



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00490**

(22) Data de depozit: **03/07/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2021** BOPI nr. **11/2021**

(66) Prioritate internă:  
**24/04/2012 RO a 2012 00274**

(41) Data publicării cererii:  
**30/01/2014** BOPI nr. **1/2014**

(73) Titular:  
• **RUS ADRIAN IOAN, STR.FERMEI NR.17,  
SAT SĂFTICA, BALOTEȘTI, IF, RO**

(72) Inventatori:  
• **RUS ADRIAN IOAN, STR. FERMEI NR.17,  
SAT SĂFTICA, BALOTEȘTI, IF, RO**

(74) Mandatar:  
**ROMINVENT S.A.,  
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 2011/0273098 A1; US 2011/0273102 A1**

(54) **APARAT ȘI METODĂ DE ALIMENTARE A UNUI APARAT  
DE ILUMINAT CU DIODE ELECTROLUMINESCENTE  
DE MARE PUTERE, DIRECT DIN REȚEAUA PUBLICĂ  
DE TENSIUNE ALTERNATIVĂ**



# RO 129203 B1

1           Invenția se referă la un aparat și o metodă de alimentare eficientă a aparatelor de  
iluminat cu LED-uri direct de la rețeaua publică de tensiune alternativă de 230V folosind  
3           LED-urile ca elemente de reglaj cu o eficiență de peste 90%, respectând cerințele  
EN61000-3-2 și având pâlpâirea teoretic minimă posibilă.

5           Invenția prezintă și modalitatea de optimizare după anumiți parametri.

7           Aparatele de iluminat cu diode electroluminiscente (LED) cunosc o dezvoltare  
accelerată generată de dezvoltările tehnologice care au făcut ca LED-urile de mare putere  
(HP: high power) și mare strălucire (HB: high brightness) care emit un flux luminos mai mare  
9           de 100 lumeni/watt să fie disponibile comercial începând cu 2010. LED-urile sunt dispozitive  
semiconductoare cu caracteristica curent/tensiune exponențială și puternic dependentă de  
11           temperatură, care trebuie alimentate din surse de curent constant. Alimentarea lor direct din  
rețeaua publică de joasă tensiune presupune rezolvarea a două cerințe conflictuale și anume  
13           conformarea cu o serie de standarde aplicabile la locul de alimentare (începând cu anul  
2006, în țările Uniunii Europene a intrat în vigoare directiva EN61000 care stabilește condiții  
15           extrem de dure pentru sarcinile constând din aparate de iluminat alimentate din rețeaua  
publică de joasă tensiune) respectiv alimentarea LED-urilor cu un curent constant.

17           Soluțiile clasice de alimentare în comutație sunt constituite din surse de alimentare  
dedicate, de sine stătătoare și care cuprind fără excepție transformatoare de tensiune și  
19           condensatoare.

21           Soluțiile funcționale sunt soluții „direct AC”, în care chiar LED-urile, prin comutări inte-  
ligente sunt folosite în procesul de reglare a curentului și deci de adaptare între caracterul  
ondulator al tensiunii de alimentare și caracterul continuu al curentului prin LED-uri.

23           Toate soluțiile de alimentare „direct AC” prezintă fenomenul de pâlpâire. Așa cum se  
vede în fig. 2, caracteristica curent/tensiune a LED-urilor prezintă un prag sub care prin  
25           LED-uri nu trece curent și deci, nu luminează. În conformitate cu caracteristica curent/ten-  
siune din fig. 2, la alimentarea unui șir de LED-uri dimensionat pentru tensiunea maximă a  
27           rețelei direct din rețeaua publică, acesta luminează doar jumătate din timp adică 5 ms, fiind  
stins circa 5 ms (+/- 2.5 ms în jurul trecerii prin zero a tensiunii rețelei), pentru fiecare  
29           semi-alternanță de 10 ms a tensiunii alternative cu frecvența de 50Hz. Prezența pragului  
precum și neliniaritatea pronunțată a caracteristicii curent/tensiune a LED-urilor fac ca  
31           aparatele de acest tip să-și distorsioneze curentul absorbit, coeficientul total de distorsiuni  
(THD) fiind de peste 78% și corespunzător factorul de putere fiind mic  $PF=0.5$ .

33           Pentru micșorarea distorsiunilor totale injectate în rețea, au fost dezvoltate o serie de  
tehnici și soluții speciale.

35           Fără excepție, soluțiile funcționale cunoscute simulează forma sinusoidală a  
curentului absorbit de către aparatul de iluminat din rețeaua publică prin modularea lui în  
37           amplitudine. Fără excepție și în mod cu totul eronat, soluțiile funcționale se înscriu într-o cursă  
de aproximare din ce în ce mai bună a formei sinusoidale a curentului absorbit, când în fapt  
39           odată respectate cerințele standardelor armonice în vigoare cursa ar trebui să fie pentru  
micșorarea pâlpâirii. Colateral, factorul de creastă (Crest Factor) al curentului absorbit  
41           (raportul dintre curentul maxim absorbit și curentul mediu prin dispozitiv) de soluțiile  
cunoscute este mai mare decât și tinde de sus în jos către 1.41; cu alte cuvinte nivelul maxim  
43           al curentului prin LED-uri este cu 41% mai mare decât curentul mediu prin ele. Ținând cont  
că oricum LED-urile de putere funcționează la limita superioară a condițiilor de stabilitate,  
45           suprasolicitățile de orice natură au ca efect direct micșorarea duratei lor de viață. Supli-  
mentar, eficiența LED-urilor scade cu creșterea densității de curent prin ele, așa încât  
47           factorul de creastă devine un parametru mult mai important decât eficiența energetică a  
sursei de alimentare.

# RO 129203 B1

În scopul alimentării modulelor cu LED-uri este cunoscută soluția de alimentare direct din rețeaua publică de tensiune descrisă în documentația familiei de circuite integrate DCLx118 produse de către compania coreeana Innovision și pentru care au fost depuse șase cereri de brevet, cereri. Studiind documentația tehnică disponibilă, se observă că soluția folosită de compania Innovision este o soluție de modulare discretă în amplitudine a curentului absorbit și care aproximează/sintetizează forma sinusoidală în trepte. Conform declarațiilor și a foilor de catalog este o soluție conformă EN61000-3-2 dar are o pâlpâire semnificativă (+/- 1.3 ms în jurul trecerii prin zero a tensiunii rețelei) și un factor de creastă mai mare decât 1.41.

În scopul alimentării modulelor cu LED-uri este cunoscută soluția de alimentare de la rețeaua publică de tensiune descrisă în documentația familiei de circuite integrate PC-R-101B produse de compania coreeana Login Digital. Soluția folosită de compania respectivă este și ea o soluție de modulare discretă în amplitudine a curentului absorbit care aproximează forma sinusoidală, tot în trepte. Este o soluție de putere mai mare dar care conform declarațiilor producătorului și a datelor tehnice oferite nu este conformă EN61000-3-2. La fel ca și soluția precedentă, are o pâlpâire semnificativă (+/- 1.3 ms în jurul trecerii prin zero a tensiunii rețelei adică o pauză totală de iluminat de 2.6 ms) și un factor de creastă mai mare de 1.41.

În scopul alimentării modulelor cu LED-uri este cunoscută soluția de alimentare de la rețeaua publică de tensiune descrisă în documentația familiei de circuite integrate Acrich 2, produse de compania coreeana Seoul Semiconductors. Soluția folosită de compania Seoul Semiconductors este și ea o soluție de modulare discretă în amplitudine, care aproximează forma sinusoidală a curentului absorbit tot în trepte. Declarativ se pare că este o soluție conformă EN61000 dar care însă prezintă aceeași pâlpâire semnificativă (+/- 1.3 ms în jurul trecerii prin zero a tensiunii rețelei) și un factor de creastă mai mare decât 1.41.

În scopul alimentării modulelor cu LED-uri este cunoscută soluția de alimentare de la rețeaua publică de tensiune descrisă în documentația familiei de module LMC 10-11 produse de compania japoneză Citizen. Soluția folosită de Citizen este o soluție de modulare în amplitudine (MA) discretă, realizată conform brevetului **US 20110273098** și a referințelor asociate. Chiar dacă soluția sintetizează sau aproximează forma sinusoidală a curentului absorbit din două trepte, ea este o soluție liniară și din această cauză eficiența ei este mai scăzută (circa 65%) decât a soluțiilor precedente. În plus, factorul de creastă al acestei soluții este mult mai mare de 1.41. Și această soluție are o pâlpâire semnificativă, circa +/- 1.5 ms în jurul trecerii prin zero a tensiunii rețelei.

Soluția tehnică dezvoltată în brevetul **US 20110273102** rezolvă elegant conformarea cu EN61000 prin plasarea în serie cu segmentele de LED-uri comutate a unei surse de curent comandate în tensiune (VCCS), sinusoidale. Și această soluție este o soluție de modulare în amplitudine a curentului absorbit. Forma pur sinusoidală a curentului prin sursa de curent face ca și această soluție să prezinte o pâlpâire semnificativă iar factorul de formă oferit de această soluție este egal cu 1.41.

Soluția propusă aplică extensiv principiile și aparatul matematic dezvoltate de disciplina „prelucrarea optimă a semnalelor” pentru semnale radar complexe, modelând parametri teoretic obtenabili din forme de undă specifice, variantele de implementare practică devenind simple formalități.

Dată fiind caracteristica lor curent-tensiune exponențială, LED-urile curentul ideal cu care trebuie alimentate LED-urile este continuu. Folosind ca sursă de putere rețeaua publică de tensiune alternativă, curentul ideal absorbit din rețea, trebuie să fie sinusoidal. Sursa de alimentare, indiferent de tehnologia în care este realizată, face practic o adaptare între forma

# RO 129203 B1

1 curentului absorbit din rețea și forma curentului pompat în LED-uri, așa cum se vede în fig. 1  
în care am considerat redresarea bialternantă ca implicită. În acest punct trebuie făcută o  
3 observație importantă și anume că factorul de creastă (Crest Factor sau CF) are valoarea  
de 1.41 în cazul curentului sinusoidal absorbit din rețea, respectiv este egal cu 1 în cazul  
5 curentului continuu, pompat în LED-uri. CF este un parametru extrem de important în eco-  
nomia eficienței optice a LED-urilor deoarece de exemplu la dublarea curentului eficiența  
7 optică scade cu circa 10%. Notez cu [1] condiția de eficiență modelată mai sus.

