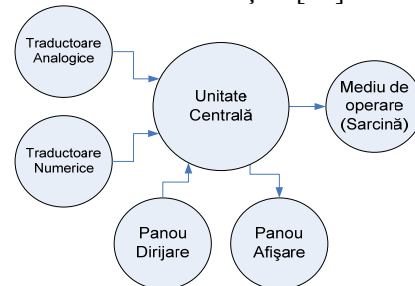


Figura 6. Schema structurală EmS.

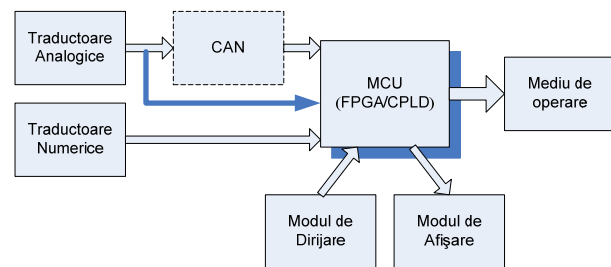


Figura 7. Structură fizică EmS.

Sistemul se alimentează de la rețeaua 220V, 50Hz. Blocul de alimentare coboară tensiunea până la 28V, redresează și filtrează. În continuare are loc stabilizarea tensiunii, emițătoarele se alimentează de la tensiunea de 24V. Comanda este asigurată de microcontroller, parametrii de lucru ai căruia se stabilesc cu ajutorul panoului de comandă, iar regimurile de lucru se indică la panoul de indicație.

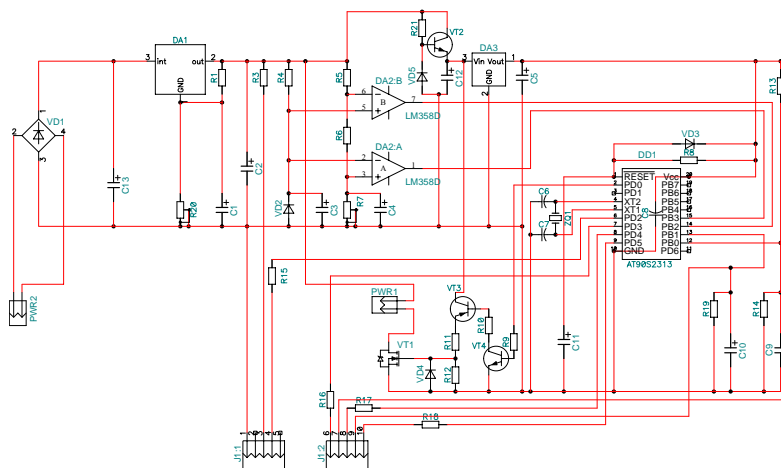


Figura 8. Schema electrică principală a modului de comandă și control.

În dependență de necesitatea conectare/deconectare a iluminării, semnalată de senzorul optic, microcontrolerul dirijează cu elementul cheie, care la rândul sau alimentează emițătoarele. Schema electrică principală este prezentată în figura 8.

În figurile 9, 10 sunt prezentate două modificări ale corpurilor de iluminat pentru emițătoarele elaborate. În figura 11 sunt prezentate imaginile exterioare ale modulului de comandă și control sub diferite vederi. Unele modele de emițătoare pentru iluminat interior/exterior, elaborate ulterior, sunt descrise în [12].

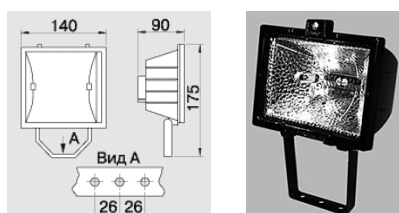


Figura 9. Corp pentru emițătorul cu 70 leduri



Figura 10. Corp pentru emițătorul cu 21 leduri



Figura 11. Imaginea modulului de comandă și control, intrările și ieșirile

În figura 12 sunt prezentate pozele obiectelor, pentru iluminarea fațadei cărora a fost utilizată tehnologia de iluminare cu leduri superluminiscente. Consumul total de energie nu depășește 50W în cazul unei clădiri cu trei niveluri – astfel este realizat

obiectivul asigurării iluminării economice, cât și conferirea unui aspect dorit clădirilor pe timp de noapte.



a) Imaginea exterioară, oficiu: 2 etaje și mansardă, consumul interior/exterior - 50W



b) Magazin, consumul - 24W



c) Casă de locuit, mediu rural, consumul – 20W

Figura 12. Imaginea exterioară a obiectelor iluminate

5. FELINAR LED 220V/50HZ. AUTOMATIZARE ZI/NOAPTE/ZGOMOT

Din studiul efectuat a rezultat necesitatea de a elabora o sursă economă de iluminare cu alimentare direct de la rețeaua 220V, 50Hz - accesibilă pretutindeni, ceea ce exclude utilizarea blocului de alimentare care scade fiabilitatea sistemului în întregime.

