

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00915**

(22) Data de depozit: **19/12/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/07/2020 BOPI nr. **7/2020**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• TEHNOLOGISTIC S.R.L.,
STR. LIBERTĂȚII, NR.35A, APAHIDA, CJ,
RO

(72) Inventatori:
• TEODOSESCU PETRE DOREL,
STR. CÂMPULUI NR. 161, BL. CORP A,
SC. 1, AP. 3, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;

• SUCIU VASILE MIHAI,
SAT CĂLĂRAȘI - GARA, NR.5,
COMUNA CĂLĂRAȘI, CJ, RO;
• SZEKELY NORBERT CSABA,
STR.SOMEȘULUI, NR.31H, B.L.L, AP.35,
FLOREȘTI, CJ, RO;
• PĂCURARU ALEXANDRU MĂDĂLIN,
CALEA FLOREȘTI, NR.3, BL.T2, AP..53,
CLUJ - NAPOCA, CJ, RO;
• BOJAN MIRCEA, STR. GEORGE ENESCU
NR. 18, TURDA, CJ, RO;
• MATHE ZSOLT, STR. DÂMBOVIȚA,
NR.47, BL.V21, SC.2, AP.33,
CLUJ - NAPOCA, CL, RO

(54) CONVERTOR ELECTRONIC INTERCALAT RIDICĂTOR/COBORĂTOR DE TENSIUNE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un convertor electronic intercalat ridicător/coborător de tensiune. Convertorul conform invenției este alcătuit din două circuite electronice ridicătoare/coborătoare de tensiune ce funcționează independent, care, în mod intercalat, preiau energia de la o sursă de alimentare, și o transferă consumatorului, în care, în cazul convertorului ridicător de tensiune, prin conectarea în paralel pe partea de intrare a celor două circuite coborătoare de tensiune, respectiv, în serie pe partea de ieșire, factorul de amplificare al convertorului este crescut, iar în cazul convertorului coborător de tensiune, prin conectarea în serie pe partea de intrare a celor două circuite electronice coborătoare de tensiune, respectiv, în paralel pe partea de ieșire, factorul de atenuare al convertorului este crescut.

Revendicări: 7
Figuri: 9

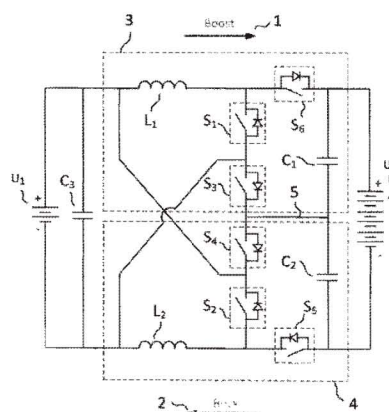


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune

Descriere

Invenția se referă la un convertor electronic de tensiune continuă cu structură intercalată destinat echipamentelor pentru aplicații cu stocare a energiei electrice, surse regenerabile, consumatori electronici și vehicule electrice, în care:

- valoarea tensiunii de la sursa de alimentare este prea mică pentru aplicația vizată, cu funcționare în regim de amplificare a tensiunii de la intrare - convertor ridicător de tensiune (**Boost**);
- valoarea tensiunii de la sursa de alimentare este prea mare pentru aplicația vizată, cu funcționare în regim de atenuare a tensiunii de la intrare - convertor coborâtor de tensiune (**Buck**);
- circulația de energie este bidirecțională – convertor ridicător/coborâtor de tensiune (**Boost/Buck**).

Stadiului actual al tehnicii mondiale

În stadiul actual sunt cunoscute convertoare ridicătoare de tensiune continuă în structură intercalată cu diferite structuri și principii de funcționare. În documentul „S. Choi, V. G. Agelidis, J. Yang, D. Coutellier and P. Marabeas, *Analysis, design and experimental results of a floating-output interleaved-input boost-derived DC-DC high-gain transformer-less converter*, in *IET Power Electronics*” este reprezentată o structura de convertor ridicător de tensiune ce folosește principiul funcționării intercalate a două convertoare boost clasice, doar că circuitul de ieșire nu are filtrare pur capacitivă ceea ce duce la un sistem de control complicat pentru stabilizarea tensiunii de la ieșire.

Brevetul US9729054B2 prezintă o structură de convertor ridicător de tensiune intercalat ce folosește principiul utilizării a două circuite boost ce lucrează intercalat, doar că cele două circuite boost nu funcționează independent și curentul de la sursă este curentul prin cele două bobine ale convertorului, astfel factorul de amplificare este mai redus.

Mai mult, cele două soluții prezentate din tehnica actuală nu funcționează cu circulație de energie bidirecțională și deci nici nu permit funcționarea în regim de convertor coborâtor de tensiune.

Scopul invenției este de a crește factorul de amplificare/atenuare pentru convertoarele ridicătoare/coborâtoare de tensiune în condiții de randament ridicat și riplu redus al curentului de la sursa de alimentare.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este creșterea/scăderea valorii tensiunii continue de la o sursă de energie prin utilizarea unui convertor electronic ridicător/coborâtor de tensiune.

Convertorul ridicător/coborâtor de tensiune cu structură intercalată conform invenției, **rezolvă problema menționată prin aceea că** este alcătuit din două circuite

electronice ridicătoare/coborâtoare de tensiune ce funcționează independent. În mod intercalat (defazat) aceste circuite preiau energia de la sursa de alimentare și o transferă consumatorului. În cazul convertorului ridicător de tensiune, prin conectarea în paralel pe partea de intrare a celor două circuite electronice coborâtoare de tensiune, respectiv în serie pe partea de ieșire, factorul de amplificare al convertorului este crescut. În cazul convertorului coborâtor de tensiune, prin conectarea în serie pe partea de intrare a celor două circuite electronice coborâtoare de tensiune, respectiv în paralel pe partea de ieșire, factorul de atenuare al convertorului este crescut.

