

RESEARCH ON COMPACT DISCHARGE LAMPS AND THEIR CONTROL GEAR

Konstantinas OTAS

Kaunas University of Technology

Doctoral Disertation Summary

There is an evident need for mathematical modelling for the development and research of compact discharge lamps and their control gear using modern computer-aided technologies. Any control gear used for feeding of discharge lamp consists of less or more complex electric circuit and a discharge lamp is part of it. There is well-known electrical circuit simulation software, such as PSpice, Esacap etc., used for development and simulation of control gear. There are some efforts to develop of discharge lamp models that can be integrated into circuit simulation software. To fit software requirements those models are simplified so that they can be used only in very restricted range of operating conditions. In most cases lamp is substituted by simple equivalent resistor.

This study is devoted to development of mathematical model of compact discharge lamp. This model is linked up with Esacap compatible control gear model so, that it is possible to calculate and analyse characteristics of the lamp and its ballast. This work also covers modelling and analysis of compact lamp parameters when lamp is fed by pulse voltage and operates in steady state.

The dissertation consists of an introduction, four chapters and main conclusions.

In introduction the significance of this study, main purposes, scientific novelty, practical utility and presentations are presented.

Chapter 1 reviews the compact discharge lamps and their development tendencies. The classification of compact discharge lamps and their control gear is made. Lamp ballasts are grouped by the feeding way and source voltage according to suitability to compact discharge

lamps. Also the volt-ampere characteristics of discharge lamps, their approximations, available mathematical models of discharge lamps and ballasts' calculation methods are reviewed.

In Chapter 2 the main aims of modelling of compact discharge lamp and its ballast are analysed. The development of Esacap compatible compact fluorescent lamp (CFL) model, which includes variable parameters such as length and radius of lamp tube, gas pressure, anode-cathode voltage drop, is described. There are Esacap models of ballast and whole lamp-ballast set also created in this chapter.

In pursuance of expanding of usage of compact discharge lamps (for example: wide domestic applications) it is obvious that lamps must be fed by high frequency sinusoidal current or pulse voltage to make smaller luminous flux pulsation. In this study lamp is fed by pulse voltage.

In Chapter 3 the modelling of 26 W CFL using joint CFL - ballast set model is carried out. Using ESACAP software, electrical and energy parameters of CFL as well as inner parameters of lamp plasma are calculated. Those parameters are investigated when lamp is fed by pulse voltage at frequencies ranging from 2 to 222 kHz. Relation of ballast inductance, source voltage and working frequency of CFL-ballast set is obtained. Lamp resonance radiation efficiency is determined, and the influence of the various factors to lamp characteristics is analyzed. Also the energy balance of CFL is calculated.

The modelling of compact low-pressure fluorescent lamp-ballast set allowed determining main dependencies of parameters

and operating modes in range of frequencies allowed for industry appliances.

The investigation of lamp plasma and energy parameters showed up the importance of evaluation of lamp resistance variation during current period, especially in lower frequency ranges. Lamp resistance is not constant even at 222 kHz and is conditioned by variation of plasma state and especially electron energy and concentration.

The investigation also showed up that 254 nm resonance radiation is inert in respect of lamp power, since it depends on concentration of metastable mercury atoms. This mathematical model allowed calculating the lamp power balance, which showed up that 185 nm radiation efficiency is higher than of conventional fluorescent lamp. 185 nm radiation intensity and amplitude are high at higher frequencies. Since more intense 185 nm radiation conditions greater decay of lamp luminous flux due to obsolescence of fluorescent coating, using of higher pressure or heavier buffer gas can lower it.

In Chapter 4 the experimental investigation of CFL – ballast set, analysis of experimental results, their statistical evaluation and model adequacy determination are given. The experimental investigation revealed that modelling and experimental results were in good agreement and therefore this discharge lamp model could be successfully used for modelling of lamp-ballast set. The used method is suitable for lamp control gear development and research.

Finally, overall conclusions are presented.

References

Otas K. Research on Compact Discharge Lamps and their Control Gear. Doctoral Disertation Summary. – Kaunas: Technologija, 2002. 24 pp. (in Lithuanian).



Konstantinas OTAS
Doctor of Science (Tech.)
Kaunas University of Technology
Electrical and Lighting
Engineering Dept.
A.Mickeviciaus 37 - 113
LT-3000 Kaunas
Lithuania
kotas@eaf.ktu.lt
www.ktu.lt

CERCETARE PRIVIND LĂMPILE COMPACTE CU DESCĂRCĂRI ȘI DISPOZITIVELE DE CONTROL

Modelarea matematică asistată de calculator în domeniul dezvoltării și cercetării lămpilor compacte cu descărcări și a dispozitivelor de control ale acestora este necesară în mod evident. Toate dispozitivele de control utilizate pentru alimentarea lămpilor cu descărcări constau dintr-un circuit electric mai mult sau mai puțin complex, iar lampa cu descărcări este o parte a acestuia. Există programe bine cunoscute pentru simularea circuitelor electrice, cum ar fi Pspice, Esacap etc., utilizate pentru dezvoltarea și simularea dispozitivelor de control. Există încercări de a dezvolta modele pentru lămpile cu descărcări care să poată fi integrate în programul de simulare a circuitelor. Pentru a corespunde cerințelor programului, aceste modele sunt simplificate, astfel că pot fi utilizate numai într-un domeniu foarte restrâns de condiții de operare. În majoritatea cazurilor lampa este înlocuită de un simplu rezistor echivalent.

