



Tempus-Phare
Compact Measure Grant
CME-03551-97



INGINERIA ILUMINATULUI

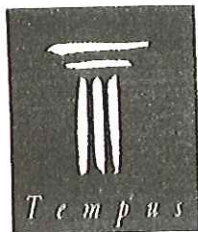
3

Editura MEDIAMIRA
Cluj-Napoca 2000

INGINERIA ILUMINATULUI

Program Tempus-Phare CME -03551-97

- | | | |
|-----------|---|--|
| 3 | CRITERII MODERNE ÎN CONCEPȚIA SISTEMELOR
de iluminat interior | <i>Cornel BIANCHI, Oana DOBRE</i> |
| 10 | ON OPTIMIZATION OF EQUI-INTERVAL ROAD
lighting maintenance schedules | <i>Luciano DI FRAIA, Marcello DI FRAIA</i> |
| 16 | ECHIVALENTUL ENERGETIC
al contrastului de luminanță | <i>Cătălin --Daniel GĂLĂȚANU</i> |
| 20 | CALITATEA ILUMINATULUI PUBLIC
– o cerință economică și socială | <i>Bogdana IORDACHE</i> |
| 26 | CONTROLUL SUBTENSIONĂRII SURSELOR DE LUMINĂ
dintr-un sistem de iluminat exterior prin interfațarea acestuia cu un dispozitiv numeric de comandă | <i>Ioan PĂUȚ</i> |
| 29 | VERIFICAREA CARACTERISTICILOR
public pe unele străzi ale municipiului Cluj-Napoca | <i>Florin POP, Dorin BEU
Mircea CHINDRIȘ, Călin GEODESCU</i> |
| 36 | APLICACIONES LUMINOTÉCNICAS DE CÁMARAS DIGITALES | <i>Carlos SIERRA GARRIGA</i> |
| 51 | ILUMINAT '99 – CONFERINȚĂ NAȚIONALĂ ȘI EXPOZIȚIE | <i>Camelia BURLACU</i> |
| 53 | COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN DE ILUMINAT (CNRI) | |



Tempus-Phare Compact Measures Grant CME-03551-97
LIGHTING ENGINEERING CENTER – LEC - an excellence center for
consultancy and continuing education in the lighting field in direct link with
the needs of the labour market

CENTRUL DE INGINERIA ILUMINATULUI – LEC – un centru de
exelență pentru consultanță și formare continuă în iluminat pentru necesități
ale pieței de muncă



**Universitatea Tehnică
din Cluj-Napoca**

Str. C. Daicoviciu Nr. 15
3400 Cluj-Napoca

Coordonator Dr. **Florin POP**, Profesor, UTCN, Cluj-Napoca, România
Contractor **Ramon SAN MARTIN**, Professor Titular, Dr., UPC, Barcelona, Spain

www: <http://bavaria.utcluj.ro/~lec>
E-mail: lec@colective.utcluj.ro

Tehnoredactare și traducere: **Mihaela POP**
Viorel GLIGOR



EDITURA MEDIAMIRA
ISSN 1454-5837

CRITERII MODERNE ÎN CONCEPȚIA SISTEMELOR DE ILUMINAT INTERIOR

Cornel BIANCHI, Oana DOBRE
Universitatea Tehnică de Construcții București

Rezumat

Pe baza cercetării internaționale/naționale și a normelor CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) sunt abordate criteriile moderne ale concepției sistemelor de iluminat interior și câteva aspecte esențiale determinante pentru realizarea ambianței luminoase, confortabil, funcțional, estetic și economic din punctul de vedere energetic.

1. Aspecte determinante ale concepției moderne

Lucrarea de față propune structura tratării “up to date” a concepției sistemelor de iluminat interior, pe baza unor criterii specifice determinate atât de experiența/cercetarea și normarea pe plan internațional cât și de contribuțiile realizate pe plan național.

Astfel, soluția trebuie determinată pe baza aspectelor cantitative și calitative ale mediului luminos confortabil, funcțional și estetic, în conexiune cu cerințele/aspectele specifice ale sistemului de iluminat, în funcție de destinația sa, pentru ca apoi să se ajungă la soluția de sistem, fără a neglija recomandarea Ghidului de Iluminat Interior CIE (Capitolul 1. Introducere) și anume: *“Trebuie ținut seama de faptul că iluminatul nu este o știință exactă, el se ocupă atât de oameni, cât și de obiecte, iar iluminatul într-un interior dat nu este bun dacă ocupanții nu-l plac. Conștientizarea faptului că iluminatul este mai mult artă decât știință este într-adevăr determinantă pentru o apreciere globală și corectă a ceea ce este important în iluminatul interior”*.

În figura 1 este indicată procedura de tratare a concepției/proiectării sistemelor de iluminat interior.

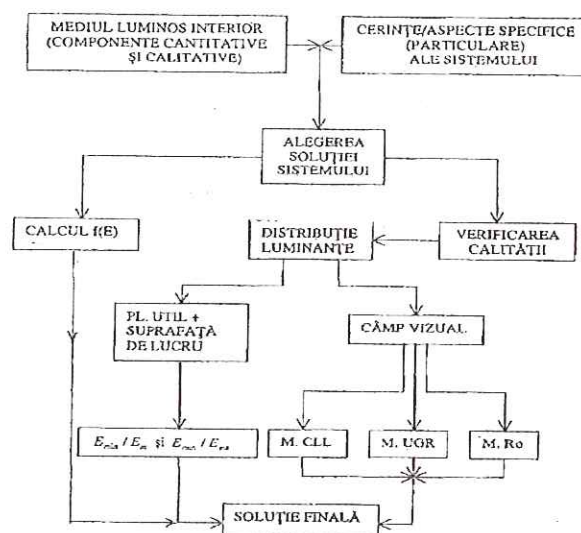


Fig. 1 Structura tratării concepției/proiectării sistemelor de iluminat interior. (S-au notat M. CLL – metoda curbelor de luminanță limită; M. UGR – metoda UGR “Unified Glare Rating”; M. RO – metoda românească).

Componentele determinante ale mediului luminos pot fi urmărite în figura 2, care le sintetizează selectiv pe cele cantitative (iluminare și luminanță, distribuție spațială a fluxului emis de corpurile de iluminat) și pe cele calitative (distribuția luminanțelor în planul de activitate și câmpul vizual, modelarea sarcinilor vizuale și direcționarea luminii, culoarea luminii (a. surse - redare, culoarea aparentă și b. suprafețe reflectante). De asemenea, figura relevă și conexiunile determinante între componente.

Semnificațiile conexiunilor sunt următoarele:

- C1 - cu cât nivelul de iluminare este mai ridicat cu atât redarea culorilor este mai bună;
- C2 - distribuția fluxului, respectiv fluxul inferior determină nivelul iluminării;
- C3 - de asemenea, distribuția fluxului determină distribuția luminanțelor în câmpul vizual (C5) care este influențată (reciproc) de direcționarea

luminii, aceasta fiind evident determinată (C4) de tipul și poziția corpului (adică de distribuția fluxului);

C3' - nivelul de iluminare (sau așa cum mai este definit densitatea de flux în planul util) influențează și distribuția luminanțelor în planul util.

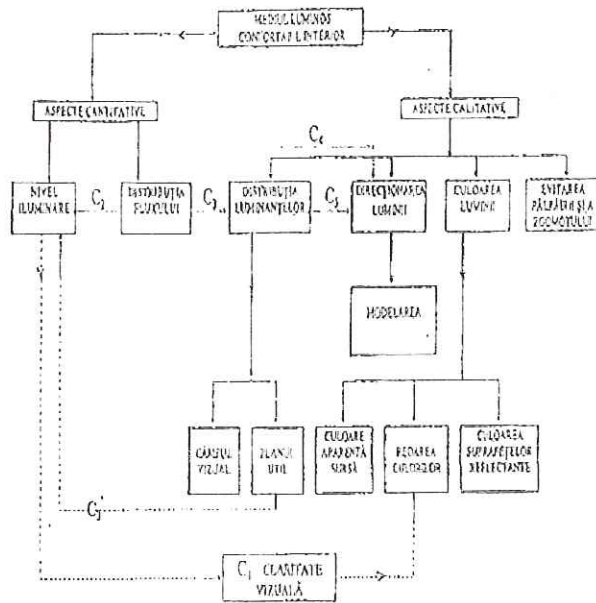


Fig. 2 Mediul luminos interior confortabil - componentele determinante.

Criteriile/cerințele specifice ale sistemelor depind evident de tipul activității. De exemplu pentru birouri (încăperi pentru activitate intelectuală) sunt:

- redarea corectă a sarcinii vizuale plane (scris, citit, desenat);
- evitarea contrastelor în planul util, câmpul vizual central și periferic, ce produc orbirea psihologică;
- redarea corectă a sarcinii vizuale pe ecranul calculatoarelor;
- evitarea reflexiilor de voal pe suprafețele de lucru clasic, dar mai ales pe ecranele calculatoarelor.

Pentru spațiile comerciale, iluminatul trebuie să realizeze o ambianță globală caldă, atractivă, cu accentuări și modelări ale exponatelor și cu o redare foarte bună către excelentă a culorilor, uneori intervenind neuniformități de iluminare în anumite limite acceptabile, pentru punerea în evidență a unor produse.

Trebuie menționat că cerințele specifice în funcție de destinație sunt date în literatura de

specialitate, menționând Ghidul de iluminat interior CIE [4], apărut în aprilie 1999, într-o ediție redusă în România, prin grija CNRI și publicațiile menționate în bibliografie [1, 2, 3, 5]. Pentru magazine, în afara celor amintite, publicațiile PHILIPS aduc contribuții deosebite (colecția INTERNATIONAL LIGHTING REVUE și LIGHTING MANUAL 93).

În afara modului de tratare menționat al concepției sistemelor, trebuie luate în considerare și alte aspecte moderne deosebite descrise mai departe.

1) Integragrea arhitecturală a sistemelor de iluminat, condiție "sine qua non" pentru realizarea ambianței luminoase și estetice, atât a iluminatului natural și a celui artificial cât și a combinației celor două.

2) Integragrea funcțională a sistemelor de iluminat artificial și natural prin realizarea unui sistem *permanent dinamic* acordat cu variațiile permanente ale luminii naturale.

Numai un astfel de sistem poate asigura parametrii necesari confortului (nivel, uniformitate în planul activității și în câmpul vizual) și estetice în condițiile utilizării luminii naturale combinată cu cea artificială, menită să compenseze neuniformitățile iluminatului natural.

3) Concepția unor sisteme de iluminat flexibile în timp și spațiu capabile să se adapteze la schimbări funcționale sau recompartimentări la birouri (administrație, proiectare ș.a.), fie la schimbări determinate de variația în timp a esteticii, stilului, mentalității, modei ș.a., așa cum se întâmplă în alte interioare (locuințe, spații comerciale, muzee ș.a.), fie la schimbări tehnologice (în industrie).

4) Utilizarea echipamentului modern ca: surse de lumină noi sau relativ noi, corpuri de iluminat noi, inclusiv cele cu posibilități de modificare a distribuției fluxului și echipamentul anex de control, stabilizare, amorsare și reglare, din noua generație, care crează pe ansamblu posibilitatea reglajului permanent și creșterea eficacității globale (de exemplu: sursă+balast electronic).

În continuare se vor pune în evidență și detalia într-o măsură moderată, cele patru aspecte moderne relevate, determinante în concepția unor sisteme de iluminat moderne confortabile, economice, funcționale și estetice.

2. Structura și funcționarea sistemelor integrate și flexibile.

Primele trei aspecte relevate (integrarea iluminatului cu arhitectura, integrarea iluminatului artificial cu cel natural și realizarea unor sisteme de iluminat flexibile în timp și spațiu) trebuie armonizate pas cu pas, atunci când se concepe/proiectează sistemul de iluminat interior.

Dacă, în mod curent, sistemele de iluminat artificial au fost și sunt uzual concepute ca un sistem în general STATIC, cu eventuale posibilități de reglaj în trepte manual, funcție de aportul de lumină naturală, noua mentalitate promovată și în România din 1975-1980 de către Colectivul/Catedra de Luminotehnică a Universității Tehnice de Construcții București, constă în crearea unui sistem de iluminat permanent DINAMIC, cu posibilități de reglare automată în funcție de aportul luminii de zi (foarte variabilă), a iluminatului artificial, care reprezintă o componentă compensatoare a variației foarte mari a luminii naturale, atât din punctul de vedere al schimbării diurne cât și a gradului de acoperire a cerului.

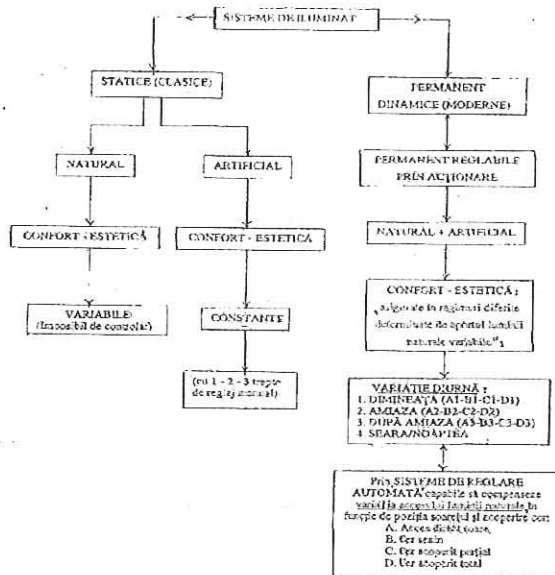


Fig. 3 Sisteme de iluminat artificial și natural static și permanent dinamice.

În figura 3 sunt prezentate schematic sistemele de iluminat natural și artificial în varianta statică (clasică) și dinamică (modernă).

Pentru a se asigura o integrare corespunzătoare a iluminatului natural extrem de variabil și cu

acces, în general, total asimetric (ferestrele se prevăd uzual numai pe una din părțile laterale ale încăperii, în așa fel încât iluminarea scade rapid către interior), este necesară realizarea unui sistem artificial permanent dinamic, care prin procesare automată să compenseze această variație pentru a realiza echilibrul distribuției iluminării în planul util și al distribuției luminanțelor în câmpul vizual.

În figura 4 se poate urmări variația iluminării naturale 1 și a celei artificiale 2 - produsă de funcționarea surselor B, pentru un sistem asimetric dirijat, precum și a valorilor însumate 3 care pot astfel asigura uniformitatea acceptabilă, la punerea în funcțiune a șirului de corpuri de iluminat din zona centrală.

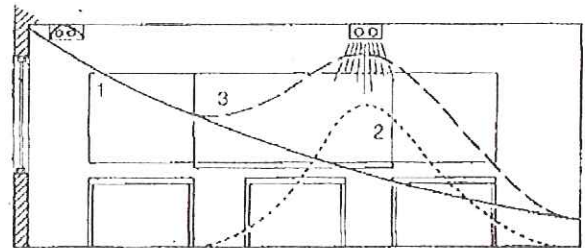


Fig. 4. Variația luminii naturale și compensarea cu lumină artificială într-o sală de cursuri.

Dacă adâncimea încăperii (a) față de zona accesului luminii naturale (ferestre) este mai mare de trei-patru ori față de înălțimea încăperii (h) la dimensiuni medii ale ferestrelor, adică $a > (3-4)h$, atunci se impune în zona opusă ferestrelor un iluminat "suplimentar permanent" în conformitate cu recomandările internaționale (PSALI - Permanent Supplementary Lighting of Interiors).

Procesarea automată a componentelor naturale și artificiale, care va asigura și reducerea consumului energetic pentru iluminat, se realizează prin:

- variația accesului de lumină naturală (jaluzele cu comandă automată), (a nu se uita: accesul solar direct într-o încăpăre de lucru nu este acceptabil datorită contrastelor de luminanță inadmisibile ce le crează);

- variația fină și/sau în trepte a componentelor iluminatului artificial.

Trebuie reamintit că variația fină a emisiei fluxului surselor de lumină cu descărcări, echipate cu balasturi electronice sau clasice, este limitată până la aproximativ 50% din

valoarea nominală, fiind realizabilă cu o investiție mai mare decât cea în trepte, dar având avantajul menținerii constante a confortului.

Evident, variația iluminării naturale este sesizată de fotocelule dimensionate corespunzător încât să transmită comanda de acționare a treptelor sau reglajului fin al iluminatului artificial.

Pentru încăperi de tip birouri destinate activității intelectuale (scris, citit, desenat, lucru la calculator), în care în mod evident gradul de ocupare este variabil, se poate introduce, în scopul economiei de energie, și acționarea automată în funcție de gradul de ocupare (prin senzori de prezență) sau/și programare orară la birourile mari sau săli de învățământ, care funcționează cu un anumit orar și, nu în ultimul rând, posibilitatea comenzii manuale localizate sau automate (cu senzor de prezență).

Dezavantajul sistemului cu senzori de prezență în încăperi medii/mari/foarte mari este alternarea "petelor de lumină/iluminat" în zona de prezență, cu întunericul din restul încăperii, situație care produce un inconfort inacceptabil activității intelectuale.

În aceste condiții, sistemul poate fi utilizat numai accidental, pentru perioade scurte de lucru sau/și perioade mai lungi cu condiția ca încăperea să fie compartimentată cu pereți despărțitori ușori și de înălțime aproximativ 2 m. Toate sistemele de iluminat interior integrate sau nu trebuie acordate cu posibilitatea de variație/flexibilitate în timp și spațiu, pentru adaptarea permanentă, fără investiții suplimentare și modificări la necesitățile ce apar. În figura 5 sunt puse în evidență câteva aspecte caracteristice pentru realizarea de soluții flexibile și adaptabile în combinație cu integrarea tratată anterior.

În toate clădirile moderne (indiferent de destinație) este necesar să se realizeze echiparea cu un sistem flexibil, sistemul fix fiind depășit.

Iată câteva posibilități:

- modificarea poziției corpurilor de iluminat (fixe relativ) prin direcționări posibile din același "punct" de montaj la coordonate spațiale diferite, funcție de necesitățile sau dorințele beneficiarilor, variabile în timp (spații comerciale, muzee, expoziții, locuințe ș.a.);
- modificarea poziției corpurilor de iluminat mobile pe o anumită direcție (montaj pe șină/canal);

- schimbarea corpurilor de iluminat cu altele mai moderne;
- modificarea parametrilor sursei de lumină prin sisteme de reglaj manual sau automat;
- modificarea geometriei unor corpuri de iluminat sau a focalizării sursei în cadrul acestora, care conduce la o altă distribuție de flux luminos.

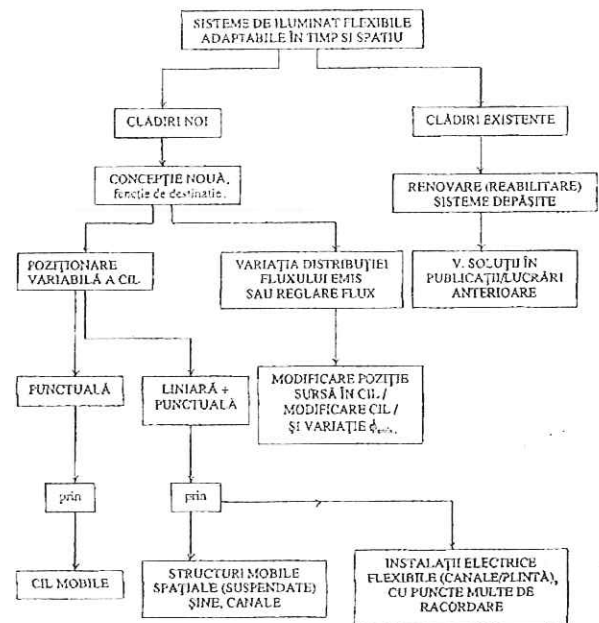


Fig. 5. Prezentarea schematică a posibilităților de realizare a sistemelor de iluminat flexibile/adaptabile.

Desigur, o instalație electrică modernă trebuie să poată asigura o modificare pozițională în special în încăperi cu schimbări frecvente a poziției exponatelor. În aceste condiții o instalație "clasică" este inadecvată, ea trebuind să fie înlocuită cu elemente modulare, canale, șine complexe, așa cum multe firme din Europa le produc.

O problemă specială o prezintă birourile actuale de proiectare, administrație ș.a., la care prezența și densitatea calculatoarelor, respectiv a display-urilor, a crescut și crește continuu.

Deci, față de rezolvările clasice cu corpuri de iluminat directe sau semidirecte, trebuie introduse soluții noi pentru evitarea reflexiei "de voal", care se manifestă pe ecranele display-urilor. Astfel, soluțiile cu corpurile de iluminat cu distribuție directe și indirecte, ce pot fi acționate separat, devin o necesitate pentru încăperile medii, mari și foarte mari.

Utilizarea exclusivă a sistemelor de iluminat indirect cu surse MH a devenit o soluție curentă la o mare densitate de display-uri și de suprafețe vitrate sau lucioase, care pot produce reflexii "de voal" derutante și provocatoare de inconfort vizual (orbire reflectată). O variantă mai dificil de realizat pentru evitarea reflexiei este amplasarea fixă a locului calculatorului în funcție de poziția surselor, pentru încăperi mici. Din punctul de vedere al flexibilității în timp, problemele sunt similare pentru toate încăperile destinate activității umane de muncă intelectuală sau fizică, sistemele trebuind, prin echipament luminotehnic și electric, să asigure modificări dictate de necesitățile diferite.

O tendință actuală pe plan internațional este modernizarea sistemelor de iluminat destinate birourilor și încăperilor similare vechi, care trebuie astăzi adaptate la condițiile echipamentului nou (display-uri) și a nivelurilor de iluminare ridicate.

Problema este de multe ori dificilă datorită soluției clasice cu corpuri de iluminat înglobate în plafon, care în condițiile de seară crează contraste supărătoare de luminanță corp-plafon la periferia câmpului vizual în special în încăperile medii/mari/foarte mari, determinând orbire psihologică (de inconfort) dăunătoare activității de muncă.

Compensarea se poate realiza prin corpuri de iluminat moderne cu luminanță scăzută și cu difuzie activă laterală către pereții de culoare deschisă sau prin introducerea (dificilă de multe ori) și a unor corpuri indirecte.

Evident, în cele expuse au fost menționate câteva soluții actuale ce reprezintă, de asemenea, o preocupare în cercetare a Catedrei de Luminotehnică și Instalații electrice din cadrul Universității Tehnice de Construcții București și a CNRI.

3. Implementarea surselor de lumină noi sau relativ noi.

Un aspect deosebit de important într-o concepție "up to date" este atât cunoașterea profundă a caracteristicilor surselor de lumină în general și a celor noi/relativ noi în special, precum și implementarea/utilizarea lor în sistemele noi sau reabilitate, depășind mentalitatea inerției obișnuite și selectând ceea

ce este mai bun, mai de calitate în soluția de sistem de iluminat proiectat.

Trebuie reamintit că în "segmentul" Luminii și Iluminatului, dezvoltarea permanentă într-un timp relativ scurt a surselor performante a depășit de multe ori așteptările, demonstrând dinamismul deosebit al domeniului și necesitatea de adaptare, după o cunoaștere corespunzătoare a surselor adecvate sistemului proiectat.

În figura 6 sunt arătate surse de lumină noi și relativ noi, iar în continuare o scurtă prezentare a caracteristicilor lor.

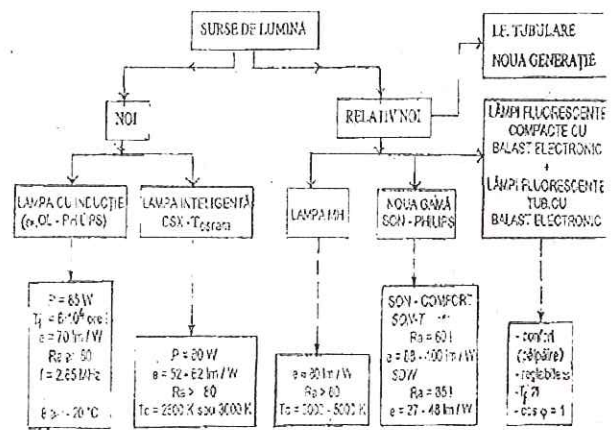


Fig. 6. Surse de lumină noi și relativ noi.

Lampa cu inducție (în special varianta QL - PHILIPS), care ajunge la o durată de viață de 60.000 ore, datorită realizării agitației moleculare determinate de câmpul electromagnetic indus, prin trecerea unui curent alternativ de foarte înaltă frecvență, în locul accelerației clasice realizată de descărcarea între cei doi electrozi ai lămpilor tubulare sau compacte fluorescente. Această lampă poate fi utilizată în principal datorită duratei de viață, în locuri greu accesibile din interiorul sau exteriorul clădirii, dar ea posedă și alte calități deosebite (redare foarte bună a culorii, lipsa pâlpâirii, menținerea minimă, amorsare practic instantanee).

