

Sisteme eficiente de iluminat electric cu LFC-uri pe baza circuitului integrat IRS2168D

Nicolae GOLOVANOV, Constantin IVANOVICI, Ionel POPA, Radu PORUMB, Elena ȚIPU*

Abstract

This paper reviews the possibility of using specialized integrated circuit IRS2168D to create an electronic ballast for high frequency supply of compact fluorescent lamps (CFL) with power range of 15...105 W. The proposed scheme enables the improvement of main electrical characteristics of lamps, such as electric current waveform, THDI factor, power factor, power input and electromagnetic compatibility. A feasibility study was also developed, on the possibility of domestic manufacturing of such lamps, and placing them into a competitive market.

Keywords: electronic ballasts, compact fluorescent lamp, specialized integrated circuit, luminous efficiency, power factor

1. Introducere

Lămpile cu incandescență convenționale și lămpile cu halogen vor fi treptat retrase de pe piața UE începând cu anul 2009 și până în 2012 [1,2,3], acestea fiind înlocuite cu lămpi fluorescente tubulare, lămpi fluorescente compacte (LFC) sau lămpi cu LED-uri pentru a se asigura reducerea energiei electrice utilizată în sistemele de iluminat electric interior și exterior.

Pentru a încuraja procesul de înlocuire a lămpilor incandescente, Comisia Europeană a impus criteriile minime de eficiență pentru sursele luminoase, impunând 7 clase de eficiență de la A: foarte eficient până la G: ineficient.

Se urmărește reducerea necesarului rezidențial de energie electrică cu 5 % până în anul 2020 [4,5,23,24].

În mod obișnuit, lămpile fluorescente compacte sunt prevăzute cu balast electronic ce are un triplu rol și, anume, de a asigura alimentarea canalului de descărcare cu o tensiune de frecvență ridicată (20...60 kHz), de a limita valoarea curentului electric de descărcare în zona de funcționare stabilă a arcului electric din interiorul tubului

de descărcare și de a asigura amorsarea controlată a descărcării electrice în tubul de descărcare [6,7,8].

Lămpile fluorescente compacte, în schemă simplă, prezintă un puternic caracter neliniar, ceea ce conduce la un curent electric absorbit, caracterizat de un factor total de distorsiune (TDHI) ridicat și, în consecință, un factor de putere redus.

În lipsa unor circuite de corecție, creșterea numărului de lămpi fluorescente compacte conectate în rețeaua electrică de joasă tensiune ar putea determina o deformare inacceptabilă a curbei tensiunii de alimentare și reducerea nivelului calității energiei electrice furnizată utilizatorilor finali [9,10].

2. Metodologie

Pentru îmbunătățirea performanțelor lămpilor fluorescente compacte privind forma curbei curentului electric, *THDI*, preîncălzirea filamentelor, sistemul de alimentare electronic (balastul electronic) trebuie să conțină în schemă circuite integrate specializate care să asigure îmbunătățirea formei curbei curentului electric și deci creșterea factorului de putere al lămpii [11,12].

De remarcat faptul că circuitul integrat specializat, utilizat în schema balastului electronic la lămpile fluorescente tubulare, trebuie să fie adaptat pentru utilizare la lămpile fluorescente compacte pentru a îndeplini sarcini specifice [13,14].

Circuitele integrate care pot fi utilizate în

*Nicolae GOLOVANOV, Prof., Universitatea „Politehnica” București, Splaiul Independenței, nr. 313, nicolae_golovanov@yahoo.com
Constantin IVANOVICI, Eng., lipe@icpe.ro
Ionel POPA, PhD., ionelpopa@icpe.ro
and Eleonora ȚIPU, Eng., lipe@icpe.ro: Icpe, Splaiul Unirii nr. 313, sector 3, București, România.
Radu PORUMB, Lecturer PhD., Universitatea “Politehnica” din București, Splaiul Independenței, nr. 313, București, România, raduporumb@yahoo.com

schema de alimentare cu înaltă frecvență a LFC-urilor pot fi de tipul R2166, L6585DE, ICB1FL03G, ML4835, IRS2168D.

În cele ce urmează, se va prezenta schema de alimentare cu înaltă frecvență a LFC-urilor, utilizând circuitul integrat IRS2168D.

Schema propusă (fig. 1), bazată pe

circuitul integrat IRS2168D [15] pentru alimentarea cu înaltă frecvență a lămpilor LFC, asigură realizarea unor lămpi performante cu factor de putere ridicat, cu reducerea distorsiunilor armonice și cu controlul procesului de preîncălzire.

