

EFFECT OF DIMMING ON LAMP LIFE – RESULTS OF A LAMP LIFE TEST

Eino TETRI

Helsinki University of Technology

Abstract

A lamp life test was used to study the effect of dimming on lamp life and the lumen maintenance of fluorescent lamps. There were eight test groups and in each test group there were fifteen lamps. Lamps were burned undimmed or dimmed to 1%, 5% or 15% luminous flux level or dimmed dynamically. The static and dynamic dimming was simulating dimming according to daylight. The results show that with electronic ballasts, lamps will reach the nominal lamp life even if the lamps are dimmed according to daylight. Results show that neither the lamp nor the electronic ballast are obstacles for wider use of daylight with artificial lighting.

1 Introduction

The failure of fluorescent lamps is caused mainly by the loss of the electron emissive coating of the lamp electrodes, and the electrode temperature directly determines the rate of loss of this emissive coating [1]. Thus, the electrode temperature directly affects the lamp life [2]. The rate at which the emissive coating leaves the electrodes during starting and operation depends on many factors, including filling gas pressure, electrode characteristics, lamp operating current, waveshape of lamp current, direct-current operation, lamp operating voltage, surrounding air temperature, type of starter (quality of start), type of ballast, ballast/lamp combination and high frequency operation [3].

When a lamp is dimmed, the current through the lamp decreases and without any action taken, the cathode temperature decreases. The temperature in dimming use is maintained by an additional heating current through the cathode. The total current is the sum of the discharge current and heating current, Figure 1. The figure is only schematic, in practice the heating current can be conducted to the electrode through both wires. Additional heating current ensures good lamp life performance. If the cathode voltage is increased too much, it can cause increased end darkening. [1] [4] [5]

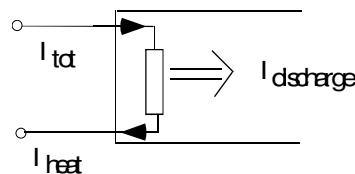


Figure 1 In dimming use the temperature of the cathode is maintained with the heating current I_{heat} .

The amount of daylight indoors is dependent on many variables. These are for instance the size and shape of the window, the point of compass and shape and surface reflectances of the room and external barriers shadowing the windows. The daylight coming inside is not directly proportional on the horizontal illuminance outside, but is dependent on the direction of the sun and the brightness of the sky. Also on cloudy days the daylight indoors can be high, if the luminance of the clouds, facing the windows, is high. On the contrary, a clear, blue sky can cause quite low daylight levels indoors.

Lighting constitutes from 20% to 60% of all electrical energy consumption in buildings. In Knight's measurements lighting annual power consumption decreased from 5.2 W/m^2 to 0.6 W/m^2 in a room not specifically designed for admittance of daylight. He used a photocell control of individual fluorescent luminaires. The energy savings were between 74% to 89% compared to switch start system. The savings when starting from a high-frequency luminaire were 44% to 76%. The luminaires were arranged not to turn off but instead to dim to 10% and remain there. This was to avoid an unacceptable distraction to the occupants. [6]

Embrechts and Van Bellegem (1997) pointed out that the energy savings through daylight are possible only if the control systems function unnoticeably for the user. Centralised control system often cause annoyance and complaints and dissatisfied users will sabotage such disturbing control systems. They monitored two years for systems that control the lighting individually for each luminaire, dependent on the luminance level under the luminaire. The results show energy savings between 20 % and 50 % and very high user satisfaction. [7]

In another study, on a clear day with direct sunlight the luminaires near the window and in the central of the room were dimmed to the minimum level between 7 o'clock and 18. Also on the rear wall the luminaires were dimmed to minimum from 9 o'clock till 17. [8]

A control system based on daylight makes great demands on lamps and ballasts. For instance, on a semi-cloudy day the daylight levels inside can vary very rapidly. If an artificial lighting system is adjusted to keep the lighting level constant, it has to dim the lamps continuously and quite quickly.

2 Lamp life test

The effect of cathode heating on fluorescent lamps was studied with a lamp life test. Lamps were burned in open test racks. The supply voltage to the test racks was fed through voltage stabilisers. The supply voltage was 230 V and the frequency was 50 Hz. The rated voltage and frequency declared by the ballast manufacturer were 230-240 V and 50-60 Hz, respectively. The temperature of the test room was $+22 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The lamps were checked five times a week.