Lampa inteligentă DSX-T produsă de OSRAM și care utilizează o descărcare în arc în mediu de vapori de sodiu și xenon ajunge la un indice de redare de peste 80 și prin intermediul unui microprocesor poate schimba temperatura de culoare de la 2600 K la 3000 K printr-o simplă comutare. Această calitate poate fi utilizată de exemplu fie la trecerea de la zi la noapte

(reducere T_c), fie în funcție de dorințele utilizatorilor (la locuințe).

Din lămpile relativ noi nu trebuie uitată lampa cu descărcări în vapori de mercur de înaltă presiune și cu adaosuri de halogenuri metalice, MH, care datorită calităților sale deosebite de redare a culorii și eficacitate ($R_a=75-83$, $e=75-92$ lm/W și $T_c=3000-5600$ K) este azi din ce în ce mai utilizată în sistemele de iluminat interior (gama PHILIPS – MHN culoare neutră, MHW și CDM – culoare caldă) la înălțimi mici și medii pretându-se la distribuții de regulă indirecte ale fluxului luminos, sau directe la înălțimi medii și mari.

Trebuie reamintită, de asemenea, noua gamă SON PHILIPS, SON și SON-T Confort, cu $R_a=60$ și $e=82-100$ lm/W și $T_c=2200$ K și SDW (white SON) cu $R_a=85$, iar $T_c=2500$ K, dar eficacitatea numai 37-48 lm / W, ce poate fi de asemenea utilizată în sistemele interioare (în special SON și SON-T Confort la care eficacitatea luminoasă este foarte bună în condițiile redării acceptabile a culorilor) iar SDW atunci când se cere o redare foarte bună.

Desigur nu trebuie neglijat că pentru majoritatea interioarelor funcționale, cu activitate de muncă intelectuală sau manuală, sau spații comerciale medii și mari și multe alte destinații sunt utilizate lămpile fluorescente tubulare, care prin structura lor geometrică, eficacitate, durată de viață, culoare aparentă și redare de culori sunt cele mai adecvate sistemelor de iluminat interior.

În general este indicată utilizarea lămpilor din noua generație cu $\Phi 26$ mm (de exemplu PHILIPS sau OSRAM) a căror eficacitate variază în funcție de calitate între 63-96 lm/W pentru lămpile de 36/40W, cu observațiile următoare:

- redare foarte bună către excelentă, conduce la o scădere a eficacității datorită complexității stratului luminofor;
- o redare bună - foarte bună corespunde unei eficacități foarte bune;
- iar la redarea modestă - bună corespunde o eficacitate de același ordin de mărime.

Excepție de la aceste caracteristici o fac culorile reci (lumina de zi) care prezintă valori diferite față de cele menționate, deci alegerea trebuie făcută cu atenție în funcție de cerințele caracteristice. De altfel trebuie subliniat că în

conformitate cu ghidul CIE lumina rece nu este recomandată pentru nici un tip de interior.

Utilizarea lămpilor echipate cu balasturi electronice are următoarele avantaje deosebite:

- creșterea eficacității globale a sistemului lampă
- balast, care de fapt arată valoarea reală a eficacității energetice (de exemplu, lampa de 36 W cu balast clasic care consumă 10 W, la o lampă de eficacitate de 90 lm/W, prezintă o eficacitate globală de 70,4 lm/W, iar în cazul balastului electronic al cărui consum tinde la zero, eficacitatea globală va fi aproximativ 90 lm/W);
- nu prezintă efect de pâlpâire;
- amorsare practic instantanee (fără starterul clasic);
- crește durata de funcționare;
- factorul de putere unitar;
- nu prezintă pierderi de căldură;
- nu prezintă zgomot;
- greutate redusă.

Trebuie precizat că reglajul fluxului se poate realiza într-o gamă largă numai prin variația frecvenței curentului în circuitul de alimentare a lămpii.

Posibilități deosebite pentru utilizare ale lămpilor fluorescente compacte în locuințe și hoteluri, spații comerciale mici sau pentru iluminatul de accent în orice spațiu comercial sau muzee, expoziții sau alte încăperi care se pretează la surse punctuale de mică putere, face ca implementarea lor să fie o necesitate actuală datorită consumului redus de energie (cinci-șase ori mai puțin) și a duratei de funcționare (opt până la zece ori mai mult) față de lampa incandescentă clasică utilizată în trecut la necesități similare.

De exemplu, gama variată PHILIPS ca forme și puteri, SL (Decor, Agro), PL (PL-S, PL-C) și PLC. E (cu balast electronic) ca și gama OSRAM, GE ș.a., pot satisface toate necesitățile curente pentru destinațiile corespunzătoare cu condiția alegerii corecte a culorii aparente (funcție de temperatura de culoare T_c) și redării culorii (funcție de indicele de redare R_a). Evident că alegerea surselor de lumină trebuie acordată cu o opțiune și selectare a corpurilor de iluminat, esențială pentru asigurarea confortului, funcționalității estetice și integrării sistemelor artificiale de iluminat cu cele naturale.

Lucrarea de față a încercat să evidențieze aspectele ce trebuie luate în considerare și aprofundate de către cei care concep/proiectează sistemele de iluminat noi sau renovează cele depășite.

În alte tratări ulterioare se vor analiza cazuri particulare specifice unei destinații ale clădirii.

Bibliografie

1. Bianchi. C, "Luminotehnica" vol I, Ed. Tehnică 1990.
2. Bianchi. C, "Sistem de Iluminat Interior și Exterior, Concepție, Calcul, Soluții", Ed. Matrix Rom, 1998.
3. CIE - "Guide on Interior Lighting", publ. 29.2, 1986, CIE Wiena, Austria.

4. CIE – Ghidul de Iluminat Interior al CIE în conexiune cu mediul luminos.

5. PHILIPS, "Lighting Manual", Ediația 15, 1993, Eindhoven, Olanda.

6. Revue de l'Eclairage, LUX nr. 183 / 1995, Paris, Franța.

Cornel BIANCHI, Profesor, Dr.ing.

Oana DOBRE, preparator

Catedra Luminotehnică și Instalații electrice

Facultatea de Instalații

Universitatea Tehnică de Construcții

Bd. Pache Protopopescu Nr. 66, 73232 București

Tf.: 01. 2524280

Fax: 01. 252 6880

E-mail: cnri@pcnet.pcnet.ro

ON OPTIMIZATION OF EQUI-INTERVAL ROAD LIGHTING MAINTENANCE SCHEDULES

Luciano DI FRAIA

University of Naples "Federico II"

Marcello DI FRAIA

Abstract

In this paper, the difficulties of designing optimized maintenance programmes for road lighting installations are for the first time analyzed. A novel criterion helping to overcome them is suggested.

1. Current procedures for designing optimum maintenance schedules and their drawbacks

Generally, a maintenance schedule is considered to be optimum when it features the lowest (minimum) annual maintenance cost.

The procedure suggested by CIE [1] consists of finding only the optimum time interval for luminaire cleaning (by imposing that the cost of the light loss caused by the luminaire dirtying equals the cost of cleaning); the interval for the lamp group replacement being to be found by trials.

Vice versa, the IES Handbook [2] suggests an iteration method to determine the best relamping interval only, the cleaning interval being to be found by trials.

Neither approach leads to reliably optimized maintenance schemes. In fact, such procedures have the drawback the two timings are sought independently, and, therefore, their single optimization cannot lead to an optimized whole.

Another drawback is that seeking by trials the timings for the lamp group replacement or those for the luminaire cleaning hardly leads to true optimum results.

Finally, the derivation by separate methods of the two timings has the consequence that the longer of them does not result to be a multiple of the other, as instead is required in an equi-interval policy; this can result in large rounding off.

In conclusion, to be reliable, a procedure for maintenance optimization should simultaneously and interdependently consider the two types of maintenance operations (luminaire cleaning and group relamping), and the relevant time intervals should naturally result to be one multiple of the other, without the need of rounding off.

2. The problem

As it is known, the maintenance factor can be calculated only after designing the maintenance programme. But, for an equi-time interval policy for the maintenance operations, it can be shown that a same value for the maintenance factor, \overline{MF} , can be carried out by many more than one maintenance schedule. More precisely, if n is the number of the maintenance operations effected within a maintenance cycle (maintenance cycle: time interval after which the maintenance scheme is repeated), the number Nms of the possible maintenance schemes with the same n and yielding \overline{MF} depends on the constraints imposed. According to the types of constraints, three types of equi-interval policies can be distinguished for the road lighting, having in common the above condition of simultaneously effecting the luminaire cleaning and the group relamping at the end of the maintenance cycle.

Policy 1. Specific constraints: within a maintenance scheme, the time intervals between the luminaire cleanings and the group relampings are constant; the latter is a multiple of the former; cleaning is always effected when relamping. It follows that $Nms=1$ for any n

Policy 2. Specific constraints: the time interval between the luminaire cleanings and the group

relampings are constant; the latter in not necessarily a multiple of the former; the cleaning is always effected when relamping.

Policy 3. Specific constraints: the luminaire cleaning and the group relamping intervals are constant and the latter is not necessarily a multiple of the former; the relamping operation can be effected also by alone before the maintenance cycle.

As an example, for each of the above policies, below are indicated all the maintenance schemes yielding any given maintenance factor for $n=1$ to 4.

Be:

Lc = luminaire cleaning

r = relamping

g = global operation ($lc+r$)

Policy 1

$n=1$	($Nms=1$)	g ;
$n=2$	($Nms=1$)	$lc + g$;
$n=3$	($Nms=1$)	$lc + lc + g$;
$n=4$	($Nms=1$)	$lc + lc + lc + g$.

Policy 2

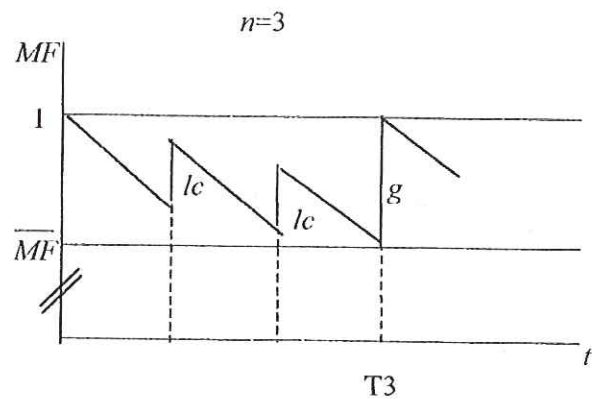
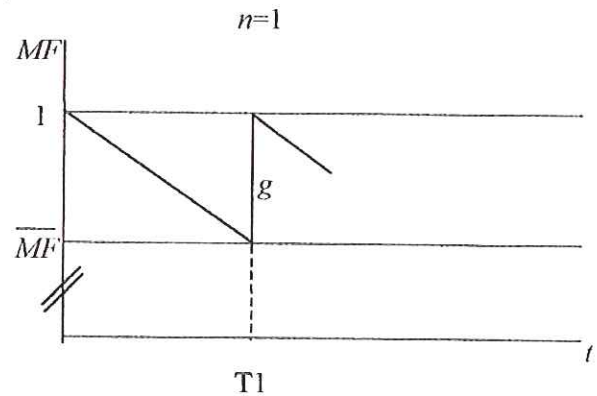
$n=1$	($Nms=1$)	g ;
$n=2$	($Nms=1$)	$lc + g$;
$n=3$	($Nms=3$)	$lc + lc + g$;
		$lc + g + g$;
		$g + lc + g$.
$n=4$	($Nms=6$)	$lc + lc + lc + g$;
		$g + lc + g + g$;
		$lc + lc + g + g$;
		$g + lc + lc + g$;
		$g + g + lc + g$;
		$lc + g + g + g$.

Policy 3

$n=1$	($Nms=1$)	g
$n=2$	($Nms=2$)	$lc + g; r + g$;
$n=3$	($Nms=8$)	$lc + lc + g$;
		$lc + g + g$;
		$g + lc + g$;
		$lc + r + g$;
		$r + lc + g$;
		$r + r + g$;
		$g + r + g$;
		$r + g + g$.

$n=4$ maintenance schemes not shown for the sake of brevity.

The policy 1 is that commonly used in practice. As an example, Fig. 1 visualizes the above indicated maintenance schedules yielding the maintenance factor \overline{MF} for $n=1$ to 4. It is noted that the lengths of the time intervals vary from scheme to scheme.



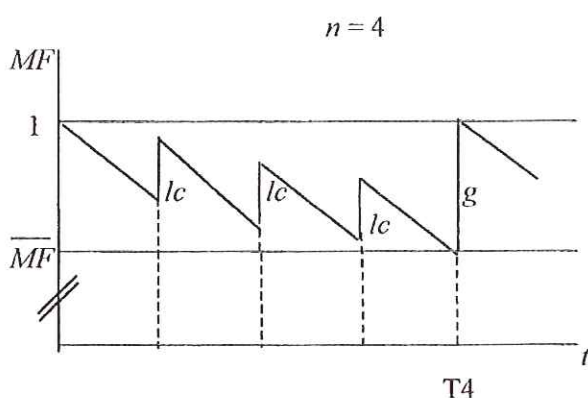
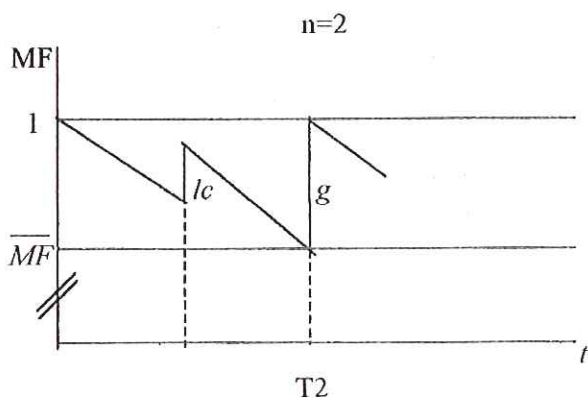
3. Practical example

For the policy 1, a practical example was developed, i. e. all the maintenance schemes yielding $\overline{MF}=0.80$ were calculated.

The following input data was considered: a high pressure sodium lamp type; $LLMF$ and $LSMF$ data, as a function of the operating hours, taken from CIE [1]; luminaire LMF data taken from IES [2]; lamp operating hours per year: 4000; environment: normal. Two maintenance strategies were considered: with and without spot relamping. Table 1 shows only a small part of the result.

Table 1 Some of the possible maintenance schemes yielding $\overline{MF}=0.80$ for two maintenance strategies:

- group luminaire cleaning and group relamping with spot relamping ($LSMF=1$) (tab a);
- without spot relamping ($LSMF<1$) (tab b).



Input data

Lamp: CIE high pressure sodium type [1]
 Luminaire: IES type [2]
 Pollution: normal
 Annual operating hours: 4000

Output data

It can be easily understood that the theoretical overall number of maintenance schemes is very high, tending in any cases to be infinite.

Tabel a

Maintenance scheme	Time interval for luminaire cleaning (T_c) (years)	Time interval for group relamping (T_r) (years)
1	1.7	1.7
2	1.25	2.5
3	1.03	3.1
4	0.875	3.5
5	0.76	3.8
6	0.67	4.0
7	0.60	4.2
8	0.54	4.3
9	0.49	4.4
10	0.45	4.5
...
50	0.11	5.5
...
100	0.057	5.7

Tabel b

Maintenance scheme	Time interval for luminaire cleaning (T_c) (years)	Time interval for group relamping (T_r) (years)
1	1.4	1.4
2	0.85	1.7
3	0.63	1.9
4	0.525	2.1
5	0.42	2.1
6	0.37	2.2
7	0.31	2.2
8	0.29	2.3
9	0.26	2.3
10	0.23	2.3
...
50	0.05	2.5
...
100	0.026	2.6

It is noted that the maintenance schemes differ considerably with the strategy adopted and are independent from the unit costs assumed for cleaning the luminaires and relamping.

Changing one or more parameters (type of lamp or luminaire or environment), causes to change the maintenance scheme carrying out \overline{MF} .

It is easily understood also that the annual maintenance cost can differ greatly from scheme to scheme. The optimum scheme is the one featuring the minimum cost.

As will be shown in more details in a future paper, the optimum maintenance scheme does depend on the unit costs, in the sense that, changing one or more of them, a different scheme becomes the optimum one.

4. A novel criterion for quickly determining an optimum maintenance schedule

From above it follows that it is not easy to find out the optimum maintenance scheme, even with the aid of a computer.

Therefore, a criterion for the policy 1 was developed helping to quickly find the optimum maintenance scheme.

Briefly, this criterion is that, for a given value \overline{MF} , the annual maintenance cost as a function of the maintenance cycle always attains one and only one minimum. This allows to explore a very limited number of maintenance schemes yielding the desired \overline{MF} .

The required input data is:

- unit costs
- luminaire maintenance category ($LMF(t)$)

- environment category
- lamp ageing ($LLMF(t)$)
- lamp mortality statistics ($LSMF(t)$).

5. Conclusions

The current procedures for determining optimum maintenance schedules do not appear to be adequate. Actually, the problem is difficult because the maintenance schemes carrying out a same maintenance factor are many and many, theoretically infinite.

However, a criterion has been suggested, which can be used to quickly find out the optimum solution.

Such a criterion can also be usefully incorporated in the design process of a road lighting system.

References

- 1 Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), Maintenance of indoor electric lighting systems. Publication n. 97 (1992).
- 2 Illuminating Engineering Society of North America, Lighting Handbook – Reference and Application Volume 1993.

Luciano DI FRAIA

Chair of Lighting, Electrical Engineering Department of University of Naples "Federico II" - Via Claudio, 21 - 80125 Naples – Italy
e-mail: difraia@unina.it

Marcello DI FRAIA

Economist, C.so Vittorio Emanuele, 715 – 80122 Napoli – Italy
e-mail: marcellodifraia@hotmail.com

OPTIMIZAREA PROGRAMELOR DE ÎNȚEȚINERE LA INTERVALE EGALE A ILUMINATULUI STRADAL

Rezumat

În această lucrare sunt analizate pentru prima dată dificultățile de proiectare a unor programe de întreținere optimizată a instalațiilor de iluminat public. Este propus un nou criteriu care să depășească aceste dificultăți.

1 Proceduri curente ale programelor de întreținere optimizată și deficiențele acestora

În general, un program de întreținere este considerat optim când acesta reprezintă un cost anual minim de întreținere.

Procedura sugerată de CIE [1] constă în găsirea intervalului optim de timp pentru curățirea corpului de iluminat (cu condiția ca costul pierderii de lumină cauzată de murdărirea corpului de iluminat să fie egal cu costul curățirii); intervalul pentru înlocuirea grupului de lămpi urmând să fie găsit prin încercări.

Pe de altă parte, IES Handbook [2] sugerează o metodă de iterare care să determine intervalul optim de reînlocuire a lămpilor, intervalul de curățare urmând să fie găsit prin încercări.

Nici una din aceste abordări nu conduce la scheme viabile optimizate de întreținere. De fapt, aceste proceduri au dezavantajul că cele două intervale de timp sunt calculate independent și, de aceea, optimizarea lor individuală nu poate să conducă la o optimizare globală. Un alt dezavantaj este că determinarea prin încercări a intervalelor de înlocuire a grupului de lămpi sau de curățire a corpurilor de iluminat conduce cu greu la rezultate optime reale.

În sfârșit, derivarea prin metode separate a celor două intervale are consecința că cel mai lung dintre ele nu este un multiplu al celuilalt, așa cum este cerut de către metoda intervalelor egale; aceasta poate produce aproximații largi.

În concluzie, pentru ca o procedură de optimizare a întreținerii să fie viabilă, ar trebui să ia în considerare simultan și independent cele două tipuri de operații de întreținere (curățirea corpurilor de iluminat și înlocuirea grupului de lămpi) și intervalele de timp relevante ar trebui să fie multiplu unul de celălalt, fără aproximații.

2 Problema

După cum este știut, factorul de întreținere poate fi calculat numai după proiectarea programului de întreținere. Dar, pentru metoda intervalelor egale pentru operațiile de întreținere, se poate arăta că aceeași valoare a factorului de întreținere, MF , poate fi obținută prin mai mult de un singur program de întreținere. Mai precis, dacă n

reprezintă numărul operațiilor de întreținere efectuate în cadrul unui ciclu de întreținere (ciclu de întreținere: intervalul de timp după care schema de întreținere este repetată), numărul posibil de scheme de întreținere, Nms , cu același n și MF variabil (flexibil) depinde de condițiile impuse. În conformitate cu tipurile cerințelor, pentru iluminatul stradal se pot distinge trei metode a intervalelor egale, având în comun condiția de mai sus de efectuare simultană a curățirii corpurilor de iluminat și înlocuire a grupului de lămpi la sfârșitul unui ciclu de întreținere.

Metoda 1. Condiții specifice: în cadrul unei scheme de întreținere, intervalele de timp între curățirea corpurilor de iluminat și înlocuirea grupului de lămpi să fie constante; al doilea este un multiplu al primului; curățirea este întotdeauna efectuată când se înlocuiește grupul de lămpi. $Nms = 1$ pentru orice n

Metoda 2. Condiții specifice: intervale de timp dintre operațiile de curățire ale corpurilor de iluminat și de înlocuire a grupului de lămpi constante; al doilea interval nu e necesar să fie multiplu al primului; curățirea este întotdeauna făcută când se înlocuiește grupul de lămpi.

Metoda 3. Condiții specifice: intervale de curățire a corpurilor de iluminat și de înlocuire a grupului de lămpi constante și al doilea interval nu este necesar să fie multiplu al primului; operația de înlocuire a lămpilor poate fi efectuată, de asemenea, individual înaintea ciclului de întreținere.

Ca exemplu, pentru fiecare dintre metodele de mai sus, sunt indicate toate schemele de întreținere cu determinarea oricărui factor de întreținere, pentru $n = 1$ la 4.

Fie:

l_c = curățirea corpurilor de iluminat

r = înlocuirea lămpilor

g = operația globală (l_c+r).

Metoda 1

Metoda 2 ...

Metoda 3 ...

Metoda 1 este folosită uzual în practică. Pentru exemplificare, figura 1 prezintă programele de întreținere indicate mai sus de determinare a factorului de întreținere MF pentru $n=1$ la 4. Este de remarcat faptul că lungimile intervalelor de timp variază de la o schemă la alta.

3 Exemplu practic

Pentru metoda 1, s-a realizat un exemplu practic: au fost calculate toate schemele de întreținere ce determină $MF = 0,80$

S-au considerat următoarele date de intrare: lampa cu vapori de sodiu la înaltă presiune datele $LLMF$ și $LSMF$, ca funcție de orele de funcționare, din CIE [1]; corpul de iluminat LMF , date din IES [2]; 4000 de ore de funcționare a lămpii pe an; mediu normal. S-au considerat două strategii de întreținere: cu și fără înlocuirea individuală. Tabelul 1 prezintă numai o mică parte a acestor rezultate.

Tab. 1 Câteva din schemele posibile de întreținere de determinare a $MF = 0,80$ pentru două strategii de întreținere: curățirea în grup a corpurilor de iluminat și înlocuirea în grup și individuală a lămpilor ($LSMF=1$) (Tab. a) și fără înlocuirea individuală a lămpilor ($LSMF<1$) (Tab. b).

Date de intrare

Lampă: tip CIE Sodiu de înaltă presiune [1]

Corp de iluminat: tip IES [2]

Poluare: normală

Numărul orelor de funcționare anuală: 4000

Date de ieșire

Tabel a

Tabel b

Este ușor de înțeles că numărul teoretic global al schemelor de întreținere este foarte ridicat, tinzând în unele cazuri la infinit.

Este remarcat faptul că schemele de întreținere diferă considerabil în funcție de strategia adoptată și sunt independente de costurile unitare alocate pentru curățirea corpurilor de iluminat și înlocuirea lămpilor.

Schimbarea unuia sau mai multor parametri (tipul lămpii sau al corpului de iluminat sau a mediului) duce la schimbarea schemei de întreținere ce permite determinarea MF .

De asemenea, este ușor de înțeles că costul de întreținere anual poate diferi mult de la o schemă la alta. Schema optimă este cea care prezintă costul minim.

Într-o lucrare viitoare va fi prezentat în mai multe detalii faptul că schema optimă de întreținere depinde de costurile unitare, în sensul că, schimbând unul sau mai multe dintre acestea, o altă schemă devine schema optimă.

