

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00937

(22) Data de depozit: 29.11.2013

(41) Data publicării cererii:  
28.03.2014 BOPi nr. 3/2014

(71) Solicitant:  
• FLORICĂU DAN,  
STR. SG. MAJOR NEDELEANU ION NR. 10,  
BL. P60, SC. 2, AP. 33, SECT. 5,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• FLORICĂU DAN, STR. NEDELEANU ION  
NR. 10, BL. P60, SC. 2, AP. 33, SECT. 5,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) DISPOZITIV MULTICELULAR PENTRU CONVERSIA STATICĂ  
A ENERGIEI ELECTRICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv multicelular, pentru conversia statică a energiei electrice între o sursă de curent alternativ și o sursă de tensiune continuă. Dispozitivul multicelular, conform invenției, este constituit dintr-un prim circuit (40) redresor de putere, unidirecțional, corector al factorului de putere, care se conectează între o sursă (2) de curent alternativ și o sursă (8) de tensiune continuă, conținând: două diode (13, 14) de redresare, două grupuri distincte de inductanțe (30, 31), cel puțin două ansambluri de comutație, conectate în paralel, prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe (30, 31) cuplate magnetic, fiecare ansamblu conținând câte o celulă (200<sub>i</sub>, i = 1, 2, ..., n, n ≥ 2) denumită dublu-boost și două condensatoare (104, 114) cu o bornă (O) comună, care se conectează între două borne (33a, 33b) de ieșire; al doilea circuit (70) redresor de putere, multicelular, unidirecțional, care se bazează pe circuitul (40) redresor de putere, unidirecțional, la care celulele (200<sub>i</sub>, i = 1, 2, ..., n, n ≥ 2) dublu-boost conținând un tranzistor (102<sub>i</sub>) comun, sunt înlocuite cu celule (600<sub>i</sub>, i = 1, 2, ..., n, n ≥ 2) dublu-boost conținând două tranzistoare (500<sub>i</sub>, 700<sub>i</sub>) cu o bornă (O) comună; două circuite (60, 80) redresoare (invertoare) de putere, multicelulare, bidirecționale, care se bazează pe circuitele (40, 70) redresoare de putere, unidirecționale, la care celulele (200<sub>i</sub> și 600<sub>i</sub>, i = 1, 2, ..., n, n ≥ 2) dublu-boost unidirecționale sunt înlocuite cu celule (400<sub>i</sub> și 800<sub>i</sub>, i = 1, 2, ..., n, n ≥ 2) dublu-boost bidirecționale și, în antiparalel cu diodele (13, 14) de redresare, sunt conectate niște tranzistoare (130, 140).

Revendicări: 7  
Figuri: 11

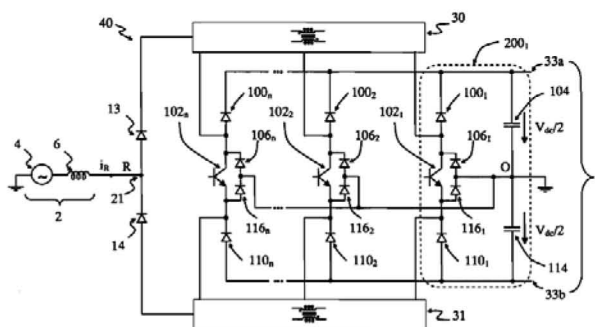


Fig. 2



## DESCRIERE

Invenția se referă la un dispozitiv multicelular pentru conversia statică a energiei electrice între o sursă de curent alternativ și o sursă de tensiune continuă.

Conversia statică a energiei electrice între o sursă de curent alternativ și o sursă de tensiune continuă se realizează prin intermediul redresoarelor. În domeniul conversiei statice a energiei electrice, numeroase aplicații necesită o funcționare de tip redresor, unde partea alternativă absoarbe un curent cvasi-sinusoidal în fază cu tensiunea rețelei de alimentare, astfel încât să se obțină un factor de putere cât mai aproape de 1 cu un randament energetic optim și/sau să se respecte normele de calitate impuse consumatorilor conectați la rețelele de distribuție. Astfel de circuite sunt denumite și corectoare ale factorului de putere (PFC - acronimul *Power Factor Correction* după terminologia anglo-saxonă) sau redresoare „boost” (ridicătoare) cu absorbție de curenți sinusoidali.

Dezvoltările din domeniul electronicii de putere au scos în evidență performanțele convertoarelor AC/DC, de tipul redresoarelor comandate pe principiul modularii pulsurilor în durată (PWM - acronimul *Pulse Width Modulation* după terminologia anglo-saxonă). Aceste circuite se bazează, în principal, pe dispozitive semiconductoare de putere comandate pe principiul PWM pentru a regla fluxul de putere absorbit de la rețeaua de alimentare. De asemenea, aceste circuite permit reglarea tensiunii continue DC de ieșire, în vederea alimentării altor convertoare DC/DC sau DC/AC.

Cea mai populară structură PFC de tip multicelular este cunoscută sub numele de *Vienna Rectifier* și asigură un transfer de putere AC/DC de tip unidirecțional. În **figura 1** s-a reprezentat un circuit dublu-boost de redresor *Vienna* alimentat de la o sursă de tensiune de tensiune alternativă 4 și care prezintă trei niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă de alimentare. Datorită acestui avantaj (trei niveluri de tensiune) inductanțele conectate în serie cu sursele alternative de alimentare sunt reduse la jumătate față de structura clasică cu două niveluri de tensiune. Această structură a fost prezentată pentru prima dată în 1994 de către Johann W. Kolar în cadrul conferinței *Record of the 16th IEEE International Telecommunications Energy Conference* care a avut loc în Vancouver, Canada, Oct. 30 -Nov. 3 [1], titlu articol: “*A Novel Three-phase Utility Interface Minimizing Line Current Harmonics of High-Power Telecommunications Rectifier Modules*”, pp. 367-373.

Redresorul *Vienna* conține două celule *boost* unidirecționale în curent 10 și 11 legate fiecare la sursa de tensiune alternativă de alimentare 4 prin intermediul a două diode de redresare 13 și 14 și o inductanță 6. Celulele *boost* 10 și 11 sunt suprapuse și au un tranzistor comun 102. Acest tranzistor 102 este un întreruptor static de putere cu două stări (închis/ deschis) cu comutație comandată atât la intrarea în conducție – starea închis, cât și la blocare – starea deschis. Prima celula *boost* 10 se compune din diodele 100 și 116, întreruptorul comun 102 și un condensator 104. A doua celula *boost* 11 se compune din diodele 110 și 106, întreruptorul comun 102 și un condensator 114. În continuare, această suprapunere de două celule *boost* se numește ca fiind o singură celulă „dublu-boost” 200. Acest circuit funcționează la o frecvență de comutație  $F_{sw}$  corespunzătoare frecvenței de repetiție a comenzii pentru tranzistorul 102. Tranzistorul comun 102 asigură circularea curentului într-un singur sens, așa cum arată simbolul desenat.

În comparație cu redresorul PWM cu două niveluri de tensiune pe partea alternativă de alimentare, redresorul *Vienna* asigură simplificarea circuitelor de comutație ca urmare a utilizării unui singur tranzistor 102 și permite reducerea la jumătate a inductanțelor serie 6 datorită apariției celui de-al treilea nivel de tensiune pe partea alternativă de alimentare ( $-V_{dc}/2, 0$  și

$V_{dc}/2$ ). De asemenea, se obține o solicitare în tensiune pentru dispozitivele semiconductoare de putere redusă la jumătate, fapt care antrenează reducerea calibrului în tensiune la jumătate.

În cazul aplicațiilor de puteri mari (de ordinul MW, cum este cazul turbinelor eoliene bazate pe generatoare sincrone cu magneți permanenți) pierderile în dispozitivele semiconductoare de putere din cadrul structurii de redresor *Vienna* cresc foarte mult. În diodele de redresare 13 și 14 apar doar pierderi în conducție, în timp ce în dispozitivele semiconductoare de putere care alcătuiesc celula dublu-*boost* unidirecțională apar atât pierderi în conducție, cât și pierderi în comutație. Dintre acestea, cea mai solicitată componentă semiconductoare din punct de vedere termic este tranzistorul comun 102. Acesta comută pe toată perioada tensiunii alternative de alimentare 4 curentul  $i_R$  absorbit de la sursa de curent alternativ 2 cu frecvența de comutație  $F_{sw}$ .