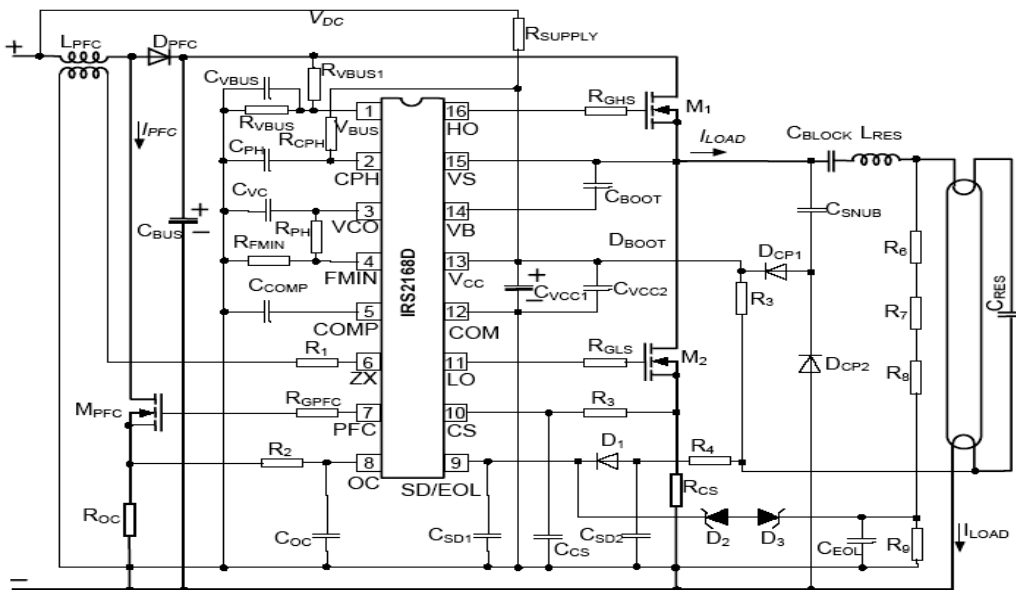


Figura 1. Schema de alimentare a lămpii fluorescente compacte utilizând circuitul integrat IRS2168D

Circuitul integrat IRS2168D este destinat, în principiu, controlului lămpilor fluorescente tubulare, ceea ce necesită adaptarea schemei pentru cazul utilizării la lămpile fluorescente compacte.

Circuitul de control al factorului de putere funcționează în regimul de conducție în mod critic [16,17], asigurând un factor de putere PF ridicat, un factor total de distorsiune de curent electric $THDI$ redus, controlul tensiunii continue la bornele semipunții semiconductoare de putere, posibilitatea de programare a frecvenței în procesul de preîncălzire și în procesul de funcționarea normală, protecție programabilă la suprasarcină a circuitului PFC de control a factorului de putere, reglarea curentului electric al punții semiconductoare de putere și posibilitatea de blocare la terminarea duratei de viață.

La proiectarea balastului electronic pentru lămpile fluorescente compacte este necesar să se stabilească valorile componentelor exterioare integratului IRS2168D astfel încât să fie realizate cele 4 etape principale de lucru ale schemei [18]:

- alimentarea circuitului integrat pe durata tensiunilor reduse și în cazurile de defect;
- alimentarea întregului circuit al balastului la depășirea unui prag minim al tensiunii de la rețeaua electrică;
- asigurarea unui curent electric suficient pentru a realiza tensiunea V_{CC} necesară alimentării părții logice și a circuitului părții inferioare a punții pe durata regimurilor de preîncălzire, amorsare și funcționare normală;
- asigurarea unui curent electric suficient pentru pentru a realiza tensiunea flotantă V_{BS} (terminalul 15 – VS) a părții superioare a semipunții de putere.

3. Rezultate și discuții

Pentru a asigura funcționarea în condițiile impuse a lămpii fluorescente compacte a fost acordată o atenție deosebită următoarelor aspecte:

- analiza circuitului de control al factorului de putere;
- analiza circuitul rezonant de alimentare

- a tubului de descărcare;
- studiul circuitului de alimentare a balastului electronic;
- analiza economică a soluției.

3.1 Controlul factorului de putere

Circuitul de control al factorului de putere funcționează în regimul de conducție în mod critic și este construit cu ajutorul circuitului MOSFET M_{PFC} al diodei D_{PFC} , al bobinei L_{PFC} și al condensatorului C_{BUS} . Alegerea corectă a inductivității bobinei L_{PFC} în funcție de tensiunea de alimentare, frecvența de lucru a semiconductorului M_{PFC} și tensiunea de alimentare a semipunții inverterului compus din semiconductoarele M_1 și M_2 are importanță în realizarea factorului de putere impus [15]

$$L_{PFC} = \frac{V_{ACNpk}^2 \cdot (V_{DC} - V_{ACNpk}) \cdot \eta}{4 \cdot f_{OS} \cdot P_{OUT} \cdot V_{DC}} \quad (1)$$

în care

V_{ACNpk} = valoarea de vârf a a tensiunii nominale redresate de alimentare,

V_{DC} = tensiunea continuă stabilită la bornele semipunții conductoare,

η = randamentul circuitului balastului,

f_{OS} = frecvența de oscilație în circuitul bobinei L_{PFC} ,

P_{OUT} = puterea dezvoltată în lampă.