4 Un criteriu de determinare rapidă a programului de întreținere optimă

Din cele de mai sus reiese că nu este ușor să se găsească schema de întreținere optimă, chiar și cu ajutorul computerului.

De aceea, s-a dezvoltat un criteriu pentru metoda I în scopul găsirii rapide a schemei optime de întreținere.

Pe scurt, acest criteriu constă în aceea că, pentru o valoare dată a MF , costurile anuale de întreținere ca funcție de tipul ciclului de întreținere ating o singură dată valoarea minimă. Aceasta permite să se exploreze un număr limitat de scheme de întreținere ce determină MF dorit.

Datele de intrare cerute sunt:

- costurile unitare;

- categoria întreținerii corpurilor de iluminat ($LMF(t)$);
- categoria mediului;
- durata de viață a lămpii ($LLMF(t)$);
- statistici de mortalitate a lămpii ($LSMF(t)$).

5 Concluzii

Procedurile uzuale de determinare a programelor de întreținere optime nu par să fie adecvate. De fapt, problema este dificilă deoarece schemele de întreținere ce determină același factor de întreținere sunt multe, foarte multe, teoretic infinite.

Totuși, a fost sugerat un criteriu care poate fi încorporat cu succes în procesul de proiectare a sistemului de iluminat public.

ECHIVALENTUL ENERGETIC AL CONTRASTULUI DE LUMINANȚĂ

Cătălin –Daniel GĂLĂȚANU
Universitatea Tehnică "Gh.Asachi" Iași

Rezumat

Lucrarea definește o nouă mărime luminotehnică, care evidențiază puterea electrică economisită prin diminuarea efectului de orbire psihologică. Domeniul de aplicare al acestei mărimi este iluminatul arhitectural. Metoda practică de operare cu această mărime se bazează pe măsurarea globală a câmpului de luminanțe, precum și pe analiză cantitativă a sa.

1 Aspecte luminotehnice conexe

Distribuția luminanțelor în câmpul vizual este o condiție de calitate de bază. Criteriul de performanță determinant pentru câmpul de luminanțe este **contrastul de luminanțe**. Această mărime este relevantă pentru o serie întreagă de efecte vizuale:

- orbirea directă psihologică;
- orbirea directă fiziologică.

Dintre efectele vizuale care depind de aceeași distribuție a luminanțelor este important de amintit :

- pragul de percepție vizuală [1, vol.2, pag.17];
- poluarea luminoasă.

Dacă celelalte mărimi au accepțiuni tradiționale, nu același lucru se poate afirma despre poluarea luminoasă. Acest fenomen este relativ recent pus în evidență și luat în considerație printr-o serie de publicații, cum ar fi [3, 5]. Poluarea luminoasă se definește și se cuantifică în prezent prin efectul de diminuare a posibilităților de observare a bolții cerești, prin metode astronomice. Prin prezenta lucrare, autorul pledează pentru extinderea noțiunii și pentru climatul luminos exterior din zonele urbane și, în special, pentru iluminatul arhitectonic. O consecință imediată ar fi extinderea principiilor de evitare a poluării luminoase și sub planul orizontal. Reducerea

poluării în general are și implicații energetice, prin economia de resurse. În cazul sistemelor de iluminat, scopul urmărit de autor nu este însă de a diminua efectul vizual prin scăderea luminanțelor. Se urmărește chiar sporirea nivelului de vizibilitate, dar prin consum de energie redus. Acest obiectiv se poate realiza prin corecta valorificare a contrastului de luminanțe.

2 Contrastul de luminanțe

Caracterizarea contrastului de luminanțe are un rol indiscutabil în procesul vederii [1], de acesta depinzând chiar posibilitatea de a distinge un detaliu. Relația de definiție a acestei mărimi este:

$$C = \frac{|L_b - L_t|}{L_b} \quad (1)$$

în care L_b este luminanța fondului; L_t - luminanța obiectului. Această relație poate servi ca bază pentru determinări ale nivelului de vizibilitate în condiții de laborator. În condiții reale, fenomenul este mai complex. Principala perturbație care intervine este **orbirea de voal** produsă direct, datorită corpurilor de iluminat aflate în câmpul vizual sau la periferia sa. Fără a se ajunge la fenomene de orbire fiziologică, acest fenomen este generat de fiziologia ochiului, care se adaptează în funcție de o *serie de condiții globale* ale câmpului vizual.

Modul în care luminanțele de voal diminuează contrastul de luminanță se demonstrează [2, pag. 148] prin considerarea faptului că aceste luminanțe L_v se suprapun atât peste luminanța fondului cât și a obiectului:

$$C = \frac{|L_b + L_v - L_t - L_v|}{L_b + L_v} \quad (2)$$

Rezultă contrastul de luminanță final:

$$C = \frac{|L_b - L_t|}{L_b + L_v} \quad (3)$$

Se observă că acționând asupra luminanțelor de voal se poate influența contrastul de luminanțe și, implicit, nivelul de vizibilitate. Dar modul în care se modifică această mărime este descris prin intermediul *contrastului echivalent*, mărime care exprimă faptul că se poate obține același efect vizual (contrast) pentru luminanțe diferite ale obiectului, atât timp cât luminanța fondului este controlată corespunzător.

3 Contrastul echivalent

Această mărime a fost pusă în evidență încă din anii 1970, fiind asociată în special orbirii de voal [2].

Modul în care este pus în evidență acest fenomen este în mod uzual legat de reflexiile (regulate) cu direcție preferențială spre observator. În cazul analizat, se propune **tratarea reflexiilor** care produc orbirea de voal în mod similar cu luminanțele surselor vizibile direct în câmpul vizual. Precizăm că analogia este acceptată numai pentru sursele depărtate, care nu produc orbire fiziologică.

Pentru a demonstra valabilitatea raționamentului propus, se rezumă în continuare metoda practică de măsurare a reducerii contrastului între obiect și fond, metodă prin care se cuantifică orbirea de voal [2]. Se definește contrastul echivalent C_o pentru o sarcină vizuală curentă ca fiind contrastul unui obiect de referință văzut sub unghiul de 4 minute, ambele fiind la fel de vizibile în condițiile unei expuneri cu durată de 0,2 s, la pragul de vizibilitate, în centrul unei sfere perfect difuzante. Se compară contrastele prin intermediul nivelului de vizibilitate. Luminanța fondului se egalizează între cele două obiecte, pentru a nu pune condiții de adaptare observatorului. Valoarea contrastului obiectului curent este redusă prin utilizarea unor luminanțe de voal și a unor filtre neutre. Se măsoară luminanța redusă (cu factorul K_a) a sarcinii vizuale curente. Procesul se repetă pentru obiectul de referință, la care se constată reducerea luminanței K_r . Contrastul echivalent C_o se obține prin înmulțirea contrastului natural

(fără luminanțe de voal) a obiectului de referință (C_r) cu raportul celor doi coeficienți de reducere a luminanței :

$$C_o = \frac{K_r}{K_a} C_r \quad (4)$$

Dacă se impune păstrarea sarcinii vizuale la același nivel de vizibilitate (visibility level – VL), se poate urmări pe curbele nivelurilor de vizibilitate faptul că o scădere a luminanței fondului determină posibilitatea scăderii contrastului între obiectul vizat și fond.

În cazul raționamentului invers și anume, creșterea contrastului de la C la C_o , prin evitarea luminanțelor de voal generate de reflexii sau de distribuții luminoase directe către observator, se poate menține același nivel de vizibilitate (în cazul considerat, VL8) dar la un nivel al luminanței fondului mai coborât (L_t față de L_d , vezi fig.1).

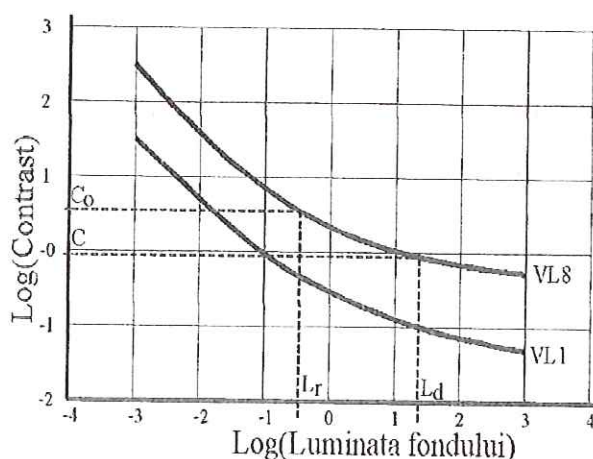


Fig. 1. Curbele contrastului echivalent

În mod proporțional, reducerea luminanțelor fondului se regăsește în nivelul de iluminare redus și, în concluzie, în reducerea fluxului luminos necesar. Reducerea fluxului necesar are echivalent în reducerea puterii electrice instalate în sistemul de iluminat exterior.

4 Echivalentul energetic al contrastului de luminanțe (EECL)

Exprimarea reducerii puterii instalate în sistemul de iluminat exterior în funcție de contrastul de luminanțe se justifică în mod asemănător cu o mărime unanim acceptată în

energetică, și anume *echivalentul energetic al factorului de putere*.

În mod analog, este important de evaluat care este pragul de rentabilitate pentru intervențiile în sistemul de iluminat. Acest prag este dat de economiile de energie electrică. Odată cu reducerea contrastului, reducerea puterii instalate este direct proporțională cu:

- panta curbei contrastelor echivalente în zona luminanțelor fondului;
- puterea electrică instalată în sistemul de iluminat:

$$EECL = \frac{dL}{dC} P_i \quad \left[\text{kWcd/m}^2 \right] \quad (5)$$

Relația propusă exprimă sintetic situații luminotehnice caracteristice :

- EECL este redus pentru luminanțe mici. În figura 2 se observă că în punctul "A" sunt reduse atât luminanțele fondului (deci puterile electrice instalate în sistemul de iluminat), dar și unghiul α este mare, deci $\text{ctg}\alpha$ din relația (5) va fi redus;

- EECL crește pe măsură ce se lucrează în zona luminanțelor mari. În figura 2 se observă că în punctul "B" sunt mari atât luminanțele fondului (deci puterile electrice instalate în sistemul de iluminat), dar și unghiul β este mai mic, deci $\text{ctg}\beta$ va fi mai mare.

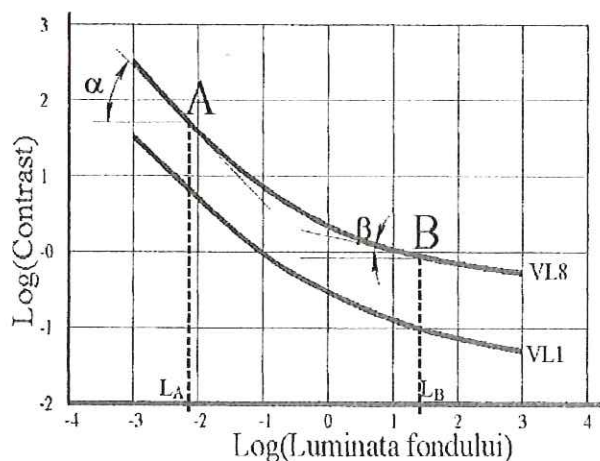


Fig. 2 Variația echivalentului energetic al contrastului de luminanțe

Valorificarea luminotehnică a echivalentului energetic al contrastului de luminanțe este condiționată de utilizarea corpurilor de iluminat cu geometrie variabilă, pentru a

permite o mascare eficientă, controlată cu finețe. Deoarece condiția de mascare a surselor nu are soluție de rezolvare decât pentru o zonă limitată în spațiu, este necesară definirea unui termen echivalent planului util din iluminatul interior și anume *zona de contemplare*.

5 Zona de contemplare

Reducerea luminanțelor de voal nu se poate realiza decât prin delimitarea spațială a zonei în care observatorul este amplasat. Această condiție nu este restrictivă în sens forțat, deoarece încă din faza conceperii fațadelor, de exemplu și, mai apoi, a sistemului de iluminat, există zone de stație față de care se verifică toate exigențele impuse.

Zona de contemplare (sau de observare) poate include căi de circulație pietonală sau rutieră, un parc, alte puncte de observare (de tip belvedere), cu sau fără continuitate între ele. Această viziune se desprinde din concepția urbanistică generală, este legată de tradiția sau de dominantă turistică locală. Ca exemplu clasic, putem cita Acropole, văzut din Piața Omonia, Atena. Delimitarea zonei de contemplare nu poate fi făcută în mod strict administrativ. Aceasta se realizează prin însăși crearea unor condiții luminotehnice deosebite, care vor fi sesizate firesc de către observatori sau se poate imagina includerea acestui tip de informație în ghidurile turistice, albume de prezentare. Din punct de vedere legislativ, cadrul oferit de P.U.G. (planurile urbanistice generale) asigură încadrarea problematicii, astfel încât orice investiție ulterioară (în iluminat, dar nu numai) să aibă reperele necesare unei încadrări firești în ambiant.

6 Corpuri de iluminat cu geometrie variabilă

Există preocupări pentru introducerea corpurilor cu geometrie variabilă [6]. În lucrarea menționată se realizează optimizarea unui sistem de iluminat (interior) pe baza modificării geometriei suprafețelor reflectante. Principiul poate fi extins pentru sistemul de iluminat arhitectural analizat, cu precizarea că, în acest caz, geometria variabilă este necesară la nivelul unor măști sau ecrane opace, destinate să poată adapta distribuția intensității

luminoase la cerințele specifice unei anumite situații.

Trebuie menționat faptul că această soluție este destinată sistemelor de iluminat exterior existente. Este destul de greu de acceptat tehnic și economic soluția schimbării unor corpuri de iluminat pentru a elimina luminanțele supărătoare pentru o zonă de *contemplare*. Corpurile de iluminat pot fi însă analizate individual, urmând să fie echipate cu ecrane sau cu dispersoare suplimentare. Această intervenție asupra corpurilor de iluminat (stradal) pune probleme de natură estetică, dar și tehnică. Din punct de vedere luminotehnic, sistemul de iluminat nu trebuie să-și diminueze performanțele de bază impuse prin alte exigențe: siguranța traficului rutier, ghidajul vizual etc.

Din punct de vedere organizatoric, conjunctura actuală este favorabilă unei astfel de abordări, deoarece există de regulă un administrator unic (primăriile) pentru toate sistemele de iluminat exterior la care trebuie intervenit (rutier și arhitectural), același administrator urmând să fie și beneficiarul reducerii consumurilor de energie electrică pentru iluminatul arhitectural.

Și ca o concluzie finală, trebuie subliniat că mărimea luminotehnică prezentată în această lucrare exprimă posibilitatea economisirii energiei electrice în sistemele de iluminat, dar fără a diminua efectul vizual.

Bibliografie

1. Bianchi, C. – *Luminotehnica*, Editura Tehnică, București, 1990
2. Murdoch, J.B., - *Illumination Engineering – From Edison's Lamp to the Laser*, Macmillan Publishing Company, New York, 1985

3. *** - CIE DIVISION 5, *Guide on the limitation of the effects of obstrusive light from outdoor lighting installations*, 1995

4. Țigănaș, Ș. – *Lumina și arhitectura*, în Managementul instalațiilor de iluminat, coord. Dr. Florin Pop, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 1998

5. Pecingină, M. R. – *Poluarea luminoasă – abordări în lume*, Electricianul, nr. 6/1999, 20-23

6. Moroldo, D. - *Contribuții la realizarea sistemelor de iluminat interior flexibile prin corpuri de iluminat cu geometrie variabilă*", UTC București, Teză de Doctorat, 1995

ENERGETIC EQUIVALENT OF THE LUMINANCE CONTRAST

Abstract

This paper define a new concept in lighting, which can save the electrical power through diminution of the effect of the psychological glare. The application field of the this value is the architectural lighting. The practical method for operating with this concept is based on the measurement of the luminance field, as well as on his quantitative analysis.



Cătălin Daniel GĂLĂȚANU
Dr. Lector
Universitatea Tehnică "Gh. Asachi"
Str. Lascăr Catargi Nr. 38, 6600-Iași
Fax: 032. 214872
E-mail: cgalatan@ce.tuiasi.ro

CALITATEA ILUMINATULUI PUBLIC – O CERINȚĂ ECONOMICĂ ȘI SOCIALĂ

Bogdana IORDACHE

S.C. ISPE S.A. – Institutul de Studii și Proiectări Energetice, București

Rezumat

Realizarea unui iluminat public de calitate reprezintă o cerință atât socială, prin aspectul de confort vizual asigurat utilizatorilor, cât și economică, prin aspectul de eficiență energetică ce trebuie realizată de totalitatea instalațiilor de iluminat. Lucrarea prezintă necesitatea și mijloacele de realizare a unui astfel de iluminat și abordează în special problema ansamblului sursă luminoasă – balast – circuit de alimentare.

1 Introducere

Pe plan mondial, iluminatul este un consumator de energie important (o cifră de afaceri de 5 miliarde de franci pentru Franța, la nivelul anului 1992, și de 120 de miliarde pentru întreaga lume). În România, energia consumată pentru iluminat public nu depășește, ca pondere, 0,93% din energia totală (fig. 1), dar se observă o tendință clară de creștere a consumului începând din anul 1989.

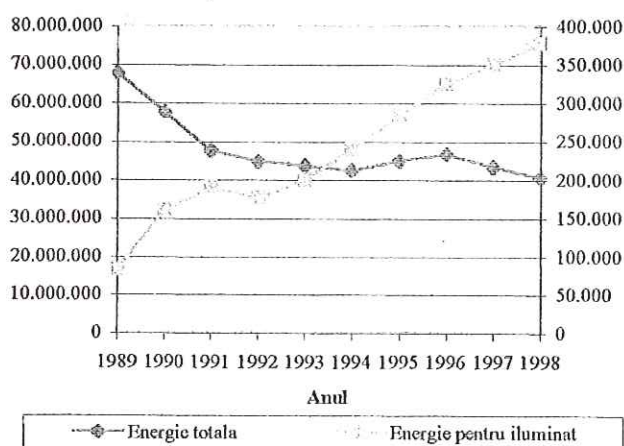


Fig. 1 Evoluția cantității totale de energie vândută și a energiei vândute pentru iluminat public

Iluminatul urban trebuie să răspundă anumitor cerințe de natură obiectivă (niveluri de

iluminare suficiente) și subiectivă (considerații estetice). Cele două obiective principale ale iluminatului urban, eficiența energetică și confortul vizual al utilizatorilor, intră deseori în conflict și trebuie găsite soluții de compromis.

2 Obiectivele iluminatului urban

În cazul iluminatului urban, cerințele principale ale utilizatorilor (șoferi, rezidenți sau turiști) sunt siguranța traficului, siguranța persoanelor și a bunurilor, o ambianță agreabilă și confortabilă și asigurarea unei bune imagini a orașului. În funcție de obiectivul principal care trebuie atins, diferitele părți ale orașului sunt iluminate în mod diferit. Chiar dacă în unele cazuri accentul se pune pe aspectul estetic, asigurarea unui iluminat care să respecte sănătatea este întotdeauna necesară.

2.1 Securitatea traficului rutier

Accidentele care au loc noaptea sunt mult mai grave decât cele care au loc în timpul zilei. Numeroase studii au demonstrat că un iluminat de calitate reduce numărul total de accidente pe timp de noapte cu 30% pentru drumurile urbane, cu 45% pentru cele rurale și cu 30% pentru autostrăzi.

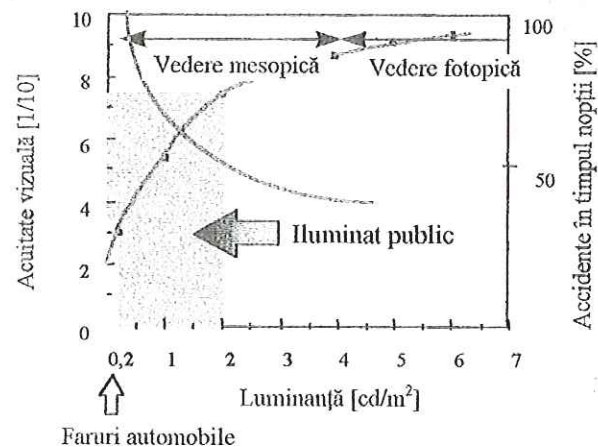


Fig. 2 Efectul iluminatului căilor de rulare asupra performanțelor vizuale și asupra procentului de accidente

În timpul nopții, capacitatea șoferului de a detecta diferite obstacole depinde de mai mulți factori, precum luminanța căii de rulare, uniformitatea iluminării căii de rulare, factorul de orbire și ghidarea vizuală. După cum se poate observa în figura 2, performanțele vizuale umane sunt considerabil reduse în vederea mesopică (în regiunea iluminată de faruri) și mult mai reduse în condițiile vederii scotopice (în afara acestei regiuni), față de vederea fotică, în condiții normale. O luminanță de 2 cd/m^2 asigurată de iluminatul public ar reduce numărul accidentelor cu cca 50% față de iluminatul doar cu ajutorul farurilor.

2.2 Securitatea persoanelor și a bunurilor

În Franța, o analiză a efectelor iluminatului public făcută la Lyon între 1 ianuarie și 31 octombrie 1981 a demonstrat că există o legătură strânsă între nivelurile de iluminare și criminalitate. În figura 3 se poate observa că majoritatea infracțiunilor nocturne au loc în zonele cu iluminare mai mică de 5lx.

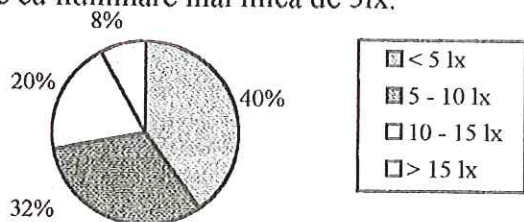


Fig. 3 Repartiția infracțiunilor nocturne în funcție de iluminare (Lyon, 1981)

2.3 Ambianță agreabilă și confortabilă

Iluminatul zonelor publice poate contribui la accentuarea caracterului și vitalității unui oraș, ceea ce contribuie la crearea unui sentiment de mândrie civică și încurajează desfășurarea activităților sociale și după lăsarea serii. Ambianța luminoasă nu este creată doar de iluminatul străzilor, ci și de ferestrele magazinelor și hotelurilor, de semnalizarea electrică și de panourile publicitare, de iluminatul clădirilor, monumentelor și zonelor verzi. Iluminatul trebuie să țină cont de mai multe criterii pentru a se realiza o ambianță agreabilă: strălucirea, efectele de umbră, calitatea culorilor, impactul vizual, pătrunderea luminii reziduale în locuințe.

2.4 Imaginea orașului

Iluminatul monumentelor, parcurilor, fântânilor sau clădirilor unui oraș poate contribui la

crearea unei imagini diferite a acestuia în timpul nopții, atractivă pentru turiști. Pentru această situație trebuie luați în considerare mai mulți parametri: efectul decorativ dorit, aspectul instalației în timpul zilei și poziția observatorului

3 Sursele de lumină

Primul element din lanțul de producere a luminii este reprezentat de sursele luminoase. Există mai multe tipuri de lămpi, în funcție de principiul de producere a luminii folosit (incandescență sau descărcare în gaze), care produc o lumină cu caracteristici variate.

3.1 Lămpile cu incandescență

Motivul principal al eficienței reduse a unei lămpi cu incandescență clasice (cca 10-15 lm/W) este căldura degajată prin efect Joule, care reprezintă în jur de 93% din puterea totală absorbită de lampă. Performanțele lămpilor cu incandescență sunt afectate și de evaporarea filamentului, de mediul exterior (o temperatură ambiantă prea ridicată reduce durata de viață a filamentului) și de tensiunea de alimentare. Pentru reducerea pierderilor și creșterea eficienței lămpii se pot lua mai multe măsuri:

1. Se poate realiza un filament de wolfram dublu spiralat. Spiralară dublă mărește eficiența luminoasă cu peste 10%, prin reducerea pierderilor de căldură prin conducție sau convecție și reduce lungimea corpului luminos.

2. Se poate utiliza un amestec special de gaze pentru umplerea becului, care încetinește evaporarea filamentului. Amestecul clasic este de 1/3 azot și 2/3 argon, la care se adaugă câteodată krypton sau xenon, care sporesc eficiența cu 10% și îmbogățesc spectrul radiației emise.

Lămpile transparente transmit totalitatea luminii, ceea ce este de dorit din punctul de vedere al eficienței luminoase, dar strălucirea lor poate deranja utilizatorul. Pentru ameliorarea confortului vizual se pot utiliza lămpi opalizate, care difuzează mai bine lumina și orbesc mai puțin sau suprafețe semi-opace care ascund filamentul.

O lampă cu incandescență mai eficientă decât cea clasică este lampa cu halogeni.