Invenția prezintă următoarele **avantaje**: un factor de amplificare/atenuare în tensiune mare, reducerea amplitudinii și creșterea frecvenței riplului curentului de la intrarea în convertor, funcționarea tuturor comutatoarelor electronice la o tensiune mai redusă față de tensiunea de la ieșire pentru convertorul boost, respectiv la o tensiune mai redusă față de tensiunea de la intrare pentru convertorul buck.

Se dă în continuare **un exemplu de realizare a invenției** în legătură și cu figurile 1 9 care prezintă:

- Figura 1. Schema de bază a convertorului
- Figura 2. Exemple de realizare a comutatoarelor electronice
- Figura 3. Schema electronică a convertorului prin utilizarea de tranzistoare electronice de putere de tip MOS-FET
- Figura 4. Stadiu 1 de funcționare a convertorului
- Figura 5. Stadiu 2 de funcționare a convertorului
- Figura 6. Stadiu 3 de funcționare a convertorului
- Figura 7. Stadiu 4 de funcționare a convertorului
- Figura 8. Formele de undă pentru convertor ridicător de tensiune - boost
- Figura 9. Formele de undă pentru convertor coborâtor de tensiune - buck

Conform invenției, prin exemplul de realizare reprezentat în Figura 1, convertorul poate să funcționeze în regim de convertor ridicător de tensiune (boost) sau convertor coborâtor de tensiune (buck). Pentru funcționare în regim de convertor ridicător de tensiune sensul circulației de energie 1 este ilustrat de la sursa de alimentare U1 către consumatorul reprezentat de U2. Pentru funcționare în regim de convertor coborâtor de tensiune sensul circulației de energie 2 este ilustrat de la sursa de alimentare U2 către consumatorul reprezentat de U1. Aceste regimuri de funcționare pot fi regăsite în cadrul a trei aplicații: convertor boost unidirecțional în care sensul energiei este doar cel reprezentat de 1; convertor buck unidirecțional în care sensul energiei este doar cel reprezentat de 2; bidirecțional buck/boost în care sensul energiei este reprezentat succesiv de 1 sau 2 în aplicații în care circulația de energie este bidirecțională, spre exemplu în sistemele de stocare a energiei electrice.

Pentru circulația energiei 1, în regim boost, conform invenției, convertorul este alimentat de la sursa de energie U1 și transferă energia consumatorului U2. Convertorul este alcătuit din două circuite electronice ridicătoare de tensiune de tip boost. Primul circuit 3 este format din bobina L1, comutatoarele S1, S3 și S6, respectiv condensatorul C1. Al doilea circuit 4 este compus din bobina L2, comutatoarele S2, S4 și S5, respectiv condensatorul C2. Condensatorul C3 este utilizat ca filtru de tensiune pe partea de intrare pentru ambele circuite

electronice **3**, respectiv **4**. În legătură cu primul circuit ridicător de tensiune **3**, ansamblul format din condensatorul **C3** și sursa **U1** este conectat în serie cu bobina **L1** și comutatorul **S1** formând un ochi de circuit ce permite înmagazinarea de energie în circuitul magnetic al bobinei atunci când comutatorul **S1** este în stare de conducție. În mod similar, pentru al doilea circuit ridicător de tensiune **4**, ansamblul format din condensatorul **C3** și sursa **U1** este conectat în serie cu bobina **L2** și comutatorul **S2** formând un ochi de circuit ce permite înmagazinarea de energie în circuitul magnetic al bobinei atunci când comutatorul **S2** este în stare de conducție. În legătură cu primul circuit ridicător de tensiune **3**, ansamblul format din condensatorul **C3** și sursa **U1** este conectat în serie cu bobina **L1**, comutatorul **S3**, comutatorul **S6** și condensatorul **C1**. Aceste elemente formează un ochi de circuit ce permite descărcarea energiei din bobina **L1** atunci când comutatorul **S3** și **S6** sunt în stare de conducție. În mod similar, pentru al doilea circuit ridicător de tensiune **4**, ansamblul format din condensatorul **C3** și sursa **U1** este conectat în serie cu bobina **L2**, comutatorul **S4**, comutatorul **S5** și condensatorul **C2**. Aceste elemente formează un ochi de circuit ce permite descărcarea energiei din bobina **L2** atunci când comutatorul **S4** și **S5** sunt în stare de conducție. Cele două circuite electronice **3** și **4** funcționează intercalat (defazat) preluând energie de la sursa **U1**, iar pe partea de ieșire cele două condensatoare **C1** și **C2** conectate în serie formează un divizor capacitiv cu punctul median (**5**) ce transferă energia către consumatorul **U2**.

Pentru circulația energiei **2**, în regim buck, conform invenției, convertorul este alimentat de la sursa de energie **U2** și transferă energia consumatorului **U1**. Convertorul este alcătuit din două circuite electronice coborâtoare de tensiune de tip buck. Primul circuit **3** este format din condensatorul **C1**, comutatoarele **S6**, **S3** și **S1**, respectiv bobina **L1**. Al doilea circuit **4** este compus din condensatorul **C2**, comutatoarele **S5**, **S4** și **S2**, respectiv bobina **L2**. Condensatorul **C3** este utilizat ca filtru de tensiune pe partea de ieșire pentru ambele circuite electronice **3**, respectiv **4**. În legătură cu primul circuit coborâtor de tensiune **3**, condensatorul **C1** este conectat în serie cu comutatorul **S3**, comutatorul **S6**, bobina **L1** și condensatorul **C3**. Aceste elemente formează un ochi de circuit ce permite încărcarea energiei în bobina **L1** atunci când comutatoarele **S3** și **S6** sunt în stare de conducție. În mod similar, pentru al doilea circuit coborâtor de tensiune **4**, condensatorul **C2** este conectat în serie cu comutatorul **S4**, comutatorul **S5**, bobina **L2** și ansamblul format din condensatorul **C3** și consumatorul **U1**. Aceste elemente formează un ochi de circuit ce permite încărcarea energiei în bobina **L2** atunci când comutatorul **S4** și **S5** sunt în stare de conducție. În legătură cu primul circuit coborâtor de tensiune **3**, ansamblul format din condensatorul **C3** și consumatorul **U1** este conectat în serie cu bobina **L1** și comutatorul **S1** formând un ochi de circuit ce permite descărcarea energiei din bobina **L1** atunci când comutatorul **S1** este în stare de conducție. În mod similar, pentru al doilea circuit ridicător de tensiune **4**, ansamblul format din condensatorul **C3** și sursa **U1** este conectat în serie cu bobina **L2** și comutatorul **S2** formând un ochi de circuit ce permite descărcarea energiei din bobina **L2** atunci când comutatorul **S2** este în stare de conducție. Cele două circuite electronice **3** și **4** funcționează intercalat (defazat) și sunt conectate în paralel pe partea de ieșire, transferând energia de la cele două condensatoare **C1** și **C2**, implicit de la sursa **U2** către consumatorul **U1**.