8 Nivelul maxim al armonicilor care pot fi injectate în rețeaua publică este stabilit de  
9 standardul EN61000-3-2, valorile maxim admise fiind indicate în fig. 3. Din această  
perspectivă, EN61000 stabilește limitele armonice maxim acceptate de către producătorii și  
11 transportatorii energiei electrice în interiorul cărora consumatorul putându-și face orice  
optimizări după orice criterii îi sunt lui de folosință.

13 Pentru identificarea formei curentului absorbit de aparat în domeniul timp acceptabilă  
din perspectiva EN61000, aplic transformarea Fourier inversă unui curent caracterizat de  
15 amplitudinile armonicilor maxim acceptate de EN61000. Transformarea Fourier inversă  
atunci când nu există informații despre faza armonicilor ci numai despre amplitudinea lor (iar  
17 în EN61000 sunt impuse exclusiv amplitudinile armonicilor) are mai multe soluții. Variind  
amplitudinile armonicilor între 0 și valorile lor maxim acceptate respectiv variind fazele lor  
19 între 0 și 360, cea mai apropiată formă de undă din domeniul timp de formă ideală a  
curentului prin LED-uri este aceea care se obține prin însumarea fundamentalei în faza cu  
21 armonică a III-a de amplitudine 30% din fundamentală și respectiv în faza cu armonică a V-a  
de amplitudine 10% din fundamentală; forma de undă rezultată este prezentată în fig. 4. În  
23 acest moment se poate afirma că dacă graficul curentului absorbit în domeniul timp din rețea  
este situat între curbele "i1+i3+i5" și „i sinus", atunci amplitudinile armonicilor lui se  
25 încadrează în limitele impuse de EN61000-3-2. Deoarece pălpâirea scade prin deplasarea  
forme curentului absorbit de la dreapta către stânga, pălpâirea minimă și acceptabilă din  
27 perspectiva EN61000 se obține atunci când forma de variație a curentului absorbit este  
identică cu limita din stânga a locului geometric identificat mai sus. Orice îndepărtare către  
29 dreapta față de această limită se face pe costul creșterii pălpâirii. Aleg forma de undă a  
curentului absorbit din rețea ca fiind forma de undă simplificată și notată „i trapez" din fig. 4.  
31 Această formă de undă trapezoidală are un factor de creastă de 1.12. Deoarece și factorul  
de creastă scade și prin deplasarea formei curentului de la dreapta către stânga, forma de  
33 undă care asigură pălpâirea minimă asigură și factorul de creastă minim. Orice îndepărtare  
către dreapta față de această limită/orice reducere a pantei de variație a curentului se fac pe  
35 costul creșterii factorului de creastă, respectiv orice deplasare către stânga/creștere a pantei  
curentului va scoate semnalul din limitele impuse de EN61000. Notez cu [2] condiția de  
37 conformare modelată mai sus.

38 Din condițiile cumulative [1] respectiv [2] se conturează și soluția de realizare fizică  
39 a sursei din două module funcționale independente, astfel: un modul responsabil cu formarea  
cu eficiența dorită a unui impuls dreptunghiular de curent și respectiv un modul de con-  
41 formare cu standardul EN61000-3-2 prin decuparea unor pante din impulsul dreptunghiular  
prin modularea curentului absorbit de sursa de curent.

43 Soluția propusă pentru realizarea modului responsabil de eficiența transferului de  
energie este separarea unui număr de  $N \times M$  LED-uri în  $N$  segmente a câte  $M$  LED-uri  
45 fiecare și introducerea sau scoaterea lor succesivă în/din serie în/din circuit, pe măsură ce  
căderea de tensiune la bornele sursei de curent depășește o anumită valoare, prestabilită.  
47 Alegerea nivelurilor de tensiune a pragurilor de comutare stabilește nivelurile de tensiune  
maxime la bornele sursei de curent și derivă direct în eficiența energetică totală. Schema

# RO 129203 B1

electrică de principiu este prezentată în fig. 5. Schema produce cel mai eficient teoretic posibil un impuls dreptunghiular de curent, simetric centrat pe 5 ms și având fronturile cât mai apropiate de 0 respectiv de 10 ms, pentru fiecare semialternanță a tensiunii alternative a rețelei cu frecvență de 50 Hz.

Conformarea cu EN61000-3-2 se face prin imprimarea variației curentului absorbit de dispozitiv a unui profil trapezoidal. Ea poate fi realizată prin modularea curentului absorbit de sursa de curent, metodele distincte de modulare conducând la soluții tehnice distincte, propuse și analizate în continuare:

Metoda 1, modularea în amplitudine: anvelopa curentului absorbit din rețea este modificată continuu/liniar prin varierea amplitudinii curentului absorbit în domeniul timp, curentul absorbit de sursa de curent variind astfel: crescător între 0 și 1.4 ms cu o pantă de 2 x mai mare decât panta funcției  $\sin(50 \text{ Hz})$ , constant între 1.4 ms și 8.6 ms respectiv descrescător între 8.6 ms și 10 ms cu o pantă de 2 x mai mare decât panta funcției  $\sin(50 \text{ Hz})$  pe același interval de timp.

Metoda 2, modularea PWM: anvelopa curentului absorbit din rețea este modulată prin chopparea cu impulsuri de durată variabilă (Pulse Width Modulation) pe intervalele 0-1.4 ms respectiv 8.6-10 ms, cu legea de variație a duratei impulsurilor liniară, cu pantele de 2 x mai mari decât pantele funcției  $\sin(50 \text{ Hz})$  pe aceleași intervale de timp.

Metoda 3, modularea PWM intrinsecă: ținând cont că impulsul dreptunghiular de curent este construit dintr-o sumă de impulsuri, este posibil ca prin alegerea potrivită a pragurilor de cumutare în intervalele 0-1.4 ms respectiv 8.6-10 ms schema echipată cu sursa de curent constant să genereze intrinsec trenuri de impulsuri modulate în durată după o lege aproximativ liniară și cu pantă dublă față de panta funcției  $\sin(50 \text{ Hz})$  în intervalele 0-1.4 ms respectiv 8.6-10 ms.

Metoda 4, modularea aleatoare: anvelopa curentului absorbit din rețea este variată prin modularea aleatoare a fronturilor impulsului dreptunghiular original. Prin alegerea potrivită a legii de distribuție a probabilității se poate obține orice formă de variație a anvelopei, inclusiv sinusoidală; pentru că scopul principal este asigurarea unui CF cât mai apropiat de 1, legea de distribuție care asigură formarea unor impulsuri trapezoidale are densitatea de probabilitate uniformă în intervalele 0-1.4 ms respectiv 8.6-10 ms. Astfel schema absoarbe un curent a cărui anvelopă este trapezoidală, așa cum este ea determinată și indicată în fig. 4.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este alimentarea eficientă și cu un curent constant a modulelor cu LED-uri direct din rețeaua publică de 230 V<sub>ca</sub> (așa zisa soluție direct AC) care asigură pâlpâirea minim posibilă de atins teoretic cu soluții direct AC.

Aparatul pentru alimentarea unui șir de LED-uri direct de la o tensiune de rețea de curent alternativ ( $U_{AB}$ ) care furnizează tensiune sinusoidală alternativă de 230V<sub>ef</sub> și 50Hz, respectivul aparat cuprinzând:

- o sursa curenta constantă,
- șirul de LED-uri conectate în serie și împărțit în mai multe segmente, fiecare dintre segmentele multiple în serie având un anumit număr de LED-uri,
- o punte redresoare a cărei ieșire pozitivă este conectată în serie la anodul sursei de curent constant, în care:
  - catodul sursei de curent constant este conectat în serie la anodul șirului de LED-uri; și
  - catodul șirului de LED-uri este conectat în serie la ieșirea negativă a punții redresoare,
- niște comparatoare,

# RO 129203 B1

- 1 - niște tranzistoare a caror comutare este controlată de unul dintre comparatoare, în  
care un prag de tensiune având o valoare prag prestabilită, determina comutarea tranzis-  
3 torului respectiv, în care comparatoarele și tranzistoarele sunt formate în perechi,  
- fiecare pereche formată dintr-unul dintre tranzistoare și unul dintre compa-  
5 ratoare, fiecare comparator controlând tranzistorului respectiv care este conectat în paralel  
la unul dintre segmentele multiple, cu excepția primului segment care este conectat în serie  
7 la sursa de curent constant,  
- niște divizoare de tensiune rezistive conectate între ieșirile pozitive și negative ale  
9 punții redresoare, respectivele divizoare de tensiune rezistive putând stabili praguri de  
tensiune,  
11 - un generator de tensiune de referință, cuplat la fiecare dintre comparatoare;  
- un prim circuit de modulație al sursei de curent constant, capabil să moduleze  
13 curentul de anvelopa curentului absorbit de la sursa de curent constant,  
- un al doilea circuit de modulație al generatorului de tensiune de referință, configurat  
15 să:  
- când tensiunea rețelei de curent alternativ depășește valorile de prag  
17 prestabilite, tranzistoarele sunt oprite consecutiv, introducând astfel consecutiv, în serie cu  
sursa de curent constant și cu cel puțin primul segment deja prezent în serie, unul dintre  
19 segmente ca segment suplimentar, segmentul suplimentar preia o parte sau toată caderea  
bruscă de tensiune constantă a sursei de curent,  
21 - la scaderea tensiunii rețelei de curent alternativ ( $U_{AB}$ ) sub valoarea de prag  
prestabilită, tranzistoarele sunt pornite consecutiv, scoțând astfel consecutiv din serie unul  
23 din segmente ( $S_9, S_8, \dots, S_1$ ), cu excepția primului segment ( $S_{10}$ ), și este caracterizat prin  
aceea că primul circuit de modulație este adaptat pentru a modula anvelopa curentului  
25 absorbit din rețeaua publică de tensiune alternativă ( $U_{AB}$ ), prin care curentul absorbit  
menționat, are, în fiecare jumătate de ciclu de 10 ms al tensiunii rețelei de curent alternativ  
27 ( $U_{AB}$ ), o creștere liniară între 0 ms -1,4 ms, cu o pantă de două ori mai mare decât panta ten-  
siunii sinusoidale alternative de 50Hz pe același interval de timp, o valoare plană între  
29 1,4 ms-8,6 ms și are o scadere liniară între 8,6 ms-10 ms, cu o pantă de două ori mai mare  
decât panta tensiunii sinusoidale alternative de 50Hz pe același interval de timp.  
31 Metoda pentru alimentarea unui șir de LED-uri direct de la o tensiune de rețea de  
curent alternativ ( $U_{AB}$ ) care furnizează tensiune sinusoidală alternativă de 230Vef și 50Hz,  
33 conform invenției, constă în:  
a) creșterea liniară a amplitudinii anvelopei de curent, în intervalul 0-1,4 ms;  
35 b) menținerea constantă a amplitudinii anvelopei de curent în intervalul  
1,4 ms - 8,6 ms;  
37 c) descreșterea liniară a amplitudinii anvelopei de curent, în intervalul 8,6-10 ms;  
d) repetarea sub-etapelor a, b și c în fiecare semiperioadă de 10 ms a tensiunii de  
39 alimentare alternativă sinusoidală ( $U_{AB}$ ).  
Conform unui aspect al invenției, modularea anvelopei de curent de către sursa de  
41 curent constant este realizată prin modularea în amplitudine a curentului absorbit de sursa  
de curent constant.  
43 Conform unui alt aspect al invenției, modularea anvelopei de curent de către sursa  
de curent constant este realizată prin modularea PWM a curentului absorbit de sursa de  
45 curent constant.  
Conform unui alt aspect al invenției, modularea anvelopei de curent de către sursa  
47 de curent constant este realizată prin modularea PWM intrinsecă a curentului absorbit de  
sursa de curent constant.