Performanțele lămpilor incandescente sunt net îmbunătățite de un amestec gazos cu halogeni introdus în balon. Într-o anumită plajă de temperatură se obține atunci un ciclu wolfram-halogen care permite recuperarea unei părți importante din wolframul evaporat. Există mai multe avantaje ale acestor lămpilor față de lămpile cu incandescență clasice:

- crește eficiența energetică (până la 15-25 lm/W);
- durata de viață este cel puțin dublă;
- se evită înnegrirea becului;
- performanțele lămpii sunt constante în timp;
- se obține o lumină mai albă, mai strălucitoare și mai intensă, cu un indice de redare al culorilor IRC (indice de redare a culorii) aproape 100;
- dimensiunile lămpii sunt mult mai mici.

Utilizarea lămpilor incandescente în iluminatul urban este foarte redusă, din cauza eficienței lor scăzute. Există totuși locuri unde sunt încă preferate (terase, clădiri mici, flori, arbori etc.), datorită luminii calde, care creează o anumită ambianță. În acest caz trebuie făcut un compromis între confortul și eficiența acestui tip de surse.

3.2. Lămpile fluorescente

Față de lămpile cu incandescență, lămpile fluorescente reprezintă un progres din punct de vedere al eficienței luminoase, pentru că:

- eficiența lor este de 5 ori mai mare decât cea a lămpilor cu incandescență și de 2 ori mai mare decât cea a lămpilor cu halogeni (în jur de 70-95 lm/W, față de doar 10-15 lm/W pentru o lampă cu incandescență, deci o economie de energie până la 70%);
- durata de viață este mai mare, ajungând până la 9000 și chiar 11.000 de ore de funcționare, în cazul alimentării cu dispozitive electronice;
- emisia de radiație infraroșie și ultravioletă este mai mică.

Pierderile acestui tip de lampă sunt în principal sub formă de căldură (75% din puterea absorbită), atât în urma descărcării în gaz, cât și în urma conversiei radiației UV în radiație vizibilă, cu ajutorul pudrei fluorescente. Reducerea pierderilor și îmbunătățirea eficienței lămpii se pot realiza prin:

1. Utilizarea tuburilor cu un diametru redus, de 26 mm, care sunt mai ușoare, mai comode și

oferă mai multă lumină, cu un consum de energie mai mic cu 40%.

2. Utilizarea unor materiale fluorescente care să asigure un randament mai bun al conversiei radiațiilor UV în radiații vizibile.

Din punct de vedere al *confortului vizual*, diversitatea temperaturilor de culoare (cuprinse între 2700 și 6500 K) permite crearea tuturor tipurilor de ambianță, de la lumina naturală până la o lumină intimă apropiată de cea a lămpilor cu incandescență, trecând prin mai multe stadii intermediare (alb albăstrui, alb clar, alb auriu) și asigurarea unei întregi game de tonuri colorate sau speciale.

S-ar putea crede că tuburile fluorescente ar trebui să înlocuiască lămpile cu incandescență, datorită eficienței lor energetice mai mari și unui bun spectru vizual, dar aceste lămpi au totuși anumite dezavantaje:

- ◇ nu pot fi utilizate direct în instalațiile concepute pentru lămpi cu incandescență;
- ◇ nu sunt prea atractive din punct de vedere estetic.

Din aceste motive s-a încercat aplicarea principiului fluorescenței la conceptul lămpii cu incandescență, ceea ce a dat naștere **lămpii fluocompacte** (CFL – compact fluorescent lamp). Ideea a fost de a plia un tub fluorescent și de a integra starterul, balastul și echipamentul de compensare în fasung. Se obțin toate avantajele fluorescenței unite cu cele ale incandescenței. Astfel, față de o lampă cu incandescență:

- consumul de energie este de 5 ori mai mic;
- durata de viață este de 10 ori mai mare, ajungând până la 10000 de ore;
- eficiența luminoasă atinge 88 lm/W;
- căldura disipată este mult mai mică;
- este disponibilă o gamă largă de tonuri de lumină;
- aprinderea este instantanee;
- nu există fenomene de pâlpâire, zgomot sau efecte stroboscopice.

De exemplu, pentru o durată de funcționare de 10.000 de ore (durata de viață a unei lămpi fluocompacte), se economisesc 435 FF (fig. 4) iluminând cu o CFL față de un iluminat cu o lampă cu incandescență care are același flux luminos (durata de viață a lămpii cu incandescență a fost considerată de 1000 ore). Calculul ține cont doar de prețul de cumpărare al lămpilor și de consumul de energie, dar

câștigul este și mai mare dacă se ține cont și de cheltuielile de întreținere (CFL se înlocuiește o singură dată) și de climatizare (doar 30% pierderi de căldură pentru o CFL). Față de lămpile fluorescente, lămpile fluocompacte sunt mai puțin eficiente, au o durată de viață mai mică și pentru moment sunt mai scumpe. Din aceste motive se poate considera că utilizarea acestor lămpi reprezintă un exemplu de compromis realizat între confort și eficiență.

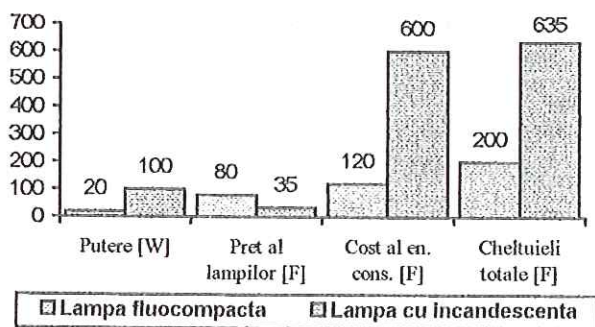


Fig. 4 Comparatie între iluminatul cu o CFL și cu o lampă cu incandescență pe 10000 ore

3.3 Lămpi cu descărcare în vapori de mercur la înaltă presiune

Pierderile principale pentru acest tip de lampă sunt sub formă de căldură (67%) și radiație UV (18,25%). În spectrul lampii apare o emisie importantă de radiație UVA, care este în general utilizată pentru a corecta spectrul lampii (în iluminat pentru a îmbunătăți IRC). În acest scop, pe peretele interior al lampii este depus un luminofor, care are și un rol protector, absorbind radiațiile UV periculoase. **Eficiența luminoasă** poate fi îmbunătățită (până la 52 lm/W) prin utilizarea de diferite materiale (tab. 1). Pentru a îmbunătăți și **confortul** vizual se încearcă obținerea unor lămpi cu un bun IRC, ceea ce poate fi realizat prin încorporarea unui filament, care însă reduce eficiența.

Tabelul 1 Proprietăți ale lămpilor cu vapori de Hg

Lampă	Cu filament	Necorectată	Germanat de Mg	Vanadat de ytriu
Flux [lm]	5600	11600	12000	13000
Tc [K]	3600	6000	5800	4000
IRC	57	15	42	45
Eficiență [lm/W]	22	46	48	52

3.4 Lămpi cu halogenuri metalice

Lămpile cu halogenuri metalice utilizează tehnologia lămpilor cu descărcare în vapori de mercur, dar au performanțe ameliorate de adăugarea de gaze halogene și de pământuri

rare, diferite în funcție de temperatura de culoare căutată. Ciclul regenerativ al halogenurii evită înnegrirea prematură a cuarțului și păstrează pentru mai mult timp calitățile pământurilor rare. Pierderile principale sunt sub formă de căldură (54,5%) și radiații UV (11,5%). **Eficiența** acestor lămpi ajunge până la 100 și chiar 120 lm/W, cu o durată de viață de până la 10000 de ore. Din punct de veder al **confortului vizual**, aceste lămpi asigură o redare foarte bună a culorilor, ceea ce le recomandă pentru înlocuirea lămpilor cu incandescență sau cu halogeni în instalațiile în care aspectul cromatic joacă un rol important.

3.5 Lămpi cu descărcare în vapori de sodiu la înaltă presiune

Pierderile principale sunt sub formă de căldură (70%), cele prin radiație UV reprezentând doar 0,5%. Pentru **creșterea eficienței** acestui tip de lampă se poate utiliza xenon, care conduce la pierderi prin conducție mai mici, dar sporește dificultatea amorsajului. Pentru un amorsaj mai ușor se poate folosi un amestec de neon-argon. Cu toate că au o eficiență energetică foarte ridicată (150 lm/W), aceste lămpi nu pot întotdeauna înlocui lămpile cu mercur înaltă presiune, din cauza IRC-ului destul de slab. Sunt folosite în special pentru iluminatul rutier. În figura 5 se poate observa repartizarea comparativă a pierderilor de putere pentru cele trei tipuri de lămpi cu descărcare în vapori de înaltă presiune prezentate. Pentru **îmbunătățirea confortului** vizual al acestor tipuri de lămpi se poate utiliza pentru descărcare un amestec de gaze cu un IRC mai mare (cu xenon se poate ajunge la IRC = 100).

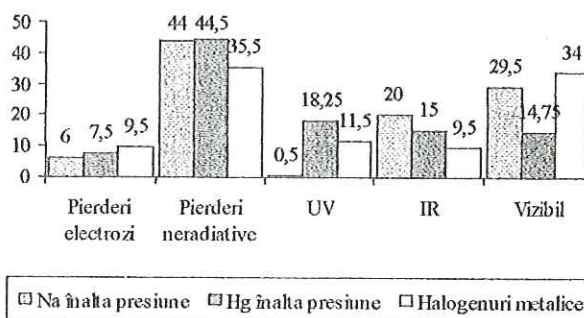


Fig. 5 Pierderi de putere în lămpile cu descărcare în vapori de înaltă presiune

3.6 Lămpi cu descărcare în vapori de sodiu la joasă presiune

Sunt lămpi a căror radiație monocromatică galben-portocaliu exclude orice redare a culorii, ceea ce le limitează foarte mult utilizarea. Acest tip de lampă poate însă foarte bine sublinia relieful și contrastele de luminanță, fiind deci recomandabilă pentru iluminatul rutier. Eficiența energetică este de până la 200 lm/W, dar confortul vizual este minim. Lămpile cu vapori de sodiu dețin recordul absolut în domeniul eficienței luminoase și au o durată de viață mare, de circa 24.000 de ore și chiar mai mult. În figura 6 se pot compara eficiențele energetice ale diferitelor tipuri de lămpi prezentate.

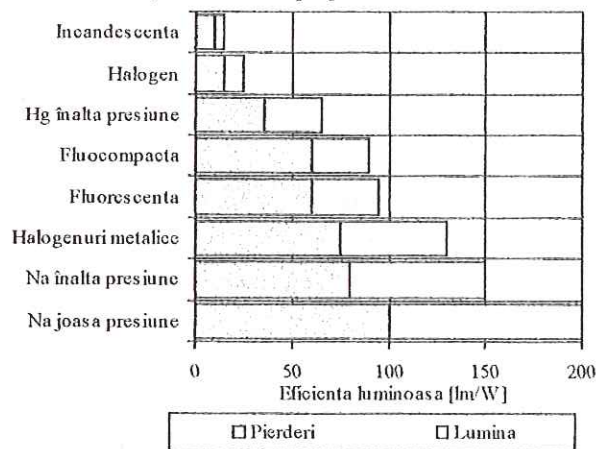


Fig. 6 - Eficiența luminoasă a diferitelor tipuri de lămpi

4 Balastul

Rolul principal al balastului este de a preveni creșterea curentului de arc și de a permite funcționarea lămpii la caracteristici electrice corecte. Există mai multe tipuri de balast:

- **rezistiv** (o rezistență în serie cu lampa); pierderile prin efect Joule reduc eficiența;
- **inductiv** (o inductanță în serie cu lampa); pierderile apar în înfășurarea din cupru datorită rezistenței sale electrice și cresc cu temperatura, și în miezul de fier datorită histerezisului și curenților turbionari;
- **capacitiv**; pentru o frecvență de alimentare de 50 sau 60 Hz, condensatoarele nu sunt utilizabile ca balast, pentru că energia necesară încărcării acestora la începutul fiecărui semi-ciclu produce vârfuri de curent; la frecvențe mai mari pot fi utilizate.
- **electronic**, descris în continuare.

De obicei, prin termenul "balast electronic" se înțelege dispozitivul electric și electronic care

permite alimentarea și stabilizarea descărcărilor de la o sursă oarecare (în general rețeaua de 50Hz), alimentând lampa cu o tensiune altfel decât sinusoidală. Acest dispozitiv utilizând semiconductoare poate funcționa la frecvențe cuprinse între 20kHz și 100kHz și are mai multe **avantaje**:

- consum mic, pierderi reduse și randament global apropiat de randamentul de conversie al lămpii; este de cel puțin 2 ori mai puțin disipativ decât cel la 50Hz;
- frecvența de lucru ridicată permite o reducere a dimensiunilor componentelor reactive și o integrare mai ușoară într-un sistem compact;
- greutate mai mică;
- absența flickerului și a zgomotului;
- factor de putere unitar fără condensatoare de corecție și eliminarea armonicilor de curent;
- control ușor al curentului și puterii lămpii;
- un timp de amorsare și reamorsare redus pentru lămpile cu descărcare în vapori la înaltă presiune;
- creștere a duratei de viață a lămpilor, printr-un control mai bun al condițiilor de amorsare și de exploatare.

Acest tip de balast prezintă și **inconveniente**:

- ◇ supratensiunile generate de amorsarea și nelinearitatea sarcinii;
- ◇ poluarea radiofonică și electromagnetică generată de fenomenele de comutație în dispozitivul electronic de alimentare.

5 Modul de alimentare

Tabelul 2 Diferite moduri de alimentare

Curent continuu	Frecvență industrială (50 Hz)	Medie frecvență (1 kHz - 1 MHz)
⊕ Eficiență luminoasă descori sporită	⊕ Cea mai simplă și răspândită alimentare	⊕ Eficiență luminoasă mai mare cu 10-15% (față de 50 Hz)
⊕ Absența pâlăirii	⊕ Pâlăire	⊕ Absența pâlăirii
⊕ Stabilizare prin rezistență ⇔ pierderi mari	⊕ Factor de putere prost (armonici)	⊕ Stabilizarea la pierderi foarte mici. $0,9 < F_p < 1$
⊕ Fenomen de cataforeză ⇔ radiație modificată	⊕ Electrozi mai solicitați ⇔ DV mai mică	⊕ DV îmbunătățită
⊕ Electrozi ⇔ nesimetrie	⊕ Alimentare grea și voluminoasă	⊕ Mai ușoară, mai comodă (dpdv al dimensiunilor)
		⊕ Introduce perturbații în rețea
		⊕ Rezonanțe acustice fragilizează tubul
		⊕ Cost mai mare

Există mai multe moduri de alimentare a lămpilor, printre care:

- alimentarea în curent continuu;
- alimentarea în curent alternativ, de la rețeaua de 50Hz;
- alimentarea la medie frecvență.

În tabelul 2 sunt sintetizate avantajele și dezavantajele fiecărui mod de alimentare. Rezultă mai avantajoasă alimentarea la medie frecvență, folosind dispozitive bazate pe electronica de putere, care oferă avantaje în mai multe domenii, după cum se poate observa și în figura 7.

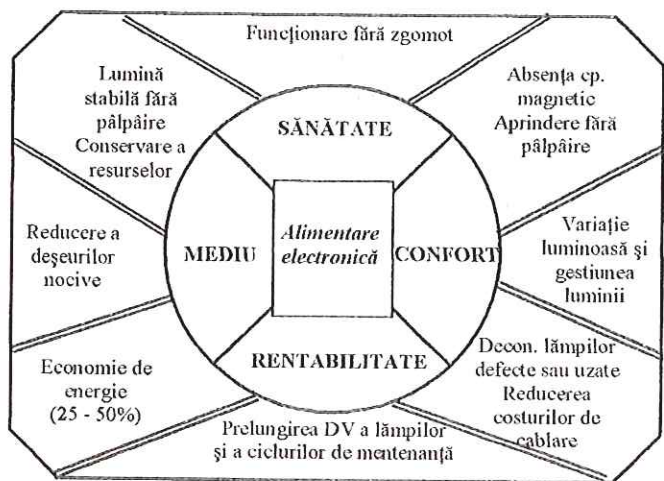


Fig. 7 - Avantajele electronicii în alimentarea lămpilor, comparativ cu echipamentele convenționale

6. Concluzii

Sistemele de iluminat public stradal existente în prezent nu asigură, în majoritatea cazurilor, parametrii cantitativi și calitativi necesari deplasării în siguranță a tuturor utilizatorilor căilor de circulație. În contextul integrării europene, în România trebuie realizat și un iluminat de calitate, ce constituie unul dintre indicatorii gredului de civilizație.

Cerințele iluminatului urban în ceea ce privește calitatea (legată de senzația de confort) și eficiența sunt deseori în conflict. Într-adevăr, eficiența maximă a radiației se obține pentru o distribuție spectrală în partea verde și galbenă a spectrului vizibil.

Pentru a îmbunătăți indicele de redare a culorii trebuie adăugate linii spectrale, care scad eficiența. Pentru lămpile cu incandescență, compromisul trebuie făcut între durata de viață și eficiență, iar pentru lămpile cu descărcare în vapori de gaze alegerea se face între durata de viață și indicele de redare a culorii.

Din punct de vedere al eficienței luminoase, măsurate în lm/W, lămpile cu descărcare în

vapori de sodiu la joasă presiune sunt cele mai eficiente, iar cel mai ridicat IRC îl au lămpile cu incandescență, care sunt și cele mai ineficiente. Din aceste motive, în momentul alegerii instalației de iluminat trebuie stabilită o ordine de prioritate a obiectivelor. Lămpile se vor alege în funcție de aspectul care se consideră mai important (cel tehnic sau cel estetic).

Dată fiind complexitatea factorilor care intră în discuție, de ordin economic, tehnic, social, realizarea unui iluminat urban eficient și de calitate necesită o evaluare de la caz la caz. Pentru realizarea unui iluminat eficient se pot lua o serie de măsuri, pe lângă cele referitoare la lămpi, cum ar fi eficientizarea corpurilor de iluminat, a mentenanței (prin înlocuirea sistematică a lămpilor, înainte de atingerea duratei lor de viață), prin adoptarea unui nivel de iluminare adaptat cerințelor, printr-un sistem avantajos de tarifare etc.

Bibliografie

1. CIE – "Technical Report - Guide to the Lighting of the Urban Areas", publication CIE 1992;
2. Damelincourt, J.J. – "Illumination Problems in European Cities", NATO Advanced Research Workshop, "Scientific and Technological Achievements Related to the Development of the European cities", 18-22.05.1995, Chisinau, Moldova
3. *** OSRAM – "Lampes et appareillages pour l'éclairage général", Edition EG 9/96;
4. *** "Philips Lighting - Application Guide".

PUBLIC LIGHTING QUALITY – AN ECONOMICAL AND SOCIAL DEMAND

Abstract

Public lighting plays an important role in reducing the number of accidents which occur at night and in deterring crime. The lighting is also used to create a pleasant and comfortable atmosphere and to enhance the town image. In fulfilling technical and esthetical demands, one must consider also the economical and energetic efficacy of the equipment. The paper presents the need and the means of creating an urban lighting of quality and efficacy, approaching mainly the lamps (light source, ballast and supply).

Bogdana IORDACHE, ing. proiectant secția sisteme energetice S.C. ISPE S.A. București
B-dul Lacul Tei nr. 1
Tel. 01-210 70 80; int. 1205, 1329

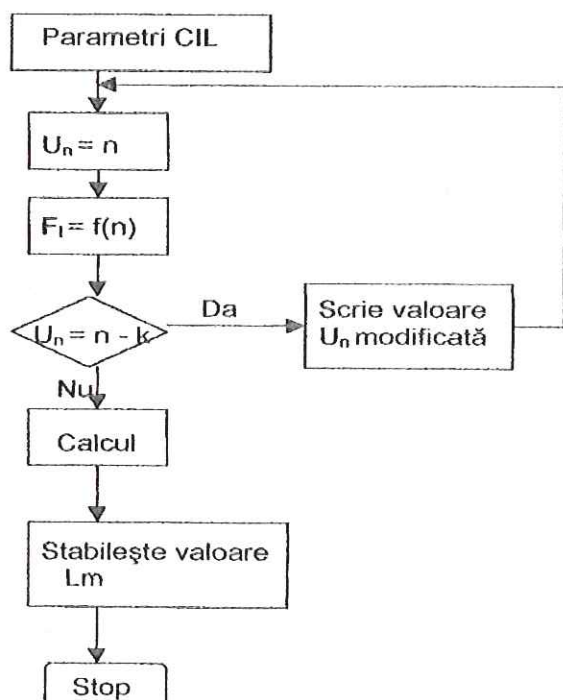
CONTROLUL SUBTENSIONĂRII SURSELOR DE LUMINĂ DINTR-UN SISTEM DE ILUMINAT EXTERIOR PRIN INTERFAȚAREA ACESTUIA CU UN DISPOZITIV NUMERIC DE COMANDĂ.

Ioan PĂUȚ
S.C. ELBA S.A. - Timișoara

Rezumat

Lucrarea se referă la controlul subtensionării surselor de lumină dintr-un sistem de iluminat prin interfațarea acestuia cu un sistem numeric de comandă. Iluminarea/luminanța punctuală din grila de calcul este modificată astfel încât să se păstreze cerințele legate de aspectele cantitative și calitative ale sistemului de iluminat considerat.

Utilizând metoda subtensionării surselor de lumină într-un sistem de iluminat conduce la diminuarea fluxului luminos a lămpilor amplasate în corpurile de iluminat. Această diminuare a fluxului se realizează după o curbă neliniară ceea ce determină și o scădere drastică a nivelului de luminanță în planul util și câmpul vizual. Utilizând un program de calcul automat, trebuie să avem posibilitatea modificării fluxului luminos a sursei de lumină



utilizată în baza de date a programului de calcul. Astfel încât ori de câte ori se modifică tensiunea de alimentare a corpului de iluminat trebuie intervenit în baza de date a programului pentru a efectua modificările necesare referitoare la fluxul luminos.

Modificarea valorii fluxului luminos a surselor de lumină se realizează și cu implicații asupra puterii consumate de către CIL, aceasta putând fi scăzută cu aproximativ 45% - 50%. Încercările de laborator efectuate au scos în evidență o funcționare normală (dar cu o scădere corespunzătoare a fluxului luminos) a surselor cu vapori de sodiu la înaltă presiune (de tip SON T PLUS-150W) pentru o tensiune de alimentare de 175V, ceea ce implică o scădere cu 50% a puterii consumate de ansamblul sursă + balast.

În procesul subtensionării surselor de lumină din sistemele de iluminat se utilizează aparate stabilizatoare de tensiune performante care să asigure tensiuni de alimentare ferme pentru diverse valori ale fluxului luminos. În continuare sunt descrise cerințele ce trebuie îndeplinite de un aparat coborâtor și stabilizator de tensiune ce poate fi utilizat într-un SIL subtensionat:

- Tensiunea de alimentare trebuie să fie la o valoare inițială mai mică decât cea nominală (de regulă 200V), evitând astfel șocul termic inițial în sursele de lumină și permițând totodată aprinderea optimă și reglata a lămpilor. Acest ciclu are o durată programabilă care variază de la 1min. la 20 min. Odată încheiată această fază, tensiunea ce alimentează instalația de iluminat trebuie adusă la o valoare nominală, stabilizată - de exemplu 220V.

- La o oră fixată din noapte, tensiunea de alimentare a instalației de iluminat poate fi redusă automat de la valoarea normală

stabilizată la una inferioară programabilă, care să determine un anumit flux luminos a surselor de lumină din sistemul de iluminat considerat. Trecerea de la tensiunea nominală la o valoare scăzută a tensiunii se realizează în timp astfel încât să se elimine scăderile bruște de tensiune, ceea ce ar putea duce la stingerea sursei(surselor) de lumină.

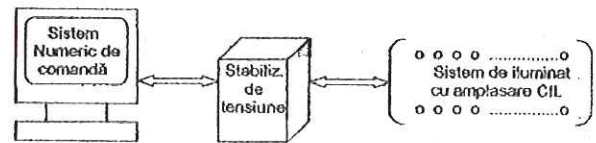
- Alimentarea la tensiune redusă poate fi activată fie prin intermediul unei intrări care este generată direct de un dispozitiv intern al sistemului stabilizator/coborâtor de tensiune, fie prin intermediul unei comenzi externe.
- Reducerea consumului de energie electrică se realizează de către sistemul considerat prin două moduri: prin stabilizarea alimentării și prin reducerea tensiunii de lucru în timpul nopții. În ambele tipuri de funcționare tensiunile de ieșire sunt stabilizate întotdeauna cu mare precizie.
- Toate funcțiile de comandă și control pot fi îndeplinite de la distanță prin intermediul unei legături seriale de la un centru de comandă. Intrările pot comunica printr-o linie telefonică sau prin radio-modem.