În corespondență cu Figura 1, comutatoarele **S1**, **S2**, **S3**, **S4**, **S5** și **S6** pot fi reprezentate de orice tip de dispozitiv electronic comandat cu diodă în paralel **6**, dintre care în Figura 2 sunt prezentate tranzistoarele cu comandă prin câmp de tip FET (Field Effect Transistor) cu diodă

în paralel 7, de tip FET cu diodă și condensator în paralel 8, de tip IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) cu diodă în paralel 9, respectiv de tip IGBT cu diodă și condensator în paralel 10.

În continuare se indică modul de funcționare a convertorului electronic ridicător/coborâtor de tensiune continuă în structură intercalată pe baza figurilor 3, 4, 5, 6, 7, 8 și 9. În corespondență cu circuitul de bază prezentat în figura 1, în figura 3 este reprezentat circuitul electronic, în care comutatoarele S1, S2, S3, S4, S5 și S6 sunt înlocuite cu tranzistoare T1, T2, T3, T4, T5 și T6 de tip MOSFET.

În modul de convertor ridicător de tensiune - boost, în figurile 4, 5, 6 și 7 se disting cel puțin patru stări de funcționare. Conform figurii 4, dispozitivul electronic T1 este comandat în starea de conducție, acest fapt duce la o creștere a curentului prin bobina L1, astfel este înmagazinată o cantitate de energie sub formă de câmp magnetic. În acest timp dispozitivele electronice T2, T3, T4, T5 și T6 se află în stare de blocare. În figura 5 dispozitivele electronice T3 și T6 se află în stare de conducție, prin urmare sursa de tensiune continuă U1 este în serie cu bobina L1, astfel condensatorul C1 este încărcat la o valoare a tensiunii egală cu suma tensiunilor produse de U1 și L1, iar în acest timp dispozitivele electronice T1, T2, T4 și T5 se află în stare de blocare. În figura 6 dispozitivul electronic T2 este în stare de conducție, acest fapt duce la o creștere a curentului prin bobina L2, astfel este înmagazinată o cantitate de energie sub formă de câmp magnetic. În acest timp dispozitivele electronice T1, T3, T4, T5 și T6 se află în stare de blocare. În figura 7 dispozitivele electronice T4 și T5 se află în stare de conducție, prin urmare sursa de tensiune continuă U1 este în serie cu bobina L2, astfel condensatorul C2 este încărcat la o tensiune egală cu suma tensiunilor produse de U1 și L2, în acest timp dispozitivele electronice T1, T2, T3 și T6 se află în stare de blocare. Consumatorul U2 este alimentat în permanență de condensatoarele C1 și C2, tensiunea obținută fiind egală cu suma tensiunilor celor două condensatoare C1 și C2.

În modul de convertor coborâtor de tensiune - buck, în figurile 4, 5, 6 și 7 se disting cel puțin patru stări de funcționare. Conform figurii 5, dispozitivele electronice T6 și T3 sunt comandate în starea de conducție, acest fapt duce la o creștere a curentului prin bobina L1 de la condensatorul C1, respectiv de sursa de alimentare U2, astfel este înmagazinată o cantitate de energie sub formă de câmp magnetic. În acest timp dispozitivele electronice T1, T2, T4 și T5 se află în stare de blocare. În figura 4 dispozitivul electronic T1 intră în starea de conducție, prin urmare energia acumulată în bobina L1 este transferată condensatorului C3, respectiv consumatorului U1. În acest timp dispozitivele electronice T2, T3, T4, T5 și T6 se află în stare de blocare. În figura 7 dispozitivele electronice T5 și T4 sunt în starea de conducție, acest fapt duce la o creștere a curentului prin bobina L2 de la condensatorul C2, respectiv de la sursa de alimentare U2, astfel este înmagazinată o cantitate de energie sub formă de câmp magnetic. În acest timp dispozitivele electronice T1, T2, T3 și T6 se află în stare de blocare. În figura 6 dispozitivul electronic T2 este în starea de conducție, prin urmare energia acumulată în bobina L2 este transferată condensatorului C3, respectiv consumatorului U1. În acest timp dispozitivele electronice T1, T3, T4, T5 și T6 se află în stare de blocare.