# RO 129203 B1

Conform unui alt aspect al invenției, modularea anvelopei de curent de către sursa de curent constant este realizată prin modularea aleatoare a poziției fronturilor impulsurilor dreptunghiulare de curent constant absorbite de sursa de curent constant.	1
Astfel invenția prezintă următoarele avantaje:	3
- permite alimentarea modulelor cu LED-uri direct de la rețeaua publică de 230V <sub>ca</sub> ;	5
- alimentează LED-urile cu un curent constant și cu doar 14% mai mare decât curentul mediu;	7
- permite dimensionarea independentă a efectului stroboscopic/ a pâlpâirii până la valoarea minim posibilă de atins prin soluții funcționale „direct AC” conforme cu EN61000-3-2;	9
- permite dimensionarea independentă a eficienței până la 99%;	11
- permite dimensionarea independentă a armonicilor generate, a distorsiunilor armonice totale (THD) și subsecvent a factorului de putere;	13
- nu conține bobine, transformatoare sau condensatoare electrolitice ci exclusiv elemente de circuit miniatură/miniaturizabile (componente semiconductoare, condensatoare nepolarizate și rezistoare) permițând astfel realizarea unor aparate de iluminat ultra subțiri, integrabile pe placa de circuit imprimat pe care sunt plantate LED-urile sau chiar în modulul cu LED-uri de tip COB, cu doar două terminale de alimentare direct de la rețeaua publică de tensiune alternativă;	15
- are durata de viață similară duratei de viață a LED-urilor.	17
Metoda păstrează următoarele dezavantaje prezente la toate soluțiile offline (alimentate direct de la rețeaua publică de joasă tensiune), „direct AC”:	19
- nu respectă standardul de securitate în muncă la tensiuni continue (SELV), tensiunile continue din interiorul său atingând valori de până la 400 Vcc, motiv pentru care modulele trebuie încapsulate în așa fel încât să nu permită atingerea accidentală a elementelor de circuit aflate sub tensiune;	21
- nu este separată galvanic de rețeaua de joasă tensiune, existând riscul de electrocutare la lucrul sub tensiune. Pentru aceasta este interzis a se lucra în aparat/ a demonta modulul cu LED-uri în timp ce este alimentat;	23
- pentru o valoare a tensiunii rețelei publice data (110 V/230 V/277 V) numărul de LED-uri este fix.	25
Se dă în continuare un exemplu de dimensionare și realizare a circuitului pentru un curent de 400 mA în legătură cu figurile care reprezintă:	27
- fig. 1, formele de undă ideale ale curenților absorbiți din rețea respectiv pompați în LED-uri;	29
- fig. 2, caracteristica curent/tensiune a unui LED alb HB-HP;	31
- fig. 3, valorile maxim admise ale armonicilor curentului absorbit din rețeaua publică, conform EN61000-3-2;	33
- fig. 4, formele curenților absorbiți din rețea acceptabili din perspectiva armonică EN61000-3-2;	35
- fig. 5, schema electrică de principiu a modulului complet;	37
- fig. 6, formele de undă ale curentului prin circuit cu sursa de curent nemodulată;	39
- fig. 7, formele de undă ale curentului prin aparat modulând sursa de curent în amplitudine;	41
- fig. 8, spectrul curentului absorbit de aparat modulând sursa de curent în amplitudine, în condiții de CF <sub>minim</sub> ;	43
- fig. 9, spectrul curentului absorbit de aparat modulând sursa de curent în amplitudine, în condiții de eficiență maximă;	45

# RO 129203 B1

- 1 - fig. 10, formele de undă ale curentului prin aparat modulând PWM sursa de curent;  
- fig. 11, spectrul curentului absorbit de aparat modulând PWM sursa de curent în  
3 condiții de  $CF_{\min}$ ;  
- fig. 12, spectrul curentului absorbit de aparat modulând PWM sursa de curent în  
5 condiții de eficiență maximă;  
- fig. 13, formele de undă ale curentului absorbit de aparat cu modulație PWM  
7 intrinsecă;  
- fig. 14, spectrul curentului absorbit de aparat cu modulație PWM intrinsecă în  
9 condiții de  $CF_{\min}$ ;  
- fig. 15, spectrul curentului absorbit de aparat cu modulație PWM intrinsecă în  
11 condiții de eficiență maximă;  
- fig. 16, schema electrică simplificată - PWM intrinsecă stabilizată;  
13 - fig. 17, formele de undă ale curentului absorbit de aparat cu modulație PWM  
intrinsecă stabilizată;  
15 - fig. 18, spectrul curentului absorbit de aparat cu modulație PWM intrinsecă  
stabilizată în condiții de  $CF_{\min}$ ;  
17 - fig. 19, spectrul curentului absorbit de aparat cu modulație PWM intrinsecă  
stabilizată în condiții de eficiență maximă;  
19 - fig. 20, formele de undă ale curentului absorbit modulând aleator sursa de curent;  
- fig. 21, spectrul curentului absorbit de aparat modulând aleator în condiții de  $CF_{\min}$ ;  
21 - fig. 22, spectrul curentului absorbit de aparat modulând aleator în condiții de  
eficiență maximă.
- 23 Schema electrică de principiu din fig. 5 include o punte redresoare a cărei ieșire  
„plus” este conectată în serie la anodul unei surse de curent constant, al cărei catod este  
25 conectat în serie la anodul unui șir de LED-uri legate în serie și împărțite în mai multe  
segmente, al cărui catod este conectat în serie la ieșirea „minus” a punții redresoare, un  
27 număr de comutatoare comandate de un număr egal de circuite comparatoare montate în  
paralel pe fiecare segment mai puțin pe segmentul proxim sursei de curent, un divizor  
29 rezistiv montat între ieșirile „plus” și „minus” ale punții redresoare care stabilește pragurile  
de tensiune la care sunt acționate comutatoarele, un circuit de generare a tensiunii de refe-  
31 rință a comparatoarelor, un circuit de modulare a sursei de curent și un circuit de împrăștiere  
a spectrului prin modularea referinței de tensiune a comparatoarelor.
- 33 La cuplarea unei tensiuni alternative de  $230 V_{\text{eff}}$  între bornele **A** și **B** ale circuitului,  
tensiunea alternativă este redresată de puntea redresoare și aplicată șirului de  $N \times M$  diode  
35 luminescente (LED) montate în serie și grupate în  $N$  șiruri a câte  $M$  diode. Valoarea maximă  
pozitivă ( $U_{\text{max}}$ ) a tensiunii pulsatorii redresate și aplicată prin sursa de curent șirului de  
37 LED-uri montate în serie este de circa  $350 V_{\text{vv}}$  ( $250 V_{\text{ac}} \times 1.41$ ) ea determinând numărul total  
( $N \times M$ )<sub>min</sub> de LED-uri necesar pentru funcționarea schemei.
- 39 Ținând cont că tensiunea care cade pe un LED HB-HP de culoare albă la un curent  
de 1A este în jur de 3.6-3.7 V și luând în calcul driftul termic (negativ) de circa -3mV/grd  
41 Celsius, rezultă că pentru funcționarea sigură până la o temperatură a joncțiunii  $T_j=100$   
grade Celsius ( $N \times M$ ) = 96. Aleg ( $N \times M$ ) = 100 LED-uri pe care le grupăm în 10 segmente  
43 a 10 LED-uri fiecare, alegerea fiind susținută de existența curentă a surselor de lumină  
constituite din 100 LED-uri și grupate într-un dispozitiv unic COB (Chip On Board).  
45 Dimensionarea numărului de segmente rezultă dintr-un calcul de eficiență care nu face  
obiectul acestei aplicații și conform căruia cât numărul de segmente scade, cu atât eficiența



# RO 129203 B1

scade și ea, sursa de curent preluând o tensiune efectivă/medie mai mare și pentru durate de timp mai lungi. Cu titlu de inventar, pentru 100 LED-uri împărțite în 5 segmente egale eficiența maximă teoretică tinde la 95% iar pentru 100 LED-uri împărțite în 10 segmente egale, ea tinde la 99.99%.

Ținând cont că tensiunea minimă de deschidere a unui LED alb HB-HP este de circa 2.4 V și alegând numărul de LED-uri din segmentul proxim sursei de curent și numerotat **S10** egal cu 10, am stabilit în fapt momentul de timp după trecerea prin zero a tensiunii de alimentare, la care aparatul începe să lumineze și anume în momentul în care tensiunea  $U_{AB}$  devine mai mare decât tensiunea de prag a segmentului **S10**; acest moment este la 0.28 ms de la trecerea prin zero a tensiunii de alimentare sinusoidale.

Pentru descrierea funcționării, consider că sursa de curent este nemodulată astfel încât absoarbe un curent de valoare fixa de 400 mA, circuitul de împrăștiere a spectrului prin modularea referinței de tensiune a comparatoarelor este inactiv, precum și ca la cuplarea tensiunii de alimentare la bornele **AB**, tensiunea alternativă trece prin zero. De asemenea, consider că la bornele **AB** se aplică o tensiune sinusoidală alternativă cu valoarea efectivă de 230 V<sub>ef</sub> și cu frecvența de 50 Hz.