There were eight test groups and in each test group there were 15 lamps. The lamps were from 5 different manufacturers, three lamps from each. Lamp wattage was 36 W, the correlated colour temperature was 3000 K and the general colour rendering index was between 80 and 90 (group 1B). Lamps were T8-lamps, so the diameter of the lamp was 26 mm and length 1200 mm. The phosphor coating was triphosphor. The burning cycle was 3 hours, which included a 15-minute break.

The lamps were burned on four different luminous flux dimming levels. Two test groups were burned undimmed, one with conventional magnetic ballast and the other with electronic ballast. In the dimmed test groups, the luminous flux of an individual lamp with electronic ballast was dimmed either to 1%, 5% or 15% of the full output value measured with the reference ballast. In addition of the statically dimmed test groups, there were three test groups in which the luminous flux was dimmed dynamically.

The objective of dynamic dimming was to find the lamp life when lamps are continuously dimmed. This simulates dimming according to daylight levels. Figure 2 shows the luminous flux levels of the dynamic test groups. For instance, in Dynamic 1 the whole cycle was 2 hours 55 minutes. The dimming levels were 100%, 75%, 50%, 25%, 15% and 5%. Dimming from one level to another was done slowly. It took two and a half minutes to move from one level to another. After the dimming period, the lamps were burned for 10 minutes at each level. There were two 10-minute off-periods during one cycle. The off-periods were after 5% level and after 100% level.

Ballasts were supplied from one manufacturer only. The electronic ballasts provided pre-heating current through the electrodes before starting.

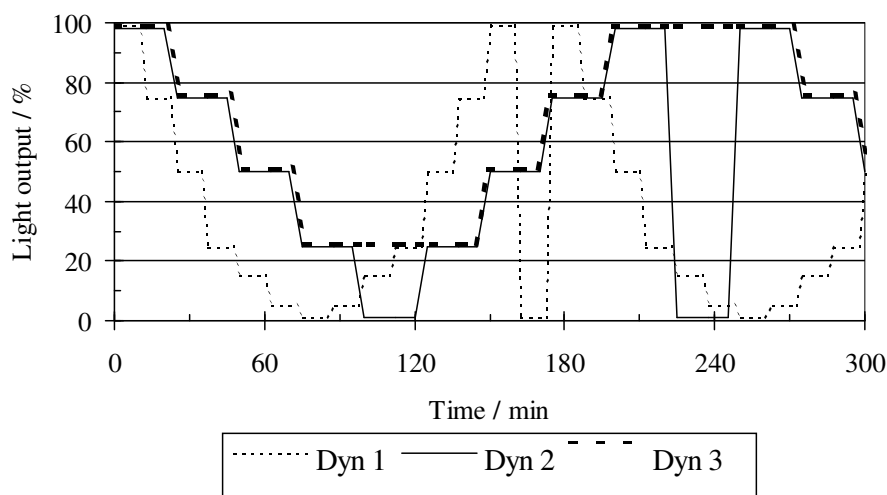


Figure 2 The dynamic burning cycles in the lamp life test.

The relative number of breaks (switch-offs) during burning hours has been marked as one in a 3-hour burning cycle. In Dynamic 1 there are 2.1 times more switch-offs and in Dynamic 2 1.6 times more than in the 3-hour burning cycle. In Dynamic 3 there are no switch-offs.

Table 1 Burning cycles in different test groups.

	Groups 1...5	Dyn 1	Dyn 2	Dyn 3
Duration of one cycle	3 h	2h 55'	4h 10'	4h 10'
Number of breaks during one cycle	1	2	2	0
Length of a break	15'	10'	20'	
Relative number of breaks during burning hours	1	2.1	1.6	

Photometric and electrical measurements were made after specific burning hours, that is, after 100, 1000, 2000, 4000, 8000 and 12 000 burning hours. The luminous flux was measured using a reference ballast. Before the first measurement, lamps were seasoned 100 hours. Before the measurement in an integrating sphere, the lamps were first burned in a pre-warming rack at a minimum of 28 minutes and then moved into the integrating sphere. An additional warming period was 7 minutes in the integrating sphere. The reference ballast was on at least one hour before the first measurement. The luminous flux was measured with a spectrometer. Thus, the colour parameters, correlated colour temperature and general colour rendering index could be measured simultaneously.