În corespondență cu figurile 3, 4, 5, 6 și 7, în cadrul figurilor 8 și 9 sunt reprezentate formele de undă reprezentative pentru cele două moduri de funcționare: convertor ridicător de tensiune - boost, respectiv convertor coborâtor de tensiune - buck. Semnalele reprezentate sunt:

PWM T1 - Tensiunea de comandă a tranzistorului T1

PWM T2 - Tensiunea de comandă a tranzistorului T2
PWM T3 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T3
PWM T4 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T4
PWM T5 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T5
PWM T6 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T6
IL1 – Curentul prin bobina L1
IL2 – Curentul prin bobina L2
UT1 – Tensiunea Drenă -Sursă tranzistor T1
UT2 – Tensiunea Drenă -Sursă tranzistor T2
UT3 – Tensiunea Drenă -Sursă tranzistor T3
UT4 – Tensiunea Drenă -Sursă tranzistor T4
UT5 – Tensiunea Drenă -Sursă tranzistor T5
UT6 – Tensiunea Drenă -Sursă tranzistor T6
Uies – Tensiunea de la ieșirea convertorului
Uin – Tensiunea de la intrarea convertorului
Iin – Curentul de la intrarea convertorului

Deși în acest material sunt redată doar anumite forme specifice de materializare sau condiții de punere în aplicare ale invenției, din punct de vedere al personalului instruit la un nivel de bază în acest domeniu, se va avea în vedere faptul că există o multitudine de variante aplicative de implementare și / sau materializare a invenției propuse. Se va avea în vedere, de asemenea, faptul că formele de reprezentare sau alte moduri de punere în aplicare redată în acest document au caracter pur explicativ și constituie doar un exemplu de implementare, fără a restrânge domeniul de aplicabilitate sau de complexitate al ideii propuse într-o oarecare măsură. Mai degrabă, rezumatul succint al inovației formulat anterior și descrierea detaliată, va oferi personalului calificat în domeniu, un ghid de implementare pentru cel puțin un exemplu de realizare. Astfel, se va înțelege că pot fi făcute diverse modificări în funcția și aranjarea elementelor descrise în exemplul de realizare fără a se îndepărta de domeniul de aplicare, așa cum este prevăzut în revendicările anexate și echivalențele lor legale. În general, această aplicație este destinată să acopere orice adaptări sau variații ale realizărilor specifice discutate în prezentul document.

De asemenea, se va avea în vedere faptul că, în acest document, termenii precum: "cuprinde", "constă în", "include", "incluzând", "conține", "conținând", "are", "având", sau orice construcție lexicală în baza acestor termeni, trebuie înțeleasă ca și mod de apartenență inclusiv (adică neexclusiv), astfel încât procesul, metoda, dispozitivul, aparatura sau instalația / sistemul descris în cadrul acestui document nu se limitează doar la specificațiile, dotările, elementele constructive sau metode și etape de implementare specificate în cadrul acestui document. Dimpotrivă, respectiva reprezentare poate include și alte dotări, componente sau etape și metode care nu au fost specificate în mod explicit în cadrul acestui document, sau preluate în cadrul unui astfel de proces, metodă, articol, sau aparatură. În plus, termenii "un" și "o" utilizați în acest document au scopul de a fi înțeleși ca și entitate singulară sau mai multe entități atâta timp cât nu a fost specificat alt sens în prealabil pentru acești termeni. Mai mult, termenii precum "primul", "al doilea", "al treilea", etc. sunt utilizați pur și simplu ca și indicatori, și nu au scopul de a defini vreo prioritate numerică sau un algoritm de sortare în așa fel încât ar impune vreo ordine de prioritate.

Revendicări

1. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune cuprinzând:
 - o sursă de tensiune (U1) pentru configurația de convertor ridicător de tensiune (1) sau un consumator (U1) pentru configurația de convertor coborâtor de tensiune (2);
 - un consumator (U2) pentru configurația de convertor ridicător de tensiune (1) sau o sursă de tensiune (U2) pentru configurația de convertor coborâtor de tensiune;
 - un filtru capacitiv format din condensatorul C3 ce este conectat cu primul terminal la potențialul pozitiv al sursei/consumatorului (U1) și cu al doilea terminal la potențialul negativ al sursei/consumatorului (U1);
 - un divizor capacitiv compus din condensatorul (C1) ce este conectat cu primul terminal la potențialul pozitiv al consumatorului /sursei (U2) și condensatorul C2 ce este conectat cu al doilea terminal la potențialul negativ al consumatorului /sursei (U2), unde al doilea terminal al condensatorului (C1) este conectat la primul terminal al condensatorului (C2) formând punctul median (5);
 - un circuit ridicător/coborâtor de tensiune (3) compus dintr-o bobină (L1) conectată cu primul terminal la potențialul pozitiv al sursei/consumatorului (U1), un dispozitiv electronic (S1) conectat între al doilea terminal al bobinei (L1) și potențialul negativ al sursei/consumatorului (U1), un dispozitiv electronic (S6) conectat între al doilea terminal al bobinei (L1) și potențialul pozitiv al consumatorului/ sursei (U2), un dispozitiv electronic (S3) conectat cu primul terminal la potențialul negativ al sursei/consumatorului (U1) și cu al doilea capăt la punctul median (5), un condensator (C1) conectat cu primul terminal la potențialul pozitiv al consumatorului/sursei (U2) și cu al doilea terminal la punctul median (5);
 - un circuit ridicător/coborâtor de tensiune (4) compus dintr-o bobină (L2) conectată cu primul terminal la potențialul negativ al sursei/consumatorului (U1), un dispozitiv electronic (S2) conectat între al doilea terminal al bobinei (L2) și potențialul pozitiv al sursei/consumatorului (U1), un dispozitiv electronic (S5) conectat între al doilea terminal al bobinei (L2) și potențialul negativ al consumatorului/ sursei (U2), un dispozitiv electronic (S4) conectat cu primul terminal la punctul median (5) și cu al doilea terminal la potențialul pozitiv al sursei/consumatorului (U1), un condensator (C2) conectat cu primul terminal la punctul median (5) și cu al doilea terminal la potențialul negativ al consumatorului/sursei (U2);
2. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** funcționează cu circulație de energie unidirecțională (1) în regim de convertor ridicător de tensiune – boost sau unidirecțională (2) în regim de convertor coborâtor de tensiune – buck sau bidirecțională (1) și (2) în regim de convertor ridicător de tensiune – boost sau convertor coborâtor de tensiune – buck;
3. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** cele două circuite (3) și (4) funcționează intercalat sau defazat, iar cele două bobine (L1) și (L2) sunt încărcate/descărcate succesiv reducând riplul curentului de la intrare;

4. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** funcționarea tuturor comutatoarelor electronice (6) ce pot fi tranzistoare cu comandă prin câmp de tip FET (7) și (8) sau tranzistoare bipolare cu grilă izolată IGBT (9) și (10), se realizează la o tensiune mai redusă față de tensiunea de la ieșire pentru convertorul de tip "boost" (1), respectiv la o tensiune mai redusă față de tensiunea de la intrare pentru convertorul "buck" (2);
5. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** în regim de convertor ridicător de tensiune (1), comutatoarele (S1), (S2), (S3) și (S4) funcționează ca dispozitive comandate și comutatoarele (S5) și (S6) funcționează necomandate ca diode sau ca dispozitive comandate;
6. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** în regim de coborâtor de tensiune (2), comutatoarele (S5) și (S6) funcționează ca dispozitive comandate și comutatoarele (S1), (S2), (S3) și (S4) funcționează necomandate ca diode sau ca dispozitive comandate;
7. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** cele două circuite (3) și (4) funcționează în așa fel încât curentul preluat de la sursa de energie (U1) și (U2) poate fi controlat ca amplitudine, fază și formă pentru corectarea/compensarea factorului de putere în sisteme de curent alternativ.



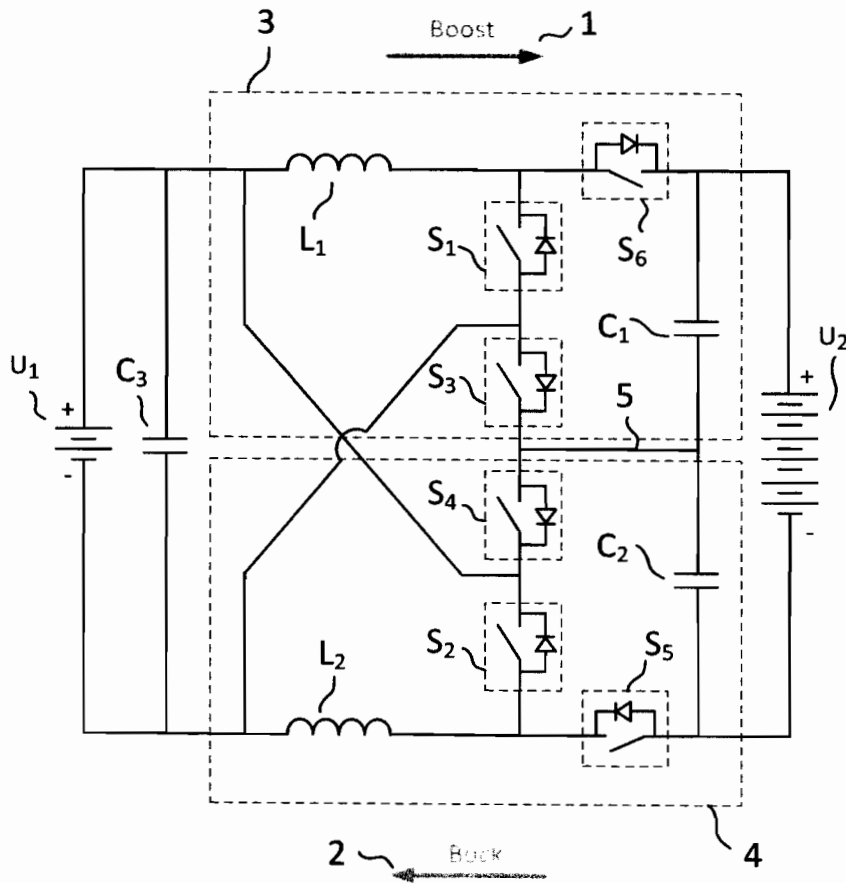


Figura 1. Schema de bază a convertorului

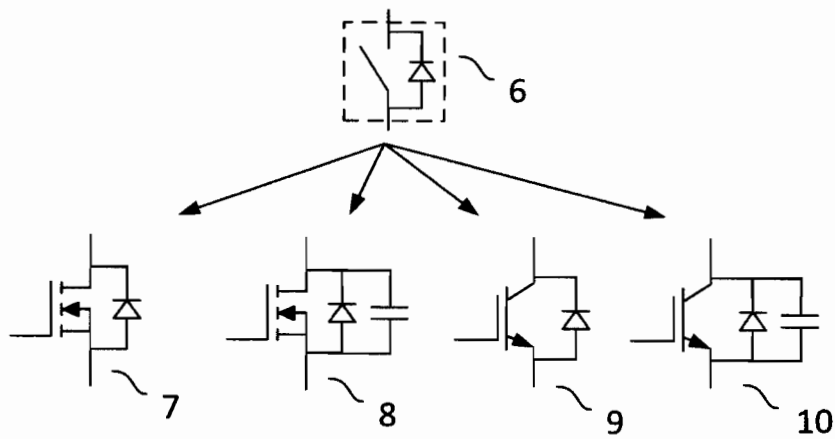


Figura 2. Exemple de realizare a comutatoarelor electronice



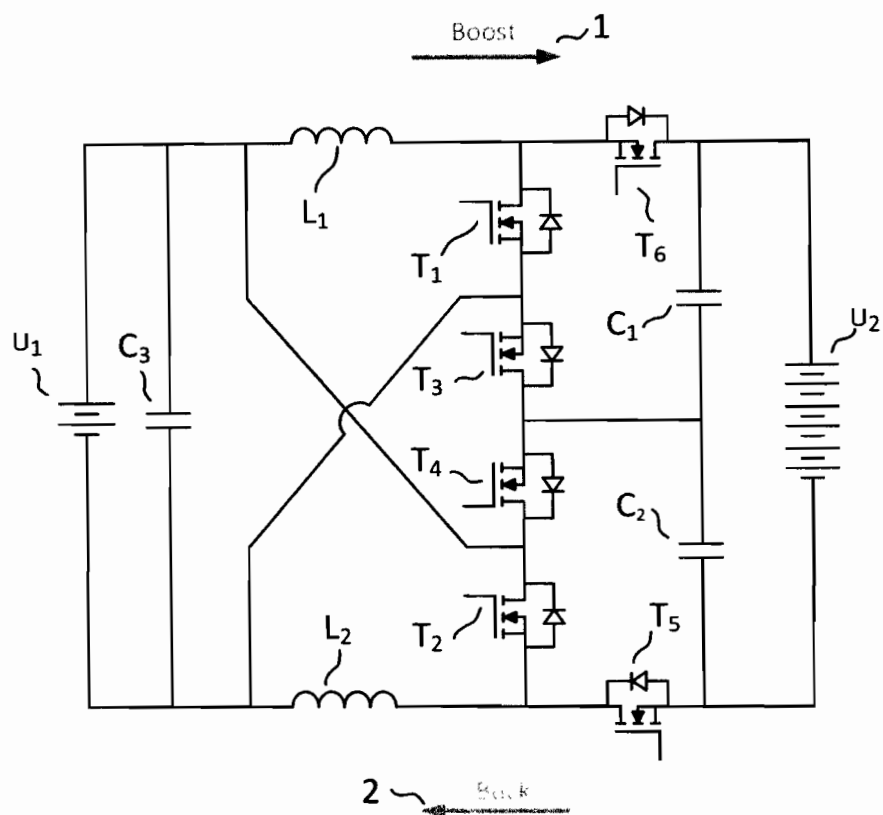


Figura 3. Schema electronică a convertorului prin utilizarea de tranzistoare electronice de putere de tip MOS-FET

