



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00937**

(22) Data de depozit: **29/11/2013**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2019** BOPI nr. **11/2019**

(41) Data publicării cererii:
28/03/2014 BOPI nr. **3/2014**

(73) Titular:
• **FLORICĂU DAN,**
STR. SG. MAJOR NEDELEANU ION NR. 10,
BL. P60, SC. 2, AP. 33, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO

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

(56) Documente din stadiul tehnicii:
J. KOLAR, H. ERTI, F. ZACH, "DESIGN AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A THREE-PHASE HIGH POWER DENSITY HIGH EFFICIENCY UNITY POWER FACTOR PWM (VIENNA) RECTIFIER EMPLOYNG A NOVEL INTEGRATED POWER SEMICONDUCTOR MODULE", IEEE POWER ELECTRONICS SOCIETY ANNUAL CONFERENCE, 11th, APPLIED POWER ELECTRONICS SAN JOSE, PP. 514-523, 1996; J. KOLAR, F. ZACH, "A NOVEL THREE-PHASE UTILITY INTERFACE MINIMIZING LINE CURRENT HARMONICS OF HIGH-POWER TELECOMMUNICATIONS RECTIFIER MODULES", IEEE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS ENERGY CONFERENCE, PP. 367-373, 1994; CH 698918 B1

(54) **DISPOZITIV MULTICELULAR PENTRU CONVERSIA
STATICĂ A ENERGIEI ELECTRICE**



RO 129323 B1

1 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.

3 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
5 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,
7 astfel încât să se obțină un factor de putere cât mai bun, cu un randament energetic optim
și/sau să se respecte normele de calitate impuse consumatorilor conectați la rețelele de
9 distribuție. Astfel de circuite sunt denumite și corectoare ale factorului de putere (PFC -
acronimul Power Factor Correction după terminologia anglo-saxonă) sau redresoare „boost”
11 (ridicătoare) cu absorbție de curenți sinusoidali.

13 Dezvoltările din domeniul electronicii de putere au scos în evidență performanțele
convertoarelor AC/DC, de tipul redresoarelor comandate pe principiul modulării pulsurilor în
durată (PWM - acronimul Pulse Width Modulation după terminologia anglo-saxonă). Aceste
15 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
17 asemenea, aceste circuite permit reglarea tensiunii continue DC de ieșire, în vederea
alimentării altor convertoare DC/DC sau DC/AC.

19 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 fig. 1, s-a
21 reprezentat un circuit dublu-boost de redresor Vienna alimentat de la o sursă de tensiune
alternativă **4** și care prezintă trei niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă de
23 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
25 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
27 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
29 Harmonics of High-Power Telecommunications Rectifier Modules**", pp. 367-373.

31 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
33 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
35 la blocare - starea deschis. Prima celula boost **10** se compune din diodele **100** și **116**,
întreruptorul comun **102** și un condensator **104**. A doua celulă boost **11** se compune din
37 diodele **110** și **106**, întreruptorul comun **102** și un condensator **114**.

39 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
41 comun **102** asigură circulația curentului într-un singur sens, așa cum arată simbolul desenat.

43 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**
45 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
47 semiconductoare de putere redusă la jumătate, fapt care antrenează reducerea calibrului în
tensiune la jumătate.

RO 129323 B1

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 odată 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} .

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este reducerea pierderilor în dispozitivele semiconductoare de putere, atât pierderi în conducție, cât și pierderi în comutație. Invenția își propune să rezolve inconvenientele de mai sus, 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 invertor, 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.