3 Results

When lamps were burned undimmed the lumen maintenance factor was 92.1% with an electronic ballast and 92.3% with a magnetic ballast calculated from the measured 100 h value. The lumen maintenance factor of one test group was an average of fifteen lamps. When lamps were dimmed statically to 1%, 5% and 15%, the maintenance factors were 97.8%, 96.4% and 94.3%, respectively. With dynamic dimming the maintenance factors were 94.0% (Dyn 1), 93.4% (Dyn 2) and 96.1% (Dyn 3).

After 100 burning hours, the correlated colour temperatures (CCT) of test groups 1 to 8 were between 3030 K and 3050 K. The CCT of one test group was an average of fifteen lamps. After 12 000 burning hours the CCTs of eight test groups were between 2970 K and 3020 K. CCTs of different test groups decreased by 14 K to 75 K during burning hours. The variations between different manufacturers were larger than were the variations due to the burning of lamps. The standard deviations of the CCTs of fifteen lamps in eight different test groups were about 50 K both after 100 and 12 000 burning hours. For example, in test group 2, the CCT of manufacturer A was 3030 K and manufacturer B 2910 K after 100 burning hours.

The general colour rendering index (Ra) of test groups 1 to 8 was between 84.8 and 85.1 after 100 burning hours. The Ra of one test group was an average of fifteen lamps. The variations in colour rendering indices between individual lamps and the variations caused by burning were insignificant.

Figure 3 shows the mortality of different test groups. With electronic ballasts the lamp life was longer than with magnetic ballasts, even if the lamps were burned dimmed to low light levels. In Dynamic 1 and 2 the lamp lives were shorter than with magnetic ballast, but in these test groups, the burning cycles were shorter than the 3-hour used in other test groups. In Dynamic 3, lamps were dimmed dynamically without breaks, and in that test group there were no dead lamps after 18 000 burning hours. Therefore, one can conclude that the switching cycle had stronger influence on the lamp life than the dynamic dimming.

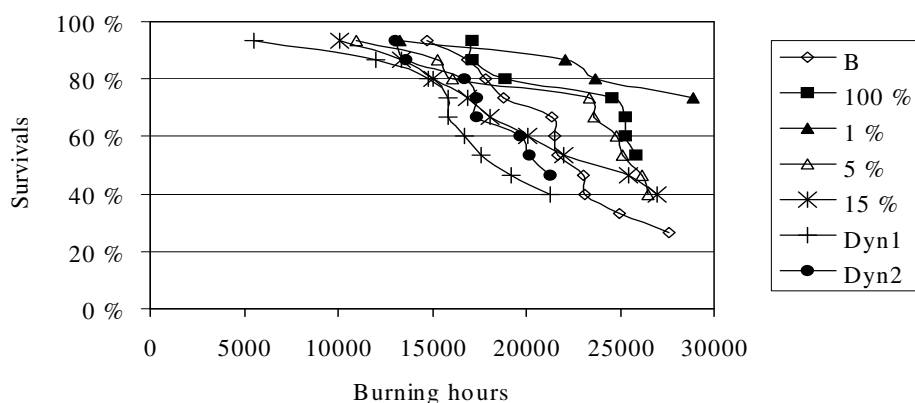


Figure 3 Mortality curves of different test groups. All lamps in Dynamic 3 were alive after 18 000 burning hours.

4 Conclusions

The lumen reduction did not shorten the economical lamp life. When lamps were dimmed at low light levels (1% and 5%) statically, the lumen maintenance was higher than if lamps were burned undimmed. The effect of breaks on the lumen maintenance was greater than the effect of dynamic dimming. To conclude, lamps can be burned continuously at low light levels and dimmed dynamically without the lumen reduction causing lamp replacement.

The shifts in colour temperatures between different manufacturers were larger than the variations due to the burning of lamps. The variations in colour rendering indices were insignificant.

Mortality was higher in the dimmed test groups than in the undimmed test groups. Mortality was lower on the 1 % and 5 % dimming levels than on the 15 % dimming level. Of the dynamic dimming test groups, the mortality was lowest in Dynamic 3, where there were no breaks. With electronic ballasts, lamps will reach their nominal lamp life, even if lamps are dimmed statically or dynamically.