Ca urmare a acestui inconvenient, pentru aplicațiile de curenți mari frecvența de comutație este redusă și o dată cu aceasta sunt reduse și performanțele obținute. Prin reducerea performanțelor se înțelege creșterea valorilor inductanțelor 6 de netezire a curentului pe partea alternativă de alimentare, fapt care antrenează creșterea volumului și a prețului de cost. De asemenea, reducând frecvența  $F_{sw}$  se observă și o creștere a condensatoarelor 104 și 114 pentru a menține aceleași ondulații ale tensiunii de ieșire  $V_{dc}$ .

Invenția își propune să rezolve aceste inconveniente oferind două circuite de redresoare unidirecționale dublu-*boost* în structură multicelulară cu mai multe niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă, conținând cel puțin două celule de comutație de tip dublu-*boost* conectate în paralel prin intermediul unor grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic. Circuitele se diferențiază prin modul de realizare a celulelor de comutație dublu-*boost*, cu un singur tranzistor – varianta 1 sau cu două tranzistoare – varianta 2.

Conform invenției, tranzistoarele care alcătuiesc celulele dublu-*boost* – varianta 1 comută pe toată perioada tensiunii alternative de alimentare, cu frecvența de comutație  $F_{sw}$ , cel mult jumătate din curentul  $i_R$  și astfel pierderile în comutație sunt reduse cu cel puțin 50%, în comparație cu circuitul de redresor unidirecțional *Vienna*. În același timp, frecvența de comutație pe partea alternativă crește de cel puțin 2 ori și inductanțele serie sunt reduse de cel puțin 4 ori, în funcție de numărul total al celulelor dublu-*boost* conectate în paralel.

În cazul circuitului de redresor unidirecțional multicelular – varianta 2, tranzistoarele care alcătuiesc celulele dublu-*boost* comută numai pe jumătate din perioada tensiunii alternative de alimentare, cu frecvența de comutație  $F_{sw}$ , cel mult jumătate din curentul  $i_R$  și astfel pierderile în comutație în tranzistoare sunt reduse cu 50%, în comparație cu circuitul de redresor unidirecțional multicelular – varianta 1. Asemănător cu varianta 1, frecvența de comutație pe partea alternativă crește de cel puțin 2 ori și inductanțele serie sunt reduse de cel puțin 4 ori, în funcție de numărul total al celulelor dublu-*boost* conectate în paralel.

În cadrul invenției, ambele variante de redresoare unidirecționale sunt adaptate pentru a asigura un transfer bidirecțional al puterii, obținându-se astfel alte circuite de redresoare în structură multicelulară, dar de tip bidirecțional. Acestea păstrează avantajele structurilor unidirecționale multicelulare menționate mai sus și în plus pot să funcționeze atât ca redresor, cât și ca inverter, adică ca circuite bidirecționale AC/DC pentru a realiza o conversie bidirecțională a energiei electrice între o sursă de curent alternativ și o sursă de tensiune continuă.

Invenția conține un dispozitiv multicelular pentru conversia statică a energiei electrice între o sursă de curent alternativ și o sursă de tensiune continuă, conform oricăreia din configurațiile prezentate mai jos.

Caracteristicile și avantajele prezentei invenții vor fi mai clare după lectura unui mod preferat de realizare ilustrat pe baza desenelor anexate, după cum urmează:

- **figura 1** reprezintă un circuit unidirecțional dublu-boost cu trei niveluri de tensiune AC/DC din stadiul actual al tehnicii;
- **figura 2** reprezintă schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia unidirecțională a energiei electrice – varianta 1;
- **figura 3** reprezintă celula de comutație denumită dublu-boost unidirecțională – varianta 1, conținută în circuitul dublu-boost din **figura 2**;
- **figura 4** reprezintă schema electronică de principiu a aparatului electric după un mod particular de realizare a dispozitivului prezentat în **figura 2**;
- **figura 5** reprezintă un exemplu de redresor unidirecțional de putere cu alimentare trifazată care utilizează modul particular de realizare a dispozitivului prezentat în **figura 2**;
- **figura 6** reprezintă schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia bidirecțională a energiei electrice – varianta 1;
- **figura 7** reprezintă celula de comutație denumită dublu-boost bidirecțională– varianta 1, conținută în circuitul dublu-boost din **figura 6**;
- **figura 8** reprezintă schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia unidirecțională a energiei electrice – varianta 2;
- **figura 9** reprezintă celula de comutație denumită dublu-boost unidirecțională– varianta 2, conținută în circuitul dublu-boost din **figura 8**;
- **figura 10** reprezintă schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia bidirecțională a energiei electrice – varianta 2;
- **figura 11** reprezintă celula de comutație denumită dublu-boost bidirecțională– varianta 2, conținută în circuitul dublu-boost din **figura 10**.

În **figura 2** s-a reprezentat un exemplu circuit de redresor unidirecțional generalizat 40 – varianta 1, cu cel puțin două celule de comutație dublu-boost unidirecționale – varianta 1 conectate în paralel, care permite trecerea de la 3 la  $N=2*p+1$  niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă de alimentare și de la o frecvență de comutație  $F_{sw}$  la o frecvență  $p*F_{sw}$  în raport cu circuitul din **figura 1** ( $p$  – reprezintă numărul total de celule dublu-boost).

Circuitului generalizat din **figura 2** i se aplică o sursă de curent de intrare 2 obținută dintr-o tensiune alternativă 4 care este înseriată cu o inductanță de intrare 6 formând astfel o bornă de alimentare 21 pentru circuitul redresor de putere.

În comparație cu o singură celulă dublu-boost specifică circuitului redresor *Vienna* din **figura 1**, circuitul 40 din **figura 2** prezintă cel puțin două celule dublu-boost unidirecționale 200<sub>i</sub> ( $i=1, 2, \dots, n, n \geq 2$ ) – varianta 1 conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31.

Fiecare celulă dublu-boost unidirecțională 200<sub>i</sub> ( $i=1, 2, \dots, n, n \geq 2$ ) are o primă bornă de intrare și o a doua bornă de intrare conectate la bornele de ieșire ale grupurilor distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31, fiind alcătuită dintr-o primă celulă boost 10<sub>i</sub> care are borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost și o a doua celulă boost 11<sub>i</sub> care are borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost.

Fiecare celulă boost este unidirecțională ceea ce înseamnă că asigură circulația curentului într-un singur sens. Cele două ansamble de comutație prezintă, de altfel, un sens opus de circulație a curentului.

Celulele boost 10<sub>i</sub> și 11<sub>i</sub> sunt suprapuse și conțin un tranzistor 102<sub>i</sub> comun – întreruptor unidirecțional în curent și unidirecțional în tensiune, care este conectat între bornele de intrare ale celulelor suprapuse, conform reprezentării din **figura 3**.

Fiecare primă celulă *boost*  $10_i$  conține o primă diodă  $100_i$  conectată la borna de intrare a celulei și la o primă bornă de ieșire  $33a$  a celulei, un tranzistor comun  $102_i$  conectat la o a doua diodă  $116_i$ , a doua diodă  $116_i$  este conectată la o a doua bornă de ieșire  $O$  a celulei, un condensator  $104$  conectat între cele două borne de ieșire  $33a$  și  $O$  ale celulei.

Fiecare a doua celulă *boost*  $11_i$  conține tranzistorul comun  $102_i$  conectat la borna de intrare a celulei și la o primă diodă  $106_i$ , dioda  $106_i$  este conectată la o primă bornă de ieșire  $O$  a celulei, o a doua diodă  $110_i$  care este conectată la borna de intrare a celulei și la o a doua bornă de ieșire  $33b$  a celulei, un condensator  $114$  conectat între cele două borne de ieșire  $O$  și  $33b$  ale celulei.