RO 129323 B1

- 1 Se dau, în continuare, exemple de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...11, care
reprezintă:
- 3 - fig. 1, un circuit unidirecțional dublu-boost cu trei niveluri de tensiune AC/DC din
stadiul actual al tehnicii;
- 5 - fig. 2, schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia
unidirecțională a energiei electrice - varianta 1;
- 7 - fig. 3, celula de comutație denumită dublu-boost unidirecțională - varianta 1,
conținută în circuitul dublu-boost din fig. 2;
- 9 - fig. 4, schema electronică de principiu a aparatului electric după un mod particular
de realizare a dispozitivului prezentat în fig. 2;
- 11 - fig. 5, un exemplu de redresor unidirecțional de putere cu alimentare trifazată care
utilizează modul particular de realizare a dispozitivului prezentat în fig. 2;
- 13 - fig. 6, schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia
bidirecțională a energiei electrice - varianta 1;
- 15 - fig. 7, celula de comutație denumită dublu-boost bidirecțională - varianta 1, conținută
în circuitul dublu-boost din fig. 6;
- 17 - fig. 8, schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia
unidirecțională a energiei electrice - varianta 2;
- 19 - fig. 9, celula de comutație denumită dublu-boost unidirecțională - varianta 2,
conținută în circuitul dublu-boost din fig. 8;
- 21 - fig. 10, schema electronică de principiu a dispozitivului multicelular pentru conversia
bidirecțională a energiei electrice - varianta 2;
- 23 - fig. 11, celula de comutație denumită dublu-boost bidirecțională - varianta 2,
conținută în circuitul dublu-boost din fig. 10.
- 25 În fig. 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,
27 conectate în paralel, care permite trecerea de la 3 la $N = 2 \cdot p + 1$ niveluri de tensiune
continuă pe partea alternativă de alimentare și de la o frecvență de comutație F_{sw} la o
29 frecvență $p \cdot F_{sw}$ în raport cu circuitul din fig. 1 (p - numărul total de celule dublu-boost).
- Circuitului generalizat din fig. 2 i se aplică o sursă de curent de intrare **2** obținută
31 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.
- 33 În comparație cu o singură celulă dublu-boost specifică circuitului redresor Vienna
din fig. 1, circuitul **40** din fig. 2 prezintă cel puțin două celule dublu-boost unidirecționale **200_i**,
35 ($i = 1, 2, \dots, n, n > 2$) - varianta 1 conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte
de inductanțe cuplate magnetic **30** și **31**.
- 37 Fiecare celulă dublu-boost unidirecțională **200_i** ($i = 1, 2, \dots, n, n > 2$) are o primă bornă
de intrare și o a doua bornă de intrare conectate la bornele de ieșire ale grupurilor distincte
39 de inductanțe cuplate magnetic **30** și **31**, fiind alcătuită dintr-o primă celulă boost **10_i**, care are
borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost și o a doua celulă
41 boost **11_i**, 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 circularea
43 curentului într-un singur sens. Cele două ansamble de comutație prezintă, de altfel, un sens
opus de circulare a curentului.
- 45 Celulele boost **10_i** și **11_i** sunt suprapuse și conțin un tranzistor **102_i**, comun -
întreruptor unidirecțional în curent și unidirecțional în tensiune, care este conectat între
47 bornele de intrare ale celulelor suprapuse, conform reprezentării din fig. 3.

RO 129323 B1

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.	1 3
Fiecare a doua celulă boost 11_i , conține tranzistorul comun 102 , 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, și un condensator 114 conectat între cele două borne de ieșire O și 33b ale celulei.	5 7 9
Condensatoarele de ieșire sunt conectate între cele două borne de ieșire 33a și 33b , și au o bornă comună O , conform invenției.	11
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 .	13 15
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 .	17 19
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 .	21 23 25
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 102₁ , 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 - numărul total de celule dublu-boost).	27 29 31 33
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.	35 37 39
În fig. 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 fig. 1.	41 43
Circuitului din fig. 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.	45 47

RO 129323 B1

1 În comparație cu o singură celulă dublu-boost specifică circuitului de redresor Vienna
din fig. 1, circuitul **40** din fig. 4 prezintă două celule dublu-boost unidirecționale **200₁** și **200₂**,
3 conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic
30 și **31**.

5 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
7 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
9 boost **11_k** care are borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost.

11 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.

13 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
15 este conectat între bornele de intrare ale celulelor suprapuse, conform reprezentării din fig. 4.

17 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
19 celulei, și un condensator **104** conectat între cele două borne de ieșire **33a** și **O** ale celulei.

21 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
23 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.

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

27 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
29 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**.

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**
33 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
35 boost **11_k** ($k = 1, 2$).

37 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
39 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
41 **104** și **114** au o bornă comună **O**.

43 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 **102₁** corespunde comenzii redresorului
45 Vienna cu 3 niveluri de tensiune și semnalul de comandă pentru al doilea tranzistor **102₂** este
defazat cu 180° .

RO 129323 B1

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 fig. 5, este descrisă utilizarea circuitului **50** care face obiectul invenției pentru o sursă 4 polifazăată, în particular trifazăată.

Sistemul redresor de putere pentru o alimentare trifazăată **50** conține trei circuite **40₁**, **40₂** și **40₃**, similare celui din fig. 4, legate la fazele **4₁**, **4₂** și **4₃** de la sursa alternativă de alimentare 4 prin intermediul unor inductanțe serie **6₁**, **6₂** și **6₃**.