Avantajele utilizării acestei metode:

- Diminuarea consumului de energie electrică cu aproximativ 30%-50%
- Creșterea perioadei medii de funcționare a corpului de iluminat
- Menținerea uniformă a nivelului de luminanță(iluminare).
- Reducerea graduală a nivelului de luminanță(iluminare).
- Întreținerea simplă a sistemului de iluminat.
- Randamentul mărit.
- Permite o programare a parametrilor de funcționare optimă a sistemului de iluminat ceea ce asigură operarea la valorile nominale dorite.

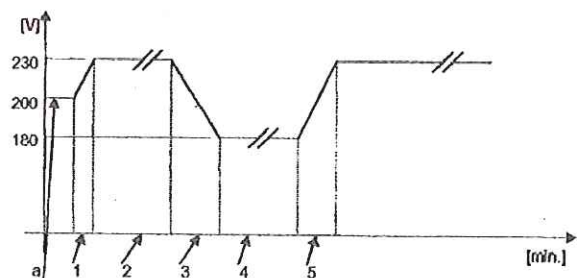
Controlul subtensionării surselor de lumină dintr-un SIL rutier prin interfațarea acestuia cu un sistem numeric de comandă.

Pentru ca un sistem de iluminat subtensionat să funcționeze în bune condiții, acesta trebuie să fie tot timpul sub control din punct de vedere al parametrilor (tensiune, curent, flux luminos - bine stabilite). Controlul subtensionării SIL exterior atunci când traficul sau alte activități de muncă sunt reduse (orele 0 ÷ 5 de regulă),



cel mai bine se poate realiza cu un sistem numeric de calcul amplasat într-un centru de comandă și control. Tensiunea care este aplicată corpurilor de iluminat este stabilizată la valorile prescrise.

Interfața dintre sistemul de iluminat și sistemul numeric de comandă este realizată de către un stabilizator de tensiune care are și rolul de a regla tensiunea de alimentare din sistemul de iluminat. Fiecare modificare de tensiune este controlată de către dispozitivul de comandă printr-un program specializat, informația este transferată blocului stabilizator de tensiune după care este preluată de corpurile de iluminat din sistemul de iluminat considerat (ceea ce implică scăderea nivelului de iluminare/luminanță prin modificarea fluxului luminos al corpurilor de iluminat).



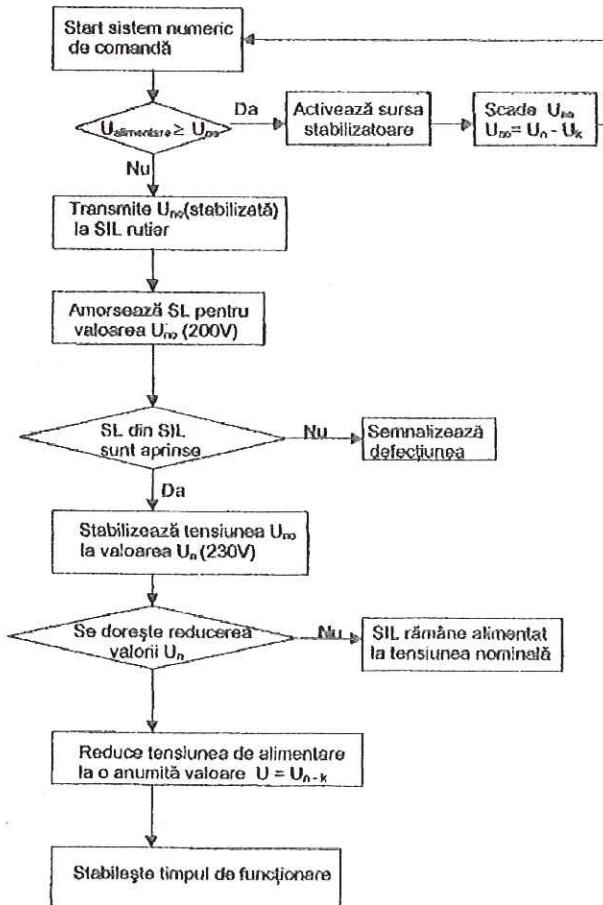
- 1 - Panta crescătoare de tensiune de la o valoare inițială mai mică decât cea nominală (aceasta pentru a evita șocurile de tensiune inițiale pe sursele de lumină).
- 2 - Palierul de tensiune nominală a sistemului de iluminat (tensiune stabilizată).
- 3 - Panta descrescătoare de tensiune de la valoarea nominală a tensiunii de alimentare la o valoare redusă a tensiunii stabilită de către sistemul numeric de comandă. Panta de tensiune este dependentă de timp, pentru a se înlătura eventualele stingeri nedorite ale surselor de lumină. Stingerea surselor de lumină poate să apară datorită variațiilor bruște de tensiune de la o valoare mare la o valoare mai mică într-un timp foarte scurt.
- 4 - Palierul de tensiune de valoare redusă față de cea nominală, tensiune care de asemenea este stabilizată.

5 - Panta crescătoare de tensiune de la o anumită valoare (redușă) la cea nominală.

Schema logică de calcul pentru transferul de date spre SIL rutier

Pentru a controla transferul de date spre sistemul de iluminat exterior trebuie ca informația referitoare la reglajul tensiunii și stabilitatea acesteia să fie verificată tot timpul pentru a se înlătura orice anomalie ce poate apărea pe circuitele dintre sistemul de comandă - sursă stabilizatoare - corpuri de iluminat. În schema logică prezentată mai jos sunt dați pașii care trebuie parcurși pentru a menține în bune condiții valorile tensiunilor impuse.

După activarea sistemului numeric de comandă și control se pornește alimentarea corpurilor de iluminat cu o valoare a tensiunii de alimentare mai mică decât cea nominală (200V stabilizată) pentru a se evita apariția șocurilor de tensiune ce pot apărea în circuitul de alimentare. După amorsarea surselor de lumină se trece la o tensiune de alimentare de valoare nominală (230V stabilizată). Dacă unele surse de lumină nu sunt aprinse sistemul numeric de control sesizează defecțiunea și



semnalizează, urmând ca eventualele surse de lumină distruse să fie înlocuite, sau să se remedieze un alt defect ce putea apărea pe circuitele electrice. Dacă se dorește modificarea tensiunii de alimentare la o valoare mai mică, se programează sistemul numeric de comandă astfel încât să se obțină într-un anumit timp și pentru o anumită durată o tensiune de alimentare stabilizată care să permită menținerea în funcțiune a surselor de lumină cu modificările de rigoare în ceea ce privește fluxul luminos a surselor de lumină.

După trecerea duratei de funcționare la o anumită valoare a tensiunii de alimentare se revine la tensiunea nominală, încheindu-se perioada unui ciclu de programare.

Bibliografie:

1. Handbuch fur Beleuchtung - 1992.
2. Ir. W. J. M. van Bommel, prof. J. B. de Boer - Road Lighting - 1980.
3. Innotec Tehnologie Dell' Innovazione - Menowatt stabilizatoare de tensiune.
4. Lighting Lamp Catalogue - General Electric.
5. Lighting Handbook - ediția 8.
6. Application guide to lamp control gear, HID - Philips.
7. Compact lighting catalogue - Philips.

THE COMMAND AND CONTROL OF THE LIGHTING/LUMINANCE LEVEL ADJUSTMENT APPLYING THE LOW-VOLTAGE LIGHT SOURCES METHOD

Abstract

The paper refers to the low-voltage light sources in a lighting system by interfacing it with a digital command system. The point illuminance/luminance on the calculation grid is modified so that the quality and quantity parameters of the lighting system requests are the same.

Ioan PĂUȚ, inginer

S.C. ELBA S.A. Timișoara

Str. Gării Nr. 1, 1900 Timișoara

Tel: 056/190441

Fax.: 056/190087

VERIFICAREA CARACTERISTICILOR ILUMINATULUI PUBLIC PE UNELE STRĂZI ALE MUNICIPIULUI CLUJ-NAPOCA

Florin POP¹, Dorin BEU¹, Mircea CHINDRIȘ¹, Călin GEODESCU²

1 - UTCN - Universitatea Tehnică din Cluj Napoca

2 - CONEL, Sucursala de Transport Dispecer Cluj

Rezumat

Renel GTDEE - Filiala de Rețele Cluj și Primăria Municipiului Cluj-Napoca au dezvoltat un program de modernizare a iluminatului public pe principalele străzi ale municipiului, începând din anii 1990-1995. Diversitatea furnizorilor de echipamente -- Schreder, Philips, Philips and Elba Street Lighting, General Electric, Luxten - și unele considerente funcționale a condus la un studiu de evaluare a caracteristicilor lumino-tehnice ale sistemelor realizate.

1 Măsurări luminotehnice [CIE No.30.2, 1982]

Măsurarea luminanței

Măsurarea luminanțelor pe suprafața străzii trebuie efectuată astfel încât să poată fi comparate cu luminanțele calculate. Tensiunea de alimentare a lămpilor trebuie să fie păstrată la valoarea nominală pe durata măsurărilor, în caz contrar trebuie măsurată și aplicați factorii de corecție necesari.

Luminanța locală. Pozițiile punctelor de măsură și a punctului de observație trebuie alese conform specificațiilor prevăzute în procedura de calcul a luminanțelor.

a) Poziția punctelor de calcul (deci și de măsură)

a1) Pe direcție longitudinală, pentru porțiunile drepte de stradă, numărul punctelor de calcul se determină în raport cu distanța dintre două corpuri de iluminat S . Distanța dintre două puncte de calcul d este dată de relația $d=S/N$, unde $N=10$ dacă $S \leq 50$ m, respectiv egal cu cel mai mic număr întreg care conduce la o valoare $d \leq 5$ m, dacă $S > 50$ m. Se constată astfel că distanța între două puncte de măsură nu trebuie să depășească 5 m.

a2) Pe direcție transversală se recomandă să fie utilizate cinci puncte de calcul pentru fiecare bandă de trafic, cu un punct poziționat axial. Punctele de margine sunt plasate la o distanță de marginile exterioare ale benzii egală cu 1/10 din lățimea acesteia. În cazul în care se acceptă o reducere a exactității măsurării sau dacă se contează pe o bună uniformitate a distribuției luminanței, cum este cazul unor stâlpi înalți, pot fi folosite doar trei puncte de calcul.

b) Poziția punctelor de observație

b1) Punctele de observație sunt plasate la 60 m distanță de primul rând transversal al punctelor de calcul și la 1,5 m înălțime deasupra străzii.

b2) Poziția punctului de observație transversal pe stradă va fi stabilit astfel: - pentru calculul luminanței medii și a uniformității generale - la un sfert din lățimea străzii de la marginea din dreapta; - pentru calculul uniformității longitudinale pe banda de circulație, pe axa fiecărei benzi în care circulația este permisă în sensul de observație.

c) Măsurările trebuie făcute cu un telemăsurător cu un unghi de măsură nu mai mare de 2' pe verticală și între 2' și 20' pe orizontală.

Luminanța medie se calculează pe baza valorilor determinate ale luminanțelor locale, conform relațiilor de definiție cunoscute - luminanța medie văzută în perspectiva mișcării pe durata mersului în lungul străzii (luminanță dinamică), uniformitatea generală U_0 (raport între cea mai mică valoare și valoarea medie), uniformitatea longitudinală U_1 (raport între valoarea minimă și cea maximă pentru luminanțele din axa fiecărei benzi de circulație, punctul de observare fiind și el plasat în aceeași axă).

Alternativ, se poate folosi un luminanțmetru integrator. În acest caz, câmpul de măsură în direcție transversală trebuie să acopere întreaga lățime de circulație și lungimea cuprinsă între 60 m și 160 m în fața observatorului.

Dacă uniformitatea longitudinală a luminanței nu este mai mică de 0,4, este suficientă o măsurare cu un luminanțmetru integrator. Câmpul de măsurare acoperă, în acest caz, secțiunea cuprinsă între 60 și 160 m în fața observatorului începând cu poziția unui corp de iluminat.

Măsurarea iluminărilor

Cerințe privind aparatele de măsură: - să aibă o sensibilitate ridicată; - să aibă o corecție cosinus până la 85°; - să aibă o corecție de culoare conform curbei spectrale de eficacitate luminoasă CIE - $V(\lambda)$; - coeficientul de temperatură al sensibilității poate fi neglijat în limitele normale de temperatură; - trebuie să aibă o poziționare orizontală sigură.

Procedura de măsurare. Iluminările trebuie măsurate pe suprafața străzii în aceleași puncte în care s-au efectuat calculele.

a) *Poziția punctelor de calcul (și deci, de măsură)*

În cele mai multe situații este suficient să se folosească relativ puține puncte de calcul. În direcție longitudinală cinci puncte pot fi folosite la o așezare regulată a corpurilor de iluminat. În direcție transversală punctele de calcul vor fi plasate în axa fiecărei benzi de circulație și, înafara acestora, plasate la o distanță egală cu lățimea benzii (străzii). În cazul în care se dorește o informație mai detaliată asupra distribuției iluminării, se poate utiliza aceeași grilă de calcul ca și la calculul luminanțelor, posibil a fi extinsă în lateral cu o secțiune de lățime egală cu 1/2 din lățimea benzii (străzii).

Toate sursele de lumină ale instalației de iluminat trebuie să fie vizibile de către fotocelulă, în același timp în care sursele de lumină exterioare instalației trebuie să fie ecranate.

Tensiunea de alimentare a lămpilor trebuie să fie ajustată la valoarea ei nominală, în caz contrar se vor utiliza factori de corecție.

2 Aspecte privind normarea și evaluarea parametrilor luminotehnici ai instalațiilor de iluminat public

Normarea și evaluarea parametrilor luminotehnici ai instalațiilor de iluminat public se supun unor reglementări naționale specifice. De regulă, acestea urmează reglementările CIE, rezultate ale unor intense, îndelungi și fructuoase colaborări ale specialiștilor consacrați de nivel internațional:

CIE No.30.2, 1982 Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting;

CIE No.31, 1976 Glare and uniformity in road lighting installations;

CIE No.33A, 1977 Depreciation of installation and their maintenance (in road lighting);

CIE No.66, 1984 Road surfaces and lighting;

CIE No.92, 1992 Guide to the lighting of urban areas;

CIE No.115, 1995 Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic.

În România se lucrează în prezent la elaborarea unui nou standard pentru iluminatul căilor de circulație, ale cărui reglementări se vor alinia normelor europene.

Normele americane utilizează încă normarea iluminatului public pe baza iluminării. Străzile cuprinse în studiu se încadrează în *clasa străzilor principale cu caracter comercial*, nivelul de iluminare medie recomandat fiind determinat de caracteristica pavimentului: $E_{med}=17 \text{ lx}$, respectiv $E_{min}=5,66 \text{ lx}$, cu uniformitatea iluminării $E_{min}/E_{med}=1/3$ – tabelul 1.

Tabelul 1.

Caracteristica pavimentului clasa/coeficientul de luminanță mediu	R1 q=0,10	R2, R3 q=0,07	R4 q=0,08	Unifor- mitatea iluminării E_{min}/E_{med}
Străzi principale				
Comerciale	12	17	15	1/3
Intermediare	9	13	11	
Rezidențiale	6	9	8	
Străzi colectoare				
Comerciale	8	12	10	1/4
Intermediare	6	9	8	
Rezidențiale	4	6	5	
Străzi locale				
Comerciale	6	9	8	1/6
Intermediare	5	7	6	
Rezidențiale	3	4	4	

Măsurările de luminanță introduc erori apreciabile, datorită mai multor motive.

A. Fisher "Road Lighting Computer programs: user friendly and do they give the 'right' answers?" - CIE-Seminar "Computer programs for Light and Lighting", Viena, Austria - 1992 analizează acuratețea software-ului disponibil pentru calculele de iluminat și precizează erorile random ce se adaugă erorilor individuale ale fiecărui program: datele fotometrice ale corpului de iluminat, asigurarea în timp a calității corpului de iluminat, datele privind reflexivitatea suprafeței pavimentului și instalarea echipamentului.

Erorile majore sunt determinate de caracteristicile reflexive ale suprafeței pavimentului, care pot să difere esențial de cele medii, utilizate în calcule și precizate prin tabelele coeficienților de luminanță r pentru cele patru tipuri de suprafețe $R1 - R4$. Problema majoră este de a cunoaște cât de mare este diferența între valorile reale ale caracteristicilor de reflexie și cele teoretice, de calcul? Pentru a obține acuratețea dorită a măsurărilor este absolut necesar să fie determinate în laborator caracteristicile de reflexie ale unui eșantion de suprafață a pavimentului analizat. *Ceea ce la noi este dificil de realizat în momentul de față, dacă nu chiar imposibil.*

În cadrul Seminarului CIE '92 s-a discutat adoptarea propunerii de normare a erorilor admisibile la efectuarea măsurărilor de iluminare în instalațiile de iluminat public de $\pm 10\%$ pentru iluminarea medie și $\pm 20\%$ pentru iluminarea într-un punct, fără să se facă referire la erorile admisibile la efectuarea măsurărilor de luminanță. În unele luări de cuvânt s-au menționat erori uzuale ce depășesc cu mult 20% , astfel că este dificil de evaluat o instalație de iluminat public prin măsurări de luminanță. Ceea ce pare a nu fi cazul în măsurările de iluminare. Dar informațiile prezentate în două lucrări sunt contradictorii și nu susțin această afirmație.

Marc Prevot "L'éclairage routier en Belgique" - LUX 167-1992 analizează iluminatul autostrăzilor din Belgia și prezintă comparativ datele proiectate și măsurate ale instalației de iluminat a autostrăzii E 411, în două variante studiate - tabelul 2.

Tabelul 2.

Varianta	Valoare	Luminanță medie, cd/m^2	Iluminare medie, lx
A	calculată	2,7	32
	măsurată	2,15	31,3
	eroare relativă	-20,4%	-2,18%
B	calculată	1,5	15
	măsurată	1,57	14,7
	eroare relativă	+4,7%	-2%

A. Cabello, C. Kirschbaum "Refurbishment of Highway Lighting"- Right Light 4 - 4th European Conference on Energy-Efficient Lighting 1997, Copenhagen, Denmark analizează proiectul de reabilitare a iluminatului unei autostrăzi din Argentina (din clasa $R3$) și prezintă datele proiectate și măsurate ale iluminării și luminanței, în condiția unei tensiuni de alimentare a lămpilor scăzută cu $3\% \dots 7,7\%$ față de valoarea nominală de $220 V$ - tabelul 3.

Tabelul 3.

Valoare	Luminanță medie, cd/m^2	Iluminare medie, lx
calculată	3,6	59
măsurată	3,2	46
eroare relativă	-11,11%	-22,03%

Din cele două exemple prezentate se constată diferențe apreciabile între valorile calculate și cele măsurate atât pentru iluminare cât și pentru luminanță, fără să se poată deduce un anumit sens al acestor erori. Atât doar că *ele există și sunt semnificative!*

3 Considerații privind efectuarea măsurărilor

Iluminările au fost măsurate cu un luxmetru digital CDA 815 Chauvin Arnoux, oferit de firma S.C. Energobit S.R.L., având următoarele caracteristici: - corecție de cosinus: 30° ; - calibrat la lampă cu incandescență standard $2856 K$; - precizie $\pm 3\%$; - domeniu de temperatură pentru efectuarea măsurărilor $0 \dots +40^\circ C$; - erori introduse de variația temperaturii $\pm 0,1\%/^\circ C$; - umiditate admisă până la 80% .

Luminanțele au fost măsurate cu un luminanțmetru oferit de firma ELBA S.A. Timișoara de tip J16 Option 2 Digital Photometer/Radiometer, prin bunăvoința dl. ing. Ioan Păuț care a participat la efectuarea

măsurărilor. Caracteristicile luminanțmetrului sunt: - domeniu de măsură: $0,1-10^6$ cd/m²; - rezoluție 0,1 cd/m²; - precizie $\pm 5\%$; - domeniu de temperatură -15 ... +40 °C; - domeniu de lungime de undă a radiației măsurate 250-1200 nm.

Având în vedere limitele determinate de caracteristicile prezentate, s-au efectuat o serie de măsurări *cu caracter informativ*.

(1) S-au stabilit cinci puncte de măsură pentru determinarea distribuției longitudinale a iluminării și luminanței, măsurările făcându-se pe axele benzilor de circulație și pe trotuare (pentru iluminare).

(2) S-a determinat distribuția iluminării pe tronsoanele analizate, atât pe carosabil cât și pe trotuar. Numărul punctelor de măsurare s-a luat la valoarea minimă normată, din motive de scurtare a timpului afectat măsurărilor, având în vedere caracterul informativ al acestora.

(3) S-a determinat distribuția luminanței pe câte o axă de circulație pe toate tronsoanele aflate în studiu. S-a procedat la această simplificare a măsurării datorită caracterului de valoare medie obținută cu luminanțmetrul aflat la dispoziție (deschidere unghiulară de 1 grad), a faptului constatat în cursul efectuării măsurărilor că luminanțele pe axele principale de circulație se află sub nivelurile normate și a caracterului în general simetric al amplasării corpurilor de iluminat în planul transversal al căilor de circulație.

4 Rezultatele măsurărilor și prelucrarea datelor

În studiu au fost cuprinse tronsoane reprezentative din 10 străzi principale ale municipiului. Dintre măsurările efectuate se prezintă următoarele trei, cu referire neutră privind identificarea acestora.

Strada A

Măsurări efectuate în 17.12.1997, ora 22,00 - 02,30;

Condiții: ploaie ușoară/lapoviță, temperatura 5°C;

Distanța între stâlpi: 35,3 m;

Numărul punctelor de măsurare longitudinal: 5;

Așezare nesimetrică a corpurilor de iluminat;

Sunt menționate valorile iluminării, în lx.

Nord (Tensiunea 230 V)

20,3	12,4	10,0	11,8	13,8
⊗				

← 37,5 ← 21,5 ← 26,0 ← 18,7 ← 24,3

→ 29,6 → 21,6 → 33,6 → 18,9 → 20,2

⊗	13,2	16,1	21,3	12,8	⊗
---	------	------	------	------	---

Sud (Tensiunea 225V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente

- $E_{med} = 17,00$ lx, $E_{min} = 5,66$ lx, $C_u = 0,33$

valori realizate

- $E_{med} = 25,19$ lx, $E_{min} = 18,70$ lx, $C_u = 0,74$

banda 1

- $E_{med} = 25,60$ lx, $E_{min} = 18,70$ lx, $C_u = 0,73$

banda 2

- $E_{med} = 24,78$ lx, $E_{min} = 18,90$ lx, $C_u = 0,76$

Pentru trotuar:

valori normate

- $E_{med} = 15,00$ lx, $E_{min} = 7,50$ lx, $C_u = 0,50$

valori realizate

trotuar Nord

- $E_{med} = 13,66$ lx, $E_{min} = 10,0$ lx, $C_u = 0,73$

trotuar Sud

- $E_{med} = 14,32$ lx, $E_{min} = 8,2$ lx, $C_u = 0,57$

Strada B

Măsurări efectuate în 17.12.1997, ora 22,00 - 02,30;

Condiții: ploaie ușoară/lapoviță, temperatura 5°C;

Distanța între stâlpi: 27 m;

Numărul punctelor de măsurare longitudinal: 5;

Așezare simetrică a corpurilor de iluminat;

Elemente perturbatoare: reclame luminoase ale

magazinelor, umbrire provocată de prezența

copacilor.

Sunt menționate valorile iluminării, în lx.

Nord (Tensiunea 220 V)

12,6	9,2	6,6	8,5	7,5	
⊗					⊗
22,8	← 19,2	← 16,8	← 17,8	← 20,2	←
31,1	← 29,6	← 23,1	← 25,1	← 31,2	←
25,6	→ 22,2	→ 16,4	→ 18,5	→ 22,8	→
⊗					⊗
13,6	8,2	9,1	8,5	8,6	

Sud (Tensiunea 240 V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente

- $E_{med} = 17,00$ lx, $E_{min} = 5,66$ lx, $C_u = 0,33$

valori realizate

- $E_{med} = 22,83$ lx, $E_{min} = 16,40$ lx, $C_u = 0,72$

banda 1

- $E_{med} = 19,36$ lx, $E_{min} = 16,80$ lx, $C_u = 0,87$

banda 2

- $E_{med} = 28,02$ lx, $E_{min} = 23,10$ lx, $C_u = 0,82$

banda 3

- $E_{med} = 21,10$ lx, $E_{min} = 16,40$ lx, $C_u = 0,78$

Pentru trotuar:

valori normate

- $E_{med} = 15,00$ lx, $E_{min} = 7,50$ lx, $C_u = 0,50$

valori realizate

trotuar Nord

- $E_{med} = 8,87$ lx, $E_{min} = 6,60$ lx, $C_u = 0,74$

trotuar Sud

- $E_{med} = 9,60$ lx, $E_{min} = 8,20$ lx, $C_u = 0,85$

Strada C

Măsurări efectuate în 1.04.1998, ora 22,300;

Condiții: cer senin, luna în creștere (fără contribuție luminoasă), temperatura 18°C;

Distanța între stâlpi: 27 m;

Numărul punctelor de măsurare longitudinal: 5;

Așezare simetrică a corpurilor de iluminat;

S-au măsurat iluminările în axele celor patru benzi de rulare și pe liniile de separație dintre ele.