La creșterea tensiunii  $U_{AB}$ , de la 0 și până la atingerea valorii de prag de 28.5V (10 LED x 2.85V = 28.57 V), curentul absorbit de schema din rețea este zero. În continuare deoarece tranzistorul **Q6** care șuntează segmentele **S1...S9** este saturat deschis, schema este formată din puntea redresoare conectată în serie cu sursa de curent și un singur segment **S10** format din 10 LED-uri, curentul prin aparat care este egal cu curentul prin segmentul **S10** crește exponențial odată cu tensiunea aplicată, până la valoarea de 400 mA, limitat de sursa de curent. Prezența în serie cu **S10** a sursei de curent cu valoarea fixă de 400 mA, limitează tensiunea maximă pe segmentul **S10** la circa 34 V care este căderea de tensiune pe 10 LED-uri legate în serie și prin care trec 400 mA. Astfel, pentru  $U_{AB}$  între 0 și 28.5 V, întreaga tensiune prezentă la bornele **AB** se regăsește pe **S10**; pe măsură ce  $U_{AB}$  depășește 29 V, tensiunea la bornele segmentului **S10** crește până la 34 V după care rămâne constantă și egală cu circa 34 V, diferența de tensiune fiind preluată de sursa de curent.

În momentul în care tensiunea la bornele **AB** atinge primul prag de comutare stabilit de divizorul rezistiv **R10** și **R9+...+R1** comparatorul **C9** pune poarta lui **Q9** la potențial zero, blocându-l. Blocarea lui **Q9** introduce teoretic toate segmentele **S9-S1** în serie cu **S10**; în fapt, segmentele **S8-S1** fiind șuntate de **Q8** care este saturat deschis, blocarea lui **Q9** introduce numai segmentul **S9** în serie cu **S10**; curentul prin circuit va fi mai mic decât 400 mA și va fi stabilit de tensiunea  $U_{AB}$  de la momentul comutării, împărțită la 20 de diode luminescente montate în serie respectiv de caracteristicile lor curent/tensiune.

La creșterea în continuare a tensiunii  $U_{AB}$ , curentul prin **S10+S9** crește exponențial, până când atinge valoarea de 400 mA, fiind limitat de sursa de curent. După ce curentul prin **S10+S9** a atins 400 mA, tensiunea la bornele **S10+S9** rămâne constantă și limitată la circa 68 V, întreaga creștere în continuare a tensiunii  $U_{AB}$  fiind preluată de sursa de curent. La depășirea valorii de prag stabilite de rezistențele **R10+R9** și **R8+...+R1** comparatorul **C8** blochează tranzistorul **Q8** și astfel introduce segmentul **S8** în serie cu **S10** și **S9**.

În continuare, la depășirea succesivă a valorilor de prag stabilite de **R1...R10** schema introduce succesiv în serie cu segmentele deja existente, segmente suplimentare care preiau o parte din sarcina de reglare a curentului îndeplinită de sursa de curent.

# RO 129203 B1

1 La variația negativă a tensiunii la borne  $U_{AB}$  procesul se desfășoară în sens invers,  
2 la scăderea tensiunii  $U_{AB}$  sub nivelurile de prag prestabilite, schema scoțând succesiv câte  
3 un segment de LED-uri din seria de LED-uri prin șuntarea lui cu transistorul corespunzător.

4 Introducerea, respectiv scoaterea din circuit a segmentelor **S1...S9** se poate face prin  
5 mai multe metode, pricipiul de funcționare rămânând același. Opțional, valoarea rezistenței  
6 **R10** poate avea un coeficient de temperatură pozitiv care să compenseze driftul negativ cu  
7 temperatura al căderilor de tensiune pe LED-uri.

8 Prin dimensionarea pragurilor de comutare, CF glisează de la  $CF_{maxim}$  la  $CF_{minim}$ ,  
9 astfel: prin stabilirea primului prag la 2x34V și a următoarelor din 34V în 34V  
10  $CF=CF_{minim} = 1.12$  iar eficiența teoretică a conversiei este de 92,65%. Micșorând progresiv  
11 primul prag de la 68 V până la 34 V și păstrând următoarele praguri din 34 V în 34 V față de  
12 acesta, eficiența teoretică crește către 99.98% pe cheltuiala CF care se înrăutățește până  
13 la 2.25. Pentru curentul prin sursa de curent de 400 mA, puterea absorbită din rețea variază  
14 de la 81.84 W pentru  $CF = 1.12$  până la 40.88 W pentru  $CF = 2.25$ .

15 În urma comutării succesive descrise mai sus am asigurat că prin LED-uri trec trenuri  
16 de impulsuri de curent de amplitudine constantă și egală cu 400 mA, aproximativ dreptun-  
17 ghiulare, începând de la circa 0.3 ms și până la circa 9.7-9.8 ms ale fiecărei semiperioade  
18 de 10 ms a tensiunii de alimentare alternative sinusoidale cu frecvența de 50 Hz. Formele  
19 curentului absorbit în cele două cazuri extreme și anume eficiență maximă respectiv CF  
20 maxim sunt prezentate în fig. 6.

21 Dar pentru încadrarea în EN61000-3-2 variația anvelopei curentului absorbit din rețea  
22 trebuie să fie descrisă de legea de variație „i trapez” din fig. 4. Această variație poate fi  
23 obținută modulând curentul sursei de curent în cele 4 feluri indicate mai sus și a căror  
24 realizare și funcționare este detaliată în continuare:

25 Pentru varierea anvelopei curentului absorbit de sursa de curent prin modificarea  
26 liniară în timp a amplitudinii curentului se modulează curentul absorbit de sursă prin multipli-  
27 carea lui cu „i trapez”. Soluțiile de modulare în amplitudine sunt clasice, ele putându-se realiza  
28 analogic sau digital, controlat cu microprocesor și în faza cu tensiunea rețelei. Variația în  
29 timp a curentului absorbit din rețea în urma modulării în amplitudine (MA) este reprezentată  
30 în fig. 7. Spectrul curentului absorbit de aparat în condițiile de  $CF_{minim}$  este prezentat în fig. 8  
31 iar spectrul curentului absorbit de aparat în condiția de eficiență maximă este prezentat în  
32 fig. 9.

33 Eficiența energetică maximă teoretică și calculată a aparatului este de 99.94% pentru  
34  $CF = 2.27$  și respectiv pentru o putere absorbită din rețea de 40.61 W și scade până la  
35 93.10% pentru  $CF_{minim} = 1.16$ , caz în care puterea absorbită din rețea crește la 79.55 W.  
36 Coeficientul total de distorsiuni armonice (THD) al semnalului din fig. 8 este de 26.5% și  
37 subsecvent factorul de putere  $FP=0.97$ .

38 Așa cum se observă în fig. 9, spectrul curentului absorbit din rețea în condiții de  
39 eficiență maximă nu este conform cu rigorile EN61000-3-2, el prezentând armonici cu  
40 amplitudine mai mare decât limitele impuse de standard în zona 1-3 kHz, motiv pentru care  
41 trebuiesc luate măsuri suplimentare de micșorare a lor. Având în vedere că frecvența  
42 armonicilor este de frecvență relativ redusă, filtrarea este ineficientă (filtre sunt mari, volu-  
43 minoase și scumpe) astfel încât cea mai comodă soluție de micșorare este prin împrăștierea  
44 spectrului. Împrăștierea (a) se realizează tehnic foarte ușor, prin modularea tensiunii de  
45 referință cu o frecvență necorelată cu frecvența rețelei și care astfel din punct de vedere  
46 statistic este o modulare cu un semnal aleator, respectiv este (b) deosebit de eficientă, ea  
47 reducând amplitudinile armonicilor cu circa 8 dB, adică suficient pentru încadrarea în limitele  
48 legale.

# RO 129203 B1

Anvelopa curentului absorbit de sursa de curent poate fi variată prin modularea PWM pe intervalele 0-1.4 ms respectiv 8.6 ms-10 ms ale fiecărei semialternanțe ale tensiunii de alimentare alternative și sinusoidale, cu frecvența de 50 Hz, păstrând constantă amplitudinea curentului absorbit. Legea de variație a duratei impulsurilor liniară, cu pantele de 2 x mai mari decât pantele funcției  $\sin(50 \text{ Hz})$  pe aceleași intervale de timp, lege reprezentată de „trapez” în fig. 4. Curentul absorbit din rețea este prezentat în fig. 10 iar spectrele în cele două condiții extreme, de CF maxim respectiv de eficiența maximă sunt prezentate în fig. 11 respectiv în fig. 12. Deoarece frecvența de modulare PWM este cu mult mai mare (zeci de kHz, MHz) decât cea mai mare armonică urmărită de EN61000-3-2 (armonica 39 sau 4 kHz), spectrele curenților absorbiți din rețea sunt identice în joasă frecvență cu spectrele curenților absorbiți din rețea de către aparatul cu modularea în amplitudine a curentului sursei.

Eficiența energetică maximă calculată a aparatului este de 99.98% pentru un  $CF = 2.26$  și pentru o putere absorbită din rețea de 40.61 W respectiv scade până la 92.50% pentru  $CF_{\text{minim}} = 1.16$  și o putere absorbită din rețea de 79.55 W. Coeficientul total de distorsiuni armonice (THD) al semnalului din fig. 11 este de 26.5% și subsecvent factorul său de putere  $FP = 0.97$ .

Ca și în cazul modulării în amplitudine a curentului absorbit de sursa de curent, spectrul curentului absorbit de montajul proiectat pentru eficiența maximă nu este conform EN61000-3-2 în zona 1-3 kHz, motiv pentru care trebuie luate aceleași măsuri suplimentare de micșorare a componentelor armonice prin împrăștierea spectrului lor. Suplimentar față de modulația în amplitudine, modulația PWM produce armonici de înaltă frecvență (la frecvența de modulație și la multiplii ai acesteia), armonici care trebuie filtrate.