Ansamblele de comutație **40₁**, **40₂** și **40₃** sunt conectate la intrare la bornele **21₁**, **21₂** și **21₃** ale sursei de alimentare prin intermediul diodelor de redresare. Pe partea de ieșire, circuitele **40₁**, **40₂** și **40₃** sunt conectate la o primă bornă de ieșire **33a**, care este comună cu o bornă a condensatorului **104**. Circuitele **40₁**, **40₂** și **40₃** 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 **40₁**, **40₂** și **40₃** sunt comandate printr-o modulație defazăată cu același unghi ca defazajul fazelor sursei de alimentare, în cazul trifazăat fiind $2\pi/3$.

În fig. 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_i** ($i = 1, 2, \dots, n, n > 2$) conectate în paralel prin intermediul a două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic **30** și **31**. Dispozitivul permite obținerea a $N = 2 \cdot p + 1$ niveluri de tensiune continuă pe partea alternativă cu o frecvență de comutație egală cu $p \cdot F_{sw}$ (p - numărul total de celule dublu-boost).

Spre deosebire de exemplul de redresor unidirecțional generalizat **40** prezentat în fig. 2, circuitul generalizat **60** din fig. 6 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**.

Celulele dublu-boost bidirecționale **400_i** sunt obținute din celulele dublu-boost unidirecționale **200_i** prin conectarea, în antipararel cu diodele **100_i** și **110_i**, a tranzistoarelor **300_i** și **310_i**, întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune, conform reprezentării din fig. 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-i asigură circuitului de conversie a energiei electrice **60** din fig. 6 un transfer bidirecțional al puterii între sursa de curent alternativ **2** și sursa de tensiune continuă **8**.

Tranzistoarele **300_i**, **102_i**, și **310_i** sunt comandate prin unul sau mai multe dispozitive de comandă cunoscute, care se bazează pe principiul comenzilor PWM care au atât faza defazăată (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**.

RO 129323 B1

1 Circuitul **60** permite astfel obținerea a $N = 2 \cdot p + 1$ niveluri de tensiune continuă pe
2 partea alternativă la o frecvență de comutație egală cu $p \cdot F_{sw}$. Conform invenției,
3 componentele semiconductoare care alcătuiesc celulele dublu-boost bidirecționale comută
4 cu frecvența de comutație F_{sw} o fracțiune din curentul i_R egală cu i_R/p . Componentele
5 semiconductoare pe partea de redresare **13**, **130**, **14** și **140** sunt parcurse de curentul i_R și
6 comută la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative **4**, pierderile în comutație
7 putând fi neglijate.

8 În fig. 8 s-a reprezentat un al doilea exemplu de redresor unidirecțional generalizat
9 **70** - varianta 2, conform invenției, cu cel puțin două celule de comutație dublu-boost
10 unidirecționale **600_i** ($i = 1, 2 \dots n, n > 2$) - varianta 2, conectate în paralel prin intermediul a
11 două grupuri distincte de inductanțe cuplate magnetic **30** și **31**.

12 Conform reprezentării din fig. 9, celulele de comutație dublu-boost unidirecționale
13 **600_i** prezintă o primă și o a doua bornă de intrare care sunt legate la bornele de ieșire ale
14 grupurilor distincte de inductanțe cuplate magnetic **30** și **31**. Fiecare celulă dublu-boost
15 unidirecțională **600_i** ($i = 1, 2 \dots n, n > 2$) este alcătuită dintr-o primă celulă boost **55_i** care are
16 borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost și o a doua celulă
17 boost **75_i** care are borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost
18 **600_i**.

19 Fiecare celulă boost este unidirecțională și asigură circulația curentului într-un singur
20 sens. Cele două ansamble de comutație prezintă, de altfel, un sens opus de circulație a
21 curentului. Celulele boost **55_i** și **75_i** sunt separate și au o bornă comună **O**.

22 Fiecare primă celulă boost **55_i** conține o primă diodă **100_i** conectată la borna de
23 intrare a celulei și la o primă bornă de ieșire **33a** a celulei, un tranzistor **500_i** conectat la
24 borna de intrare a celulei și la o a doua bornă de ieșire **O** a celulei, și un condensator **104**
25 conectat între cele două borne de ieșire **33a** și **O** ale celulei.

26 Fiecare a doua celulă boost **75_i** conține tranzistorul **700_i** conectat la o primă bornă
27 **O** de ieșire a celulei și la borna de intrare a celulei, o diodă **110_i** care este conectată la borna
28 de intrare a celulei și la o a doua bornă de ieșire **33b** a celulei, și un condensator **114**
29 conectat între cele două borne de ieșire **O** și **33b** ale celulei.