Circuitul integrat IRS2168D include și un circuit adițional care permite controlul duratei de conducție a semiconductorului M_{PFC} , încât să se obțină un factor total de distorsiune redus.

Circuitul de control asigură creșterea duratei de conducție și reducerea duratei de blocare atunci când tensiunea redresată de alimentare este în zona trecerii prin zero. Acest lucru este necesar pentru a reduce distorsiunile care rezultă în zona trecerii prin zero a tensiunii redresate de alimentare.

Pentru ne a asigura că circuitul de control al duratei stării de conducție funcționează corect, bobina L_{PFC} se alege, astfel încât durata stării de blocare, în zona valorii de vârf a tensiunii redresate nominale de alimentare, este puțin mai mare decât față de durata stării de blocare, atunci când începe durata stării de conducție. Starea de conducție începe, atunci când starea de blocare este mai mare de 7 μ s. Se alege

durata de blocare de 8 μ s, pentru a ne asigura că intrarea în conducție nu are loc la valoarea de vârf a tensiunii redresate de alimentare și că intrarea în conducție va avea loc, când tensiunea redresată este mică în apropierea trecerii prin zero a acesteia.

Timpul de răspuns al buclei de control al circuitului factorului de putere (PFC) trebuie să fie ales în mod adecvat, încât forma curentului electric absorbit din rețeaua electrică să urmărească forma tensiunii aplicate. Acest lucru este necesar, pentru ca balastul electronic să apară ca o sarcină pur rezistivă pentru rețeaua electrică de alimentare.

Deoarece tensiunea de alimentare are o variație foarte lentă (50 Hz), viteza de răspuns a buclei de control a circuitului PFC trebuie să fie redusă, astfel încât curentul electric să poată urmări forma tensiunii aplicate. Cu cât curba de curent electric va urmări mai bine forma tensiunii aplicate, cu atât va rezulta un conținut mai redus de armonice și deci un factor *THDI* mai mic [19,20]. Dacă viteza de răspuns a buclei de control este prea mare vor apărea distorsiuni ale curentului electric. Dacă viteza de răspuns este prea mică pot apărea răspunsuri tranzitorii neadecvate și variații ale tensiunii continue V_{DC} pe durata funcționării descărcării în arcul electric.

Pe durata proceselor de preîncălzire și de amorsare, circuitul PFC include un mod de lucru care permite reducerea timpului de răspuns pentru a preveni fenomene tranzitorii importante pe durata amorsării lămpii.

Pe durata modului de funcționare normală, amplificarea din circuitul PFC se reduce, încât curentul electric va urmări forma tensiunii aplicate pentru a obține o distorsiune redusă și un factor de putere ridicat.

Viteza de răspuns a buclei de control al circuitului PFC este reglată cu ajutorul condensatorului exterior C_{COMP} conectat la terminalul 5 (COMP).

3.2 Circuitul rezonant de alimentare a tubului de descărcare

Puntea semiconductoră de putere și circuitul rezonant de ieșire sunt astfel dimensionate, încât să asigure funcțiile

necesare ale lămpii fluorescente compacte.

Circuitul include:

- cele două semiconductoare M_1 și M_2 ale semipunții de putere,
- bobina L_{RES} din circuitul rezonant,
- condensatorul C_{RES} din circuitul rezonant,
- condensatorul C_{BLOCK} de blocare a tensiunii continue
- tubul de descărcare.

Circuitul trebuie să asigure alimentarea în cele 3 regimuri de funcționare ale lămpii:

- preîncălzirea;
- amorsarea;
- funcționarea în regim normal.

Aceste funcțiuni pot fi realizate prin alegerea adecvată a bobinei L_{RES} și a condensatorului C_{RES} și prin controlul adecvat al frecvenței circuitului inverter în cele trei regimuri de funcționare.

Circuitul rezonant este un circuit cu un factor de calitate Q ridicat în circuit L-C, pe durata procesului de preîncălzire și, în special, pe durata procesului de amorsare, precum și un factor de calitate redus în circuitul L-R după amorsare și pe durata funcționării în regim normal [7,8].