Ca rezultat a fost elaborat, confecționat și testat un felinar bazat pe diode superluminiscente care se activează automat în funcție de gradul de

iluminare naturală și nivelul de zgomot produs de prezența consumatorului. Caracteristici tehnice:

- Alimentarea 220V/50Hz;
- Puterea de consum 6-12-18 W/oră;
- Unghiul de ieșire a luminii $30 \div 100^\circ$;
- Timpul de funcționare garantat 5-15 ani;
- Operare în regim automat.

În tabelul de mai jos este prezentat un calcul succint al consumului energiei electrice în cazul diferitor tipuri de emițătoare (de putere optică comparabilă) pe parcursul a 30 de zile (luminează 10 ore din 24).

Tabelul 2. Calculul comparativ al consumului de energie electrică

Tipul emițătorului	Consumul W/oră	Nr. Emițători	Consumul lunar kW	Timp de viață, luni
Lampă incandescentă	75	10	225	~ 12
Lampă Halogen	20	10	60	~ 18
Felinar LED	6	10	18	≤ 300

Impactul economic în cazul utilizării acestui felinar este considerabil. Dacă efectuăm un calcul pe o perioadă de 5 ani, economia energiei electrice constituie 12420kW echivalent 19623 lei comparativ

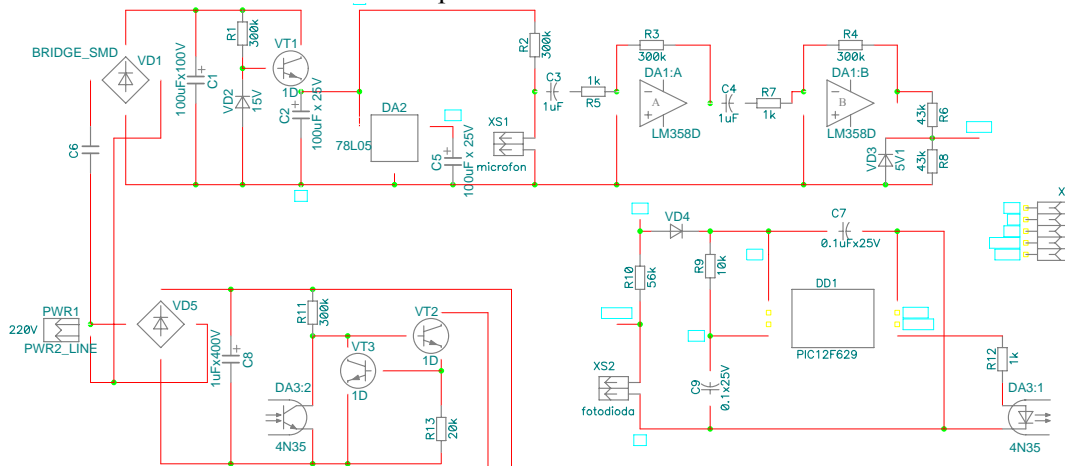


Figura 14. Schema electrică principală a felinarului 220V/50Hz cu automatizare zi/noapte/zgomot.

În figura 14 este prezentată schema electrică principală a circuitului de comandă a felinarului econom. Este construit similar figurilor 6 și 7, însă într-o formă simplificată: lipsește panoul de dirijare. Circuitul de control este construit în baza unui microcontroler PIC12F629 (DD1) care în calitate de senzori folosește un microfon și un senzor de radiație IR. Conectarea luminii are loc numai la condiția că este întuneric și a fost produs un zgomot (detectarea se face cu ajutorul circuitului DA1). DA3 asigură dezlegarea galvanică a circuitului de tensiune joasă ce alimentează controlerul de circuitul de tensiune înaltă care alimentează ledurile electroluminiscente. Pentru a asigura fiabilitatea

cu lampă incandescentă, sau 2520kW echivalent 3981 lei comparativ cu lampă Halogen (CLF).

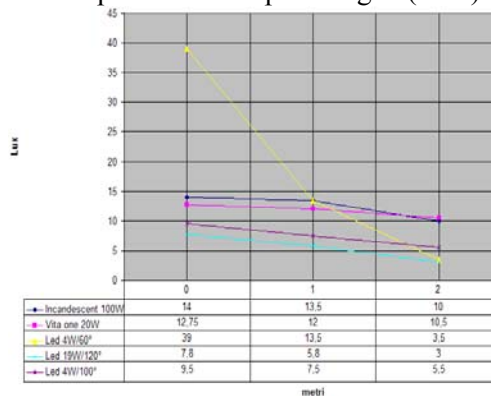


Figura 13. Grafic comparativ consum/eficiență

În figura 13 sunt prezentate graficele comparative consum/eficiență pentru diferite surse de iluminare. Înălțimea de la sursă – 3m și distanța de la sursa de iluminare pe orizontală 0-1-2m. După cum se vede din graficul prezentat caracteristicile felinarelor confecționate tind să se apropie de lămpile incandescente și CLF, consumul de energie fiind mai mic.

funcționării felinarului ledurile se alimentează cu curent stabilizat de tranzistorii VT2, VT3.