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

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

36 Grupurile de inductanțe cuplate magnetic **30** și **31** au fiecare câte o bornă de intrare
37 și un număr de borne de ieșire egal cu numărul celulelor dublu-boost. Bornele de ieșire ale
38 grupului de inductanțe cuplate magnetic **30** sunt conectate la bornele de intrare ale celulelor
39 boost **55_i**. Bornele de ieșire ale grupului de inductanțe cuplate magnetic **31** sunt conectate
40 la bornele de intrare ale celulelor boost **75_i**.

41 Circuitul **70** este conectat la intrare la o bornă **R** a sursei de alimentare prin
42 intermediul diodelor de redresare **13** și **14**. Pe partea de ieșire, circuitul **70** este conectat la
43 o primă bornă de ieșire **33a** care este comună cu o bornă a condensatorului **104** și cu o
44 bornă a diodelor **100_i**. Circuitul **70** este conectat la o a doua bornă de ieșire **33b** care este
45 comună cu o bornă a condensatorului **114** și cu o bornă a diodelor **110_i**. Condensatoarele
46 **104** și **114** au o bornă comună **O**.

RO 129323 B1

Tranzistoarele **500_i** și **700_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). Spre deosebire de exemplul de realizare a circuitului redresor unidirecțional - varianta 1, în acest caz - varianta 2, semnalele de comandă pentru tranzistoarele **500_i** și **700_i** sunt separate în funcție de polaritatea tensiunii alternative de alimentare **4**. Pe alternanța pozitivă comanda tranzistoarelor **500_i** este defazată cu $2\pi/p$ (p - numărul total de celule dublu-boost), în timp ce tranzistoarele **700_i** sunt comandate la blocare. Similar, pentru alternanța negativă comanda tranzistoarelor **700_i** este defazată cu $2\pi/p$, în timp ce tranzistoarele **500_i** 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 unidirecționale 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_i** și **116_i**, 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_i** - specific variantei 1, pe cele două tranzistoare **500_i** și **700_i**. 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_i** și **700_i**, se poate crește frecvența maximă de comutație și/sau valoarea efectivă maximă a curentului absorbit de la sursa de curent **2**.

În fig. 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_i** ($i = 1, 2, \dots, n, n > 2$) - 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 - numărul total de celule dublu-boost).

Spre deosebire de exemplul de redresor unidirecțional generalizat **70**, prezentat în fig. 8, circuitul de redresor bidirecțional generalizat **80** din fig. 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 fig. 11, celulele dublu-boost bidirecționale **800_i** sunt obținute din celulele dublu-boost unidirecționale **600_i** prin conectarea, în antipararel cu diodele **100_i** și **110_i**, a tranzistoarelor **300_i** și **310_i**, întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune, și prin conectarea, în antipararel cu tranzistoarele **500_i** și **700_i**, a diodelor **510_i** și **710_i**.

RO 129323 B1

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

5 Tranzistoarele **300_i**, **500_i**, **700_i** și **310_i** sunt comandate prin unul sau mai multe
6 dispozitive de comandă cunoscute, care se bazează pe principiul comenzilor PWM care au
7 atât faza defazată (PS), cât și nivelele defazate (LS). Tranzistoarele **130** și **140** sunt
8 întreruptoare unidirecționale în curent și unidirecționale în tensiune și sunt comandate la
9 frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative **4**.

10 Conform invenției, componentele semiconductoare care alcătuiesc celulele
11 dublu-boost bidirecționale **800_i** comută, cu frecvența de comutație F_{sw} , o fracțiune din
12 curentul i_R egală cu i_R/p (p - numărul total al celulelor dublu-boost conectate în paralel).
13 Componentele semiconductoare pe partea de redresare **13**, **130**, **14** și **140** sunt parcurse de
14 curentul i_R și comută, la frecvență joasă egală cu frecvența tensiunii alternative **4**, pierderile
15 în comutație putând fi neglijate.

16 Spre deosebire de circuitul de redresor (invertor) de putere bidirecțional **60** din fig. 6,
17 acest circuit de redresor (invertor) de putere bidirecțional **80** repartizează în mod egal
18 pierderile totale (în conducție și în comutație) corespunzătoare tranzistorului comun **102_i** -
19 specific circuitului **60** pe cele două tranzistoare **500_i** și **700_i** din cadrul circuitului **80**. Ca
20 urmare, se obține o mai bună echilibrare a pierderilor totale în dispozitivele semiconductoare
21 de putere și puterea maximă pe partea alternativă sau/și frecvența maximă de comutație pot
22 să crească.