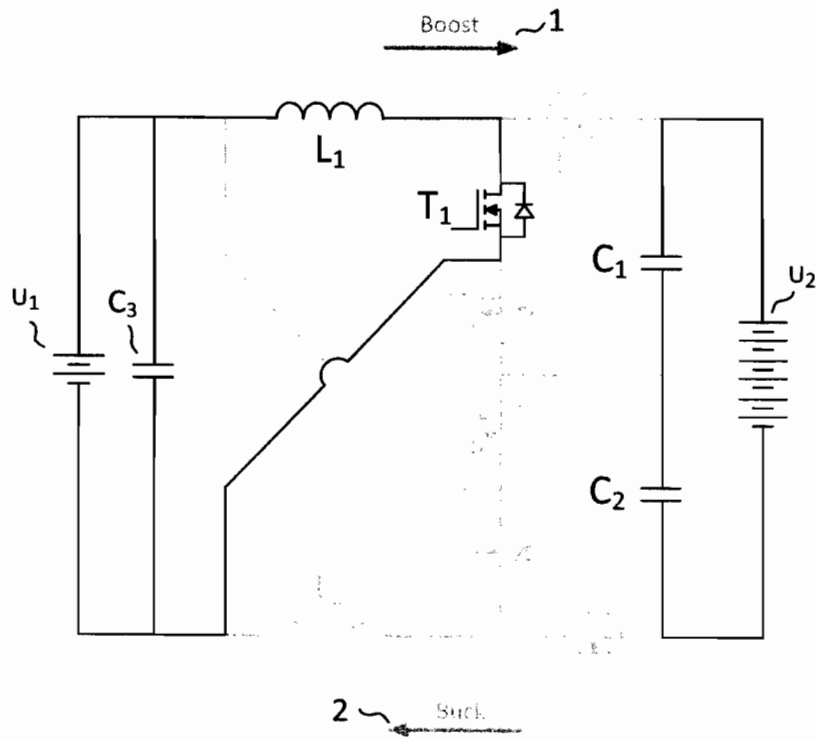


Figura 4. Stadiu 1 de funcționare a convertorului

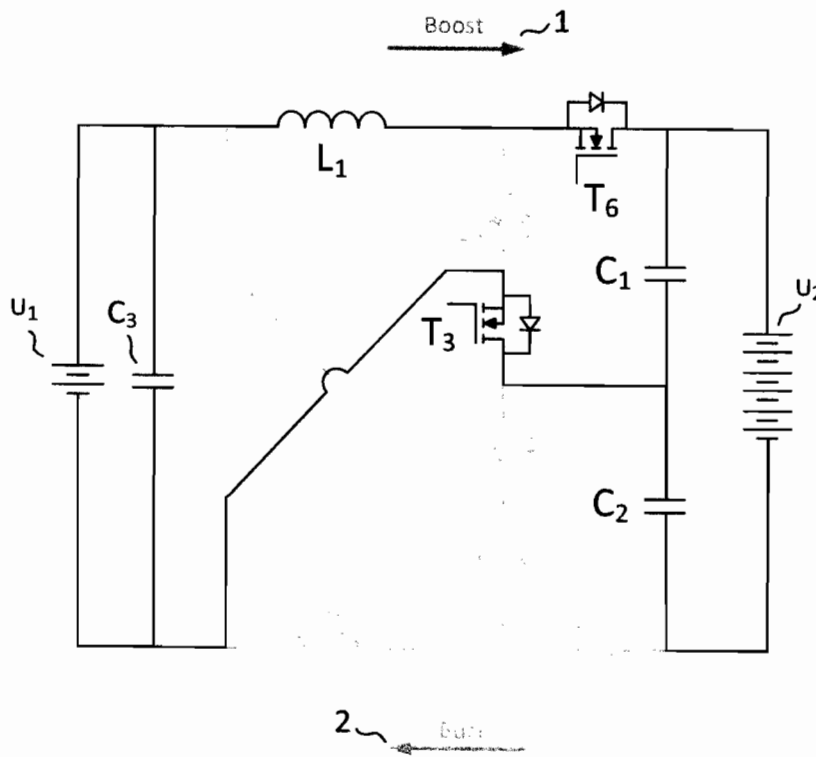


Figura 5. Stadiu 2 de funcționare a convertorului