Condensatoarele de ieșire sunt conectate între cele două borne de ieșire  $33a$  și  $33b$  și au o bornă comună  $O$ , conform invenției.

Diodele de redresare  $13$  și  $14$  sunt în conducție în același sens cu celulele *boost*  $10_i$  și  $11_i$ , au o bornă comună conectată la o bornă  $R$  a sursei de alimentare, celelalte borne ale diodelor redresoare fiind conectate la o primă bornă de intrare, respectiv la o a doua bornă de intrare, a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic  $30$  și  $31$ .

Grupurile de inductanțe cuplate magnetic  $30$  și  $31$  au fiecare câte o bornă de intrare și un număr de borne de ieșire egal cu numărul celulelor dublu-*boost*. Bornele de ieșire ale grupului de inductanțe cuplate magnetic  $30$  sunt conectate la bornele de intrare ale celulelor *boost*  $10_i$ . Bornele de ieșire ale grupului de inductanțe cuplate magnetic  $31$  sunt conectate la bornele de intrare ale celulelor *boost*  $11_i$ .

Circuitul  $40$  este conectat la intrare la o bornă  $R$  a sursei de alimentare prin intermediul diodelor de redresare  $13$  și  $14$ . Pe partea de ieșire circuitul  $40$  este conectat la o primă bornă de ieșire  $33a$  care este comună cu o bornă a condensatorului  $104$  și cu o bornă a diodelor  $100_i$ . Circuitul  $40$  este conectat la o a doua bornă de ieșire  $33b$  care este comună cu o bornă a condensatorului  $114$  și cu o bornă a diodelor  $110_i$ . Condensatoarele  $104$  și  $114$  au o bornă comună  $O$ .

Tranzistoarele  $102_i$  sunt întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune, fiind comandate prin unul sau mai multe dispozitive de comandă cunoscute, care se bazează pe principiul comenzilor PWM cu fază defazată (PS – acronimul *Phase Shifted* după terminologia anglo-saxonă). De exemplu, semnalul de comandă pentru întreruptorul  $102_1$  corespunde comenzii redresorului *Vienna* cu 3 niveluri de tensiune și semnalele de comandă pentru celelalte întreruptoare  $102_j$  ( $j=2, 3, \dots, n$ ) sunt defazate între ele cu  $2\pi/p$  ( $p = 2, 3, \dots, n$ ;  $p$  - reprezintă numărul total de celule dublu-*boost*).

Circuitul permite astfel obținerea a  $N=2*p+1$  niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă de alimentare la o frecvență de comutație egală cu  $p*F_{sw}$ . Conform invenției, componentele semiconductoare care alcătuiesc celulele dublu-*boost* comută cu frecvența de comutație  $F_{sw}$  o fracțiune din curentul absorbit  $i_R$  pe partea de alimentare egală cu  $i_R/p$ . Componentele semiconductoare pe partea de redresare  $13$  și  $14$  sunt parcurse de curentul  $i_R$  și comută la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative  $4$ , pierderile în comutație putând fi neglijate.

În **figura 4** s-a reprezentat un exemplu de redresor unidirecțional – varianta 1 cu 2 ( $p=2$ ) celule de comutație dublu-*boost* unidirecționale – varianta 1, care permite trecerea de la 3 la  $N=5$  niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă de alimentare și de la o frecvență de comutație  $F_{sw}$  la  $2*F_{sw}$  în raport cu circuitul din **figura 1**.

Circuitului din **figura 4** i se aplică la intrare o sursă de curent 2 obținută dintr-o tensiune alternativă 4 care este înseriată cu o inductanță de intrare 6 formând astfel o bornă de alimentare 21 pentru circuitul 40 al redresorului de putere:

În comparație cu o singură celulă dublu-boost specifică circuitului de redresor *Vienna* din **figura 1**, circuitul 40 din **figura 4** prezintă două celule dublu-boost unidireționale  $200_1$  și  $200_2$  conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31.

Fiecare celulă dublu-boost unidirecțională  $200_k$  ( $k=1$  și  $2$ ) are o primă bornă de intrare și o a doua bornă de intrare conectate la bornele de ieșire ale grupurilor distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31, fiind alcătuită dintr-o primă celulă *boost*  $10_k$  care are borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost și o a doua celulă *boost*  $11_k$  care are borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost.

Fiecare celulă *boost* este unidirecțională ceea ce înseamnă că asigură circulația curentului într-un singur sens. Cele două ansamble de comutație prezintă, de altfel, un sens opus de circulație a curentului.

Celulele *boost*  $10_k$  și  $11_k$  ( $k=1$  și  $2$ ) sunt suprapuse și conțin un tranzistor comun  $102_k$ , întreruptor static de putere unidirecțional în curent și unidirecțional în tensiune, care este conectat între bornele de intrare ale celulelor suprapuse, conform reprezentării din **figura 4**.

Fiecare primă celulă *boost*  $10_k$  conține o primă diodă  $100_k$  conectată la borna de intrare a celulei și la o primă bornă de ieșire 33a a celulei, un tranzistor comun  $102_k$  conectat la o a doua diodă  $116_k$ , a doua diodă  $116_k$  este conectată la o a doua bornă de ieșire O a celulei, un condensator 104 conectat între cele două borne de ieșire 33a și O ale celulei.

Fiecare a doua celulă *boost*  $11_k$  conține tranzistorul comun  $102_k$  conectat la borna de intrare a celulei și la o primă diodă  $106_k$ , prima diodă  $106_k$  este conectată la o primă bornă de ieșire O a celulei, o a doua diodă 110 care este conectată la borna de intrare a celulei și la o a doua bornă de ieșire 33b a celulei, un condensator 114 conectat între cele două borne de ieșire O și 33b ale celulei.

Condensatoarele de ieșire sunt conectate între cele două borne de ieșire 33a și 33b și au o bornă comună O, conform invenției.

Diodele de redresare 13 și 14 sunt în conducție în același sens cu celulele *boost*  $10_k$  și  $11_k$  ( $k=1, 2$ ), au o bornă comună conectată la o bornă a sursei de alimentare 21, celelalte borne ale diodelor redresoare fiind conectate la o primă bornă de intrare și la o a doua bornă de intrare a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31.

Grupurile de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31 au fiecare câte o bornă de intrare și două borne de ieșire. Bornele de ieșire ale grupului de inductanțe cuplate magnetic 30 sunt conectate la bornele de intrare ale celulelor *boost*  $10_k$  ( $k=1, 2$ ). Bornele de ieșire ale grupului de inductanțe cuplate magnetic 31 sunt conectate la bornele de intrare ale celulelor *boost*  $11_k$  ( $k=1, 2$ ).

Circuitul 40 este conectat la intrare la o bornă R a sursei de alimentare prin intermediul diodelor de redresare 13 și 14. Pe partea de ieșire circuitul 40 este conectat la o primă bornă de ieșire 33a care este comună cu o bornă a condensatorului 104 și cu o bornă a diodelor  $100_k$ . Circuitul 40 este conectat la o a doua bornă de ieșire 33b care este comună cu o bornă a condensatorului 114 și cu o bornă a diodelor  $110_k$ . Condensatoarele 104 și 114 au o bornă comună O.

Tranzistoarele comune  $102_k$  ( $k=1, 2$ ) sunt comandate prin unul sau mai multe dispozitive de comandă cunoscute, care se bazează pe principiul comenzilor PWM-PS. De exemplu, semnalul de comandă pentru tranzistorul  $102_1$  corespunde comenzii redresorului *Vienna* cu 3 niveluri de tensiune și semnalul de comandă pentru al doilea tranzistor  $102_2$  este defazat cu  $180^\circ$ .

Circuitul permite astfel obținerea a 5 niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă de alimentare ( $V_{dc}/2$ ,  $V_{dc}/4$ , 0,  $-V_{dc}/4$ ,  $-V_{dc}/2$ ) la o frecvență de comutație de  $2 \cdot F_{sw}$ . Conform

invenției, componentele semiconductoare care alcătuiesc celulele dublu-boost comută cu frecvența de comutație  $F_{sw}$  jumătate din curentul absorbit pe partea de alimentare ( $i_R/2$ ). Diodele de redresare 13 și 14 sunt parcurse de curentul  $i_R$  și comută la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative 4, pierderile în comutație putând fi neglijate.