Frecvența de comandă determină ca circuitul inverter să lucreze cu o frecvență ridicată (mai mare decât frecvența de rezonanță a circuitului serie rezonant L-C) pe durata procesului de preîncălzire. Frecvența rămâne constantă pe toată durata procesului de preîncălzire, până când filamentele lămpii ating temperatura la care se asigură emisia necesară a purtătorilor de sarcină. După terminarea procesului de preîncălzire, frecvența scade ușor spre frecvența de rezonanță a circuitului. Acest lucru determină o creștere a tensiunii la bornele lămpii până când are loc amorsarea descărcării. Frecvența continuă să scadă până la valoarea f_{RUN} corespunzătoare funcționării în regim normal. Frecvența de funcționare normală f_{RUN} poate fi programată cu ajutorul rezistorului R_{FMIN} conectat la terminalul 4 (FMIN).

Pe durata funcționării normale, inductivitatea bobinei L_{res} din circuitul rezonant poate fi calculată în funcție de frecvența de rezonanță a circuitului

$$f_{RUN} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{a + \sqrt{b}}, \quad (2)$$

în care [14]

$$a = \frac{1}{L_{RES} \cdot C_{RES}} - \frac{1}{2 \cdot R_{LAMP}^2 \cdot C_{RES}^2};$$

$$b = \left[\frac{1}{L_{RES} \cdot C_{RES}} - \frac{1}{2 \cdot R_{LAMP}^2 \cdot C_{RES}^2} \right]^2 - \frac{1 - \left(\frac{2 \cdot V_{DC}}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot V_{LAMP}} \right)^2}{L_{RES}^2 \cdot C_{RES}^2}.$$

Tensiunea V_{LAMP} la bornele lămpii pe durata de funcționare normală și rezistența electrică R_{LAMP} a canalului de descărcare electrică în lampă sunt determinate de caracteristicile tubului de descărcare.

$$R_{LAMP} = \frac{V_{LAMP}^2}{P_{LAMP}} \quad (3)$$

Pe durata procesului de preîncălzire, frecvența de lucru a semipunții de putere trebuie să fie aleasă, astfel încât tensiunea la bornele lămpii să fie mai mică decât tensiunea de amorsare. În acest fel, este eliminată posibilitatea amorsării lămpii înainte de a se asigura o încălzire suficientă a filamentelor.

După terminarea procesului de preîncălzire, frecvența trebuie să scadă ușor spre frecvența de funcționare normală trecând prin frecvența de rezonanță a circuitului, după o curbă stabilită de valoarea condensatorului C_{VCO} (terminalul 3 VCO).

Atunci când tensiunea la bornele tubului atinge valoarea maximă (tensiunea de amorsare V_{IGN}), programabilă prin terminalul 10 (CS), circuitul de control al tensiunii de amorsare va regla frecvența astfel încât tensiunea pe durata procesului de amorsare să rămână constantă.

Bobina L_{RES} din circuitul de rezonanță este dimensionată astfel încât să suporte valoarea maximă a curentului electric din momentul amorsării, fără să apară saturație, depășirea temperaturii de lucru și abateri de la valoarea prestabilită.

3.3. Alimentarea balastului electronic

După ce tensiunea de alimentare a balastului depășește o anumită valoare, acesta intră în regim de preîncălzire, iar ieșirile 16 (HO) și 11 (LO) încep să asigure tensiunea oscilantă necesară funcționării punții semiconductoare. Terminalul 15 (VS) va prezenta variații între valoarea V_{DC} a barei de tensiunea continuă și valoarea zero

(potențialul terminalului 12 – COM). Circuitul de încărcare conectat la terminalul 15 (VS) compus din condensatorul C_{SNUB} și diodele D_{CP1} și D_{CP2} preia sarcina de circuit de alimentare a circuitului integrat iar tensiunea V_{CCUV+} crește rapid la valoarea de 15,6 V limitată de o diodă Zener interioară. Pe durata creșterii rapide a tensiunii la terminalul 15 (VS) de la valoarea zero la valoarea V_{CC} , curentul electric prin condensatorul C_{SNUB} și dioda D_{CP1} asigură alimentarea terminalului 13 (VCC).

La reducerea rapidă a tensiunii terminalului 15 (VS), curentul electric prin condensatorul C_{SNUB} ajunge la masă prin intermediul diodei D_{CP2} .

Valoarea condensatorului C_{SNUB} trebuie să fie suficient de mare pentru a asigura reducerea perturbațiilor electromagnetice determinate de variația rapidă dV/dt la terminalul 15 (VS) și de a asigura un curent electric suficient în regimurile de preîncălzire, amorsare și funcționare normală. În același timp, condensatorul C_{SNUB} nu trebuie să aibă o valoare prea mare deoarece terminalul 15 (VS) nu ar putea comuta valoarea în intervalul de pauză (circa 1,6 μs) și ar putea ca tensiunea să nu ajungă la zero.