Results show that neither the lamp nor the electronic ballast are obstacles for wider use of daylight with artificial lighting.

Acknowledgements

Integrated daylighting system based on smart controls for user satisfaction (IDAS) was a research funded in part by the European Commission in the framework of the Non Nuclear Energy Programme JOULE III. This work formed part of the IDAS project coordinated by Helvar.

References

- [1] Ji Y., Davis R., O'Rourke C. & Chui E. 1999. Compatibility testing of fluorescent lamp and ballast systems. IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. 35 (6), pp 1271-1276.
- [2] Ji Y. & Davis R. 1996. Reducing the uncertainty in fluorescent lamp/ballast system compatibility. Industry Applications Conference. 31st IAS Annual Meeting. Vol. 4. pp. 2189-2193.
- [3] Carrière L.A. & Rea M. 1988. Economics of Switching Fluorescent Lamps. IEEE Transactions on industry applications. Vol. 24, No. 3, pp. 370-379.
- [4] Hammer E.E. 1994. Cathode fall voltage relationship with fluorescent lamps. IESNA Annual Conference. pp. 235-248.
- [5] Mortimer G.W. 1998. Real-time measurement of dynamic filament resistance. Journal of the Illuminating Engineering Society. Winter. pp. 22-28.
- [6] Knight I.P. 1999. Measured energy savings due to photocell control of individual luminaires. Lighting Research and Technology. Vol. 31 (1). pp. 19-22.
- [7] Embrechts R. & Van Bellegem C. 1997. Increased energy savings by individual light control. Right Light 4. Proceedings of the 4th European Conference on Energy-Efficient Lighting. Vol 1. Copenhagen, Denmark pp. 179-182.
- [8] Christoffersen J., Petersen E. & Johnsen K. 1997. An experimental evaluation of daylight systems and lighting control. Right Light 4. Proceedings of the 4th European Conference on Energy-Efficient Lighting. Vol 2. Copenhagen, Denmark pp. 245-254.

Author

Eino TETRI

Lic.Sc. (Tech.)

Research Scientist

Helsinki University of Technology

Department of Electrical and Communications Engineering

Lighting Laboratory

P.O.Box 3000, FIN-02015 HUT

FINLAND

eino.tetri@hut.fi

Research Scientist at the Lighting Laboratory of Helsinki University of Technology.
Author of more than 40 national and international articles in the field of lighting.
Research area light sources.



Paper presented at the International Conference ILUMINAT 2001, June 28-30, 2001, Cluj-Napoca

EFFECTUL DIMINUĂRII (DIMMING) ASUPRA VIEȚII LĂMPILOR – REZULTATE TEST

Rezumat

Un test asupra duratei de viață a lămpilor a fost utilizat pentru a studia efectul diminuării nivelului fluxului luminos asupra duratei de viață a lămpii și asupra mentenanței fluxului luminos a lămpilor fluorescente. S-au utilizat 8 grupuri de test, fiecare fiind format din 15 lămpi. Lămpile au fost împărțite în mai multe categorii. Unele au funcționat fără diminuare a fluxului luminos, iar restul au fost în una din categoriile cu diminuarea nivelului fluxului luminos de 1%, 5% sau 15% sau cu diminuare dinamică. Diminuarea statică și dinamică reprezintă, de fapt, simularea diminuării sau modificării fluxului luminos în funcție de lumina naturală. Rezultatele arată faptul că lămpile cu balast electronic vor atinge durata de viață nominală chiar dacă nivelul fluxului luminos al lămpilor a fost redus în funcție de lumina naturală. Rezultatele arată că nici lampa și nici balastul electronic nu constituie obstacole pentru o mai largă utilizare a luminii naturale în combinație cu cea artificială.