În referința din **figura 5** este descrisă utilizarea circuitului 50 care face obiectul invenției pentru o sursă 4 polifazată, în particular trifazată.

Sistemul redresor de putere pentru o alimentare trifazată 50 conține trei circuite 40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> și 40<sub>3</sub>, similare celui din **figura 4**, legate la fazele 4<sub>1</sub>, 4<sub>2</sub> și 4<sub>3</sub> de la sursa alternativă de alimentare 4 prin intermediul unor inductanțe serie 6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub> și 6<sub>3</sub>.

Ansamblele de comutație 40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> și 40<sub>3</sub> sunt conectate la intrare la bornele 21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> și 21<sub>3</sub> ale sursei de alimentare prin intermediul diodelor de redresare. Pe partea de ieșire circuitele 40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> și 40<sub>3</sub> sunt conectate la o primă bornă de ieșire 33a care este comună cu o bornă a condensatorului 104. Circuitele 40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> și 40<sub>3</sub> sunt conectate la o a doua bornă de ieșire 33b care este comună cu o bornă a condensatorului 114.

Condensatoarele de ieșire 104 și 114 sunt conectate între cele două borne de ieșire 33a și 33b și au o bornă comună O, conform invenției.

Modularea comenzii întreruptoarelor comandate care alcătuiesc cele trei circuite este similară. Întreruptoarele având o poziție identică în fiecare din cele trei circuite 40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> și 40<sub>3</sub> sunt comandate printr-o modulație defazată cu același unghi ca defazajul fazelor sursei de alimentare, în cazul trifazat fiind  $2\pi/3$ .

În **figura 6** s-a reprezentat un exemplu de redresor bidirecțional generalizat 60 – varianta 1. Acesta conține cel puțin două celule de comutație dublu-boost bidirecționale 400<sub>i</sub> ( $i=1, 2, \dots, n$ ,  $n \geq 2$ ) conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31. Dispozitivul permite obținerea a  $N=2*p+1$  niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă cu o frecvență de comutație egală cu  $p * F_{sw}$  ( $p$  – reprezintă numărul total de celule dublu-boost).

Spre deosebire de exemplul de redresor unidirecțional generalizat 40 prezentat în **figura 2**, circuitul generalizat 60 din **figura 6** are particularitatea că poate să funcționeze atât ca redresor, cât și ca inverter, adică ca circuit bidirecțional AC/DC pentru a realiza o conversie bidirecțională a energiei electrice între o sursă de curent alternativ 2 și o sursă de tensiune continuă 8.

Celulele dublu-boost bidirecționale 400<sub>i</sub> sunt obținute din celulele dublu-boost unidirecționale 200<sub>i</sub> prin conectarea în antipararel cu diodele 100<sub>i</sub> și 110<sub>i</sub> a tranzistoarelor 300<sub>i</sub> și 310<sub>i</sub>, întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune, conform reprezentării din **figura 7**.

O altă modificare a circuitului unidirecțional 40 constă în conectarea în antipararel cu diodele de redresare 13 și 14 a tranzistoarelor 130 și 140, fapt ce asigură circuitului de conversie a energiei electrice 60 din **figura 6** un transfer bidirecțional al puterii între sursa de curent alternativ 2 și sursa de tensiune continuă 8.

Tranzistoarele 300<sub>i</sub>, 102<sub>i</sub> și 310<sub>i</sub> sunt comandate prin unul sau mai multe dispozitive de comandă cunoscute, care se bazează pe principiul comenzilor PWM care au atât faza defazată (PS), cât și nivelele defazate (LS – acronimul *Level Shifted* după terminologia anglo-saxonă). Tranzistoarele 130 și 140 sunt întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune și sunt comandate la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative 4.

Circuitul 60 permite astfel obținerea a  $N=2*p+1$  niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă la o frecvență de comutație egală cu  $p * F_{sw}$ . Conform invenției, componentele semiconductoare care alcătuiesc celulele dublu-boost bidirecționale comută cu frecvența de

comutație  $F_{sw}$  o fracțiune din curentul  $i_R$  egală cu  $i_R/p$ . Componentele semiconductoare pe partea de redresare 13, 130, 14 și 140 sunt parcurse de curentul  $i_R$  și comută la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative 4, pierderile în comutație putând fi neglijate.

În **figura 8** s-a reprezentat un al doilea exemplu de redresor unidirecțional generalizat 70 – varianta 2, conform invenției, cu cel puțin două celule de comutație dublu-boost unidirecționale 600<sub>i</sub> ( $i=1, 2, \dots, n, n \geq 2$ ) – varianta 2 conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31.

Conform reprezentării din **figura 9**, celulele de comutație dublu-boost unidirecționale 600<sub>i</sub> prezintă o primă și o a doua bornă de intrare care sunt legate la bornele de ieșire ale grupurilor distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31. Fiecare celulă dublu-boost unidirecțională 600<sub>i</sub> ( $i=1, 2, \dots, n, n \geq 2$ ) este alcătuită dintr-o primă celulă boost 55<sub>i</sub> care are borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celei dublu-boost și o a doua celulă boost 75<sub>i</sub> care are borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celei dublu-boost 600<sub>i</sub>.

Fiecare celulă boost este unidirecțională și asigură circulara curentului într-un singur sens. Cele două ansamble de comutație prezintă, de altfel, un sens opus de circulară a curentului. Celulele boost 55<sub>i</sub> și 75<sub>i</sub> sunt separate și au o bornă comună O.

Fiecare primă celulă boost 55<sub>i</sub> conține o primă diodă 100<sub>i</sub> conectată la borna de intrare a celei și la o primă bornă de ieșire 33a a celei, un tranzistor 500<sub>i</sub> conectat la borna de intrare a celei și la o a doua bornă de ieșire O a celei, un condensator 104 conectat între cele două borne de ieșire 33a și O ale celei.

Fiecare a doua celulă boost 75<sub>i</sub> conține tranzistorul 700<sub>i</sub> conectat la o primă bornă O de ieșire a celei și la borna de intrare a celei, o diodă 110<sub>i</sub> care este conectată la borna de intrare a celei și la o a doua bornă de ieșire 33b a celei, un condensator 114 conectat între cele două borne de ieșire O și 33b ale celei.

Condensatoarele de ieșire sunt conectate între cele două borne de ieșire 33a și 33b și au o bornă comună O, conform invenției.

Diodele de redresare 13 și 14 sunt în conducție în același sens cu celulele boost 55<sub>i</sub> și 75<sub>i</sub>, au o bornă comună conectată la o bornă a sursei de alimentare, celelalte borne ale diodelor redresoare fiind conectate la o primă bornă de intrare, respectiv la o a doua bornă de intrare, a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31.

Grupurile de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31 au fiecare câte o bornă de intrare și un număr de borne de ieșire egal cu numărul celulelor dublu-boost. Bornele de ieșire ale grupului de inductanțe cuplate magnetic 30 sunt conectate la bornele de intrare ale celulelor boost 55<sub>i</sub>. Bornele de ieșire ale grupului de inductanțe cuplate magnetic 31 sunt conectate la bornele de intrare ale celulelor boost 75<sub>i</sub>.

Circuitul 70 este conectat la intrare la o bornă R a sursei de alimentare prin intermediul diodelor de redresare 13 și 14. Pe partea de ieșire circuitul 70 este conectat la o primă bornă de ieșire 33a care este comună cu o bornă a condensatorului 104 și cu o bornă a diodelor 100<sub>i</sub>. Circuitul 70 este conectat la o a doua bornă de ieșire 33b care este comună cu o bornă a condensatorului 114 și cu o bornă a diodelor 110<sub>i</sub>. Condensatoarele 104 și 114 au o bornă comună O.