De asemenea, este necesară conectarea unor filtre suplimentare la circuitul de încărcare pentru a proteja terminalul 13 (VCC) la vârfuri de curent electric ce pot apărea la variații puternice a tensiunii la terminalul 15 (VS) sau la saturarea bobinei L_{PFC} . Filtrul adițional poate include o diodă Zener de 18 V pentru D_{CP2} , precum și conectarea unor mici rezistoare în serie cu condensatoarele C_{VCC1} și C_{VCC2} .

Alimentarea balastului în funcționare normală se realizează prin intermediul unui circuit repetor interior și a condensatorului exterior C_{BOOT} . Circuitul interior este conectat între terminalul 13 (VCC) și terminalul 14 (VB) și este în funcțiune numai pe durata în care partea inferioară a semipunții de putere este în conducție și atunci terminalul VS este conectat la masă. Curentul electric circulă de la terminalul 13 (VCC) prin circuitul repetor către terminalul 14 (VB) asigurând încărcare condensatorului C_{BOOT} .

Pe durata în care partea superioară a semipunții de putere este în conducție, terminalul 15 (VS) este conectat la bara de

tensiune continuă, iar condensatorul C_{BOOT} se descarcă puțin și asigură curentul electric pentru intrarea în conducție a MOSFET-ului M_1 . Apoi condensatorul C_{BOOT} este reîncărcat pe durata fiecărui interval în care partea inferioară a semipunții este în conducție.

Valoarea condensatorului C_{BOOT} trebuie să fie suficient de mare pentru ca variațiile de tensiune să nu scadă sub pragul UVBS (*undervoltage bootstrap*) al circuitului superior al punții (maxim 9 V). În cele mai multe cazuri, un condensator de 0,1 μF este suficient.

3.4 Analiză economică

Analiza efectuată se referă la posibilitatea realizării a 300.000 buc. LFC-uri/an, la evaluarea costului investiției și la profitul ce se va obține pe baza acestei fabricații. Se pleacă de la ipoteza amortizării unor costuri de fabricație în 3-4 ani [21]. Se prezintă calculația de cost, planul de producție, planul de vânzări și analiza rezultatelor economice previzionate pentru trei game de puteri de lămpi fluorescente compacte 20...36 W, 45...85 W și 100...105 W. În funcție de puterea lămpilor, sunt determinate costurile unitare ale lămpilor pentru o producție mai mare de 300.000 bucăți/an (tabelul 1)

Tabelul 1. Costuri unitare pentru CFL

Putere lampă (W)	Cost unitar pe game de puteri de lămpi (lei)
20...36	13,76
45...85	23,40
100...105	34,10
Costuri medii (lei/lampă)	23,67

Costurile medii prognozate pentru 300.000 bucăți LFC și preț de vânzare mediu prognozat (mai mare cu 20 % față de prețul de cost mediu) sunt date în tabelul 2.

Tabel 2. Costuri totale

An	Cost mediu (lei)	Preț de vânzare mediu (lei)
Anul I	7.100.000	8.500.000
Anul II	7.100.000	8.500.000
Anul III	7.100.000	8.500.000
Anul IV	7.100.000	8.500.000

Costurile pentru o lampă fluorescentă compactă constituită din balast electronic, tub lampă, carcasă din material izolant și soclu metalic E 27 sunt prezentate în tabelul 3 [5].

Tabelul 3. Costurile de fabricație (lei /bucată)

	Preț unitar mediu /sub-ansambluri lampă (lei)
Valoarea materialelor, inclusiv manopera directă, utilități, amortizare, cheltuieli comune de secție, costuri secție, cheltuieli de administratie, cheltuieli de desfacere pentru balast electronic (72 % din total costuri)	17,04
Valoarea materialelor, inclusiv manopera directă, utilități, amortizare, cheltuieli comune de secție, costuri secție, cheltuieli de administratie, cheltuieli de desfacere pentru tub lampă (23 % din total costuri)	5,44
Valoarea materialelor, inclusiv manopera directă, utilități, amortizare, cheltuieli comune de secție, costuri secție, cheltuieli de administratie, cheltuieli de desfacere pentru carcasă din material izolant și soclu metalic E 27 (5 % din total costuri)	1,19
Total costuri	23,67

În funcție de planul de producție, de obține prin realizarea acestei fabricații. În tabelul 4, este determinat profitul care prețurile de vânzare ale lămpilor și de În tabelul 4, este determinat profitul care costurile de producție ale acestora, se s-ar putea obține în urma realizării producției determină rezultatele economice ce s-ar de lămpi fluorescente compacte.