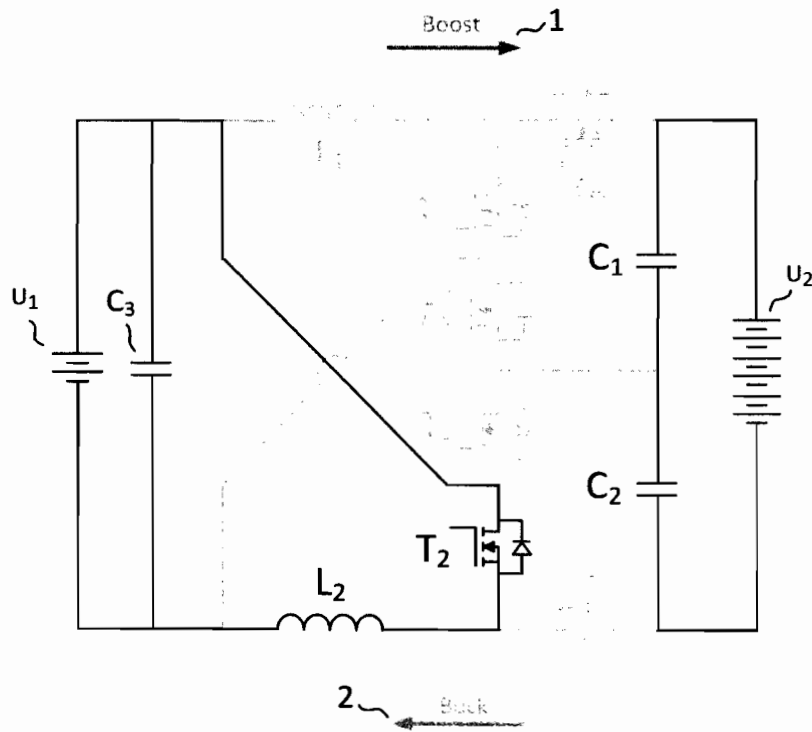


Figura 6. Stadiu 3 de funcționare a convertorului

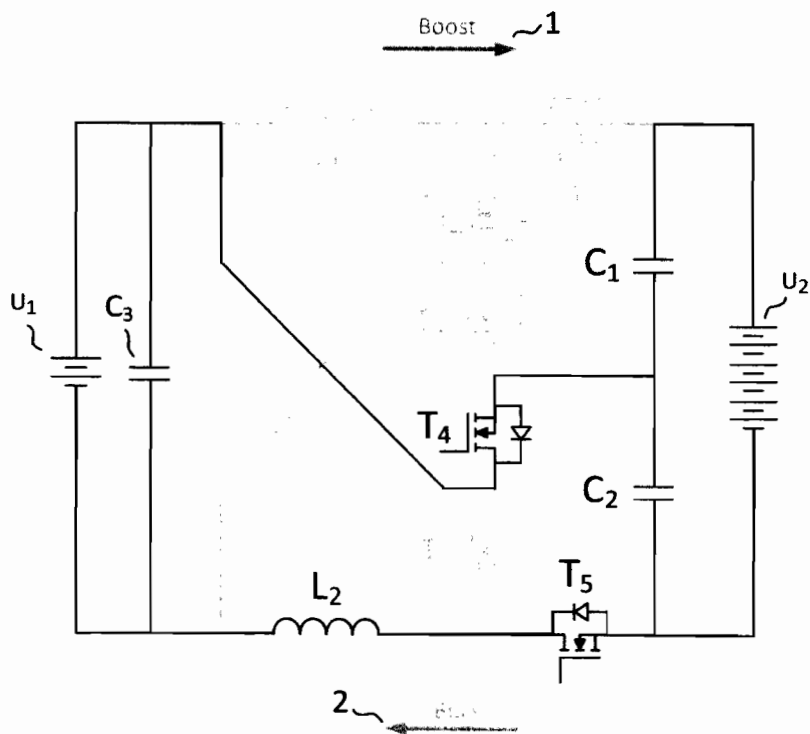
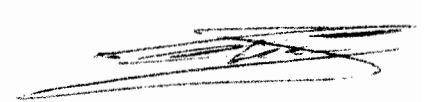