Observând că impulsul dreptunghiular de curent absorbit de aparat este construit prin însumarea a 10 impulsuri individuale și observând că rigorile EN61000-3-2 pot fi satisfăcute prin modularea energiei absorbite din rețea cu pante crescătoare și duble față de panta funcției  $\sin(50 \text{ Hz})$  între 0 și 1.4 ms respectiv descrescătoare între 8.6 și 10 ms pentru fiecare semialternanță a tensiunii rețelei, rezultă imediat că prin alegerea potrivită a primelor 3 praguri de comutare schema poate produce trenuri de câte 3 impulsuri cu durată variabilă, exact în intervalele de interes și anume 0 la 1.4 ms și 8.6 la 10 ms. Acest modus vivendi este în fapt o „modulație PWM intrinsecă”.

Formele de undă ale curentului absorbit de aparat din rețea în cele două cazuri,  $CF_{\text{minim}}$  sau eficiența maximă sunt prezentate în fig.13 iar spectrele lor, în fig.14 respectiv fig.15. Eficiența energetică maximă calculată este de 99.98% pentru un  $CF = 2.25$  și o putere de 40.88 W respectiv eficiența calculată scade până la 93.97% pentru  $CF_{\text{minim}} = 1.20$ , caz în care puterea absorbită este de 76.53 W. Coeficientul total de distorsiuni armonice (THD) al semnalului din fig. 14 este de 28% și subsecvent factorul de putere  $FP=0.96$ .

Deși soluția de aranjare potrivită a primelor 3 praguri de comutare a segmentelor (modulare PWM intrinsecă) este simplă și atractivă, sensibilitatea mare a pantei energiei absorbite în porțiunile de interes pentru conformarea cu EN61000-3-2 fac ca rezultatele (eficiența, CF și conformarea cu standardul de emisie armonici) să fie sensibile cu variația temperaturii și a tensiunii efective a rețelei. Pentru insensibilizarea schemei la cele două cauze de variație, introduc în serie primele 3 comutatoare care pot fi realizate cu tranzistoare MOS, ca în schema de principiu propusă, câte un rezistor calculat potrivit, așa cum este prezentat în schema simplificată - insensibilizată din fig.16. Prin inserierea **R71**, **R81** și **R91** cu drenele MOS-urilor forma de undă a curentului absorbit în cazul  $CF_{\text{minim}}$  devine pronunțat trapezoidală, indiferent de variația pragului de comutare și este prezentată în fig. 17; respectiv spectrele curenților în cazurile  $CF_{\text{minim}}$  respectiv eficiența maximă sunt prezentate în fig. 18, respectiv în fig. 19. Pentru  $U_{\text{LED}} < 3.0 \text{ V}$  trebuie introduse 4 rezistoare iar nu doar 3.

# RO 129203 B1

1 Eficiența energetică maximă calculată a aparatului este de 99.58% pentru un  
CF=2.27 și pentru o putere absorbită de 41.58 W respectiv eficiența calculată scade până  
3 la 93.57% pentru  $CF_{\text{minim}} = 1.17$  și pentru o putere absorbită de 78.76 W. Coeficientul total  
de distorsiuni armonice (THD) al semnalului din fig. 18 ( $CF_{\text{minim}}$ ) este tot de 26.5% și  
5 subsecvent factorul de putere  $FP = 0.97$ .

7 Așa cum se observă, în continuare spectrele în cazul eficienței maxime nu sunt  
conforme cu rigorile EN61000-3-2, motiv pentru care trebuie luate măsuri suplimentare de  
9 micșorare a componentelor armonice, soluția de micșorare fiind aceeași ca în variantele  
anterioare, prin împrăștierea lor prin modulare aleatoare.

11 Ultima posibilitate identificată pentru varierea energiei curentului absorbit din rețea  
cu pante crescătoare și duble față de panta funcției  $\sin(50 \text{ Hz})$  între 0 și 1.4 ms respectiv  
13 (descrescătoare între 8.6 și 10 ms pentru fiecare semialternanță a tensiunii rețelei este  
modularea duratei impulsului de curent dreptunghiular creat de schema aleator, cu o lege  
15 de distribuție constantă între 0 și 1.4 ms, respectiv între 8.6 și 10 ms, pentru fiecare semi-  
alternanță a tensiunii sinusoidale de 50 Hz.

17 Formele de undă a curentului prin aparat sunt prezentate în fig. 20, respectiv  
spectrele lor, în fig. 21, respectiv fig. 22.

19 Eficiența energetică maximă calculată a aparatului este de 99.98% pentru  $CF = 2.26$   
și respectiv o putere absorbită din rețea de 40.6 W și scade până la 94.16% pentru  
 $CF_{\text{minim}} = 1.15$ , caz în care puterea absorbită din rețea crește la 80.10 W.

21 Spectrele în cazul eficienței maxime nu sunt conforme cu rigorile EN61000-3-2, motiv  
23 pentru care trebuie luate aceleași măsuri de micșorare a componentelor armonice, prin  
împrăștierea spectrului.

25 În sinteză, parametrii maxim obtenabili teoretic prin cele 4+1 variante de modulare,  
sunt:

	i sursa (mA)	CF	randament (%)	putere la i = 400 mA (W)
27 impuls de bază	400	1.12	92.65	81.84
29 modulare în amplitudine	400	1.16	93.10	79.55
modulare PWM	400	1.16	92.50	79.55
31 modulare PWM intrinsec	400	1.20	93.97	76.53
modulare PWM intrinsec stabilizată	400	1.17	93.57	78.76
33 modulare aleatoare	400	1.15	94.16	80.10
35 impuls de bază	400	2.25	99.98	40.88
modulare în amplitudine	400	2.27	99.94	40.61
37 modulare PWM	400	2.26	99.90	40.61
modulare PWM intrinsec	400	2.25	99.98	40.88
39 modulare PWM intrinsec stabilizată	400	2.27	99.58	41.58
modulare aleatoare	400	2.26	99.98	40.61

# RO 129203 B1

Așa cum era de așteptat, impunând CF să fie minim, cei mai buni parametri se obțin la modularea aleatoare a fronturilor impulsului dreptunghiular de bază în intervalele 0-1.4 ms și respectiv 8.6-10 ms ale fiecărei semisinusoide a tensiunii de rețelei cu frecvența de 50 Hz. Se mai observă de asemenea că indiferent de metoda de modulare, CF variază strâns între 1.12 și 1.2, respectiv randamentul între 92.65% și 94.16% și puterea absorbită între 76.53 W și 81.84 W. În aceste condiții este clar că decizia de alegere a uneia sau a alteia dintre variantele de modulare este economică, bazată pe simplitatea schemei și a măsurilor suplimentare de filtrare necesare sau nu. În opinia mea varianta de modulație intrinsecă stabilizată este câștigătoare, implementarea practică la prețuri de retail a componentelor costând undeva în jurul a 5 USD.

Și pentru eventualitatea unui CF mare acceptabil se observă că parametrii sunt grupați, CF între 2.25 și 2.27, eficiențele toate peste 99.5% și puterile absorbite între 40.6 W și 41.6 W. În această variantă în care obligatoriu trebuie prevăzută schema de împrăștiere a spectrului armonicilor prin modularea independentă a tensiunii de referință, câștigătoare este varianta modulării aleatoare a fronturilor impulsului dreptunghiular de bază în intervalele 0-1.4 ms și respectiv 8.6-10 ms ale fiecărei semisinusoide a tensiunii de rețelei cu frecvență de 50 Hz. Trebuie făcută o mențiune specială că pentru a obține 40 W LED-urile trebuie să suporte un curent de 2.25 x mai mare decât curentul necesar obținerii celor 40 W dacă ar fi alimentate cu surse de curent clasice. Acest lucru nu este limitativ pentru puteri mici, de până la 70 W (în care curenții sunt sub 700 mA) însă este un factor limitator pentru puteri mai mari de 80 W.

Pentru situația în care prin aplicație, în afară de  $CF_{\min}$  se impune și un PF mai mare de 0.97, soluția este simplă: se montează în paralel peste șirul comandat de LED-uri un șir format din 90-100 de LED-uri în serie, caz în care curentul total absorbit din rețea are forma mai apropiată de forma sinusoidală și implicit PF mai mare de 0.97.

# RO 129203 B1

## Revendicări

1

3

1. Aparat pentru alimentarea unui șir de LED-uri direct de la o tensiune de rețea de curent alternativ ( $U_{AB}$ ) care furnizează tensiune sinusoidală alternativă de 230Vef și 50Hz, respectivul aparat cuprinzând:

5

- o sursă de curent constant (**CCS**),

7

- șirul de LED-uri conectate în serie și împărțit în mai multe segmente (**S10, S9, ..., S1**), fiecare dintre segmentele multiple (**S10, S9, ..., S1**) în serie având un anumit număr de LED-uri,

9

- o punte redresoare (**RB**) a cărei ieșire pozitivă este conectată în serie la anodul sursei de curent constant (**CCS**), în care:

11

- catodul sursei de curent constant (**CCS**) este conectat în serie la anodul

13

șirului de LED-uri; și

- catodul șirului de LED-uri este conectat în serie la ieșirea negativă a punții

15

redresoare (**RB**),

- niște comparatoare (**C9, C8, ..., C1**),

17

- niște tranzistoare (**Q9, Q8, ..., Q1**) a căror comutare este controlată de unul dintre comparatoare (**C9, C8, ..., C1**), în care un prag de tensiune având o valoare prag prestabilă, determină comutarea tranzistorului (**Q9, Q8, ..., Q1**) respectiv, în care comparatoarele (**C9, C8, ..., C1**) și tranzistoarele (**Q9, Q8, ..., Q1**) sunt formate în perechi,

19

21

- fiecare pereche formată dintr-unul dintre tranzistoare (**Q9, Q8, ..., Q1**) și unul dintre comparatoare, fiecare comparator (**C9, C8, ..., C1**) controlând tranzistorul respectiv care este conectat în paralel la unul dintre segmentele multiple, cu excepția primului segment care este conectat în serie la sursa de curent constant (**CCS**),

23

25

- niște divizoare de tensiune rezistive (**R10, R9, ..., R1**) conectate între ieșirile pozitive și negative ale punții redresoare (**RB**), respectivele divizoare de tensiune rezistive (**R10, R9, ..., R1**) putând stabili praguri de tensiune,

27

29

- un generator de tensiune de referință (**DZ1**), cuplat la fiecare dintre comparatoare (**C9, C8, ..., C1**);

31

- un prim circuit de modulație (**MOD 1**) al sursei de curent constant (**CCS**), capabil să moduleze anvelopa curentului absorbit de la sursa de curent constant (**CCS**),