Acest studiu este dedicat dezvoltării modelului matematic al lămpii compacte cu descărcări. Acest model este corelat cu modelul dispozitivului de control compatibil Esacap, astfel că se poate face calculul și analiza caracteristicilor lămpii și balastului. Lucrare abordează, de asemenea, modelarea și analiza parametrilor lămpii compacte în cazul în care lampa este alimentată cu tensiune impuls și funcționează în regim stabil.

Dizertația este alcătuită dintr-o introducere, patru capitole și concluziile principale.

În *Introducere* sunt prezentate importanța acestui studiu, scopurile sale principale, contribuția științifică, utilitatea practică.

Capitolul 1 face o trecere în revistă a lămpilor compacte cu descărcări și a tendințelor de dezvoltare. Este realizată o clasificare a lămpilor compacte cu descărcări și a dispozitivelor de control. Balasturile lămpilor sunt grupate după modul de alimentare și tensiunea sursei, în funcție de corespondența lor cu lămpile compacte cu descărcări. De asemenea, sunt enumerate caracteristicile tensiune-curent ale lămpilor cu descărcări,

aproximările acestora, modelele matematice disponibile pentru lămpile cu descărcări și metodele de calcul al balastului.

În *Capitolul 2* sunt analizate principalele ținte ale modelării lămpii compacte cu descărcări și balastului acesteia. Este descrisă dezvoltarea modelului compatibil Esacap pentru lampa fluorescentă compactă (CFL), model care include parametri variabili, cum ar fi lungimea și raza tubului lămpii, presiunea gazului și căderea de tensiune anod-catod. De asemenea, sunt prezentate modele Esacap pentru balast și pentru setul lampă-balast.

În sensul extinderii utilizării lămpilor compacte cu descărcări (de exemplu aplicații casnice diverse), este evident că aceste lămpi trebuie alimentate cu curent sinusoidal de înaltă frecvență sau tensiune pulsatorie pentru a obține o pulsație redusă a fluxului luminos. În acest studiu lampa este alimentată cu tensiune pulsatorie.

În *Capitolul 3* este modelată lampa 26 W CFL utilizând modelul ansamblului CFL-balast. Cu ajutorul programului ESACAP sunt calculați parametrii electrici și energetici ai CFL, și respectiv parametrii interni ai plasmiei lămpii. Acești parametri sunt măsurați în cazul în care lampa este alimentată cu tensiune pulsatorie la frecvențe între 2 și 222 kHz. Se obține relația dintre inductanța balastului, tensiunea sursei și frecvența de lucru a ansamblului CFL-balast. Este determinat randamentul radiației de rezonanță a lămpii și este analizată influența diverșilor factori asupra caracteristicilor lămpii. Este calculat, de asemenea, bilanțul energetic al CFL.

Modelarea ansamblului lampă fluorescentă compactă de joasă presiune – balast a permis determinarea dependențelor principale ale parametrilor și modurilor de funcționare în

domeniul de frecvență alocat pentru aplicațiile industriale.

Cercetarea parametrilor plasmiei lămpii și a celor energetici a evidențiat importanța evaluării variației rezistenței lămpii pe perioada de oscilație a curentului, în special în cazul frecvențelor joase. Rezistența lămpii nu este constantă nici chiar la 222 kHz, fiind condiționată de variația stării plasmiei, în special de energia și concentrația electronilor.

Investigațiile au arătat faptul că radiația de rezonanță de 254 nm este inertă în raport cu puterea lămpii, deoarece depinde de concentrația de atomi de mercur metastabili. Acest model matematic a permis calcularea bilanțului de putere al lămpii, care a arătat că randamentul radiației de 185 nm este mai ridicat decât pentru o lampă fluorescentă convențională. Intensitatea și amplitudinea radiației de 185 nm sunt mai ridicate pentru frecvențe înalte. Deoarece radiația intensă de 185 nm determină scăderea fluxului luminos al lămpii prin învechirea stratului fluorescent, aceasta poate fi redusă prin utilizarea unei presiuni mai ridicate sau a unui gaz de protecție (în engleză “buffer”) mai greu.

În *Capitolul 4* sunt prezentate investigațiile experimentale ale ansamblului CFL-balast, analiza rezultatelor experimentale, evaluarea statistică și determinarea preciziei modelului. Investigațiile experimentale a evidențiat o bună corespondență între rezultatele modelului și cele experimentale, astfel că acest model al lămpii cu descărcare ar putea fi folosit cu succes pentru modelarea ansamblului lampă-balast. Metoda utilizată este potrivită pentru dezvoltarea și cercetarea dispozitivelor de control al lămpii.

În final sunt prezentate concluziile generale.