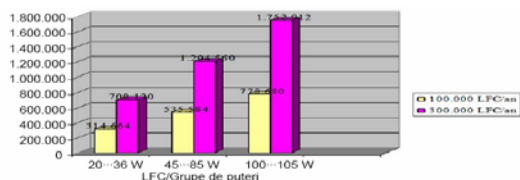
Tabelul 4. Profit mediu net previzionat

AN	Venituri totale (mii lei)	Costuri totale (mii lei)	Profit brut (mii lei)	Profit brut cumulat (mii lei)	Profit net cumulat (mii lei)
I	8.500	7.100	1400	1.400	1880
II	8.500	7.100	1400	2.800	2350
III	8.500	7.100	1400	4.200	3530
IV	8.500	7.100	1400	5.600	4.700

În tabelul 5 și în fig. 2, se face o analiză a LFC/an cu puteri între 20 W și 105 W. profitului net pentru o producție de 100.000 buc.

Tabelul 5. Profit net/100.000 buc./an LFC de diferite game de puteri

Putere lampă (W)	Cost unitar producție (Euro)	Cost unitar producție (lei)	Preț vânzare unitar (lei)	Cost producție/an (mii lei)	Preț vânzare/an (mii lei)	Profit brut/an (mii lei)	Profit net/an (lei)
20-36	4,2	18,73	22,476	1873	2247,6	374,6	314.664
45-85	7,15	31,88	38,256	3188	3825,6	637,6	535.584
100-105	10,4	46,37	55,64	4637	5564,0	927,0	778.680

**Figura 2.** Profitul net/an (lei) pentru LFC-uri, pe grupe de puteri, funcție de producția anuală.

În tabelul 6 și fig. 3, se face o analiză comparativă a profitului net pe puteri de lămpi pentru o producție de 100.000 buc. LFC/an și de 300.000 buc. LFC/an.

Tabelul 6. Profit net/300.000 buc./an LFC de diferite game de puteri (profit 20 %)

Putere lampă (W)	Cost unitar producție (Euro)	Cost unitar producție (lei)	Preț vânzare unitar (lei)	Costuri producție/an (mii lei)	Preț vânzare/an (mii lei)	Profit brut/an (lei)	Profit net/an (lei)
20-36	3,15	14,05	16,86	4.215	5.058,0	843,0	708.120
45-85	5,36	23,90	28,68	7.170	8.604,0	1.434,0	1.204.560
100-105	7,80	34,78	41,74	10.434	12.520,8	2.086,8	1.752.912

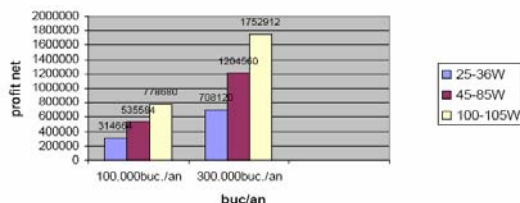


Figura 3. Profitul net /an pentru LFC-uri, pe grupe de puteri pentru 100.000 buc/an, respectiv 300.000 buc/an.

Din tabelele 5 și 6 și din figurile 2 și 3, se observă următoarele:

pentru lămpile pentru uz casnic, cu puteri de 20...36 W, profitul este mai mic (la 100.000 buc LFC/an: profitul net este 314.664 lei; la 300.000 buc LFC/an: profitul net este 708.120 lei), decât în cazul LFC-urilor cu puteri mai mari de 100...105 W ce pot fi utilizate și în iluminatul public (la 100.000 buc. LFC/an: profitul net este 778.680 lei, iar la 300.000 buc. LFC/an, profitul este 1.752.912 lei).

De asemenea, se constată că pentru o producție de 300.000 buc. LFC/an, prețul de producție unitar este mai mic decât în cazul în care s-ar produce doar 100.000 buc. LFC/an și, deci, pentru toate puterile de LFC-uri profitul net este mai mare.

4. Concluzii

Prin utilizarea unei scheme de alimentare cu înaltă frecvență a LFC-urilor, bazată pe circuitul integrat IRS2168D, caracteristicile obținute pentru diferite tipuri de LFC-uri privind preîncălzirea filamentelor, forma curbei curentului electric absorbit și aspectele de compatibilitate electro-magnetică sunt corespunzătoare normativelor în vigoare. Randamentul (η), factorul de putere (λ) și factorul total de distorsiune de curent electric ($THDI$) sunt îmbunătățite având valori $\eta=0,9$ sau $0,92$, $\lambda \geq 0,95$, $THDI \leq 20\%$ pentru puteri de lămpi de 15, 20 și 26 W, iar pentru puteri de lămpi de 32...105 W se obține $\eta=0,92$, $\lambda \geq 0,98$, $THDI \leq 10\%$.