Tranzistoarele 500<sub>i</sub> și 700<sub>i</sub> sunt întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune, fiind comandate prin unul sau mai multe dispozitive de comandă cunoscute, care se bazează pe principiul comenzilor PWM cu fază defazată (PS – acronimul *Phase Shifted* după terminologia anglo-saxonă). Spre deosebire de exemplul de realizare a circuitului redresor unidirecțional – varianta 1, în acest caz – varianta 2 semnalele de comandă pentru tranzistoarele 500<sub>i</sub> și 700<sub>i</sub> sunt separate în funcție de polaritatea tensiunii alternative de alimentare 4. Pe



alternanța pozitivă comanda tranzistoarelor 500<sub>i</sub> este defazată cu  $2\pi/p$  ( $p$  – reprezintă numărul total de celule dublu-boost), în timp ce tranzistoarele 700<sub>i</sub> sunt comandate la blocare. Similar, pentru alternanța negativă comanda tranzistoarelor 700<sub>i</sub> este defazată cu  $2\pi/p$ , în timp ce tranzistoarele 500<sub>i</sub> sunt comandate la blocare.

Circuitul 70 permite astfel obținerea a  $N=2*p+1$  niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă de alimentare la o frecvență de comutație egală cu  $p*F_{sw}$ , similar cu performanțele obținute de circuitul 40 – specific variantei 1.

Conform invenției, tranzistoarele care alcătuiesc celulele dublu-boost unidireționale din cadrul circuitului generalizat 70 comută numai jumătate din perioada tensiunii alternative 4, cu frecvența de comutație  $F_{sw}$ , o fracțiune din curentul absorbit  $i_R$  pe partea de alimentare egală cu  $i_R/p$ . Componentele semiconductoare pe partea de redresare 13 și 14 sunt parcurse de curentul  $i_R$  și comută la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative 4, pierderile în comutație putând fi neglijate.

Spre deosebire de circuitul de redresor de putere unidirecțional 40, acest circuit de redresor de putere unidirecțional 70 elimină diodele 106<sub>i</sub> și 116<sub>i</sub> și astfel elimină pierderile totale (în conducție și în comutație) specifice acestor diode. Un alt avantaj constă în repartizarea în mod egal a pierderilor totale (în conducție și în comutație) corespunzătoare tranzistorului 102<sub>i</sub> – specific variantei 1 pe cele două tranzistoare 500<sub>i</sub> și 700<sub>i</sub>. Ca urmare, pierderile totale în circuitul 70 vor fi mai mici decât pierderile totale din circuitul 40 și randamentul conversiei statice a energiei electrice este mai bun. Prin repartizarea în mod egal a pierderilor totale pe cele două tranzistoare 500<sub>i</sub> și 700<sub>i</sub> se poate crește frecvența maximă de comutație și/sau valoarea efectivă maximă a curentului absorbit de la sursa de curent 2.

Dezavantajul acestui circuit de redresor de putere unidirecțional 70 constă în utilizarea a două tranzistoare în fiecare celulă dublu-boost unidirecțională 600<sub>i</sub>, fapt care conduce la creșterea prețului de cost pentru realizarea circuitului.

În **figura 10** s-a reprezentat un al doilea exemplu de redresor bidirecțional generalizat 80 – varianta 2. Acesta conține cel puțin două celule de comutație bidirecționale denumite dublu-boost bidirecționale 800<sub>i</sub> ( $i=1, 2, \dots, n, n \geq 2$ ) – varianta 2 care sunt conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic 30 și 31. Circuitul 80 permite obținerea a  $N=2*p+1$  niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă cu o frecvență de comutație egală cu  $p*F_{sw}$  ( $p$  – reprezintă numărul total de celule dublu-boost).

Spre deosebire de exemplul de redresor unidirecțional generalizat 70 prezentat în **figura 8**, circuitul de redresor bidirecțional generalizat 80 din **figura 10** are particularitatea că poate să funcționeze atât ca redresor, cât și ca invertor, adică ca circuit bidirecțional AC/DC pentru a realiza o conversie bidirecțională a energiei electrice între o sursă de curent alternativ 2 și o sursă de tensiune continuă 8.

Conform reprezentării din **figura 11**, celulele dublu-boost bidirecționale 800<sub>i</sub> sunt obținute din celulele dublu-boost unidirecționale 600<sub>i</sub> prin conectarea în antipararel cu diodele 100<sub>i</sub> și 110<sub>i</sub> a tranzistoarelor 300<sub>i</sub> și 310<sub>i</sub>, întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune, și prin conectarea în antipararel cu tranzistoarele 500<sub>i</sub> și 700<sub>i</sub> a diodelor 510<sub>i</sub> și 710<sub>i</sub>.

O altă modificare a circuitului 80, față de circuitul unidirecțional 70, constă în conectarea în antipararel cu diodele de redresare 13 și 14 a tranzistoarelor 130 și 140, fapt ce asigură circuitului de conversie a energiei electrice 80 din **figura 10** un transfer bidirecțional al puterii între sursa de curent alternativ 2 și sursa de tensiune continuă 8.

Tranzistoarele 300<sub>i</sub>, 500<sub>i</sub>, 700<sub>i</sub> și 310<sub>i</sub> sunt comandate prin unul sau mai multe dispozitive de comandă cunoscute, care se bazează pe principiul comenzilor PWM care au atât faza defazată

(PS), cât și nivelele defazate (LS). Tranzistoarele 130 și 140 sunt întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune și sunt comandate la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative 4.

Conform invenției, componentele semiconductoare care alcătuiesc celulele dublu-boost bidirecționale 80<sub>i</sub> comută cu frecvența de comutație  $F_{sw}$  o fracțiune din curentul  $i_R$  egală cu  $i_R/p$  ( $p$  - reprezintă numărul total al celulelor dublu-boost conectate în paralel). Componentele semiconductoare pe partea de redresare 13, 130, 14 și 140 sunt parcurse de curentul  $i_R$  și comută la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative 4, pierderile în comutație putând fi neglijate.

Spre deosebire de circuitul de redresor (invertor) de putere bidirecțional 60 din **figura 6**, acest circuit de redresor (invertor) de putere bidirecțional 80 repartizează în mod egal pierderile totale (în conducție și în comutație) corespunzătoare tranzistorului comun 102<sub>i</sub> – specific circuitului 60 pe cele două tranzistoare 500<sub>i</sub> și 700<sub>i</sub> din cadrul circuitului 80. Ca urmare, se obține o mai bună echilibrare a pierderilor totale în dispozitivele semiconductoare de putere și puterea maximă pe partea alternativă sau/și frecvența maximă de comutație pot să crească.

Dezavantajul acestui circuit de redresor (invertor) de putere bidirecțional 80 constă în utilizarea a 4 tranzistoare în fiecare celulă dublu-boost bidirecțională 80<sub>i</sub>, în loc de 3 tranzistoare – specific celulei dublu-boost bidirecțională 400<sub>i</sub> din varianta 1, fapt care conduce la creșterea prețului de cost pentru realizarea circuitului.

Tranzistoarele care intră în componența circuitelor pot fi orice tip de întreruptoare statice de putere cu două stări (închis/ deschis) cu comutație comandată atât la intrarea în conducție – starea închis, cât și la blocare – starea deschis, care să asigure funcționarea circuitelor conform invenției.

Exemplele precedente nu sunt decât moduri de realizare ale invenției care nu se limitează aici.

### REFERINTE

1. J.W. Kolar and F.C. Zach, "A Novel Three-phase Utility Interface Minimizing Line Current Harmonics of High-Power Telecommunications Rectifier Modules," *Record of the 16th IEEE International Telecommunications Energy Conference*, Vancouver, Canada, Oct. 30 -Nov. 3, pp. 367-374 (1994).