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

27 Exemplele precedente nu sunt decât moduri de realizare a invenției, care nu se
28 limitează aici.

RO 129323 B1

Revendicări

1. Circuit (40) de redresor de putere unidirecțional multicelular, care se conectează între o sursă de curent alternativ de alimentare (2) și o sursă de tensiune continuă (8), caracterizat prin aceea că este alcătuit din:
- două diode de redresare (13 și 14) având o bornă comună conectată la o bornă a sursei (21) de curent alternativ 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 (30 și 31) distincte de inductanțe cuplate magnetic;
 - cel puțin trei ansamble de comutație conectate în paralel prin intermediul grupurilor distincte de inductanțe cuplate magnetic, fiecare ansamblu conținând câte o celulă (200_i) dublu-boost, fiecare 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) și fiecare fiind alcătuită dintr-o primă celulă boost (10_i) având borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost, și o a doua celulă boost (11_i) având borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost;
 - celulele boost (10_i și 11_i) sunt suprapuse și conțin un tranzistor comun (102_i), întreruptor unidirecțional în curent și unidirecțional în tensiune, care este conectat între bornele de intrare ale celulelor suprapuse;
 - 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, tranzistorul comun (102_i) conectat la o a doua diodă (116_i), ce este 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_i), conținând tranzistorul comun (102_i) conectat la borna de intrare a celulei și la o primă diodă (106_i), conectată la o primă bornă de ieșire (O) a celulei, o a doua diodă (110_i) 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_i și 11_i) având o bornă comună (O).
2. Circuit de redresor de putere (50), conform cu revendicarea 1, caracterizat prin aceea că, pentru o alimentare polifazăată, în particular alimentare trifazăată, este alcătuit din trei circuite de redresor (40_i, 40₂ și 40₃) care se conectează la bornele de alimentare (21₁, 21₂ și 21₃) ale fazelor de curent polifazăat (2₁, 2₂ și 2₃) obținute prin înserierea unor inductanțe (6₁, 6₂ și 6₃) cu fazele (4₁, 4₂ și 4₃) sursei alternative de alimentare (4), și care împart aceleași condensatoare terminale (104 și 114);
3. Circuit de redresor de putere (70), conform cu revendicarea 1, unidirecțional multicelular, caracterizat prin aceea că va cuprinde cel puțin două celule de comutație dublu-boost unidirecționale (600_i) ce sunt alcătuite dintr-o primă celulă boost (55_i) care are borna de intrare comună cu prima bornă de intrare a celulei dublu-boost și o a doua celulă boost (75_i) care are borna de intrare comună cu a doua bornă de intrare a celulei dublu-boost;
- celulele boost unidirecționale (55_i și 75_i) sunt separate și au o bornă comună (O);
 - fiecare primă celulă boost (55_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 (500_i) 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

RO 129323 B1

1 boost (75_i) conține tranzistorul (700_i) conectat la o primă bornă de ieșire (O) a celulei și la
borna de intrare a celulei, o diodă (110_i) care este conectată la borna de intrare a celulei și
3 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;

5 - două condensatoare conectate între cele două borne de ieșire (33a și 33b) ale
celulelor boost separate (55_i și 75_i), având o bornă comună (O).

7 4. Circuit de redresor de putere (60) conform cu revendicarea 2, bidirecțional
multicelular, **caracterizat prin aceea că** va conține cel puțin două celule dublu-boost
9 bidirecționale (400_i), obținute din celulele dublu boost unidirecționale (200_i) prin conectarea,
în antipararel cu diodele (100_i și 110_i), a tranzistoarelor (300_i și 310_i), și două tranzistoare
11 (130 și 140) conectate în antipararel cu diodele de redresare (13 și 14).

13 5. Circuit de redresor de putere (80), conform cu revendicarea 3, bidirecțional
multicelular, **caracterizat prin aceea că** va conține cel puțin două celule dublu-boost
bidirecționale (800_i) obținute din celulele dublu boost unidirecționale (600_i) prin conectarea,
15 în antipararel cu diodele (100_i și 110_i), a tranzistoarelor (300_i și 310_i) și prin conectarea, în
antipararel cu tranzistoarele (500_i și 700_i), a diodelor (510_i și 710_i), și două tranzistoare
17 (130 și 140) conectate în antipararel cu diodele de redresare (13 și 14).

(51) Int.Cl.