33

- un al doilea circuit de modulație (**MOD 2**) al generatorului de tensiune de referință (**DZ1**), configurat să:

35

- când tensiunea rețelei de curent alternativ ( $U_{AB}$ ) depășește valorile de prag prestabilite, tranzistoarele (**Q9, Q8, ..., Q1**) sunt oprite consecutiv, introducând astfel consecutiv, în serie cu sursa de curent constant (**CCS**) și cu cel puțin primul segment (**S10**) deja prezent în serie, unul dintre segmente (**S9, S8, ..., S1**) ca segment suplimentar, segmentul suplimentar preia o parte sau toată caderea bruscă de tensiune constantă a sursei de curent,

37

39

41

- la scăderea tensiunii rețelei de curent alternativ ( $U_{AB}$ ) sub valoarea de prag prestabilă, tranzistoarele (**Q9, Q8, ..., Q1**) sunt pornite consecutiv, scoțând astfel consecutiv din serie unul din segmente (**S9, S8, ..., S1**), cu excepția primului segment (**S10**), **caracterizat**

43

**prin aceea că** primul circuit de modulație este adaptat pentru a modula anvelopa curentului absorbit din rețeaua publică de tensiune alternativă ( $U_{AB}$ ), prin care curentul absorbit menționat, are, în fiecare jumătate de ciclu de 10 ms al tensiunii rețelei de curent alternativ ( $U_{AB}$ ), o creștere liniară între 0 ms-1,4 ms, cu o pantă de două ori mai mare decât panta

45

# RO 129203 B1

tensiunii sinusoidale alternative de 50 Hz pe același interval de timp, o valoare plană între 1,4 ms-8,6 ms și are o scădere liniară între 8,6 ms-10 ms, cu o pantă de două ori mai mare decât panta tensiunii sinusoidale alternative de 50Hz pe același interval de timp.	1 3
2. Metodă pentru alimentarea unui șir de LED-uri direct de la o tensiune de rețea de curent alternativ ( $U_{AB}$ ) care furnizează tensiune sinusoidală alternativă de 230Vef și 50Hz, și care folosește aparatul de la revendicarea 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> metoda constă în:	5 7
a) creșterea liniară a amplitudinii anvelopei de curent, în intervalul 0-1,4 ms;	
b) menținerea constantă a amplitudinii anvelopei de curent în intervalul 1,4 ms - 8,6 ms;	9
c) descreșterea liniară a amplitudinii anvelopei de curent, în intervalul 8,6-10 ms;	11
d) repetarea sub-etapelor a, b și c în fiecare semiperioadă de 10 ms a tensiunii de alimentare alternativă sinusoidală ( $U_{AB}$ ).	13
3. Metodă conform revendicării 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> modularea anvelopei de curent de către sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ) este realizată prin modularea în amplitudine a curentului absorbit de sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ).	15
4. Metodă conform revendicării 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> modularea anvelopei de curent de către sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ) este realizată prin modularea PWM a curentului absorbit de sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ).	17 19
5. Metodă conform revendicării 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> modularea anvelopei de curent de către sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ) este realizată prin modularea PWM intrinsecă a curentului absorbit de sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ).	21
6. Metodă conform revendicării 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> modularea anvelopei de curent de către sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ) este realizată prin modularea aleatoare a poziției fronturilor impulsurilor dreptunghiulare de curent constant absorbite de sursa de curent constant ( <b>CCS</b> ).	23 25