Introducere

Defectarea lămpilor fluorescente este cauzată, în principal, de pierderea stratului emisiv de electroni al electrozilor, temperatura electrodului determină direct rata de pierdere a stratului emisiv. Astfel temperatura electrodului, în mod direct, va afecta durata de viață a lămpii [2]. Rata de timp cu care stratul emisiv părăsește electrozii în timpul pornirii și funcționării lămpii depinde de o mulțime de factori, dintre care amintim: presiunea gazului din interiorul lămpii, caracteristicile electrozilor, curentul necesar funcționării lămpii, forma unde de curent, curentul direct de funcționare, tensiunea de funcționare a lămpii, temperatura aerului înconjurător, tipul starterului (calitatea pornirii), tipul balastului, combinația balast-lampă și funcționarea la înaltă frecvență [3]

Când nivelul fluxului luminos al unei lămpi este diminuat, curentul prin lampă descrește, ceea ce duce la scăderea temperaturii catodului. Temperatura în cazul utilizării diminuării este menținută de un curent de încălzire adițional – Figura 1.

Figura este numai schematică, în practică curentul de încălzire poate fi condus spre catod prin ambele fire. Curentul de încălzire adițional asigură performanțe bune pentru durata de viață a lămpii. Dacă tensiunea este crescută prea mult atunci poate duce mai rapid la înnegrirea capetelor lămpii.

Cantitatea de lumină naturală interioară este dependentă de mai multe variabile. Acestea ar fi, de exemplu, mărimea și forma ferestrei, poziția încăperii, forma încăperii, suprafața reflectantă a încăperii, bariere exterioară ce umbresc ferestrele. Lumina naturală ce pătrunde în încăpere nu este direct proporțională cu iluminarea exterioară orizontală, dar este dependentă de direcția soarelui și de strălucirea cerului. De exemplu, în zilele înnorate, lumina naturală interioară poate fi considerabilă, dacă luminanța norilor este mare comparativ cu cea a ferestrelor, pe când un cer senin poate determina niveluri ceva mai scăzute pentru lumina naturală interioară. Iluminatul reprezintă 20-60% din consumul de energie pentru clădiri. Măsurătorile lui Knight arată cum consumul anual de putere pentru iluminat descrește de la 5,2 W/m² la 0,6 W/m² într-o încăpere ce nu a fost proiectată special pentru pătrunderea luminii. El a utilizat controlul cu fotocelulă individual al lămpilor fluorescente. Economia de energie a fost între 74% și 89% comparativ cu un sistem ce folosește doar întreruptoare. Când s-au folosit corpuri de iluminat de înaltă frecvență, economia a fost între 44% și 76%. Corpurile de iluminat au fost dispuse astfel încât să nu fie necesară stingerea lor, dar să aibă posibilitatea de-a diminua fluxul luminos cu 10%, valoare la care să rămână în continuare, pentru a evita apariția disconfortului ocupanților.

Embrechts și Van Bellegem (1997) au indicat faptul că economii de energie prin folosirea luminii naturale sunt posibile numai dacă sistemul de control are o funcționare imperceptibilă pentru utilizator. Sistemul de control cauzează deseori supărare și nemulțumire, iar utilizatorii nemulțumiți vor sabota sistemul de control. Timp de doi ani au fost monitorizate sisteme care controlează iluminatul individual pentru fiecare corp de iluminat în funcție de nivelul luminanței sub fiecare corp de iluminat. Rezultatele arată economii de energie între 20% și 50% și un foarte mare grad de satisfacție pentru utilizatori.

Într-un alt studiu se arată faptul că într-o zi cu cer senin și cu lumină solară directă, corpurile de iluminat de lângă fereastră și din centrul încăperii au prezentat o diminuare maximă a nivelului fluxului de lumină între orele 7 și 18, iar pentru corpurile de iluminat de pe peretele opus, diminuarea a fost maximă între orele 9 și 17.

Un sistem de control funcție de lumina naturală cere mult de la lămpi și balasturi. De exemplu, într-o zi parțial înnorată, nivelurile interioare ale luminii naturale pot varia rapid. Dacă un sistem de iluminat a fost proiectat să păstreze nivelul de luminare constant, atunci va trebui să diminueze sau să mărească nivelul fluxului luminos continuu și foarte rapid.

Testul asupra duratei de viață a lămpilor

Efectul încălzirii catodului lămpilor fluorescente a fost studiat în cadrul testului asupra duratei de viață a lămpilor. Lămpile au fost aprinse în rack-uri de test. Tensiunea de alimentare pentru aceste rack-uri a fost obținută de la un stabilizator de tensiune. Tensiunea de alimentare a avut valoarea de 250 V, iar frecvența de 50 Hz. Valorile date de fabricantul balastului pentru tensiune și frecvență sunt de 230-240 V și respectiv 50-60 Hz. Temperatura din încăperea de test a fost de $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Lămpile au fost verificate de 5 ori pe săptămână.