H02M 7/04 (2006.01),

H02M 7/217 (2006.01)

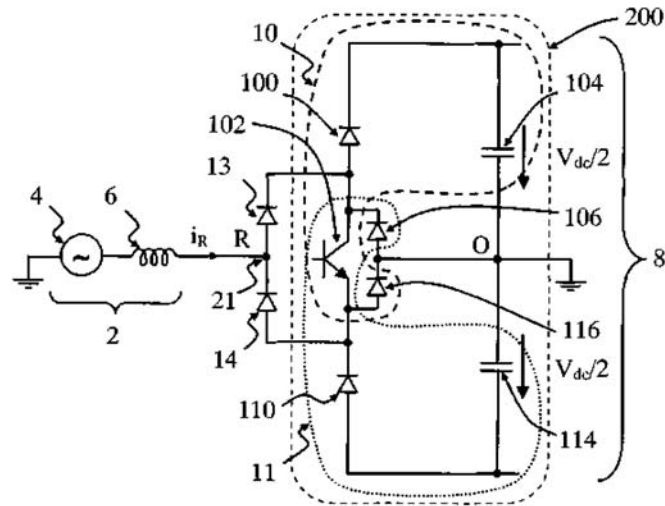


Fig. 1

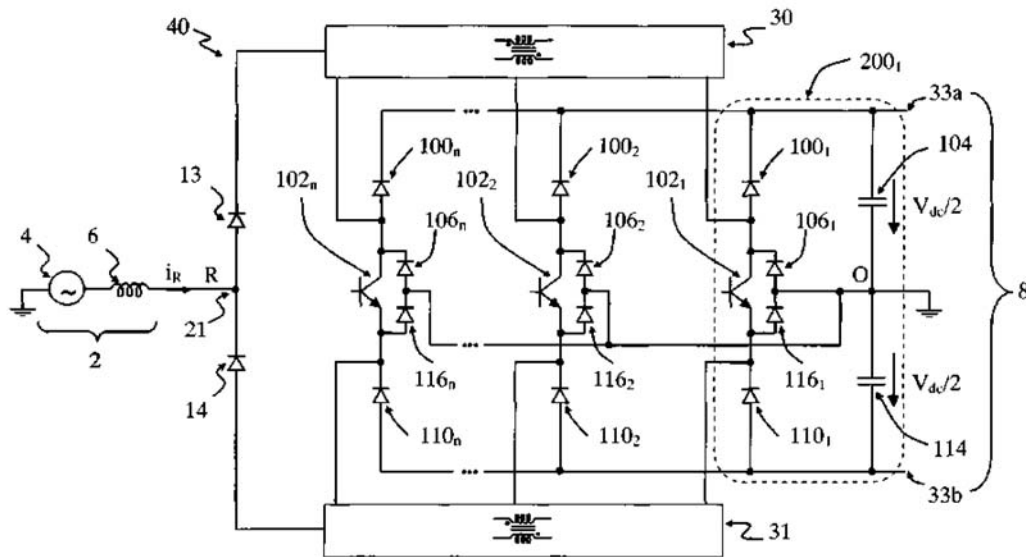


Fig. 2

(51) Int.Cl.

H02M 7/04 (2006.01);

H02M 7/217 (2006.01)