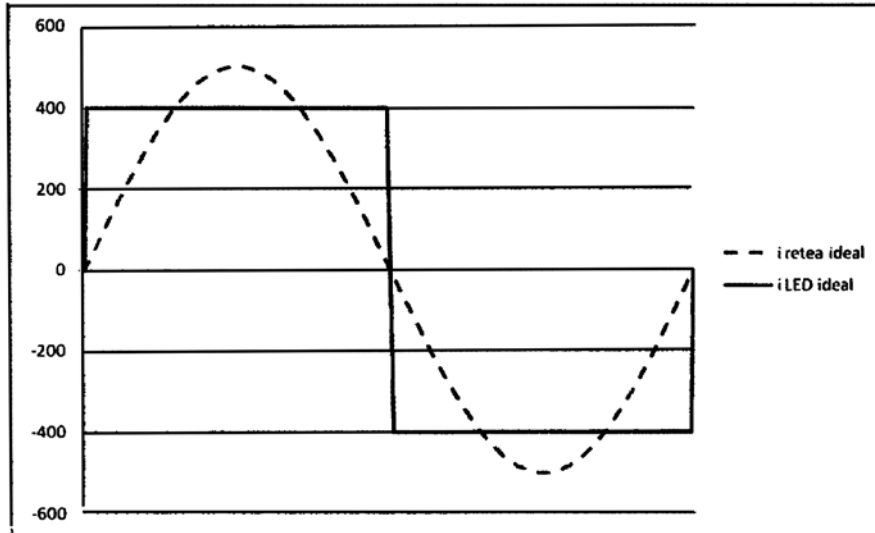


Fig. 1

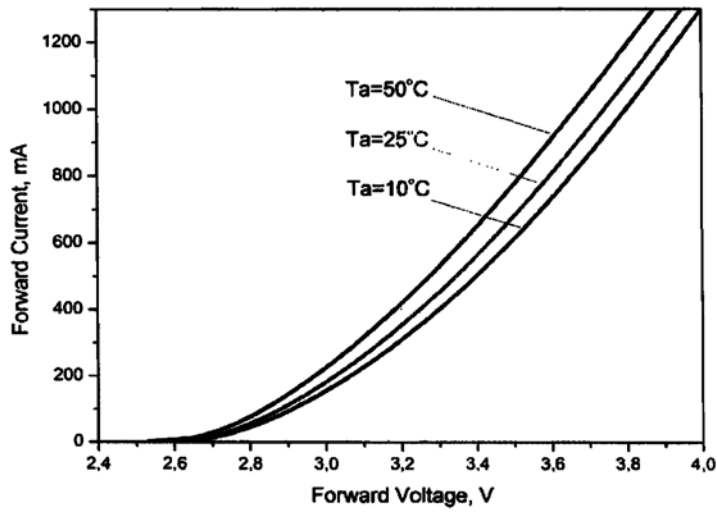


Fig. 2



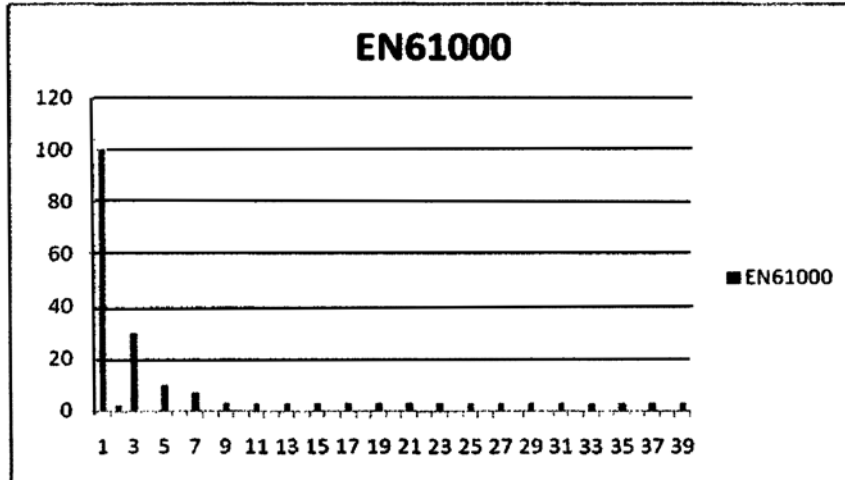


Fig. 3

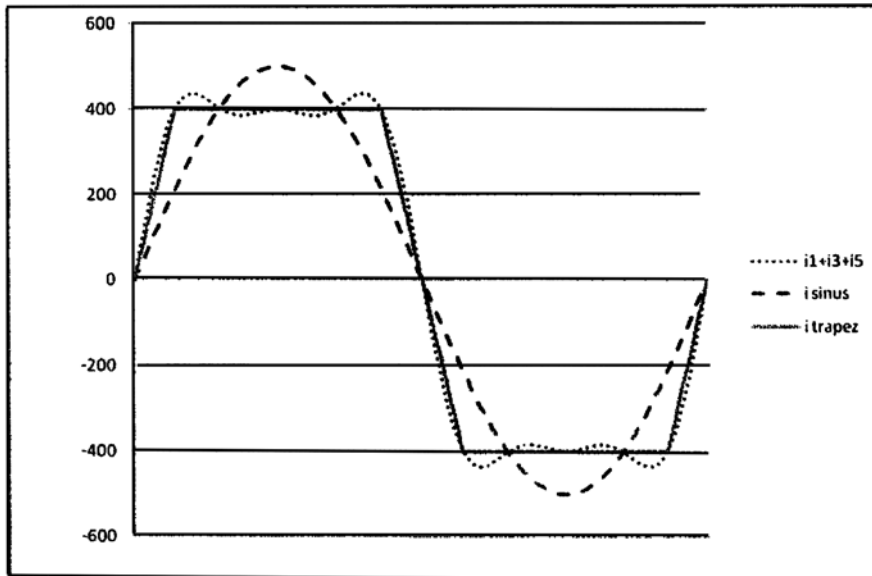


Fig. 4

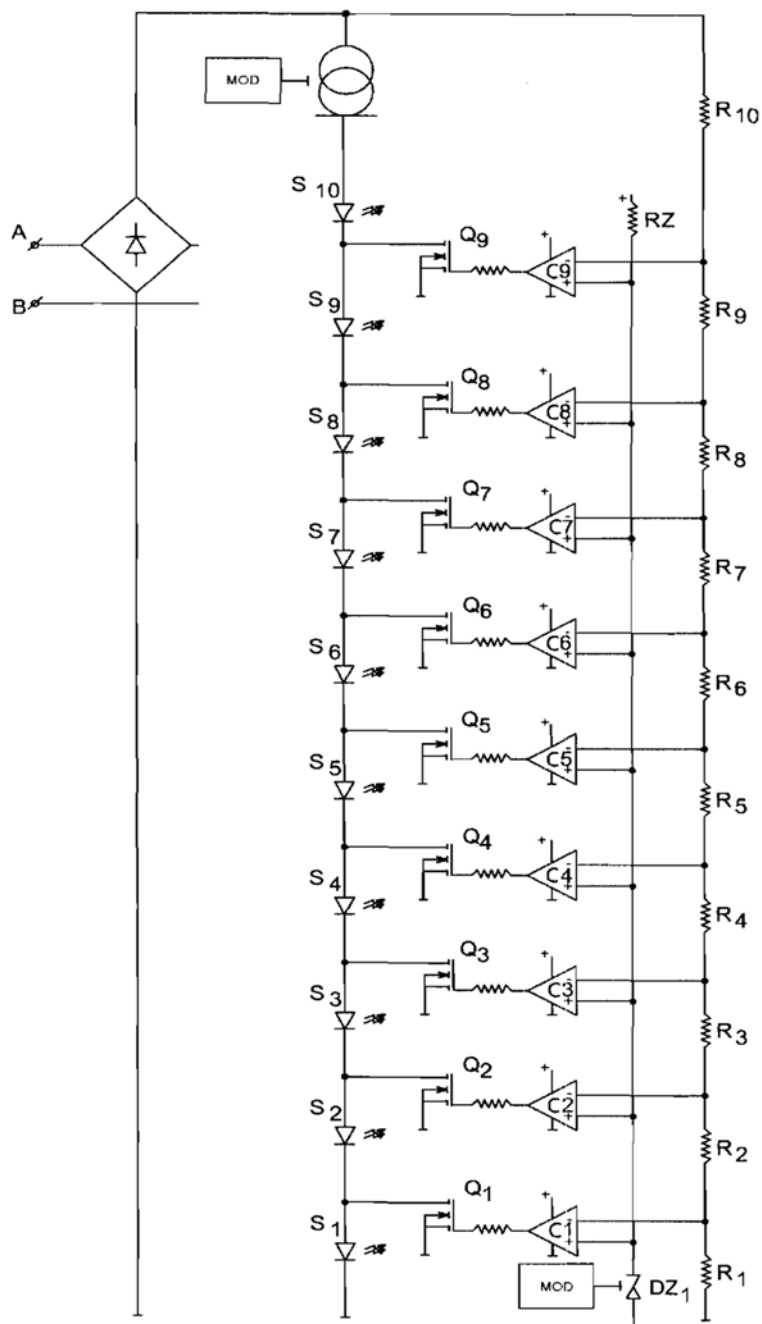


Fig. 5

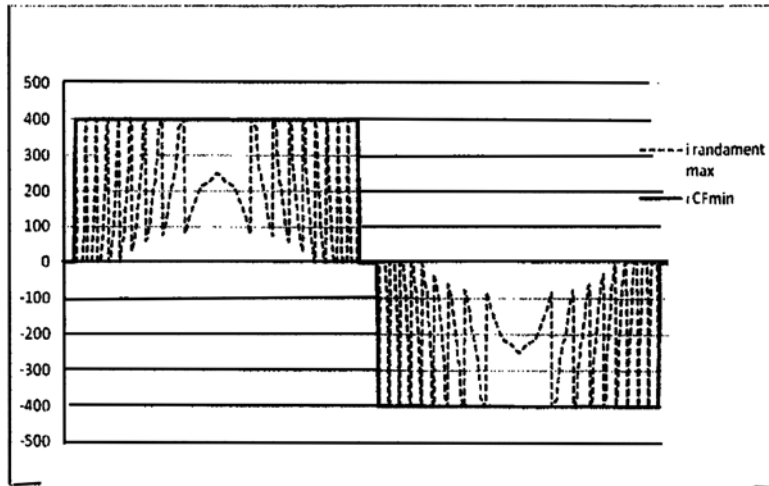


Fig. 6

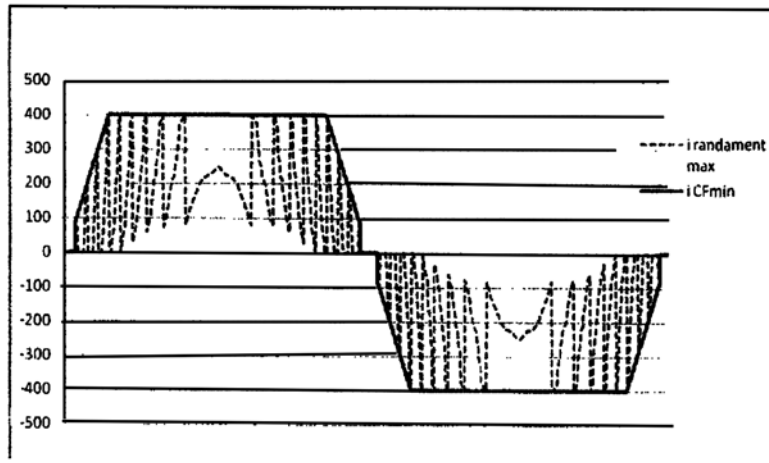


Fig. 7

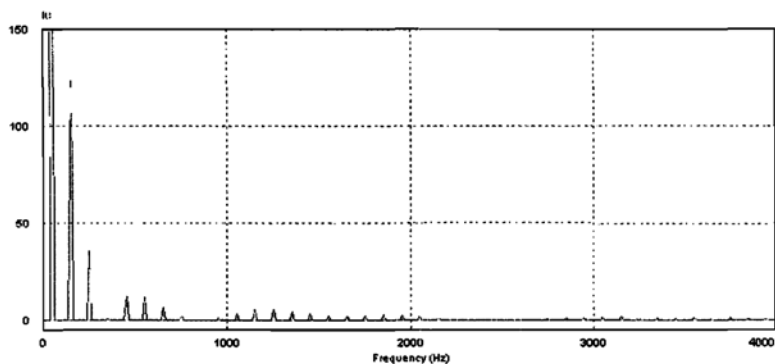


Fig. 8

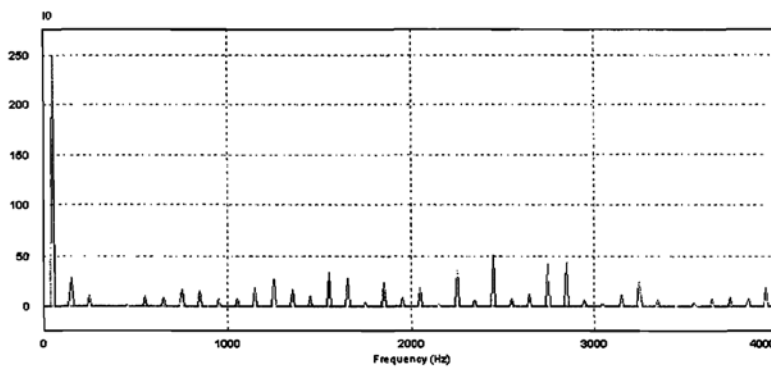


Fig. 9

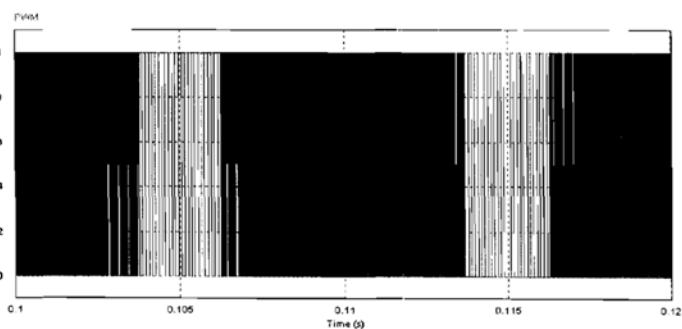


Fig. 10

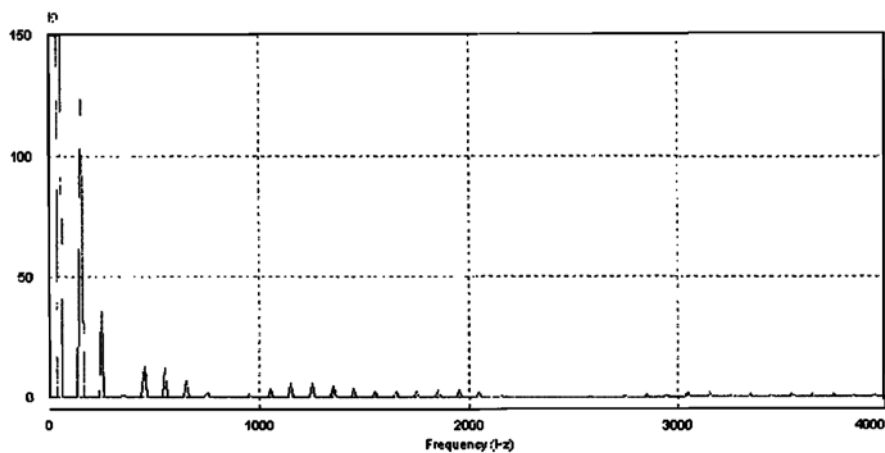


Fig. 11

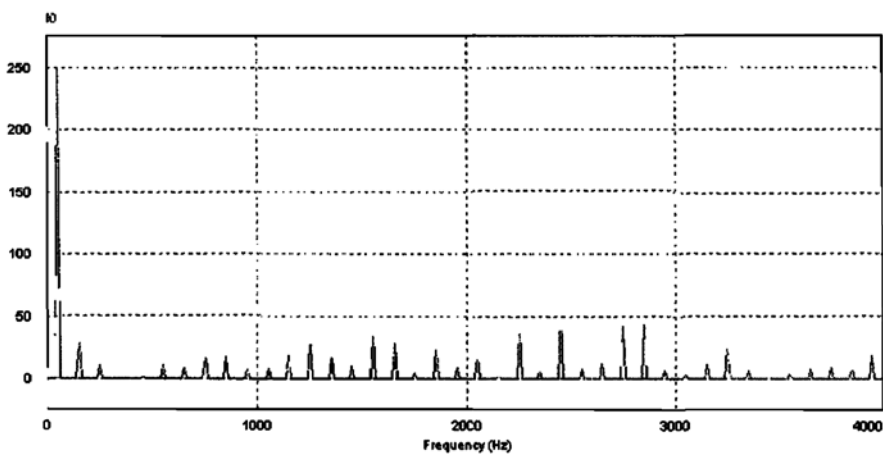


Fig. 12