## REVENDICĂRI

1. Circuit de redresor de putere unidirecțional multicelular (40) care se conectează între o sursă de curent alternativ de alimentare (2) și o sursă de tensiune continuă (8) conținând:

- două diode de redresare (13 și 14) având o bornă comună conectată la o bornă a sursei de curent alternativ de alimentare (21), celelalte borne ale diodelor redresoare fiind conectate la o primă bornă de intrare, respectiv la o a doua bornă de intrare, a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic (30 și 31);
- cel puțin două ansamble de comutație conectate în paralel prin intermediul grupurilor distincte de inductanțe cuplate magnetic (30 și 31), fiecare ansamblu conținând câte o celulă denumită dublu-boost (200<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2);
- fiecare celulă dublu-boost (200<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) având o primă bornă de intrare și o a doua bornă de intrare conectate la bornele de ieșire ale grupurilor distincte de inductanțe cuplate magnetic (30 și 31), fiind alcătuită dintr-o primă celulă boost (10<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) având borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost și o a doua celulă boost (11<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) având borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost;
- celulele boost (10<sub>i</sub> și 11<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) fiind suprapuse, conținând un tranzistor comun (102<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2), întreruptor unidirecțional în curent și unidirecțional în tensiune, care este conectat între bornele de intrare ale celulelor suprapuse;
- fiecare primă celulă boost (10<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) conținând o primă diodă (100<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) conectată la borna de intrare a celulei și la o primă bornă de ieșire (33a) a celulei, tranzistorul comun (102<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) conectat la o a doua diodă (116<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2), a doua diodă (116<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) fiind conectată la o a doua bornă de ieșire (O) a celulei și un condensator (104) conectat între cele două borne de ieșire (33a și O) ale celulei;
- fiecare a doua celulă boost (11<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) conținând tranzistorul comun (102<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) conectat la borna de intrare a celulei și la o primă diodă (106<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2), prima diodă (106<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) fiind conectată la o primă bornă de ieșire (O) a celulei, o a doua diodă (110) fiind conectată la borna de intrare a celulei și la o a doua bornă de ieșire (33b) a celulei și un condensator (114) conectat între cele două borne de ieșire (O și 33b) ale celulei;
- două condensatoare, conectate între cele două borne de ieșire (33a și 33b) ale celulelor boost suprapuse (10<sub>i</sub> și 11<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2) având o bornă comună (O).

2. Circuit de redresor de putere unidirecțional (40) cu cinci niveluri de tensiune conform revendicării precedente cu particularitatea că n=2, adică se utilizează doar două celule dublu-boost (200<sub>1</sub> și 200<sub>2</sub>) conectate în paralel prin intermediul a două grupuri de inductanțe cuplate magnetic (30 și 31) cu câte două înfășurări fiecare.

3. Sistem redresor de putere pentru o alimentare polifazăată (50), în particular alimentare trifazăată, alcătuit din trei circuite de redresor (40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> și 40<sub>3</sub>) conform cu oricare din revendicările 1 și 2, conținând:

- circuitele (40<sub>1</sub>, 40<sub>2</sub> și 40<sub>3</sub>) care se conectează la bornele de alimentare (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> și 21<sub>3</sub>) ale fazelor de curent polifazăat (2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub> și 2<sub>3</sub>) și care împart aceleași condensatoare terminale (104 și 114);
- sursele de curent (2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub> și 2<sub>3</sub>) sunt obținute prin înserierea unor inductanțe (6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub> și 6<sub>3</sub>) cu fazele (4<sub>1</sub>, 4<sub>2</sub> și 4<sub>3</sub>) sursei alternative de alimentare (4).

4. Circuit redresor (invertor) de putere bidirecțional multicelular (60) conform cu oricare din revendicările 1, 2 și 3, conținând:

- cel puțin două celule dublu-boost bidirecționale (400<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) care înlocuiesc celulele dublu boost unidirecționale (200<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) din cadrul circuitului (40);
- celule dublu-boost bidirecționale (400<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) sunt obținute din celulele dublu boost unidirecționale (200<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) prin conectarea în antipararel cu diodele (100<sub>i</sub> și 110<sub>i</sub>) a tranzistoarelor (300<sub>i</sub> și 310<sub>i</sub>);
- două tranzistoare (130 și 140) conectate în antipararel cu diodele de redresare (13 și 14).

5. Circuit de redresor de putere multicelular unidirecțional (70) conform cu oricare din revendicările 1, 2 și 3, conținând:

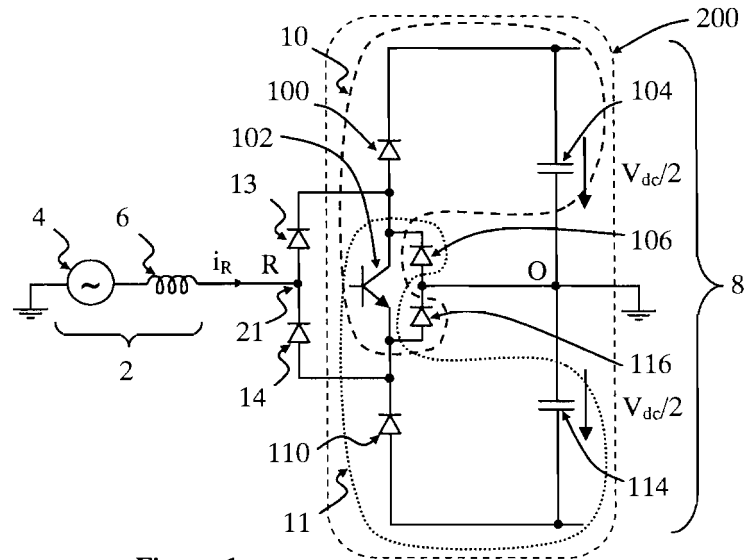
- cel puțin două celule de comutație dublu-boost unidirecționale (600<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) care înlocuiesc celulele de comutație dublu-boost unidirecționale (200<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) din cadrul circuitului (40);
- fiecare celulă dublu-boost unidirecțională (600<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) este alcătuită dintr-o primă celulă boost (55<sub>i</sub>) care are borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost și o a doua celulă boost (75<sub>i</sub>) care are borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost;
- celulele boost unidirecționale (55<sub>i</sub> și 75<sub>i</sub>) sunt separate și au o bornă comună (O);
- fiecare primă celulă boost (55<sub>i</sub>) conține o primă diodă (100<sub>i</sub>) conectată la borna de intrare a celulei și la o primă bornă de ieșire (33a) a celulei, un tranzistor (500<sub>i</sub>) conectat la prima bornă de intrare a celulei și la o a doua bornă de ieșire (O) a celulei și un condensator (104) conectat între cele două borne de ieșire (33a și O) ale celulei;
- fiecare a doua celulă boost (75<sub>i</sub>) conține tranzistorul (700<sub>i</sub>) conectat la o primă bornă de ieșire (O) a celulei și la borna de intrare a celulei, o diodă (110<sub>i</sub>) care este conectată la borna de intrare a celulei și la o a doua bornă de ieșire (33b) a celulei și un condensator (114) conectat între cele două borne de ieșire (O) și (33b) ale celulei;
- două condensatoare conectate între cele două borne de ieșire (33a și 33b) ale celulelor boost separate (55<sub>i</sub> și 75<sub>i</sub>, i=1, 2, ..., n, n≥2), având o bornă comună (O).