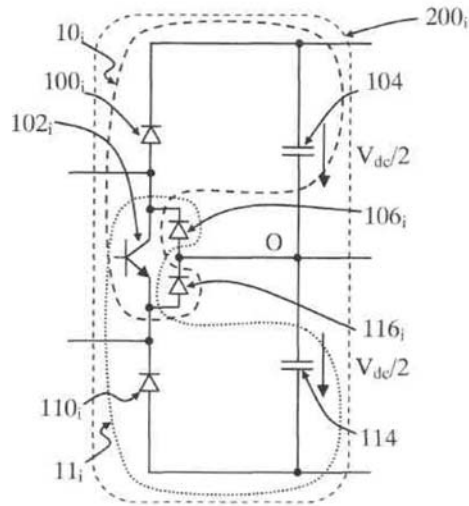


Fig. 3

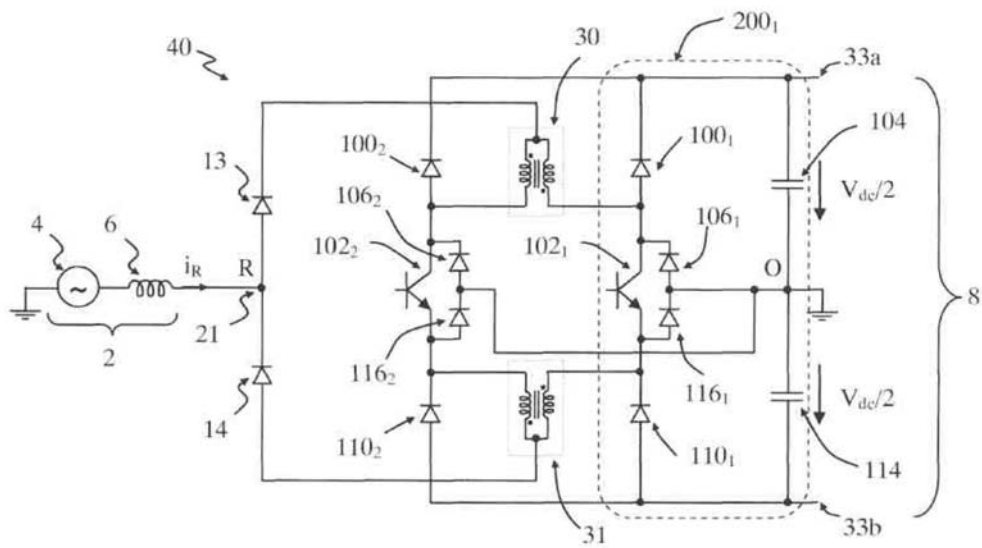


Fig. 4

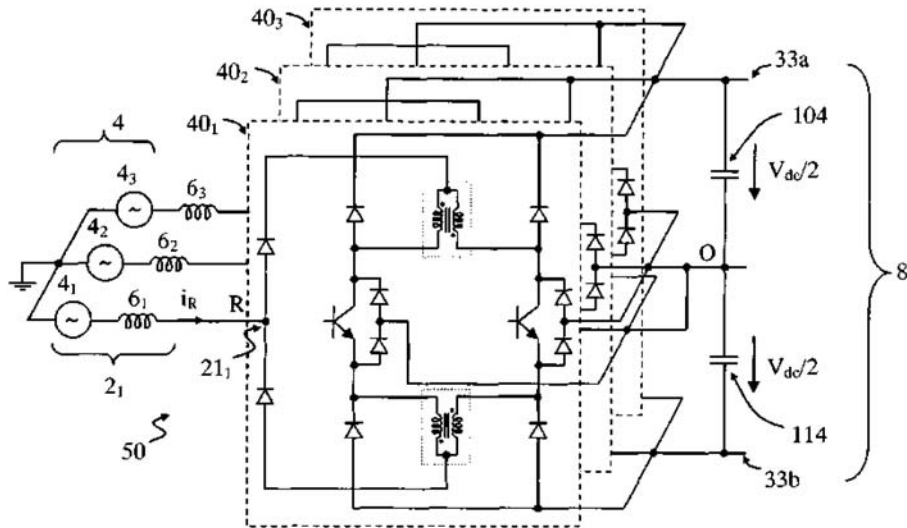


Fig. 5

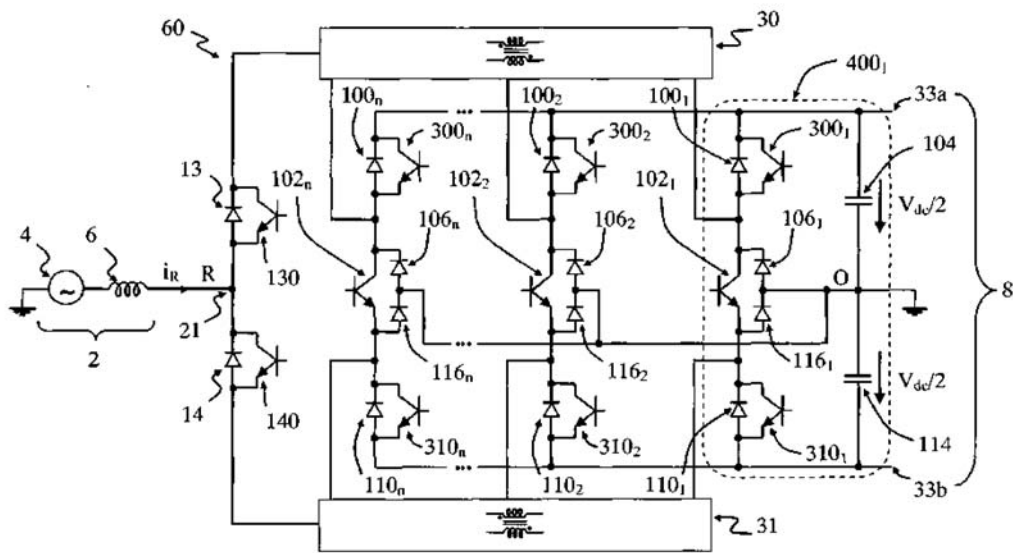


Fig. 6

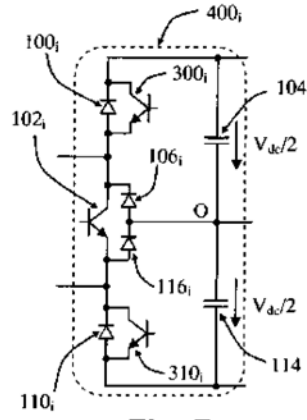