Realizarea de lămpi fluorescente compacte cu caracteristici îmbunătățite pe baza unor tipuri de lămpi aflate pe piața din România (care să aibă caracteristici corespunzătoare și să realizeze, cu schemele actuale, performanțe deosebite relative la flux și durată de viață) se poate face utilizând o schemă de alimentare cu frecvență ridicată a LFC-urilor bazată pe

circuitul integrat IRS2168D

Puterile de lămpi ce pot fi fabricate sunt cele de 15...36W (15, 20, 24, 26, 32 și 36 W) cu tente de culoare pentru uz casnic de 4000 K (lumină caldă).

În vederea fabricării acestor tipuri de lămpi, se pot utiliza subansambluri de lămpi fluorescente compacte, de la producători externi, la prețuri competitive și fără balast electronic. Balastul electronic bazat pe schema de alimentare ce utilizează circuitul integrat IRS2168D, poate fi realizat de specialiștii din România pentru diferite tipuri de puteri de lampă.

O principală problemă în realizarea acestor LFC-uri este alegerea celui producător de lămpi fluorescente compacte care să fabrice tuburile lămpilor de o calitate deosebită în ceea ce privește fluxul luminos și durata de viață și de unde producătorii români să poată achiziționa la prețuri convenabile subansamblele. După depășirea acestei etape, se poate trece la fabricarea de lămpi cu modul electronic bazat pe un circuit integrat specializat mai performant, care să fie la jumătate de preț față de circuitul integrat IRS2168D, cu o schemă mult mai simplă și cu un sistem de reglare special ce necesită mai puține componente. Astfel, se va putea obține un preț mai mic pentru LFC-uri, iar performanțele lor vor fi superioare celor existente în prezent pe piața românească [22, 23, 24].

5. Acknowledgment

This work was financially supported by structural funds under POS-CCE-Axis2-Operation O2.1.1 (O2.1.1-Development research partnerships between universities/research institutes and enterprises), POS-CCE-A2-O2.1.1 Program POSCCE, contract ID 1104, Eco-efficient lighting systems with compact electric lamps, supplied with high frequency /ECOSISCOM, 2011.

6. Resurse bibliografice

- [1] ***, *Directive 2006/32/EC of the European Parliament and the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC*.
- [2] ***, *Commission Regulation (EC) no.244/2009 of 18 March 2009, implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps*.
- [3] ***, *Commission Regulation (EC) no.245/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without ballast, for high intensity discharge lamps and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of European Parliament and the Council*.
- [4] ***, *Doing more with less: Green Paper on energy efficiency*; European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, 2005, http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index_en.htm
- [5] Pop F., „Energy efficiency in lighting: norms, reality and trends”, *Conferința internațională de iluminat* [International Conference of Lighting], 2003, raport 39.
- [6] Bianchi, C, *Luminotehnica* [Light science], București: Editura Tehnică, 1990.
- [7] Golovanov N. et.al., *Consumatori de energie electrică. Materiale. Măsurări. Aparate. Instalații* [Electric energy consumers. Materials. Measurements. Apparatus. Installations] București: Editura AGIR, Academia de Științe Tehnice din România, 2009, 628 p., ISBN 978-973-720-240-6
- [8] Ivanovici C., Golovanov N., Popa I. et.al., „Analiza armonică a lămpilor fluorescente compacte” [Harmonic analysis of compact fluorescent lamps], *Conferința Națională și Expoziția de Energetică, Sinaia*, 2011, pp.385-390.
- [9] Baghini A. et.al., *Handbook of Power Quality*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, England, 2008, 618 p., ISBN 978-0-470-06561-7(H/B),
- [10] Koch A.S., Myrzik J.M.A., Wiesner T.L. et.al., „Harmonics and Resonances in the Low Voltage Grid Caused by Compact Fluorescent Lamps”, *ICHQP 2010*, Bergamo Italia, raport 302.
- [11] Golovanov N., Ivanovici C., Popa I., et.al., „Utilizarea eficientă a sistemelor de iluminat cu lămpi fluorescente compacte” [Efficient use of lighting systems using compact fluorescent lamps], *EEA*, 60(2012), nr.2, pp.111-117
- [12] Blanco A.M., Parra E.E., „Effects of High Penetration of CFLs and LEDs, on the Distribution Networks”, *ICHQP 2010*, Bergamo Italia, raport 305.
- [13] Čuk V., Cobben J.F.G., Kling W.L. et.al., „An Analysis of Diversity Factors applied to Harmonic Emission Limits for Energy Saving Lamps”, *ICHQP 2010*, Bergamo Italia, raport 315.
- [14] Ghafuri M. et.al., „Investigation of the Effects of Compact Fluorescent Lamps in Power Distribution Systems”, *10th International Conference on Environment and Electric Engineering*, Roma 2011, rap. 420.
- [15] ***, *Data Sheet no.PD60310*, IRS2168D (S)PbF, International Rectifier.
- [16] Fodor D., Delarue Ph., Ionescu FI et.al *Convertoare statice de puteri speciale* [Special static rectifiers], București: Editura Printech, 1997.
- [17] Goia M.L., Golovanov N., Vernescu V., *Utilizatori de energie electrică alimentați la joasă tensiune* [Low voltage power consumers], București: Editura AGIR, 2011, 275 p., ISBN 978-973-720-379-3.
- [18] ***, *Self-ballasted compact fluorescent lamps for general lighting servuces: performances requirements*, IEC 60969/2000
- [19] Ferstl J. et.al., „Characteristics of the input current of energy saving lamps and their impact on power quality”, *CIREC 2011*, Frankfurt, rap. 0275.
- [20] Sharma H., Sunderman W.G., Gaikwad A., „Harmonic Impacts of Widespread Use of CFL Lamps on Distribution Systems”, *PESGM*, Detroit, 2011, rap. 000971
- [21] Leca A., Mușatescu V., *Managementul energiei* [Energy management], Academia de Științe Tehnice din România, București: Editura AGIR, 2006, 703 p., ISBN 973-720-087-X; 978-973-720-087-7.
- [22] Ivanovici C., Ionescu V., Țipu E. et.al., „Tendințe și probleme în elaborarea și producția de corpuri de iluminat pentru clădiri de locuit” [Trends and issues in designing and manufacturing lighting fixtures for residential buildings], *EEA*, (2010), nr. 2.
- [23] Ivanovici C., Popa I., Ionescu V. et.al., „Utilizarea rațională a surselor de lumină în iluminatul casnic” [Rational use of light sources in domestic lighting], *EEA*, 58(2010), nr. 1, pp. 54-60.
- [24] Ivanovici C., Golovanov N., Ionescu A. et.al., „Utilizarea lămpilor fluorescente compacte pentru realizarea obiectivelor luminotehnice și de confort vizual” [Use compact fluorescent lamps for lighting objectives and visual confort], *EEA*, 59(2011), nr. 3, pp. 54-61.