Nord (Tensiunea 210 V)

15,8	11,6	7,91	8,68	8,86	
⊗					⊗
19,3	← 16,2	← 11,2	← 14,3	← 18,7	←
20,4	17,8	13,7	16,2	20,5	
23,2	← 19,6	← 15,4	← 17,5	← 23,2	←
26,6	20,8	14,6	16,7	23,4	
23,2	→ 18,0	→ 13,4	→ 15,8	→ 20,1	→
19,8	15,2	12,1	12,8	18,5	
18,4	→ 13,6	→ 9,94	→ 11,4	→ 15,8	→
⊗					⊗
11,0	7,95	6,97	7,30	8,91	

Sud (Tensiunea 235 V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente

- $E_{med} = 17,00$ lx, $E_{min} = 5,66$ lx, $C_u = 0,33$

valori realizate

- $E_{med} = 16,91$ lx, $E_{min} = 9,94$ lx, $C_u = 0,59$

banda 1

- $E_{med} = 15,95$ lx, $E_{min} = 11,20$ lx, $C_u = 0,70$

banda 2

- $E_{med} = 19,78$ lx, $E_{min} = 15,40$ lx, $C_u = 0,78$

banda 3

- $E_{med} = 18,10$ lx, $E_{min} = 13,40$ lx, $C_u = 0,74$

banda 4

- $E_{med} = 13,82$ lx, $E_{min} = 9,94$ lx, $C_u = 0,72$

Iluminarea pe întregul carosabil (inclusiv liniile de separație dintre benzile de circulație)

- $E_{med} = 17,35$ lx, $E_{min} = 9,94$ lx, $C_u = 0,57$

Pentru trotuar:

valori normate

- $E_{med} = 15,00$ lx, $E_{min} = 7,50$ lx, $C_u = 0,50$

valori realizate

trotuar Nord

- $E_{med} = 10,57$ lx, $E_{min} = 7,91$ lx, $C_u = 0,75$

trotuar Sud

- $E_{med} = 8,43$ lx, $E_{min} = 6,97$ lx, $C_u = 0,83$

În continuare sunt date rezultatele măsurării luminanțelor pe cele trei tronsoane prezentate. Măsurările s-au efectuat în 14.05.1998, ora 23,00 - 01,30, în condiții de cer senin, fără lună, temperatura 10°C. Cu caractere albine sunt date valorile iluminării și coeficientului de luminanță $q=L/E$

Strada A

Nord (Tensiunea 219,7 V)

⊗				
←	←	←	←	←
2,7	2,7	2,8	2,6	2,6
37,5	21,5	26,0	18,7	24,3
0,072	0,126	0,180	0,139	0,107
→	→	→	→	→
⊗				

Sud (Tensiunea 216,2V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente

- $L_{med} = 2,00 \text{ cd/m}^2$, $U1 = 70\%$

valori realizate: banda 1

- $L_{med} = 2,68 \text{ cd/m}^2$, $U1 = 93\%$, $q_{med} = 0,105$

Strada B

Nord (Tensiunea 234,2 V)

⊗				
←	←	←	←	←
1,8	1,9	1,9	1,9	2,0
31,1	29,6	23,1	25,1	31,2
0,058	0,064	0,082	0,076	0,064
→	→	→	→	→
⊗				

Sud (Tensiunea 237,9 V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente:

- $L_{med} = 2,00 \text{ cd/m}^2$, $U1 = 70\%$

valori realizate: banda 2

- $L_{med} = 1,90 \text{ cd/m}^2$, $U1 = 90\%$, $q_{med} = 0,068$

Strada C

Nord (Tensiunea 215,4 V)

⊗				
←	←	←	←	←
←	←	←	←	←
1,8	1,9	1,9	1,8	1,8
23,2	18,0	13,4	15,8	20,1
0,078	0,106	0,142	0,114	0,09
→	→	→	→	→
⊗				

Sud (Tensiunea 227,1 V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente:

- $L_{med} = 2,00 \text{ cd/m}^2$, $U1 = 70\%$

valori realizate: banda 3

- $L_{med} = 1,84 \text{ cd/m}^2$, $U1 = 95\%$, $q_{med} = 0,102$

5 Concluzii privind parametrii luminotehnici ai iluminatului public

Acuratețea măsurărilor a fost afectată de caracteristicile aparatelor de măsură și de existența unor elemente perturbatoare, precum reclame luminoase în zonă și vitrine luminoase ale magazinelor, umbrii datorate mașinilor staționate pe carosabil, copacilor sau panourilor de reclame, geometria sistemului de iluminat neconcordanță cu datele de proiectare, tensiunea de alimentare a lămpilor la valori diferite pe cele două laturi ale străzii (fapt pentru care nu se pot introduce corecțiile necesare ale fluxului luminos emis). Din aceste motive nu este oportun să se prezinte comparativ valorile măsurate cu cele proiectate.

În urma efectuării măsurărilor de iluminare și luminanță pe toate tronsoanele cuprinse în studiu, se constată că:

- valorile iluminărilor se pot considera corespunzătoare normelor, având însă un domeniu relativ larg de valori, între +68% și -1,4%;

- valorile luminanțelor sunt corespunzătoare pe un singur tronson măsurat (strada A), alte două tronsoane sunt foarte apropiate de valoarea normată (strada B: -5% și strada C: -8%); - cele mai nefavorabile situații prezintă o scădere de -49%, respectiv -65%, față de valorile normate.

Luminanța unei suprafețe iluminate este o mărime fotometrică caracterizată atât de distribuția luminoasă a surselor de lumină, de pozițiile reciproce sursă/punct iluminat/direcția de privire cât și de proprietățile reflectante ale suprafeței respective. Acest caracter este fundamental în iluminatul public al căilor de circulație.

Analizând valorile obținute pentru iluminare și luminanță, se poate trage concluzia că instalația de iluminat public este conformă cu normele existente *din punct de vedere al surselor de lumină*, neîmplinirile luminotehnice fiind determinate de *caracteristicile necorespunzătoare ale suprafeței căii de circulație*.

A STUDY CONCERNING THE PUBLIC LIGHTING SYSTEMS PARAMETERS ON SOME STREETS OF CLUJ-NAPOCA

Abstract

Renel GTDEE – Electric Network Branch of Cluj and City Hall of Cluj-Napoca have developed a public lighting improvement project on the main city streets, beginning with the years 1990-1995. The diversity of the lighting equipment suppliers – Schreder, Philips, Philips and Elba Street Lighting, General Electric, Luxten – and some functional reasons justified the development of a study to evaluate the lighting systems parameters.

Florin POP, Profesor Dr.

e-mail: Florin.Pop@insta.utcluj.ro

Dorin BEU, Șef lucrări

e-mail: dorin_beu@mail.dntej.ro

Mircea CHINDRIȘ, Profesor Dr.

e-mail: Mircea.Chindris@eps.utcluj.ro

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Str. C. Daicoviciu Nr. 15, 3400 Cluj-Napoca

Fax: 064. 192055

Călin GEODESCU, Director tehnic

CONEL, Sucursala de Transport Dispecer Cluj

Str. Memorandumului Nr. 27, 3400 Cluj-Napoca

e-mail: sdcj.dir@codec.ro

Fax: 064.405500

APLICACIONES LUMINOTÉCNICAS DE CÁMARAS DIGITALES

Carlos SIERRA GARRIGA

UPC – Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona

1 OBJETIVO

El objetivo principal del presente estudio consiste en diseñar un sistema de medida de magnitudes luminotécnicas basado en la tecnología CCD (Charge Coupled Device).

Cuando se habla de medidas luminotécnicas, la más importante de las estas es la luminancia, pues es la que mejor se aproxima a la descripción del proceso de la visión. Es por ello que basándose en estudios anteriores de diversas aplicaciones y en las experiencias desarrolladas, se va a tratar de aplicar el sistema de medida a la medida de luminancias.

Este sistema debe permitir realizar las medidas de una forma más simplificada que la que emplean los sistemas de medida convencionales, los cuales requieren de una importante preparación y puesta a punto. De aquí se deduce que el primer objetivo de este estudio es la elección de los diversos componentes que formarán parte del sistema de captación.

Una vez configurado el sistema e identificados los parámetros que relacionan la luminancia medida con el sistema de captación, el sistema podrá actuar como luminancímetro, aunque no como los luminancímetros actuales, en los que únicamente se puede conocer la luminancia de un área muy pequeña, sino de una imagen completa (fotografía digital).

Gracias al conocimiento de las diferentes relaciones entre magnitudes luminotécnicas, se podrán deducir otras tales como la iluminancia, el flujo luminoso y la intensidad luminosa.

Una vez se haya definido y configurado el sistema de medida, el siguiente paso consistirá en tratar de aplicarlo al análisis de la

distribución de intensidades lumínicas de aparatos de alumbrado, obteniendo así su sólido fotométrico, pudiendo así conocer de una forma más rápida el comportamiento de un aparato de alumbrado.

2 ANTECEDENTES

El principal aparato de medida de magnitudes lumínicas es el ojo, es lo que se conoce como fotometría visual, es un tipo de fotometría que se realiza por comparación. El ojo actúa como órgano comparador entre diferentes niveles de luminancia, es capaz de detectar si un objeto es más brillante que otro, pero no es capaz de evaluar en que cantidad. El ojo no es capaz de evaluar con una cantidad el nivel de luminancia de un objeto. Es en el momento en que se descubren los sistemas sensibles a la luz (células fotoeléctricas) cuando verdaderamente puede darse un valor de la magnitud lumínica medida. Este es el caso de luxómetros, luminancímetros y otros dispositivos, capaces de transformar una señal eléctrica en una señal lumínica.

Estos dispositivos contienen una célula fotoeléctrica cuya sensibilidad es la misma que la sensibilidad espectral del ojo (Curva CIE).

El hecho de poder dar un valor a las diferentes magnitudes ya representó un gran avance pues permitió evaluar las prestaciones visuales de un entorno o el comportamiento de los aparatos de alumbrado. El inconveniente de estos sistemas reside en que la medida debe realizarse punto a punto, debiéndose invertir cantidad de tiempo en la toma de datos de un entorno.

Con la tecnología CCD lo que se está realizando es una fotografía digital del entorno, en la cual, con una única toma de datos se obtiene gran cantidad de información, pues el

sensor CCD que incorpora tiene una resolución de hasta 752 x 582 pixeles.

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los objetivos del presente proyecto consiste en poder emplear el sistema diseñado como luminancímetro. Ello implica que la respuesta espectral del sistema debe ser lo más parecida posible a la curva de sensibilidad del ojo, tal y como se muestra en la fig. 1.

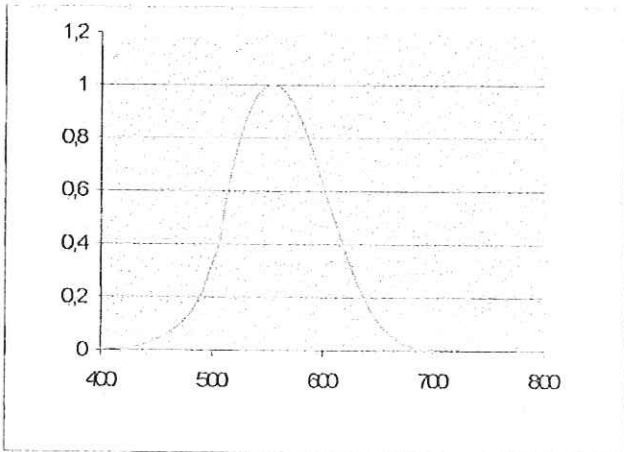


Fig. 1 - Respuesta espectral del ojo.

Para conseguir que el sistema de esta respuesta, deben acoplarse una serie de dispositivos que se pasan a detallar a continuación.

3.1 Cámara digital

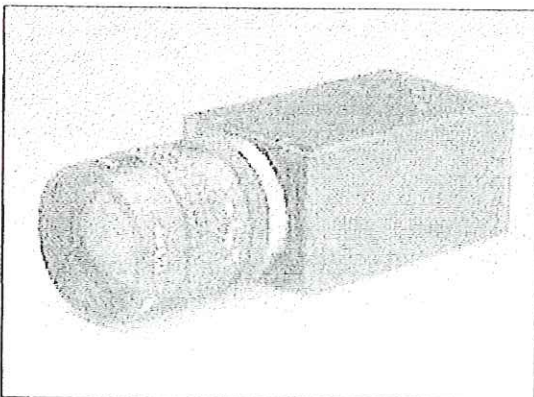


Fig. 2 Cámara digital empleada en el presente proyecto

La cámara digital es la que contiene el sensor CCD, cuya función es la de transformar radiaciones electromagnéticas en impulsos eléctricos.

Concretamente, la cámara empleada es de la casa JAI y el modelo es el CV-M50 1/2. Es una cámara CCD monocromo (8 bits) diseñada para aplicaciones de sensibilidad industrial.

Esta cámara tiene dos modos de funcionamiento: CIA y el modo estándar de televisión CCIR. Se ha seleccionado este último modo de funcionamiento debido a que proporciona mayor información.

En este modo de funcionamiento la matriz de pixeles es de 752 H x 582 V, resultando un área sensible de aproximadamente 440.000 pixeles.

Las características principales de este dispositivo son las siguientes:

Shutter: Controla el tiempo de exposición del sensor CCD. Los valores que se pueden adoptar son 1/50, 1/100, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/4500 y 1/10000 seg. La forma de configurar este parámetro es mediante unos microrruptores instalados en la propia cámara.

CCD Accumulation: Es el modo de acumulación del dispositivo, existen dos modos diferentes:

- *Field Accumulation:* Es útil para filmar objetos en movimiento.
- *Frame Accumulation:* Es más efectivo para imágenes estáticas.

Las mediciones a realizar serán totalmente estáticas, por eso se aplicará el Frame Accumulation.

Scanning System: Se emplea para elegir el sistema de escáner entre:

- No entrelazado, para imágenes en movimiento.
- 2:1 Entrelazado, para imágenes estáticas.

En el caso que nos ocupa se tomará el modo 2:1 entrelazado pues permite operar de acuerdo con los sistemas estándar de TV, EIA o CCIR.

Gamma Correction: Es el factor de compensación de gamma, hay dos valores:

- 1.0 lineal

- 0.45 correction

Debe emplearse la posición 1.0 lineal ya que es la recomendada para las aplicaciones de procesado de imagen o de visión directa.

Auto Gain Control: Corresponde a la forma de actuar de la ganancia, la cual puede ser manual o automática. En posición de Auto, este parámetro se ajusta de una forma autónoma según sean las características de la imagen. Por otro lado, el control manual hace que la ganancia se constante independientemente del tipo de imagen.

3.2 Sensor CCD

El sensor CCD es el responsable de transformar las radiaciones electromagnéticas que le llegan en impulsos eléctricos. El sensor CCD con que está equipada esta cámara es un sensor de la marca Sony, y el modelo es el ICX039DLA. Es un sensor de tipo interlinea, adecuada para cámaras con un sistema óptico de 1/2" en blanco y negro que trabajen con el sistema CCIR.

Tiene una gran sensibilidad y bajo ruido conseguido con la adopción de sensores HAD (diodo de acumulación de huecos) que forman este sensor.

Es de gran importancia la sensibilidad espectral del sensor. Para poder tratar al sistema como un "ojo artificial", es imprescindible que su curva de sensibilidad espectral sea lo más similar a la curva de sensibilidad espectral del ojo. Así pues, la curva de sensibilidad del sensor empleada viene representada por el siguiente gráfico:

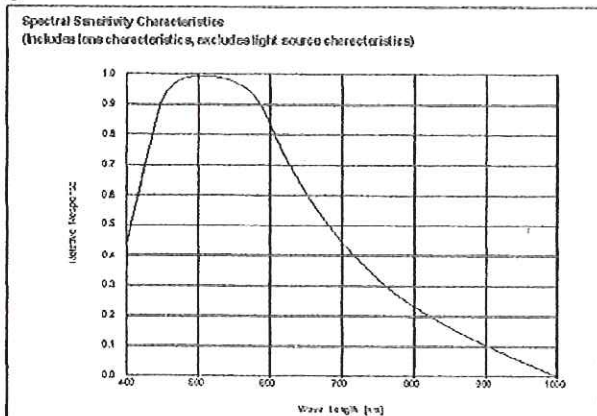


Fig. 3 - Curva de sensibilidad espectral del sensor CCD empleado.

Como se observará más adelante, esta curva no concuerda con la curva de sensibilidad del ojo. Es por ello que debe acoplarse al sistema un conjunto de elementos ópticos.

3.3 Filtro V (λ)

Con la finalidad de ajustar la curva del sensor CCD a la curva de sensibilidad del ojo, debe corregirse mediante la interposición de un filtro que limite la radiación que llega al sensor.

Se debe aplicar un filtro pasa banda que se aproxime lo máximo al espectro visible. De tal forma que la transmitancia del filtro viene expresada por la curva mostrada en la figura 3.

Los filtros pasa-banda son uno de los mecanismos más sencillos y económicos para transmitir una banda de luz bien definida, rechazando así el resto de radiaciones no deseadas.

Se ha empleado un filtro pasa-banda de la casa ANDOVER de referencia 550FS80-50.

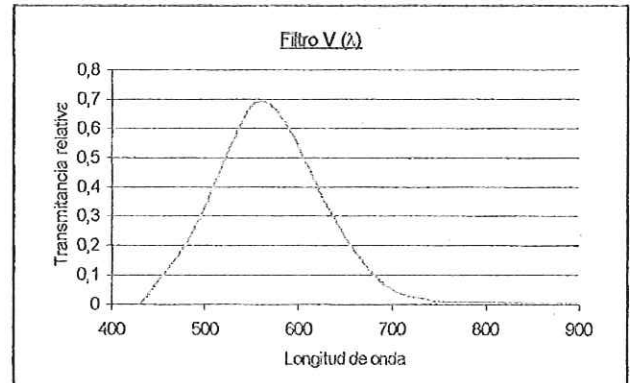


Fig. 4 - Curva de transmitancia espectral del filtro V(λ) empleado.

Aproximadamente el punto de máxima transmitancia se encuentra en la longitud de onda de 550 nm, siendo su valor de un 70 %.

3.4 Objetivo

El objetivo controlará el enfoque y zoom del sistema, así como también regulará la cantidad de luz mediante el control de apertura del diafragma. El objetivo a emplear es de la marca Canon, modelo V6X16-19 MACRO. Los valores de apertura de este objetivo son estándar y tienen los siguientes valores f 16, f 11, f 8, f 5.6, f 4, f 2.8, f 1,9

3.5 Tarjeta de captura de vídeo

La tarjeta de captura de vídeo es un dispositivo que se integra dentro de un ordenador. Su función es la de transmitir al ordenador las imágenes captadas por la cámara. Por lo tanto, junto con el software apropiado, se obtiene la imagen percibida por el sensor.

La placa empleada es una Matrox Meteor, que es un dispositivo PCI captador de imagen. Este tipo de placa es capaz de adquirir imágenes con los sistemas estándar mencionados anteriormente.

El software empleado es el que incorpora la propia tarjeta, el Matrox Intellicam el cual ha sido desarrollado en entorno Windows y permite una rápida y cómoda conexión con la cámara, así como una rápida configuración de la tarjeta de captura.

4 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

4.1 Análisis teórico del sistema

Una vez definidos todos los componentes, la idea es que este sistema se comporte como un "ojo artificial", es decir, que siga la curva de sensibilidad espectral publicada por la CIE.

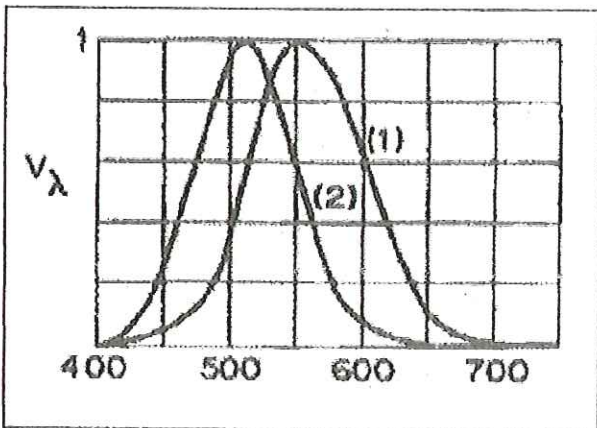


Fig. 5 - Curva de sensibilidad espectral del ojo según CIE

En la figura 5 puede observarse cual es el comportamiento en función de la longitud de onda del espectro electromagnético. La curva (1) representa la visión fotópica o diurna, la cual es activa a partir de una luminancia de 3 cd/m^2 aproximadamente, mientras que por debajo de 1 cd/m^2 se encuentra la curva (2) escotópica o nocturna. En el intervalo comprendido entre estos dos valores, el ojo se

comporta de una forma muy variable, conocida como visión mesópica.

El presente estudio se centrará en la visión fotópica, pues es de mayor relevancia.

Como puede observarse en la figura 6, la curva seguida por el sensor difiere de la curva de sensibilidad espectral del ojo. Es por ello que se hace necesaria la interposición de filtros ópticos que corrijan este efecto y aproximen en lo máximo las dos curvas.

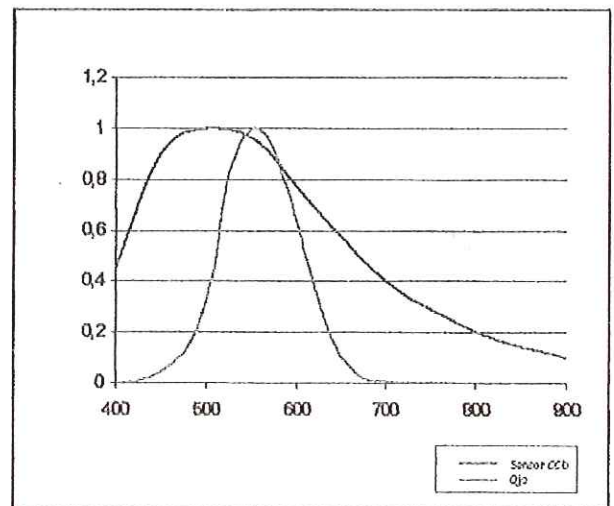


Fig. 6 - Comparación entre la curva de sensibilidad espectral del ojo y del CCD

Para corregir este efecto se ha optado por la interposición de un filtro $V(\lambda)$, el cual sigue aproximadamente la curva de sensibilidad del ojo, aunque con un porcentaje de absorción, tal y como muestra la figura 7.

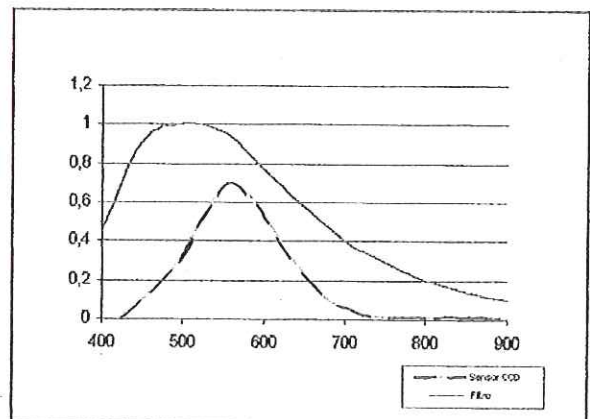


Fig. 7 - Comparación entre la curva de sensibilidad espectral del ojo y del CCD

Así pues, interponiendo el mencionado filtro, se obtiene una curva final de sensibilidad del sistema tal y como se muestra en la figura 8.