Fig. 7

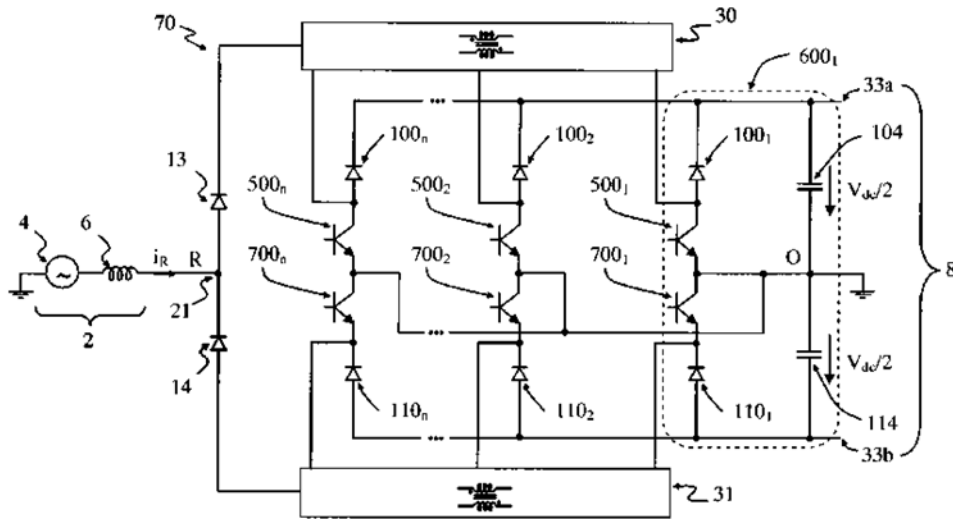


Fig. 8

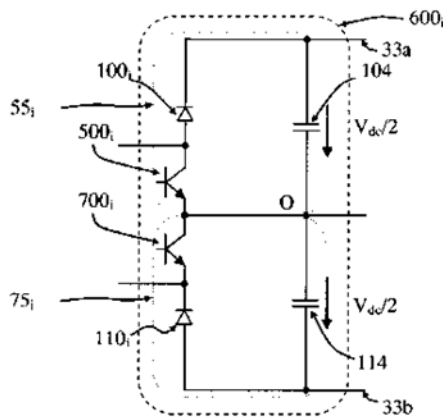


Fig. 9

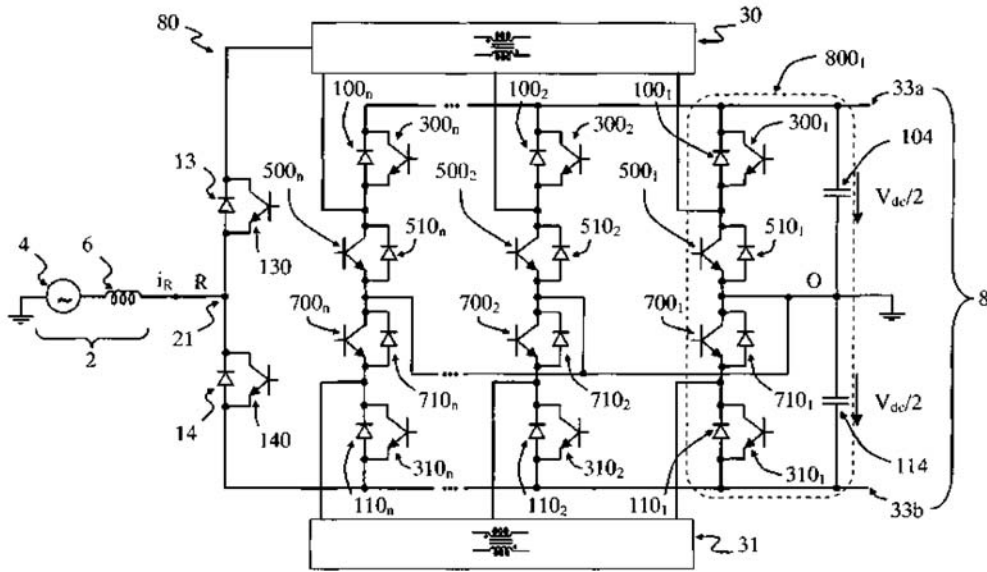


Fig. 10

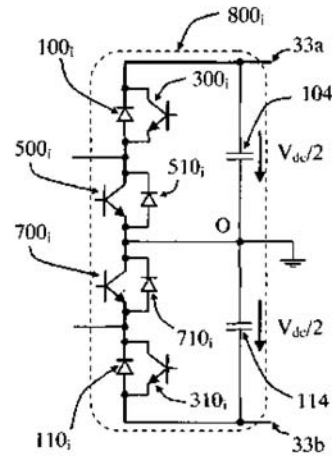


Fig. 11