S-au folosit 8 grupe de test iar fiecare grup conținea 15 lămpi. Lămpile folosite au fost achiziționate de la 5 producători diferiți, câte trei de la fiecare producător pentru fiecare grup. Puterea unei lămpi a fost de 36 W. Culoare de temperatură corelată a fost de 3000 K și indicele general de redare al culorii a fost între 80 și 90 (grupul 1B). Lămpile utilizate au fost de tipul T8, astfel diametrul unei lămpi a fost de 26 mm și lungimea de 1200 mm. Stratul emisiv a fost realizat din trifosfor. Ciclul de funcționare al lămpilor a fost de 3 h în funcțiune 15 min pauză.

Lămpile au fost testate pentru 4 niveluri de diminuare a fluxului luminos. Două grupe test au fost fără diminuarea fluxului luminos. Un grup fiind prevăzut cu balast magnetic convențional, iar celălalt cu balast electronic. În cazul grupelor de test cu diminuare, fluxul luminos pentru o lampă cu balast electronic a fost redus la 1%, 5% sau 15% din valoare măsurată în cazul lămpilor cu balast de referință. Pe lângă grupele de test cu diminuare statică au fost folosite și trei grupe în care fluxul luminos a fost diminuat mecanic. Obiectivul diminuării dinamice a fost de-a determina durata de viață a lămpilor când fluxul luminos al acestora este continuu modificat. Acestea simulează modificarea fluxului luminos în funcție de nivelul luminii naturale.

Figura 2 prezintă nivelurile de flux luminos ale grupelor de test cu modificare dinamică a fluxului luminos. De exemplu în Dynamic 1 întregul ciclu a fost de 2 h și 55 min. Nivelurile de diminuare au fost de 100%, 75%, 50%, 25%, 15% și 5%. Modificarea de la un nivel la altul s-a făcut lent (două minute și jumătate). După fiecare perioadă de modificare a fluxului luminos lămpile au fost lăsate să funcționeze câte 10 min pentru noul nivel al fluxului luminos, iar de-a lungul unui ciclu de test s-au făcut 2 pauze de câte 10 min. Pauzele s-au făcut după nivelele de 5% și de 100%.

Balasturile utilizate au fost achiziționate numai de la un singur producător. Balasturile electronice au furnizat curent de preîncălzire prin electrozii lămpilor înainte de punerea în funcțiune a acestora.

Numărul relativ de întreruperi de-a lungul orelor de funcționare au fost considerate ca una la 3 h de funcționare. În cazul Dynamic 3 nu au existat întreruperi.

Măsurătorile fotometrice și electrice au fost făcute după orele specifice de funcționare și anume după 100, 1000, 2000, 4000, 8000 și 12.000 de ore de funcționare. Fluxul luminos a fost măsurat utilizând un balast de referință. Înainte de prima măsurătoare, lămpile au fost în funcțiune timp de 100 h. Înainte de a măsura în sfera integratoare, lămpile au fost mai întâi puse într-un rack de preîncălzire minim 28 de minute și apoi au fost mutate în interiorul sferei integratoare. O perioadă suplimentară de încălzire de 7 min s-a impus și în sfera integratoare. Balastul de referință a fost în funcțiune cel puțin o oră înaintea primei măsurători. Fluxul luminos a fost măsurat cu un spectometru. Astfel, parametrii de culoare, temperatura de culoare corelată și indicele general de redare a culorii pot fi măsurați simultan.

Rezultate

În cazul lămpilor care nu prezentau posibilitatea de modificare a fluxului luminos factorul de mentenanță a fost de 92,1% la cele cu balast electronic și 92,3% la cele cu balast magnetic, calculat la

100 h de funcționare. Factorul de mentenanță a fluxului a unui grup de test este o medie a factorilor de mentenanță corespunzător celor 15 lămpi. Când lămpile au fost prevăzute cu diminuare statică a fluxului luminos la 1%, 5% și 15% factorul de mentenanță a fost de 97,8%, 96,4% și respectiv 94,3%, iar în cazul celor cu modificarea dinamică a fluxului luminos, factorul de mentenanță a fost 94,0% (Dyn1), 93,4% (Dyn2) și 96,1% (Dyn3).