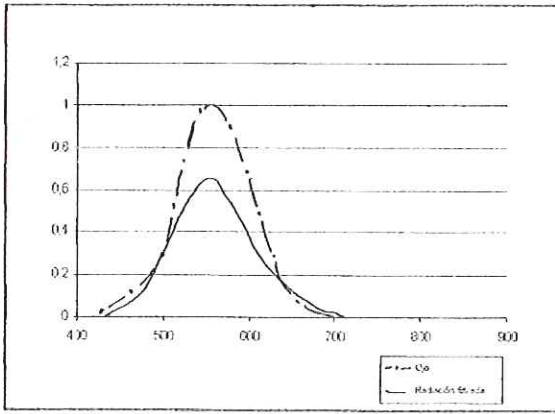


Fig. 8 - Comparación entre la curva de sensibilidad espectral del ojo la resultante del sistema

Se observa una discrepancia entre ambas curvas, no en cuanto a forma pero si en cuanto a tamaño. Si se multiplica la curva del sistema por una constante, el resultado final queda reflejado en la figura 9.

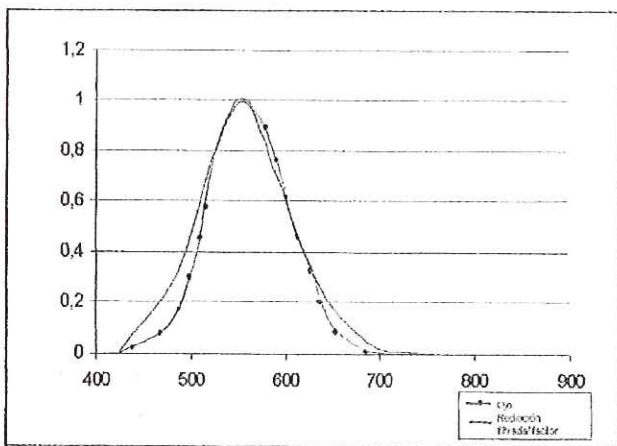


Fig. 9 - Radiación final comparada rectificada comparada con la sensibilidad espectral del ojo.

Como se puede observar, las curvas son muy similares con lo que a priori, y habiendo analizado únicamente datos teóricos, la aplicación de estos sensores a las medidas luminotécnicas es factible.

4.2 Parametrización del sistema

En este apartado se analizará los parámetros sobre los que se puede actuar para configurar el sistema.

Nivel de gris (Ng)

El parámetro que se desea medir es la luminancia de una escena, pero como resultado final se obtiene una fotografía digital, en forma

de niveles de gris, donde cada pixel puede tener un nivel de gris que oscila entre 0 y 255. Es importante destacar un concepto que es la saturación del CCD. Si un pixel tiene un valor de 255, indica que el sensor se ha saturado, con lo que existirá una pérdida de información. Es por ello que se tomará como intervalo válido del

Nivel de Gris el rango [0..254].

Tiempo de exposición (T)

El tiempo de exposición (shutter) será otro de los parámetros a analizar, ya que a mayor tiempo de exposición mayor es la cantidad de radiación que llega al sensor.

Como se comentó anteriormente, los posibles valores que puede adoptar son 1/50, 1/100, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/4500 y 1/10000 seg.

Apertura del diafragma (f)

El diafragma del objetivo regula la entrada de luz según el grado de apertura. Los valores son los siguientes: f 16, f 11, f 8, f 5.6, f 4, f 2.8, f 1.9.

El resto de parámetros tales como la ganancia (manual o automática), el factor de corrección gamma, el tipo de acumulación y el sistema de escaneado quedarán definidos por la tipología de la medición. Serán configurados para imágenes estáticas.

Así, el objetivo es llegar a una expresión del tipo:

$$L = f(Ng, T, f) \quad \text{Ec. 4.1}$$

4.3 Desarrollo experimental

En este apartado se describen los experimentos necesarios para llegar a conseguir una relación entre el valor de la luminancia y los parámetros mencionados anteriormente.

Para ello deben obtenerse un gran número de fotografías digitales variando los diferentes parámetros de que disponemos:

- Tiempo de exposición
- Apertura del objetivo
- Luminancia

El tiempo de exposición y la apertura del objetivo pueden modificarse directamente actuando sobre la cámara.

Para tratar la luminancia, es importante obtener un campo de luminancias constante para obtener una distribución de niveles de gris sobre la foto sea lo más uniforme posible. Para ello se ha diseñado un dispositivo que permitirá variar el campo de luminancias sobre la escena a fotografiar.

Se ha construido un recinto paralelepípedo recubierto interiormente con una pintura blanca, de tal forma que la reflexión interior sea lo más difusa posible.

En un extremo de la caja se ha dispuesto una lámpara de incandescencia de 100 W de tal forma que con un potenciómetro exterior pueda ajustarse a diferentes niveles de potencia. En la parte superior de la caja se ha dispuesto un abertura de tal forma que puedan introducirse los patrones a fotografiar.

En la cara opuesta a la que soporta la lámpara se ha realizado una apertura cuadrada de 10x10 cm, de tal forma que este será el área a fotografiar.

Para evitar la influencia de luz exterior, se ha dispuesto un túnel de 1,3 m de longitud y de 20x26.5 cm de sección pintado interiormente de negro mate para evitar la que reflexión de la luz distorsione la medida.

Las figuras 10 y 11 muestran un esquema del montaje diseñado para la calibración del sistema.

Por otro lado se ha dispuesto de 4 niveles de potencia para aumentar el número de muestras y reducir de esta manera el error.

Por último, para conocer la luminancia de la muestra iluminada se empleará un luminancímetro serie L1000 de la casa LMT.

Para obtener un rango elevado de luminancias se ha optado por seleccionar como patrones secciones rectangulares de cartulina de diversos

colores y degradados. Los colores empleados son los siguientes:

- Blanco
- Gris 1
- Gris 2
- Gris 3
- Negro
- Violeta
- Azul oscuro
- Azul claro
- Verde
- Amarillo
- Naranja
- Rojo

Los patrones empleados son cartulinas debido a la opacidad que tienen y a la buena uniformidad de luminancias que presentan al ser iluminadas. Se han seleccionado unos colores tal que abarcan en prácticamente todo el espectro visible.

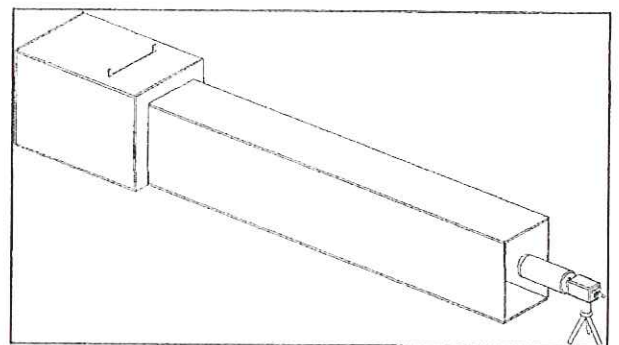


Fig. 10 - Esquema del montaje para la calibración del sistema

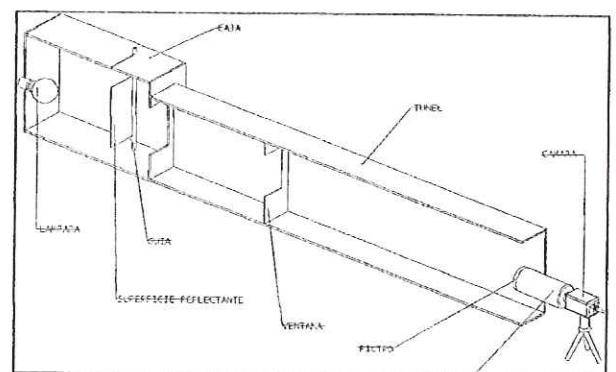


Fig. 11 - Sección detallada del sistema

Una vez configurados todos los parámetros posibles, resultan una cantidad de muestras de 2688 fotografías diferentes, de las cuales únicamente se seleccionarán las que tengan una luminancia superior a 3 cd/m², pues es el valor umbral a partir del cual se considera la visión fotópica.

4.4 Obtención de los resultados

Una vez configurados y dispuestos todos los dispositivos para la captación de imágenes, puede procederse a la obtención de las fotografías y a las medidas de luminancia. Para tomar un valor medio, se procederá a tomar cuatro valores de luminancia de cada configuración y trabajar con la media.

El mecanismo de disparo se realiza con el programa de gestión de la tarjeta (Matrox Intellicam), que al mismo tiempo permite visualizar la imagen en el monitor. La dimensión elegida para el tamaño de las imágenes será de 250x250 píxeles, ya que no se cree necesario almacenar la fotografía completa debido a la alta uniformidad que se presentará. De lo contrario, el espacio en disco duro necesario sería exagerado y poco operativo.

El formato en el cual se almacena la imagen es formato TIFF sin compresión, en el cual no hay pérdida de información, el cual posteriormente puede ser transformado a otros formato (BMP) de tal forma que sean fácilmente analizables.

Una vez realizada y almacenada la imagen, se procederá a tomar las cuatro medidas de luminancia para garantizar las mismas condiciones.

Para evitar la posible influencia del ruido, se tomarán también fotografías con el objetivo tapado y se analizarán para comprobar su influencia. En principio, las características de la máquina indican que el ruido es totalmente despreciable.

Para la presentación de los resultados se ha elaborado una ficha para cada nivel de potencia empleado y cada color patrón utilizado. En esta ficha se almacenarán los valores de gris medios de la foto así como su desviación tipo.

4.5 Análisis de los resultados

En este punto, una vez tabulados y verificados todos los resultados obtenidos, se procederá a un análisis estadístico para tratar de relacionar los parámetros que intervienen en la calibración del sistema.

En primer lugar, debe darse un rango de valores a cada uno de los parámetros que intervienen:

Luminancia

Como se ha comentado anteriormente, se considerarán válidos valores de Luminancia superiores a 3 cd/m² pues es alrededor de este valor donde puede considerarse la visión fotópica. Por otro lado, con las mediciones realizadas, la luminancia máxima alcanzada se sitúa entorno a las 1200 cd/m². Así pues, se considerará este como el rango de valores válidos para la aplicación del experimento. Es un rango suficientemente amplio para las posteriores aplicaciones del sistema.

Nivel de Gris

Las primeras mediciones realizadas han sido para determinar el ruido del sistema. Como se mencionó anteriormente, fueron mediciones con el objetivo totalmente tapado. En estas condiciones, el valor del nivel de gris obtenido está entorno a 15 (se recuerda que el rango de valores oscila entre 0 y 255). Por otro lado, se considera que como el máximo valor es de 255, si un pixel llegar a obtener ese valor indica que la imagen está saturada, es decir, que los píxeles con ese valor pueden tener ese valor o un valor superior. Se considerará un valor no válido. Así pues, el rango de valores de nivel de gris útil para el experimento será de 15 a 254.

Tiempo de exposición

El tiempo de exposición es un parámetro discreto, se dispone únicamente de los valores predeterminados por la cámara, con lo cual se considerarán válidos todos ellos.

Apertura del diafragma

Al igual que ocurre con el tiempo de exposición, este valor adopta valores predeterminados, por lo que también se considerarán útiles todos los valores.

Ganancia

La ganancia es un parámetro no controlable. Existen dos opciones: Dejarla en una posición fija o permitir que la cámara autorregule este

parámetro. Para esta primera toma de datos se ha optado por dejarla en una posición fija.

Los parámetros de tiempo de exposición y apertura del diafragma tiene utilidad en el sentido de que evitan la saturación del sensor. A menor tiempo de exposición, menor entrada de luz y viceversa. Con la apertura del diafragma ocurre lo mismo: A mayor apertura del diafragma, mayor entrada de luz.

Para tratar de averiguar las diferentes relaciones entre los parámetros se han graficado los resultados de forma que se pueda intuir algún tipo de relación entre los parámetros que intervienen.

Como se ha comentado anteriormente, los parámetros de apertura del diafragma y de tiempo de exposición evolucionan de una forma discreta, es por ello que las gráficas que se estudiarán serán del tipo L-Ng, (T cte y f cte), así se obtendrán una serie de relaciones según el tiempo de exposición y la apertura del objetivo.

La expresión que se espera obtener es la ecuación de una recta:

$$L = a * Ng + b \quad \text{Ec 4.2}$$

Así pues, esperan obtenerse tantas ecuaciones como combinaciones de Tiempos de exposición y apertura del objetivo. Dado que existen 8 valores de T y 7 valores de f, en total se obtendrán 56 ecuaciones diferentes.

Todas estas ecuaciones serán implementadas en un programa informático, el cual se encargará de seleccionar la ecuación en función de los parámetros de entrada.

4.6 Evaluación del error del sistema

Una vez realizado todo el análisis estadístico se procederá a evaluar el error del sistema en la toma de medidas. Se considerará adecuado un error entorno al 1%.

5 APLICACIÓN DIRECTA DEL SISTEMA

Las aplicaciones a que se han destinado los sistemas de este tipo han sido básicamente la medida de luminancias. El hecho de que se

pueda obtener la luminancia de una escena simplifica enormemente el análisis visual de dicho entorno.

El objetivo de este estudio consiste en llegar a convertir este sistema en un artefacto capaz de determinar la fotometría de una luminaria. Si se analiza el comportamiento de un fotogoniómetro, se observa que es análogo al comportamiento de un luminancímetro, únicamente puede obtenerse la medida de un punto en cada toma de datos. Al aplicar el sistema basado en cámaras digitales, puede llegar a simplificar enormemente el trabajo pues en cada medida se obtiene una cantidad de datos muy superior a los sistemas actuales.

Por otro lado, al poder obtener muchas más medidas, el error cometido se reducirá. Para que los sistemas actuales lleguen a tener una precisión como la que se espera del nuevo sistema, los tiempos de medida se dispararían, llegando a hacer inviables estos aparatos.

Otro de los aspectos en que se mejoraría es en la preparación del sistema. En los fotogoniómetros actuales los tiempos de preparación son casi mayores que los tiempos de toma de datos, pues el correcto centrado de la luminaria es importantísimo, ya que en caso contrario la medida se deforma, dejando de ser válida.

5.1 Descripción del sistema

Los sistemas actuales realizan la toma de datos de una forma directa, es decir, toman la medida directamente resultante de la fuente de luz. El sistema propuesto analizaría el resultado de la reflexión en una superficie plana. Para poder llegar a obtener el valor de la intensidad luminosa, es requisito indispensable que esta superficie sea difusora perfecta (Lambertiana). Para conseguirlo se pintará de un color blanco espectralmente neutro.

Los resultados que se podrían obtener serían:

- Distribución de luminancias (cd/m²)
- Distribución de iluminancias (lux)
- Sólido fotométrico (cd)
- Rendimiento de la luminaria
- Flujos lumínicos superior e inferior

Todos estos valores vendrían determinados a partir de la medida de la luminancia.

Conocido el valor de la luminancia, si la superficie donde se mide es difusora perfecta, se cumple la ley de Lambert:

$$L = \frac{I}{S} = \frac{\rho \cdot \Phi}{\pi \cdot S} = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \quad \text{Ec 5.1}$$

donde

- L : Luminancia medida (cd/m²).
- I : Intensidad luminosa recibida (cd).
- S : Superficie de medida (m²)
- Φ: Flujo recibido por la superficie (lm)
- ρ : Factor de reflexión de la superficie
- E : Iluminancia (lux)

De esta ecuación se deduce la Iluminancia:

$$E = \frac{\pi \cdot L}{\rho} \quad \text{Ec. 5.2}$$

Así pues, conocida la iluminancia y la posición relativa de la luminaria, siguiendo la ley del coseno del ángulo de incidencia, puede llegarse a obtener la intensidad luminosa en una dirección.

$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \alpha \quad \text{Ec. 5.3}$$

Así pues, puede obtenerse la intensidad luminosa que llega a un determinado punto proveniente de la luminaria.

La superficie de medida (S) es la equivalente a la proyección de un pixel sobre el plano de medida, la cual dependerá de la distancia a la que se coloque la cámara digital y de la resolución empleada en la cámara.

El número de medidas dependerá de la relación entre el tamaño de la luminaria y la distancia al plano, ya que para considerarse un emisor puntual esta relación debe ser superior a 10.

Otro de los aspectos a tener en cuenta es el tipo de emisión de la luminaria, si esta es directa o si es directa-indirecta, el número de medidas cambia. Es por ello que deberá dotarse al sistema de un mecanismo que permita rotar la luminaria de forma que se consiga cubrir todas las direcciones de emisión. Otro de los aspectos que se deben destacar es el entorno en que irá ubicado el sistema. Es necesario garantizar que

no habrá influencia de las medidas indirectas producto de las reflexiones. El habitáculo donde vaya integrado el sistema de medida deberá estar pintado de un color negro mate, incluso con cortinas negras, de tal forma que se elimine las emisiones indirectas.

5.2 Limitaciones

El presente proyecto tiene por objetivo demostrar la posibilidad de emplear las cámaras CCD para la elaboración de las características fotométricas de un aparato de alumbrado.

Por cuestiones de falta de espacio y de presupuesto., este proyecto se limitará a fuentes de luz de reducido tamaño, de tal forma que pueda construirse el artefacto.

Carlos SIERRA GARRIGA

Estudios Luminotécnicos – Dpto. Proyectos de Ingeniería – UPC, Barcelona, España

Fax: +34.93.334 02 55

E-mail: sierra@pe.upc.es

APLICAȚII LUMINOTEHNICE ALE CAMERELOR DE LUAT VEDERI DIGITALE

1 Obiective

Obiectivul principal al acestui studiu este proiectarea unui sistem de măsură a mărimilor luminotehnice bazat pe tehnologia CCD (Charge Completed Device).

Când se vorbește despre mărimi luminotehnice, cea mai importantă dintre acestea este luminanța deoarece aceasta aproximează cel mai bine procesul de vedere. Acesta este motivul pentru care, pe baza diverselor aplicații anterioare și a experimentărilor realizate, sistemul propus va fi utilizat pentru măsurarea luminanțelor.

Acest sistem trebuie să permită simplificarea procesului de măsurare față de sistemele convenționale care se caracterizează prin pregătiri și ajustări destul de laborioase. Rezultă că primul obiectiv al acestui studiu este alegerea diverselor componente care vor face parte din sistemul de achiziție.

Odată configurat sistemul și identificați parametrii care leagă luminanța măsurată de

sistemul de achiziție, sistemul de măsură va putea fi utilizat ca luminanțmetru; diferența constă în faptul că luminanțmetrele utilizate în prezent pot determina luminanța unei arii foarte mici și nu pe cea a unei imagini complete (fotografie digitală) așa cum va fi cazul sistemului proiectat.

Cunoscându-se relațiile dintre diferitele mărimi luminotehnice, se vor putea deduce și alte mărimi precum iluminarea, fluxul luminos și intensitatea luminoasă.

După definirea și configurarea sistemului de măsură, pasul următor va consta în aplicarea sa în analiza distribuției intensității luminoase la corpurile de iluminat; se va putea obține corpul fotometric al acestora și se va permite o cunoaștere mai rapidă a comportamentului unui corp de iluminat.

2 Antecedente

Principalul aparat de măsură a mărimii luminanțelor este ochiul; metoda se numește fotometrie vizuală și se realizează prin comparare. Într-adevăr, ochiul acționează ca un organ comparator între diferite niveluri de luminanță, este capabil să detecteze dacă un obiect este mai strălucitor decât altul, dar nu este capabil să evalueze în ce măsură. Ochiul nu este capabil să evalueze cantitativ nivelul de luminanță al unui obiect. Numai în momentul descoperirii unor sisteme sensibile la lumină (celulele fotoelectrice) s-a putut da o valoare mărimii luminotehnice măsurate. Acesta este cazul luxmetrelor, luminanțmetrelor și a altor dispozitive capabile să transforme un semnal luminos în unul electric.

Aceste dispozitive conțin o celulă fotoelectrică a cărei sensibilitate este aceeași cu sensibilitatea spectrală a ochiului (curba CIE).

Faptul de a putea da o valoare diferitelor mărimi a reprezentat un mare avantaj deoarece a permis să se evalueze prestațiile vizuale ale unui mediu sau comportamentul corpurilor de iluminat. Inconvenientul acestor sisteme constă în faptul că măsurătorile trebuie realizate punct cu punct, consumându-se o mare cantitate de timp pentru luarea datelor aceluși mediu. Cu tehnologia CCD se poate realiza o fotografiere digitală a mediului din care, cu o singură achiziție de date, se poate obține o mare cantitate de informație, căci senzorul CCD încorporat are o rezoluție de până la 752x582 pixeli.

3 Descrierea sistemului

Așa cum s-a menționat anterior, unul din obiectivele proiectului constă în utilizarea sistemului proiectat ca luminanțmetru. Aceasta presupune că răspunsul spectral al sistemului să fie cât mai apropiat posibil de curba de sensibilitate a ochiului, așa cum se arată în figura 1. Pentru a se obține un astfel de răspuns al sistemului trebuie să se interconecteze o serie de dispozitive care vor fi descrise în continuare.

3.1 Camera digitală

Camera digitală - figura 2 - conține senzorul CCD a cărui funcție este de a transforma radiațiile electromagnetice în impulsuri electrice. Camera utilizată este producție JAI, model CV-M50 ½. Este o cameră CCD monocromă (8 biți) proiectată pentru aplicații de sensibilitate industrială. Această cameră are două moduri de lucru: CIA și modul standard de televiziune CCIR. S-a selecționat acest ultim mod de funcționare datorită faptului că oferă informații îmbunătățite. În acest mod de funcționare, matricea de pixeli este de 752 H x 582 V, rezultând o arie sensibilă de aproximativ 440.000 pixeli.

Caracteristicile principale ale acestui dispozitiv sunt următoarele:

- **Shutter** - controlează timpul de expunere al senzorului CCD. Valorile care pot fi alese sunt: 1/50, 1/100, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/4500 și 1/10.000 sec. Configurarea acestui parametru se face prin intermediul unor microîntreruptoare instalate pe cameră.

- **CCD Accumulation** - este modul de acumulare al dispozitivului existând două moduri diferite:

- **Field Accumulation** - este util pentru a filma obiecte în mișcare;

- **Frame Accumulation** - este mai eficient pentru imagini statice; măsurătorile care se vor realiza vor fi în întregime statice, deci se va utiliza "Frame Accumulation".

- **Scanning System** - se utilizează pentru a alege sistemul de scanare (zoom) între:

- **Întreșesut** pentru imagini;

- **2:1 Întreșesut** pentru imagini statice; în cazul analizat se va utiliza modul 2:1 Întreșesut deoarece permite să se opereze în acord cu sistemele standard de TV, EIA sau CCIR.

- **Gamma Correction** - factorul de compensare gamma are două valori:

- 0,45 corecție;

- 1,0 liniar; trebuie utilizată poziția 1,0 liniar care este recomandată pentru aplicații de procesare a imaginilor sau de vizare directă.

- **Auto Gain Control** - corespunde formei de a modifica câștigul care poate fi manuală sau automată. În poziția Auto, acest parametru se ajustează într-o manieră autonomă în funcție de caracteristicile imaginii. Pe de altă parte, controlul manual permite un câștig constant, independent de tipul imaginii.

3.2 Senzorul CCD

Senzorul CCD are rolul de a transforma radiațiile electromagnetice incidente în impulsuri electrice. Senzorul care echipează camera aleasă este produs de Sony și este model ICX039DLA. Este un senzor de tip interlinie adecvat pentru o cameră cu un sistem optic de 1/2" în alb-negru care să lucreze cu sistemul CCIR. Are o mare sensibilitate și zgomot scăzut datorită elementelor sensibile HAD care formează acest senzor.

Foarte importantă este sensibilitatea spectrală a senzorului. Pentru a putea trata sistemul ca un "ochi artificial" este imperios necesar ca sensibilitatea sa spectrală să fie cât mai apropiată de curba sensibilității spectrale a ochiului. Curba de sensibilitate a senzorului utilizat este dată în graficul din figura 3. Cum se va observa în continuare această curbă nu este identică cu cea a ochiului. Din această cauză, sistemului trebuie să i se adauge un ansamblu de elemente optice.

3.3 Filtru $V(\lambda)$

Pentru a ajusta curba senzorului CCD la curba de sensibilitate a ochiului, aceasta se corectează prin interpretarea unui filtru care limitează radiația primită de senzor. Trebuie utilizat un filtru trece-bandă care să aproximeze la maximum spectrul vizibil; spectrul transmis de filtru este exprimat prin curba arătată în figura 4.

Filtrele trece bandă sunt unul din mecanismele cele mai simple și mai economice pentru transmiterea unei benzi de lumină bine definită eliminându-se astfel restul de radiație nedorită. S-a utilizat un filtru trece-bandă de producție ANDOVER, model 550FS80-50.

Punctul de transmitanță maximă se găsește la lungimea de undă de 550 nm și are valoarea de 70%.