Respectând aceleași scheme structurale și fizice poate fi realizat un dispozitiv similar, în calitate de nucleu al căruia nu se va utiliza MCU sau FPGA/CPLD [13], ci circuite integrate digitale.

Felinarele au fost elaborate, confecționate și implementate în căminul 12 al Universității Tehnice a Moldovei (UTM) în calitate de sistem de iluminare a spațiilor publice. Implementarea a fost realizată în cadrul unui proiect pilot cu scopul economiei energiei electrice și sporirii comodității în utilizare.

În continuare este prezentat calculul impactului economic al utilizării acestor felinare

(tab.3,4).Lămpile luminiscente 36W au fost înlocuite cu felinare LED economice 6W. Luminează 10 ore continuu, 100 felinare, calculul pentru 365 zile.

Tabelul 3. Funcționare – 10 ore

36 W	13140 kW	20761 lei
6 W	2190 kW	3460 lei

Real felinarele supraeconomice vor lucra ~ 3 ore/zi, datorită blocului de dirijare implementat în interiorul fiecărui emițător, care permite funcționarea numai pe timp de noapte și numai în caz că a fost produs un zgomot, timp de 4 minute. În acest caz tabelul de mai sus se modifică și obținem următoarele cifre:

Tabelul 4. Funcționare - 3 ore

36 W	13140 kW	20761 lei
6 W	657 kW	1038 lei

Economia poate fi ≥ 17302 lei/an.

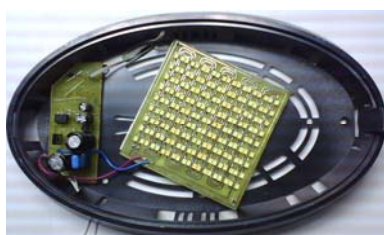
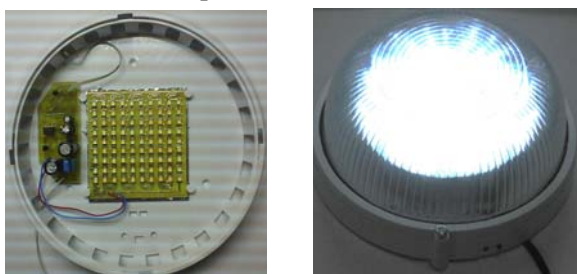


Figura 15. Imaginea exterioară a felinarelor



Figura 16. Hol, căminul 12, UTM



Figura 17. Imagini: coridor, bucătărie, etc.

CONCLUZII

Lucrarea dată a pus în evidență posibilitățile de utilizare a LED-lor moderne. Pe lângă aceasta ilustrează implementarea acestor posibilități în cadrul proiectului pilot realizat în căminul 12 al UTM și a unor clădiri precum case de locuit, magazine, oficii. Calculele și măsurătorile efectuate dovedesc o economie considerabilă a energiei electrice, acesta fiind un argument de a extinde utilizarea felinarelor de acest tip pe o scară mult mai largă în Republica Moldova.

Bibliografie

1. *Led Lights*. www.prolightopto.com ProLight Opto Technology Corporation
2. <http://www.philipslumileds.com/products/> Philips Lumileds Lighting Company
3. <http://ledsupply.com/> Source for LEDs and LED related products
4. <http://www.philipslumileds.com/products/luxeon/luxeonK2 Datasheet - DS51>
5. <http://www.philipslumileds.com/products/superflux>, Application Brief, AB08
6. <http://www.rapidtables.com/calc/light/how-lumen-to-watt.htm> Luminous efficacy table
7. Narukawa Y. et al. White light emitting diodes with super-high luminous efficacy // *J. Phys. D: Appl. Physics.* — 2010. — Vol. 43. — № 35. — DOI:10.1088/0022-3727/43/35/354002
8. Cree Sets New R&D Performance Record with 254 Lumen-Per-Watt Power LED — Cree, Inc. Press Release, April 12, 2012
9. Cree News: Cree Sets New R&D Performance Record with 276 Lumen-Per-Watt Power LED
10. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%E2%E5%F2%E2%E0%FF_%EE%F2%E4%E0%F7%E0 – Svetovaya otdacha sveta
11. Secrieru V., Zaporojan S., Găscă S. Elemente de organizare și funcționare a sistemelor încorporate. In: *Proceeding of 4th International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2012, May 17-20, 2012, Vol.II, pp. 170-175, Chișinău, Republica Moldova.*
12. Secrieru V., Balica Ș., Munteanu E. Pribor upravlenija dekorativnym svetodiodnym osveshheniem. *Zhurnal „Radio”, Nr. 5–2008, P.40-42, Moskva.*
13. Secrieru V., Munteanu E., Balica Ș., Dorogan V., Lazari A., Rusnac P., Gorgan D. Felinar supraeconom in baza diodelor supraluminiscente cu conectare automată (zi/noapte/zgomot). Implementare - căminul 12, UTM. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, UTM, Chișinău, 15-17 noiembrie 2012. P.29-32.

Recomandat spre publicare: 04.02.2014.