După 100 h de funcționare, temperatura de culoare corelată (TCC) a celor 8 grupe a fost între 3030 K și 3050 K. TCC a unui grup este o medie pentru cele 15 lămpi ale grupului. După 12.000 h de funcționare, TCC a celor 8 grupe a fost între 2970 K și 3020 K. TCC a diferitelor grupe de test descrește cu 14 K până la 75 K de-a lungul orelor de funcționare. Variațiile TCC datorate producătorului lămpilor au fost mult mai mari decât variațiile datorate orelor de funcționare ale lămpilor. Deviația standard a temperaturilor de culoare corelate a lămpilor celor 8 grupe de test a depășit 50 K atât după 100, cât și după 12.000 h de funcționare. De exemplu, în grupul de test 2, TCC are valoarea pentru producătorul A de 3030 K iar pentru producătorul B de 2910 K după 100 h de funcționare. Indicele general de redare al culorii (Ra) pentru cele 8 grupe de test a fost între 84,8 și 85,1 după 100 h de funcționare. Indicele Ra al unui grup de test reprezintă o medie a indicilor corespunzători celor 15 lămpi ale grupului. Variațiile între lămpi a indicilor de redare a culorii precum și variațiile datorate orelor de funcționare sunt neesențiale.

Figura 3 arată mortalitatea diferitelor grupe de test. Cu balast electronic durata de viață a lămpilor este mai lungă decât în cazul lămpilor cu balast magnetic chiar dacă lămpile au funcționat pentru nivele scăzute ale fluxului de lumină. În grupele Dynamic1 și 2 durata de viață a fost mai scurtă decât în cazul lămpilor cu balast magnetic, dar în aceste grupe de test ciclul de funcționare a fost mai scurt de 3 h ca cele utilizate în alte grupe de test. În Dynamic 3 fluxul luminos al lămpilor a fost modificat dinamic fără a face pauze și în acest grup de test nu au existat lămpi defecte după 18.000 h de funcționare. Așadar, în concluzie, ciclul cu comutare are o influență mai puternică asupra duratei de viață a lămpilor decât în cazul lămpilor cu diminuare dinamică.

Concluzii

Reducerea fluxului luminos nu scurtează durata de viață economică a lămpilor. Când fluxul luminos a fost redus static la niveluri joase (1% și 5%), mentenanța fluxului luminos a fost mai mare decât în cazul lămpilor cu funcționare nediminuată. Efectul întreruperii asupra menținerii fluxului luminos este mai mare decât efectul dat de modificarea dinamică a nivelului fluxului luminos. Pentru a concluziona, lămpile pot funcționa continuu pentru niveluri scăzute ale luminii și diminuate dinamic fără ca reducerea fluxului luminos să cauzeze înlocuirea lămpii. Depășirile de temperatură de culoare între diferiți producători au fost mai mari decât variațiile datorate orelor de funcționare a lămpilor. Variația indicilor de redare a culorii au fost neesențiale.

Mortalitatea a fost mai mare în cazul grupurilor de test cu diminuare de flux decât în cazul grupurilor fără diminuare de flux. Mortalitatea a fost mai scăzută în cazul grupurilor cu niveluri de diminuare de 1% și 5% decât în cazul grupului cu nivel de diminuare de 15%. În cazul grupurilor cu diminuare dinamică, mortalitatea a fost mai scăzută în cazul Dynamic 3 unde nu au fost întreruperi. Cu balasturi electronice, lămpile vor atinge durata de viață nominală chiar dacă acestea au fost prevăzute cu diminuare statică sau dinamică a nivelului fluxului luminos.

Rezultatele arată că nici lampa și nici balastul electronic nu sunt obstacole pentru largă utilizare a luminii naturale combinate cu cea artificială.

Mulțumiri

Sistemele integrate pentru controlul iluminatului funcție de lumina naturală bazate pe controlul inteligent pentru satisfacția utilizatorilor (IDAS) este o cercetare propusă, în parte, de Comisia Europeană în cadrul Programului Non Nuclear Energy Programme JOULE III. Această activitate a format o parte a proiectului IDAS coordonat de Helvar.