Obiectivul va controla focalizarea și zoom-ul sistemului și va regla cantitatea de lumină prin controlul deschiderii diafragmei. Obiectivul utilizat este Canon, model V6X16-19 MACRO. Valorile diafragmei acestui obiectiv sunt standard și au valorile f16, f11, f8, f5.6, f4, f2.8, f1.9.

3.4 Placa video

Placa video este un dispozitiv care se montează într-un calculator și are rolul de a transmite calculatorului imaginile înregistrate de cameră. Ca urmare, împreună cu un software corespunzător, se obține imaginea percepută de senzor. Placa utilizată este "Matrox Meter" care este un dispozitiv PCI captator de imagini. Ea este capabilă de a primi semnale video de la sistemele standard menționate anterior.

Software-ul utilizat este cel existent pe placă, "Matrox Intellicam", dezvoltat sub MS Windows și care permite atât o legătură rapidă și comodă cu camera cât și o configurare rapidă a plăcii video.

4 Calibrarea sistemului

4.1 Analiza teoretică a sistemului

Odată definite toate componentele, ideea este ca sistemul să se comporte ca un "ochi artificial", adică să urmărească curba de sensibilitate spectrală publicată de CIE. În figura 5 se poate observa care este comportamentul, în funcție de lungimea de undă a spectrului electromagnetic. Curba (1) reprezintă vederea fotopică, care este activă începând de la o luminanță de aproximativ 3 cd/m^2 , în timp ce sub 1 cd/m^2 se întâlnește curba (2) – vederea scotopică. În intervalul dintre aceste valori, ochiul se comportă foarte variabil, manifestare cunoscută ca vedere mesopică.

Actualul studiu se va concentra asupra vederii fotopice deoarece aceasta este mai relevantă.

Cum se poate observa în figura 6, curba sensibilității senzorului diferă de cea a ochiului, fapt care face necesară prezența filtrelor optice; acestea vor realiza o apropiere cât mai bună a celor două curbe. Pentru a corecta efectul amintit s-a optat pentru interpunerea unui filtru $V(\lambda)$ care urmărește aproximativ curba de

sensibilitate a ochiului, deși cu un anumit factor de absorbție, așa cum se arată în figura 7. Prin urmare, prin intercalarea filtrului amintit se obține curba finală de sensibilitate a sistemului prezentată în figura 8. Se observă o discrepanță între cele două curbe, nu atât ca formă ci ca mărime. Dacă se multiplică curba sistemului cu o constantă, rezultatul final este cel prezentat în figura 9. După cum se poate observa, curbele sunt foarte apropiate și analizând numai date tehnice, utilizarea acestor senzori pentru măsurători luminotehnice este posibilă.

4.2 Parametrii sistemului

Analiza parametrilor asupra cărora se poate acționa pentru configurarea sistemului:

Nivel de gri (N_g). Parametrul care trebuie măsurat este luminanța unei scene, însă, ca rezultat final se obține o fotografie digitală, în formă de niveluri de gri, unde fiecare pixel poate avea un nivel de gri între 0 și 255. Este important de evidențiat conceptul de saturare a CCD. Dacă un pixel are valoarea de 255 el indică faptul că senzorul s-a saturat, ceea ce presupune o pierdere de informație. Acesta este motivul pentru care se va lua ca interval valid al Nivelului de gri domeniul $[0...254]$.

Timpul de expunere (T). Timpul de expunere (shutter) este un alt parametru care trebuie analizat, deoarece, cu cât este mai mare timpul de expunere, cu atât cantitatea de radiații primită de senzor va fi mai mare.

Așa cum s-a amintit anterior, valorile posibile care pot fi adoptate sunt 1/50, 1/100, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/4500 și 1/10.000 sec

Apertura diafragmei (f). Diafragma obiectului va regla intrarea luminii corespunzător gradului de deschidere. Valorile sunt următoarele: f16, f11, f8, f5.6, f4, f2.8, f1.9.

Restul parametrilor, precum câștigul (fixat manual sau automat), factorul de corecție gamma, tipul de acumulare și sistemul de scanare vor trebui definiți în funcție de tipul măsurării. Configurarea se va face pentru imagini statice. Ca urmare, obiectivul poate fi exprimat ca o relație de forma: $L = f(N_g, T, f)$ - (4.1).

4.3 Realizări experimentale

În acest paragraf vor fi descrise experimentările necesare pentru obținerea unei

relații între valoarea luminanței și parametrii menționați anterior.

Pentru aceasta este necesar să se obțină un număr mare de fotografii digitale variindu-se diferiți parametri: - timpul de expunere; - deschiderea obiectivului; - luminanța.

Timpul de expunere și apertura obiectivului se pot regla acționând direct asupra camerei.

Pentru a modifica luminanța este important să se obțină un câmp cu luminanța constantă pentru ca distribuția nivelurilor de gri pe fotografie să fie cât mai uniformă posibil. Pentru aceasta s-a proiectat un dispozitiv care permite modificarea câmpului de luminanțe a scenei care se fotografiază.

S-a construit o incintă paralelipipedică acoperită pe perețele interior de o vopsea albă astfel încât reflexia internă să fie cât mai difuză. La o extremitate a cutiei s-a dispus o lampă cu incandescență de 100 W, tensiunea de alimentare putând fi modificată cu un potențiomtru extern. În partea superioară a cutiei s-a realizat o deschidere prin care se pot introduce modelele care trebuie fotografiate. Pe partea opusă celei pe care se găsește lampa s-a practicat o deschizătură pătratică de 10x10 cm, reprezentând aria care va fi fotografiată. Pentru a elimina influența luminii externe s-a prevăzut un tunel cu o lungime de 1,3 m și secțiune 20x26,5 cm pictată pe interior cu vopsea negru mat pentru a evita ca reflexia luminii să distorsioneze măsurătorile.

Figurile 10 și 11 indică schema montajului proiectat pentru calibrarea sistemului, respectiv secțiune de detaliu prin sistem

Pe de altă parte s-au utilizat patru niveluri de putere a lămpii pentru a mări numărul mostrelor și a reduce în acest fel erorile.

În sfârșit, pentru a cunoaște luminanța mostrei iluminate s-a folosit un luminanțmetru seria L1000 produs de LMT.

Pentru a obține o ierarhizare precisă a luminanțelor s-au utilizat ca modele forme rectangulare din hârtie divers colorate și în diferite nuanțe. Culorile utilizate sunt:

Alb	Negru	Verde
Gri 1	Violet	Galben
Gri 2	Albastru închis	Portocaliu
Gri 3	Albastru deschis	Roșu

Modelele utilizate trebuie să fie opace și să aibă o luminanță uniformă. Culorile alese asigură practic cuprinderea întregului spectru vizibil.

După configurarea tuturor parametrilor posibili au rezultat 2688 fotografii diferite dintre care s-au selecționat numai cele corespunzătoare unei luminanțe mai mari de 3 cd/m^2 deoarece aceasta este valoarea de la care se consideră vederea fotică.

4.4 Obținerea rezultatelor

Odată ce toate dispozitivele pentru captarea imaginilor au fost configurate și amplasate se poate trece la realizarea fotografiilor și la măsurarea luminanțelor. Pentru a obține o valoare medie se vor considera patru valori ale luminanței pentru fiecare configurație și se va lucra cu valoarea medie.

Declanșarea camerei va fi comandată de programul software al plăci video (Matrox Intellicam) care în același timp, permite vizualizarea imaginii pe monitor. Dimensiunea aleasă pentru imagine este de 250×250 pixeli și se consideră că nu este necesară păstrarea fotografiei complete datorită uniformității ridicate pe care aceasta o prezintă. În caz cotrar, spațiul ocupat pe hard-disk ar fi exagerat iar sistemul puțin operativ.

Formatul în care se memorează imaginile este formatul TIFF necompactat care evită pierderea de informație și care poate fi ulterior transformat în alte formate (BMP) în scopul unei analize mai facile.

Odată ce imaginea este realiată și memorată, se vor lua cele patru măsurători de luminanță pentru a asigura aceleași condiții.

Pentru a evita posibila influență a zgomotelor, se vor realiza și fotografii cu obiectivul acoperit și se vor face analize asupra influenței acestora. În principiu, caracteristicile echipamentelor utilizate indică că influența zgomotului este total neglijabilă. S-a elaborat o fișă conținând rezultatele obținute pentru fiecare nivel de putere a lămpii și fiecare culoare a modelelor utilizate. În această fișă se vor înregistra valorile medii de gri ale fotografiilor precum și abaterile tipice constatate.

4.5 Analiza rezultatelor

În acest punct, rezultatele obținute fiind tabelate și verificate, se va proceda la o analiză

statistică pentru găsirea unei relații între parametrii care intervin la calibrarea sistemului. În primul rând fiecărui parametru trebuie să i se asocieze un domeniu posibil de valori.

Luminanța. Așa cum s-a menționat anterior, se vor considera numai valorile mai mari de 3 cd/m^2 deoarece numai peste această valoare se poate vorbi de vedere fotică. Pe de altă parte, în măsurătorile realizate, luminanța maximă obținută a fost de aproximativ 1200 cd/m^2 . Prin urmare, acest interval va fi considerat ca domeniu de valori valide pentru aplicațiile experimentale; el este suficient de larg pentru aplicațiile ulterioare ale sistemului.

Nivelul de gri. Primele măsurători realizate au fost utilizate pentru a determina zgomotul sistemului și s-a specificat mai sus că ele au fost efectuate cu obiectivul acoperit în totalitate. În aceste condiții, valoarea nivelului de gri a fost de circa 15 (se amintește că domeniul posibil variază între 0 și 255). Pe de altă parte, se consideră că valoarea maximă este 255 și dacă un pixel atinge această valoare înseamnă că imaginea este saturată, adică pentru pixelii respectivi valoarea nivelului de gri ar putea fi chiar mai ridicată. Ca urmare, valoarea nu va fi validă; în concluzie, domeniul de valori pentru nivelul de gri acceptat în experimente va fi de la 15 la 254.

Timpul de expunere. Timpul de expunere este un parametru discret, fiind disponibile numai valorile predeterminate pe camera digitală; toate aceste valori sunt considerate valide.

Deschiderea diafragmei. Ca și în cazul anterior, toate valorile caracteristice camerei vor fi considerate valide.

Câștigul. Câștigul este un parametru incontrollabil. Există două opțiuni: impunerea unei valori fixe sau posibilitatea autoreglării libere a camerei. Pentru primele cercetări experimentale s-a optat pentru o valoare fixă (impusă).

Timpul de expunere și apertura diafragmei sunt utili în sensul că pot evita saturarea senzorului. Cu cât timpul de expunere este mai mic, cu atât se micșorează cantitatea de lumină primită de senzor și invers. Cu apertura diafragmei se întâmplă același lucru: odată cu mărirea deschiderii crește cantitatea de lumină.

Pentru a verifica diferitele relații între parametri, rezultatele au fost prezentate grafic

în scopul intuirii oricărui tip de relație între parametrii care intervin.

După cum s-a comentat anterior, apertura diafragmei și timpul de expunere iau valori discrete, așa că graficele obținute sunt de tipul L-Ng ($T=\text{const.}$ și $f=\text{const.}$), iar relațiile deduse depind de valoarea timpului de expunere și a aperturii diafragmei.

Expresia care se speră să fie obținută este de forma $L=aNg+b$ - (4.2), adică ecuația unei drepte. Desigur se așteaptă să fie obținute atâtea relații câte combinații ale timpului de expunere și aperturii există. Ținând cont că T are 8 valori iar f are 7, se vor obține 56 de ecuații distincte. Toate aceste ecuații vor fi introduse într-un program de calcul care va selecționa ecuația corectă în funcție de valorile de intrare ale parametrilor.

4.6 Evaluarea erorilor sistemului

Odată realizată analiza statistică, se va proceda la evaluarea erorii sistemului în achiziția de date. Se consideră adecvat un nivel de eroare de circa 1 %.

5 Aplicarea directă a sistemului

Aplicațiile unui sistem de acest tip sunt în principal măsurătorile luminanțelor. Posibilitatea obținerii valorii luminanțelor unei scene simplifică enorm analiza vizuală a mediului respectiv.

Obiectivul acestui studiu constă în transformarea sistemului propus într-un dispozitiv capabil să determine fotometria unui corp de iluminat. Dacă se analizează comportarea unui fotogoniometru se observă că acesta este similar unui luminațmetru, putându-se determina caracteristicile unui singur punct pentru fiecare achiziție de date. Prin aplicarea unui sistem bazat pe camere digitale, activitatea poate fi simplificată foarte mult deoarece la fiecare măsurătoare se obține o cantitate de date mult superioară celei furnizate de sistemele actuale.

Pe de altă parte, putându-se efectua mult mai multe măsurători, vor fi reduse erorile comise. Pentru ca echipamentele actuale să atingă precizia care se așteaptă de la noile sisteme, timpul de măsură va crește enorm astfel încât utilizarea lor va deveni imposibilă.

Alte aspecte care se vor îmbunătăți sunt legate de pregătirea sistemului. La fotogonio-

metrele actuale, timpii de pregătire sunt în general mai mari decât timpii de măsurare efectivă; în plus, corecta centrare a corpului de iluminat este foarte importantă, în caz contrar obținându-se rezultate eronate.

5.1 Descrierea sistemului

Sistemele actuale realizează o achiziție de date într-o formă directă, adică măsoară parametrii luminii emise de sursă. Sistemul propus va analiza rezultatul reflexiei pe o suprafață plană. Pentru a se putea măsura intensitatea luminoasă se impune ca această suprafață să fie perfect difuzantă. Această cerință se realizează prin vopsirea suprafeței cu o culoare albă (neutră spectral).

Se vor putea determina următoarele:

- distribuția luminanțelor (cd/m^2);
- distribuția iluminărilor (lux);
- corpul fotometric (cd);
- randamentul corpului de iluminat;
- fluxul luminos (lm).

Toate aceste mărimi vor fi determinate plecându-se de la măsurarea luminanței.

Cunoscându-se valoarea luminanței, dacă suprafața unde se măsoară este perfect difuzantă, este satisfăcută legea lui Lambert $L=I/S=\rho\Phi/\pi S=\rho E/\pi$ - (5.1), unde L este luminanța măsurată (cd/m^2); I – intensitatea luminoasă (cd); S – suprafața de măsură (m^2); Φ – fluxul luminos incident (lm); ρ – factorul de reflexie al suprafeței; E – iluminarea (lux).

Din ecuația (5.1) se poate obține iluminarea $E=\pi L/\rho$ - (5.2). În continuare, cunoscând iluminarea și poziția relativă a corpului de iluminat, în conformitate cu legea cosinusului unghiului de incidență, se obține intensitatea luminoasă într-o direcție dată $E=I \cdot \cos\varphi/d^2$ - (5.3).

Suprafața de măsură (S) este echivalentă proiecției unui pixel pe planul de măsură, aceasta depinzând de distanța la care se amplasează camera digitală și de rezoluția acesteia.

Numărul de măsurători va depinde de raportul dintre mărimea luminanței și distanța față de plan deoarece pentru a se putea considera o sursă punctiformă, acest raport trebuie să fie mai mare decât 10.

Alt aspect care trebuie luat în considerare este tipul distribuției fluxului luminos emis de corp: dacă este direct, mixt etc., numărul de măsurători se schimbă. Din

acest motiv, sistemul este prevăzut cu un mecanism care permite rotirea corpului de iluminat astfel încât să fie acoperite toate direcțiile de emisie.

Trebuie scoasă în evidență influența mediului în care va fi instalat sistemul: este necesar să se garanteze că nu vor exista influențe ale unor mărimi rezultate din reflexii. Incinta în care va fi integrat sistemul trebuie vopsită în negru mat și eventual, prevăzută cu cortine negre, astfel încât să fie evitate emisiile indirecte.

5.2. Limitări

Prezentul proiect vrea să demonstreze posibilitatea utilizării camerelor CCD pentru ridicarea caracteristicilor fotometrice ale unui corp de iluminat.

Din considerente de lipsă de spațiu și de buget, studiul va fi limitat la surse de lumină de dimensiuni reduse astfel încât să poată fi realizat un prototip.

Notă: Traducerea a fost realizată de Prof.dr.ing. Mircea CHINDRIȘ

ILUMINAT '99 CONFERINȚĂ NAȚIONALĂ ȘI EXPOZIȚIE

Camelia BURLACU
secretar CNRI

În perioada 25÷27 noiembrie 1999, s-a desfășurat în București, la Universitatea Tehnică de Construcții - Facultatea de Instalații, tradiționala *conferință națională și expoziție ILUMINAT '99*, organizată de COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN DE ILUMINAT (CNRI) și Catedra de Luminotehnică și Instalații Electrice.

ILUMINAT '99 a cuprins următoarele manifestări:

- susținerea unor lucrări de specialitate în iluminat interior și exterior;
- prezentarea unor firme de echipamente pentru iluminat;
- vizitarea expoziției de surse de lumină, aparataj auxiliar (balasturi, ignitere, startere), corpuri de iluminat.

Au participat circa 95 de specialiști în domeniu de la universități, institute de proiectare, firme naționale și internaționale de echipamente pentru iluminat.

Lucrările conferinței au fost deschise de prof.dr.ing. Cornel BIANCHI, președintele CNRI, care a arătat că ILUMINAT '99 a fost cea de-a 49-a manifestare anuală de la înființarea CNRI și cea de-a 42-a de la aderarea CNRI la CIE (Comisia Internațională de Iluminat), desfășurându-se în conexiune cu aniversarea a 50 de ani de existență a învățământului superior de instalații în România.

Le-au fost adresate mulțumiri membrilor asociați ai CNRI care au sprijinit realizarea manifestării ILUMINAT '99.

Pentru contribuții deosebite la dezvoltarea domeniului științei și tehnicii luminii și iluminatului, au fost acordate diplome de onoare următoarelor personalități:

- prof.dr.ing. Petre PĂTRUȚ, rectorul Universității Tehnice de Construcții București;

- prof.dr.ing. Ovidiu IANCULESCU, prorectorul Universității Tehnice de Construcții București;
- director dr.ing. Ladislau OBERST (ELBA Timișoara);
- prof.dr.ing. Nicolae MIRA, decanul Facultății de Instalații din cadrul Universității Tehnice de Construcții București;
- director Olivier NOUTEAU (PHILIPS LIGHTING România);
- director Ștefan POPESCU (OSRAM România);
- prof.dr.ing. Florin POP, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca.

De asemenea, au primit diplome pentru contribuții în domeniul științei și tehnicii luminii și iluminatului următorii:

- conf.dr.ing. Dan MOROLDO, șeful Catedrei de Luminotehnică și Instalații Electrice din cadrul Facultății de Instalații (Universitatea Tehnică de Construcții București);
- director Vlad LUCIAN (LUMITRONIC București);
- ș.l.dr.ing. Adriana GEORGESCU, Catedra de Luminotehnică și Instalații Electrice din cadrul Facultății de Instalații (Universitatea Tehnică de Construcții București);
- ing. Mihai HUSCH, secretar CNRI;
- dr.ing. Cristian ȘUVAGĂU, BChydro Canada;
- ș.l.dr.ing. Cătălin-Daniel GĂLĂȚEANU, Universitatea Tehnică „Gheorghe ASACHI” Iași.

Scurte alocuțiuni au fost ținute de acad. dr. ing. Gleb DRĂGAN și director Olivier NOUTEAU.

După prezentarea succintă a manifestărilor în domeniul luminii și iluminatului care au avut loc,

în țară și în străinătate, în anul 1999, conferința a continuat cu susținerea, în plen, a 24 de lucrări.

În prima parte a conferinței, moderatorii fiind prof.dr.ing. Niculae MIRA și prof.dr.ing. Florin POP, au fost prezentate 12 lucrări, care au tratat subiecte referitoare la următoarele aspecte: contribuția luminii naturale în interiorul clădirilor, proiectarea interactivă a reflectoarelor cu fațete, tratarea modernă a sistemelor de iluminat interior, „tuburile de lumină“, lămpile fluorescente compacte, iluminatului publicitar, controlul iluminatului, filtrele active de rețea pentru echipamente din instalațiile de iluminat.

Partea a doua a conferinței, moderatorii fiind prof.dr.ing. Cornel BIANCHI și conf.dr.ing. Dan MOROLDO, a cuprins prezentarea a altor 12 lucrări, care au vizat subiecte ca: iluminatul arhitectural, sisteme de iluminat destinate scenelor de teatru/operă, economia de energie în cadrul sistemelor de iluminat, factorul de luminanță pentru reflectorul corpurilor de iluminat, sistemul SEALSAVE, comanda și controlul reglajului nivelului de iluminare/luminanță, programul Lighting Systems Design, sistemul I-bus EIB, iluminatul spațiilor comerciale, măsurări spectro-reflectometrice.

A doua zi, înaintea deschiderii expoziției, a avut loc prezentarea următoarelor firme: PHILIPS LIGHTING România, ABB România, ELBA, ROMBAL, ABC Grup, ROMELEC, care sunt și Membrii Asociați ai CNRI.

În continuare a avut loc deschiderea expoziției, în cadrul căreia, pe o suprafață de circa 300 m², au fost prezentate produse de la următoarele firme asociate la CNRI: PHILIPS LIGHTING România, OSRAM România, ELBA, ABB România, ABC Grup, ROMBAL, KGK CONSIMPEX, GENERAL ELECTRIC LIGHTING, ROMELEC, Editura MATRIX-ROM, expoziția fiind vizitată de participanții la conferință, precum și de alte persoane interesate de domeniu.

Cu prilejul manifestării ILUMINAT '99, s-a întrunit, respectând prevederile Statutului CNRI, Adunarea Generală, care a ales și noua conducere (Biroul de Administrație) prezentată anexat, prof.dr.ing. Cornel BIANCHI fiind reales, pentru un mandat de patru ani, președintele CNRI.

Se poate afirma că ILUMINAT '99 a constituit un bun prilej pentru schimbul de informații în domeniul luminii și iluminatului, prin racordarea la cele mai noi idei în concepția sistemelor de iluminat pe baza echipamentelor performante.

Camelia BURLACU, inginer principal specialist
S.C. ELECTRICA S.A. București
Str. Grigore Alexandrescu nr.9 sector 1 cod 71104
București
Telefon: 01. 2300700 int.3110
Fax: 01. 2312662
E-mail: cameliaburlacu@yahoo.com



COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN DE ILUMINAT(CNRI)

Biroul de Administrație

- Președinte:** *prof.dr.ing. Cornel BIANCHI*
- Vicepreședinte 1 (Colaborare permanentă la acțiunile CNRI):**
prof.dr.ing. Nicolae MIRA
- Vicepreședinte 2 (Publicații noi, Dezvoltarea activității locale a CNRI):**
prof.dr.ing. Florin POP
- Vicepreședinte 3 (Conexiuni interne ale CNRI):**
conf.dr.ing. Dan MOROLDO
- Vicepreședinte 4 (Partea electrică a sistemelor de iluminat):**
ing. Mariana AUGUSTIN
- Director executiv (Organizarea conferințelor și expozițiilor):**
ing. Ioan PĂUȚ
- Secretar executiv (Organizarea conferințelor și expozițiilor, Conexiuni curente, Programe ș.a.):**
ing. Mihai HUSCH
- Secretar (Conexiuni externe, apariția Buletinului informativ al CNRI ș.a.):**
ing. Camelia BURLACU
- Director economic:**
ec. Mircea ȘUVAGĂU
- Director al Diviziei 1 (Vedere și culoare):**
conf.dr.ing. Radu PÂRLOG-CRISTIAN
- Director al Diviziei 2 (Măsurări fizice ale luminii și radiațiilor):**
ing. Mihai SIMIONESCU
- Director al Diviziei 3 (Mediul interior și proiectarea iluminatului):**
prof.dr.ing. Nicolae MIRA
- Director al Diviziei 4 (Iluminat și semnalizare pentru transporturi):**
ing. Alexandru SERE
- Director al Diviziei 5 (Iluminat exterior și alte aplicații):**
conf.dr.ing. Dan MOROLDO
- Director al Diviziei 6 (Fotobiologie și fotochimie):**
ing. Georgeta RĂȘINĂ
- Director al Diviziei 7 (Aspecte generale ale iluminatului):**
prof.dr.ing. Florin POP
- Director al Diviziei 8 (Tehnologia imaginii):** *dr.ing. Virgil PETROVICI*
- Director adjunct:** *ș.l.dr.ing. Cătălin-Daniel GĂLĂȚEANU*
- Director al Diviziei 9 (Partea electrică a sistemelor de iluminat: rețeaua de distribuție și aparatajul conex pentru protecție, control, comandă manuală/automată):**
ing. Ernest NICA



EDITURA MEDIAMIRA
ISSN 1454-5837