6. Circuit de redresor (invertor) de putere multicelular bidirecțional (80) conform cu revendicarea 5, conținând:

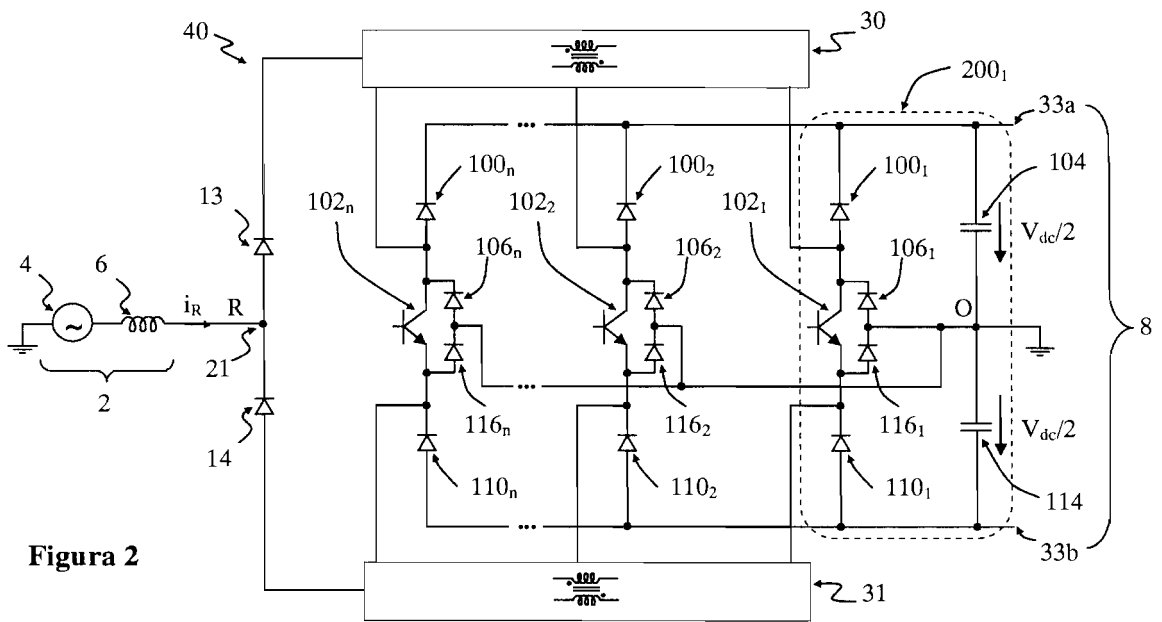
- cel puțin două celule dublu-boost bidirecționale (800<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) care înlocuiesc celulele dublu boost unidirecționale (600<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) din cadrul circuitului (70);
- celule dublu-boost bidirecționale (800<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) sunt obținute din celulele dublu boost unidirecționale (600<sub>i</sub>, i=1, 2, ... n, n≥2) prin conectarea în antipararel cu diodele (100<sub>i</sub> și 110<sub>i</sub>) a tranzistoarelor 300<sub>i</sub> și 310<sub>i</sub> și prin conectarea în antipararel cu tranzistoarele (500<sub>i</sub> și 700<sub>i</sub>) a diodelor (510<sub>i</sub> și 710<sub>i</sub>);
- două tranzistoare (130 și 140) conectate în antipararel cu diodele de redresare (13 și 14).

7. Tranzistoarele care intră în componența circuitelor revendicate anterior pot fi orice tip de întreruptoare statice de putere cu două stări (închis/ deschis) cu comutație comandată atât la intrarea în conducție – starea închis, cât și la blocare – starea deschis, care să asigure funcționarea circuitelor conform descrierii invenției.