Figura 7. Stadiu 4 de funcționare a convertorului



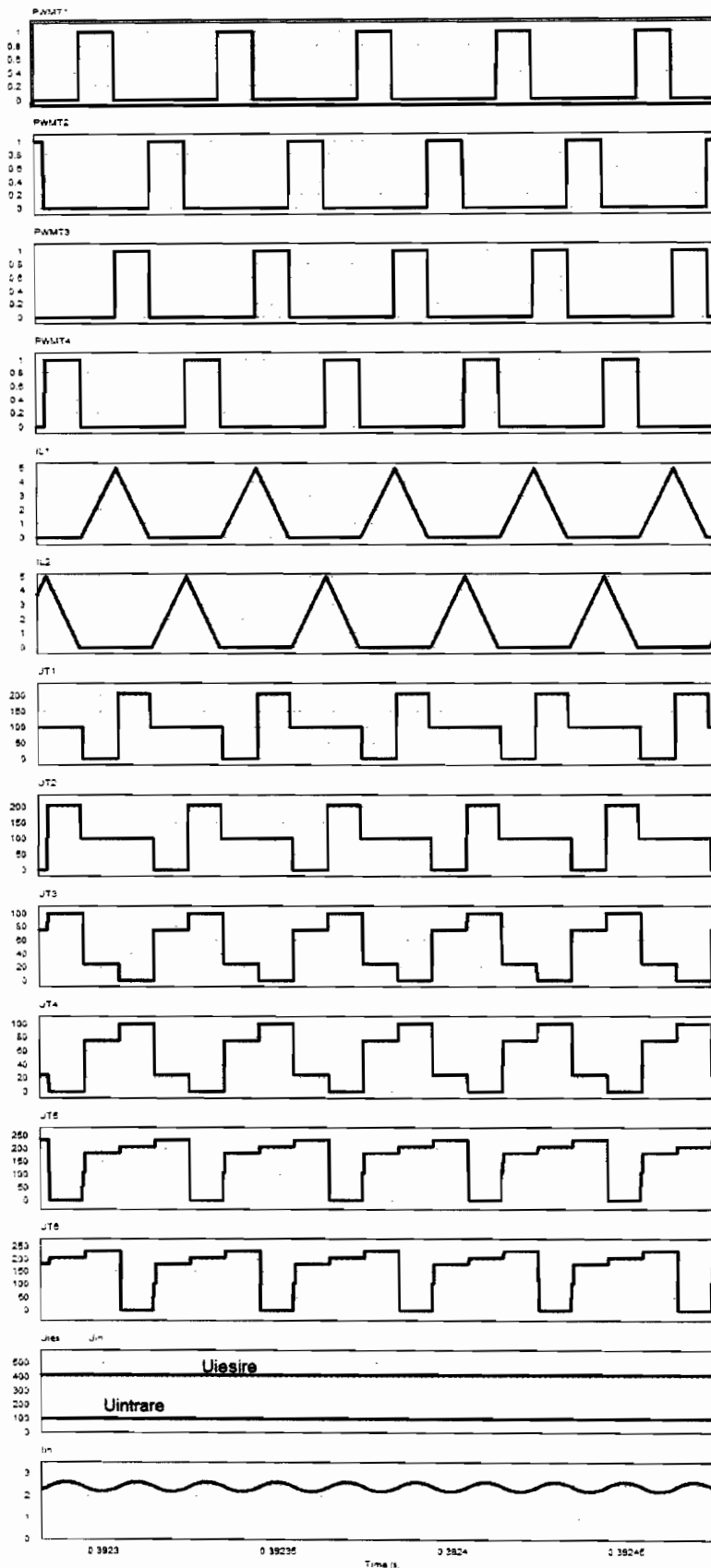


Figura 8. Formele de undă pentru convertor ridicător de tensiune – boost

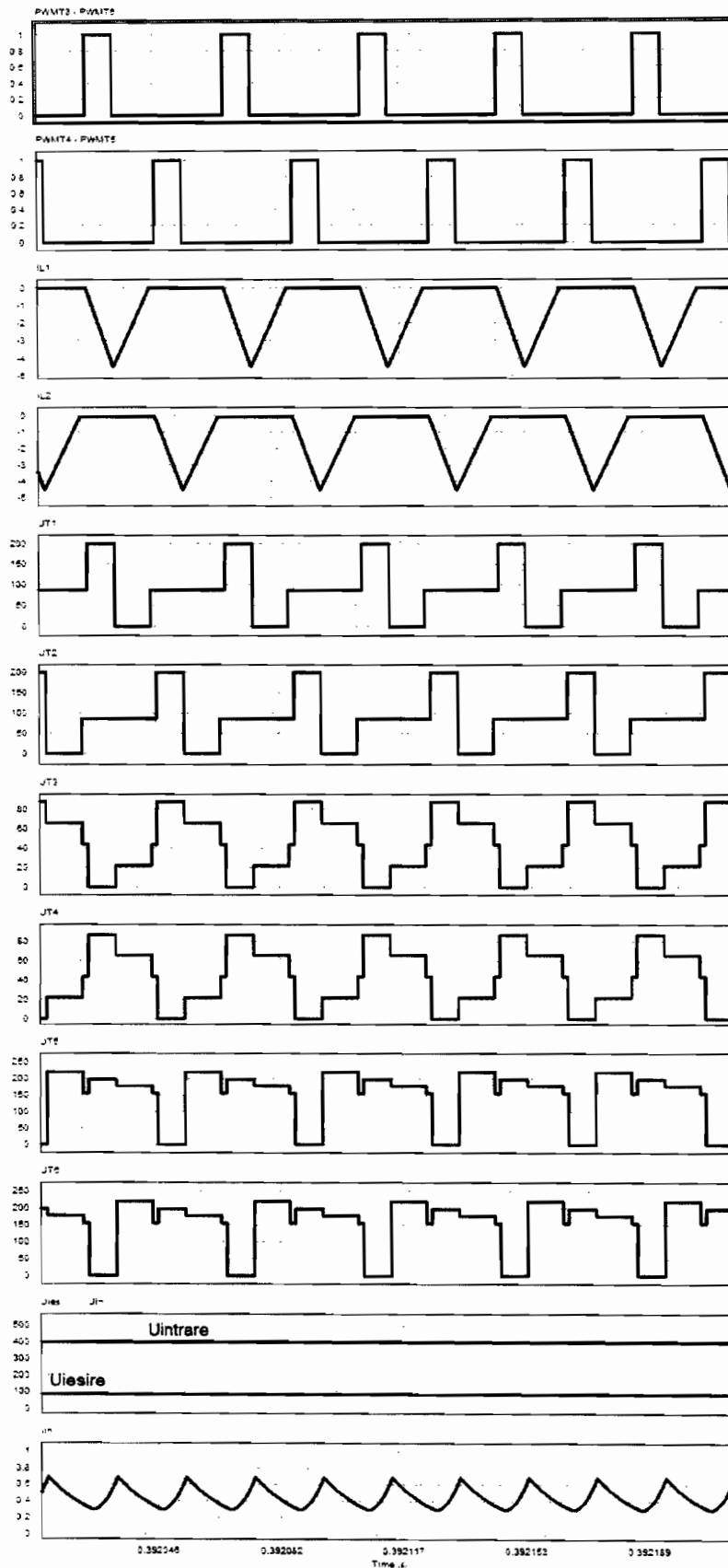


Figura 9. Formele de undă pentru convertor coborâtor de tensiune - buck