7. Biography



Nicolae GOLOVANOV, Professor - Power Engineering Faculty, University Politehnica of Bucharest, PhD in Electric Engineering Over 40 years

experience in electric technologies, high voltage techniques, electricity prices and delivery regulations, energy efficiency, demand management, industrial & domestic consumption; Head of the "Electricity Use in Industry" & "Modern Electric Technologies" courses within the University POLITEHNICA. Associate Professor, Chisinau Technical University - Moldova Republic. Participation in international and national R&D projects concerning new technologies, industrial electricity consumers, energy efficiency indicators, market mechanismus.



Constantin IVANOVICI was born in Constanța (Romania), on November 13, 1940. He graduated the University Politehnica of București, Faculty of Electric

Engineering, Romania, in 1967. He is Senior Researcher for Icppe București (Romania). His research interests concern the electric lighting, energetic efficiency and renewable sources of energy.



Ionel POPA was born in Păunești-Vrancea (Romania), on March 30, 1950. He graduated the Politehnica University of București, Faculty of Industrial Chemistry, in 1972. He received

the PhD degree in chemical engineering from

University Politehnica of București, Faculty of Industrial Chemistry (Romania), in 2005. He is Senior Researcher for Icppe București (Romania). His research interests concern insulating materials, environmental technology and electric lighting.



Radu PORUMB was born in Bucharest, Romania, on September 5, 1977. He graduated from the University Politehnica of Bucharest, Energetica Faculty.

His employment experience includes Departamentul Ingineria Sistemelor Electroenergetice, Universitatea Politehnica din Bucuresti. His special fields of interest include power quality, distributed generation, electricity market and electric distribution systems analysis. He received M.S. degree in Electric Engineering from the Universitatea Politehnica of Bucharest, Bucuresti, Romania, in 2001. In 2005 he received PhD. degree in Electric Engineering at Dipartimento di Ingegneria Elettrica Industriale, Politecnico di Torino, Italy



Eleonora ȚIPU, was born on 01.08.1957, in Cuciulata (Romania). He graduated the Politehnica University of București, Faculty of Industrial

Chemistry, in 1982.

She is senior Researcher for Icppe București. His research interests concern lighting, electrical testing (testing climate, corrosion testing, fire hazard testing, materials testing), quality assurance, quality management, testing laboratories, standardizare.