**DESENE**



**Figura 1**



**Figura 2**

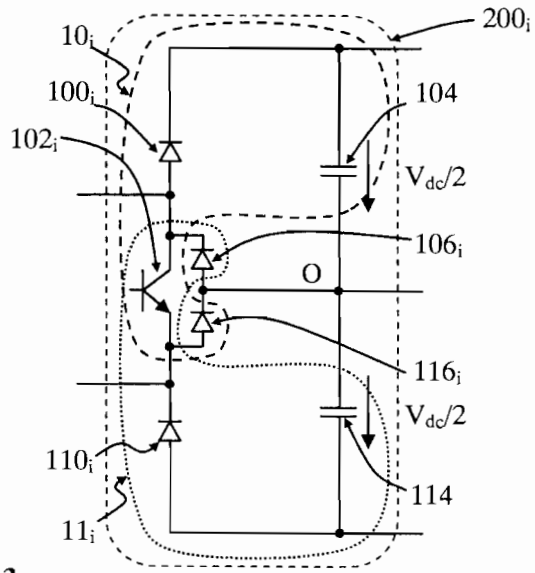


Figura 3

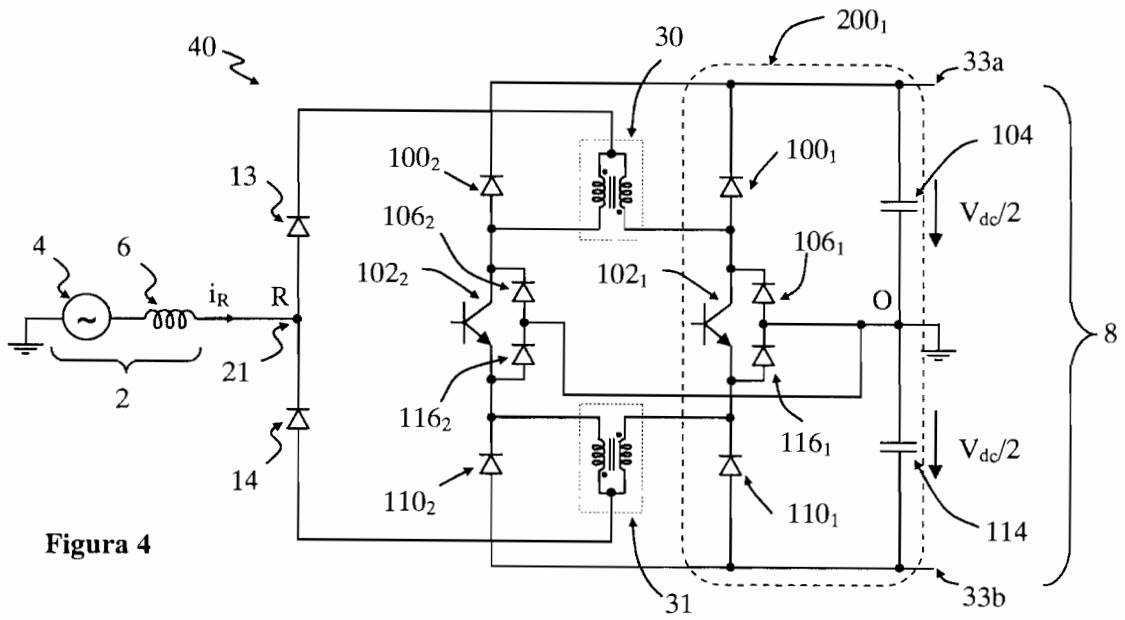


Figura 4

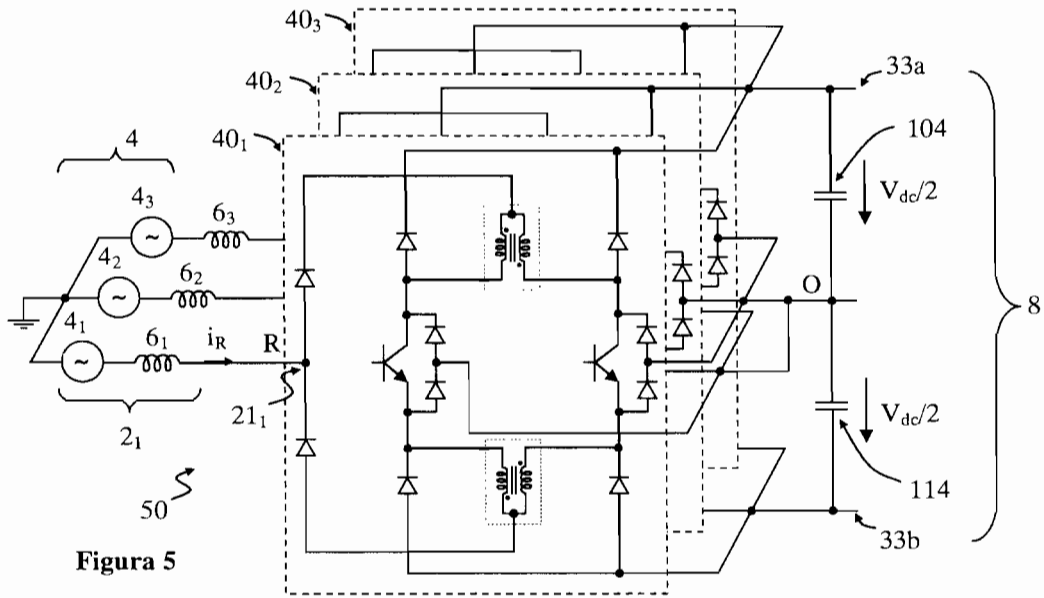


Figura 5

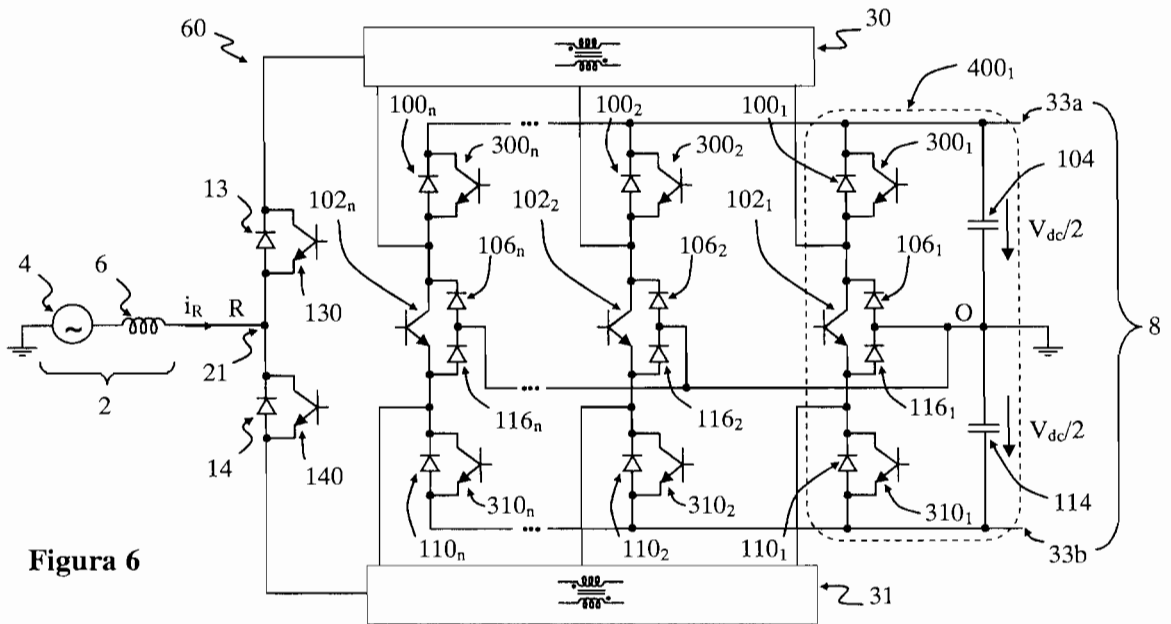


Figura 6

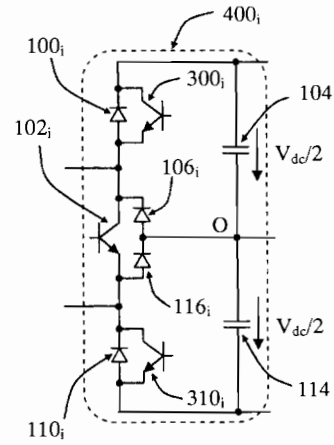


Figura 7

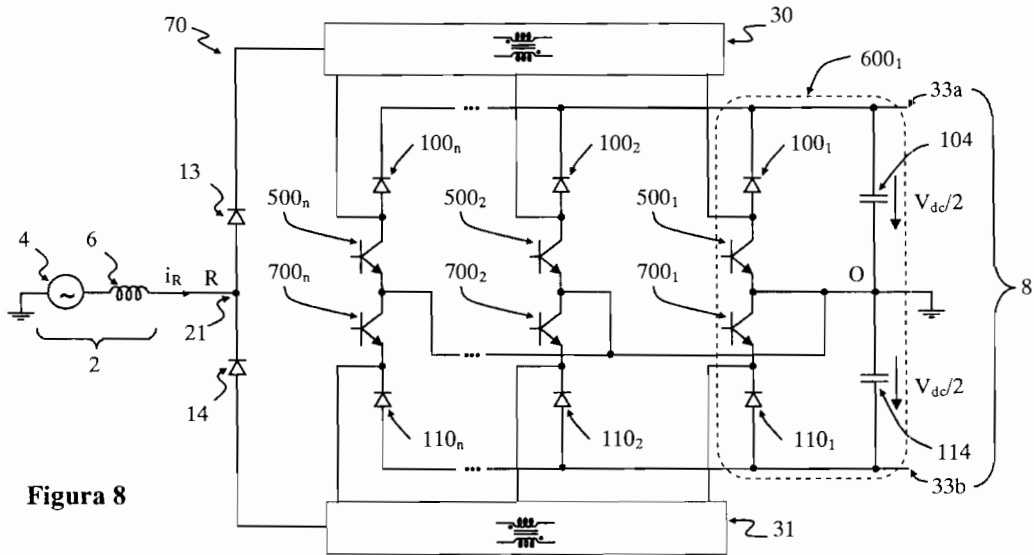


Figura 8

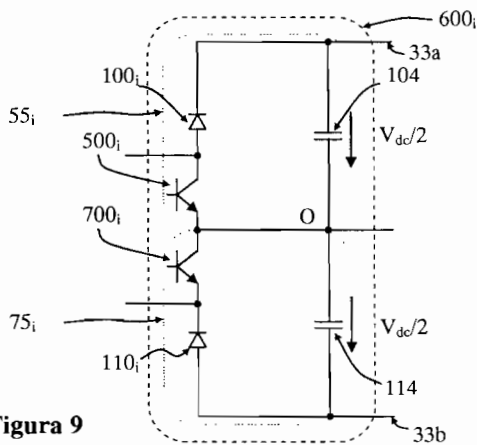


Figura 9



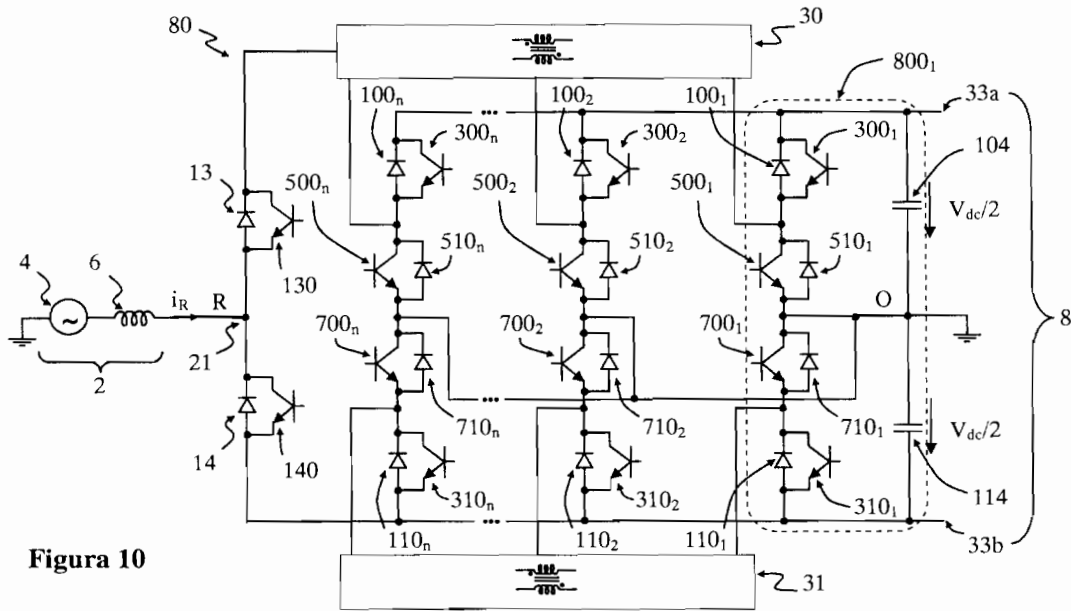


Figura 10

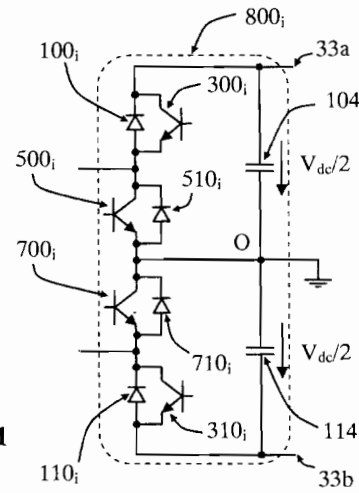


Figura 11