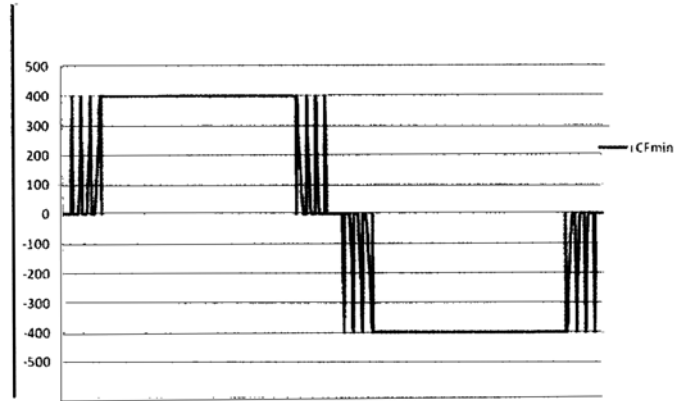


Fig. 13

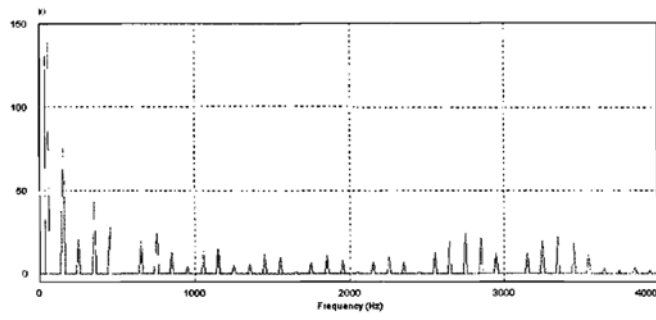


Fig. 14

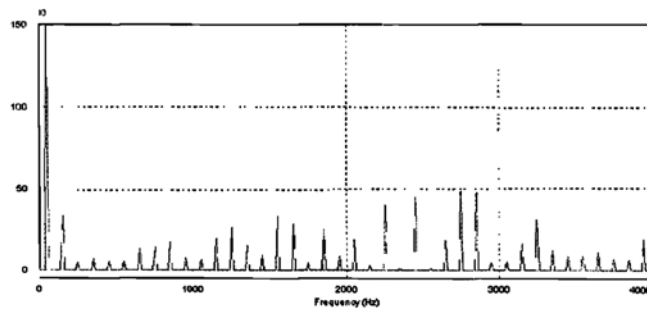


Fig. 15

# RO 129203 B1

(51) Int.Cl.

H05B 45/00 (2020.01)

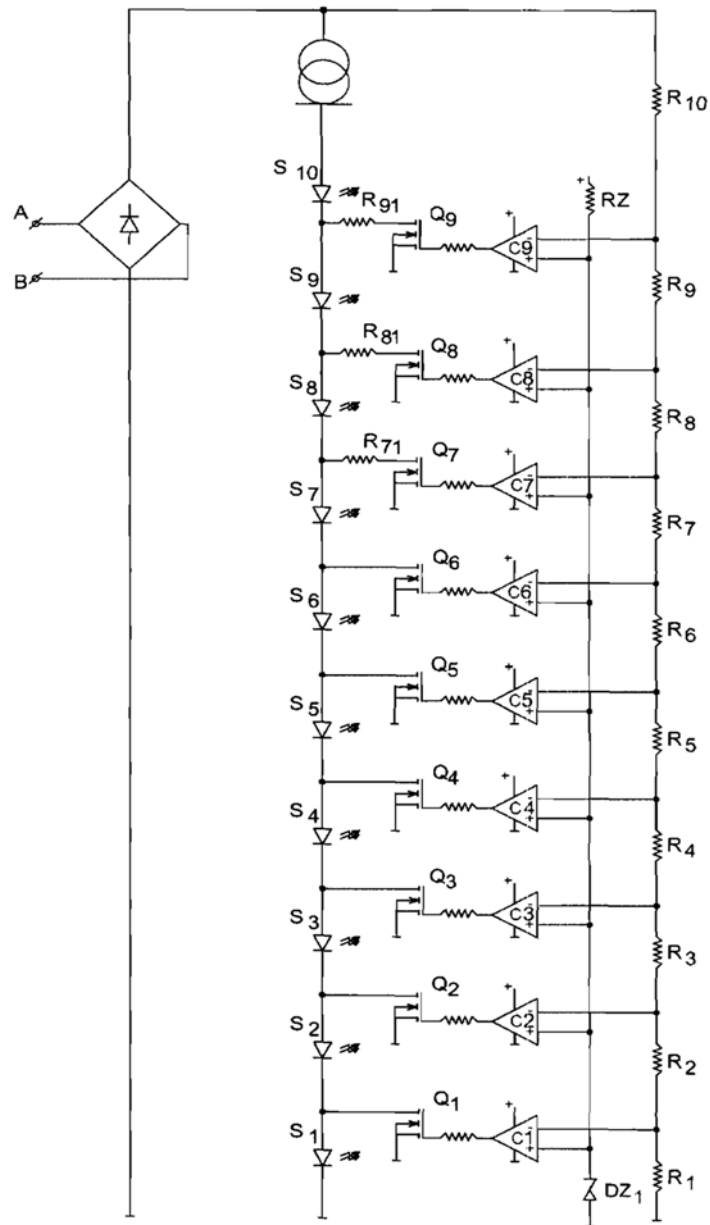


Fig. 16

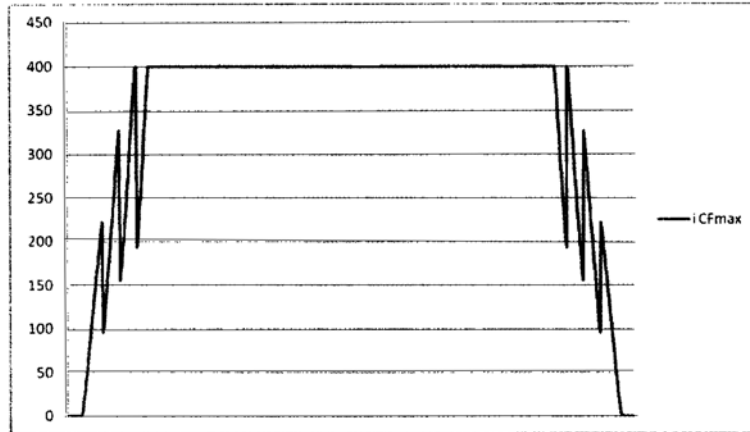


Fig. 17

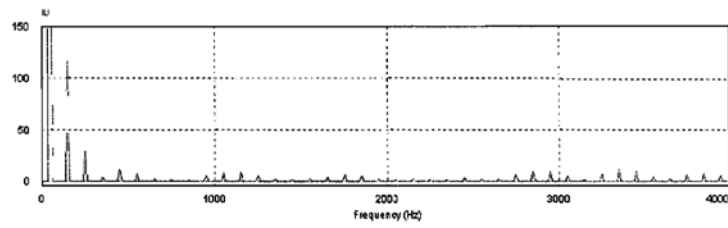


Fig. 18

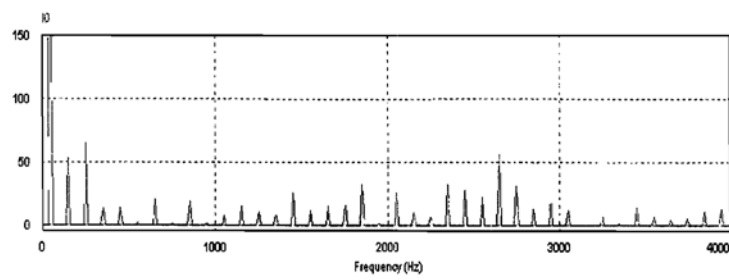


Fig. 19



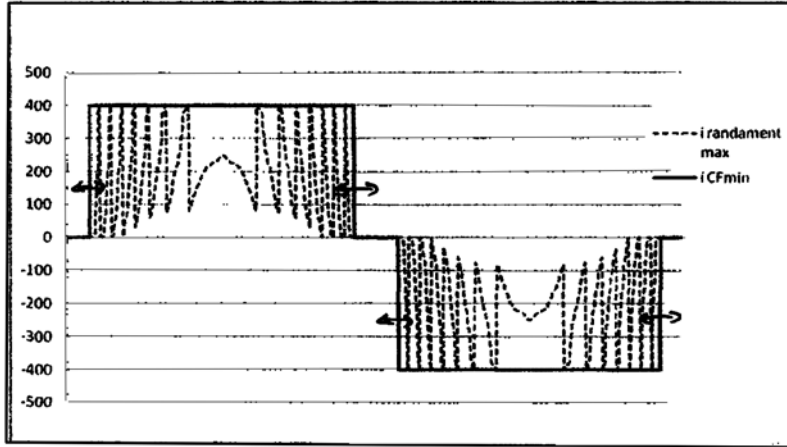


Fig. 20

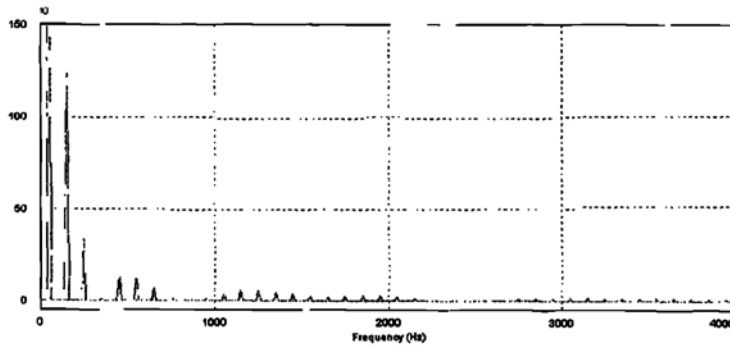


Fig. 21

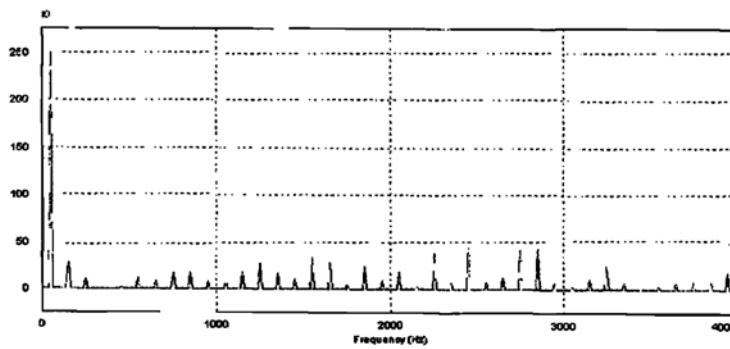


Fig. 22



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 499/2021