



(12)

BREVET DE INVENȚIE

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

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/01/2022** BOPI nr. 1/2022

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

(73) Titular:
• **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, BL. 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, CJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
YUN ZHANG ȘI ALȚII, "INTERLEAVED SWITCHED-CAPACITOR BIDIRECTIONAL DC-DC CONVERTER WITH WIDE VOLTAGE-GAIN RANGE FOR ENERGY STORAGE SYSTEM", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, NR. 5, VOL. 33, PP. 3852-3869, 2018; US 2015/0097546 A1; US 2019/0181760 A1

(54) **CONVERTOR ELECTRONIC INTERCALAT
RIDICĂTOR/COBORĂTOR DE TENSIUNE**



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).

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"**, în **IET Power Electronics** este reprezentată o structură 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 **US 9729054 B2** 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 fig. 1...9 care prezintă:	1
- fig. 1, schema de bază a convertorului;	3
- fig. 2, exemple de realizare a comutatoarelor electronice;	
- fig. 3, schema electronică a convertorului prin utilizarea de tranzistoare electronice de putere de tip MOS-FET;	5
- fig. 4, stadiu 1 de funcționare a convertorului;	7
- fig. 5, stadiu 2 de funcționare a convertorului;	
- fig. 6, stadiu 3 de funcționare a convertorului;	9
- fig. 7, stadiu 4 de funcționare a convertorului;	
- fig. 8, formele de undă pentru convertor ridicător de tensiune - boost;	11
- fig. 9, formele de undă pentru convertor coborâtor de tensiune - buck.	
Conform invenției, prin exemplul de realizare reprezentat în fig. 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.	13
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 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 .	15
	17
	19
	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

RO 134350 B1

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 coborător 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 coborător 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 coborător 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 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 fig. 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 fig. 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/coborător de tensiune continuă în structură intercalată pe baza fig. 3...9. În corespondență cu circuitul de bază prezentat în fig. 1, în fig. 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 fig. 4...7 se disting cel puțin patru stări de funcționare. Conform fig. 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 fig. 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 fig. 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 fig. 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	1
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. Consu-	3
matorul U2 este alimentat în permanență de condensatoarele C1 și C2 , tensiunea obținută	
fiind egală cu suma tensiunilor celor două condensatoare C1 și C2 .	5
În modul de convertor coborâtor de tensiune - buck, în fig. 4...7 se disting cel puțin	
patru stări de funcționare. Conform fig. 5, dispozitivele electronice T6 și T3 sunt comandate	7
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	9
de energie sub formă de câmp magnetic. În acest timp dispozitivele electronice T1 , T2 , T4	
și T5 se află în stare de blocare. În fig. 4 dispozitivul electronic T1 intră în starea de	11
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	13
află în stare de blocare. În fig. 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 ,	15
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	17
stare de blocare. În fig. 6 dispozitivul electronic T2 este în starea de conducție, prin urmare	
energia acumulată în bobina L2 este transferată condensatorului C3 , respectiv consumatorului	19
U1 . În acest timp dispozitivele electronice T1 , T3 , T4 , T5 și T6 se află în stare de blocare.	
În corespondență cu fig. 3...7, în cadrul fig. 8 și 9 sunt reprezentate formele de undă	21
reprezentative pentru cele două moduri de funcționare: convertor ridicător de tensiune -	
boost, respectiv convertor coborâtor de tensiune - buck. Semnalele reprezentate sunt:	23
PWM T1 - Tensiunea de comandă a tranzistorului T1	
PWM T2 - Tensiunea de comandă a tranzistorului T2	25
PWM T3 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T3	
PWM T4 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T4	27
PWM T5 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T5	
PWM T6 - Tensiunea de comandă a tranzistoarelor T6	29
IL1 - Curentul prin bobina L1	
IL2 - Curentul prin bobina L2	31
UT1 - Tensiunea Drena - Sursă tranzistor T1	
UT2 - Tensiunea Drena - Sursă tranzistor T2	33
UT3 - Tensiunea Drena - Sursă tranzistor T3	
UT4 - Tensiunea Drena - Sursă tranzistor T4	35
UT5 - Tensiunea Drena - Sursă tranzistor T5	
UT6 - Tensiunea Drena - Sursă tranzistor T6	37
Uies - Tensiunea de la ieșirea convertorului	
Uin - Tensiunea de la intrarea convertorului	39
Iin - Curentul de la intrarea convertorului	
Deși în acest material sunt redată doar anumite forme specifice de materializare sau	41
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	43
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	45
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 soluției	47

RO 134350 B1

- 1 propuse într-o oarecare măsură. Mai degrabă, expunerea invenției și descrierea detaliată,
3 va oferi personalului calificat în domeniu, un ghid de implementare pentru cel puțin un
5 exemplu de realizare. Astfel, se va înțelege că pot fi făcute diverse modificări în funcția și
7 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.

	1
1. Convertor electronic intercalat ridicător/coborător de tensiune cuprinzând:	3
- o sursă de tensiune (U1) pentru configurația de convertor ridicător de tensiune (1) sau un consumator (U1) pentru configurația de convertor coborător de tensiune (2);	5
- un consumator (U2) pentru configurația de convertor ridicător de tensiune (1) sau o sursă de tensiune (U2) pentru configurația de convertor coborător de tensiune;	7
- 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);	9
- 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);	11
- un circuit ridicător/coborător 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 condensator (C1) conectat cu primul terminal la potențialul pozitiv al consumatorului/sursei (U2) și cu al doilea terminal la punctul median (5);	13
- un circuit ridicător/coborător 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 condensator (C2) conectat cu primul terminal la punctul median (5) și cu al doilea terminal la potențialul negativ al consumatorului/sursei (U2);	15
- caracterizat prin aceea că, se utilizează un dispozitiv electronic (S3) care este conectat cu primul terminal la potențialul negativ al sursei/consumatorului (U1) și cu al doilea terminal la punctul median (5), se utilizează un dispozitiv electronic (S4) care este conectat cu primul terminal la punctul median (5) și cu al doilea terminal la potențialul pozitiv al sursei/consumatorului (U1), nodul comun de conexiune al dispozitivelor (S3) și (S4) este conectat la punctul median (5), nodul comun de conexiune al dispozitivelor (S1) și (S3) este conectat la potențialul negativ al sursei/consumatorului (U1), iar nodul comun de conexiune al dispozitivelor (S2) și (S4) este conectat la potențialul pozitiv al sursei/consumatorului (U1).	17
2. Convertor electronic intercalat ridicător/coborător de tensiune, conform revendicării	19
1, caracterizat prin aceea că, circuitele (3) și (4) ce alcătuiesc convertorul funcționează în mod independent cu factor de amplificare/atenuare mare, unde semnalele de comandă pentru dispozitivele (S1) și (S2) sunt defazate și cu același factor de umplere, respectiv semnalele de comandă pentru dispozitivele (S5) și (S6) sunt defazate și cu același factor de umplere.	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43

1 3. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării
1, **caracterizat prin aceea că**, circuitele (3) și (4) ce alcătuiesc convertorul funcționează în
3 mod independent cu factor de amplificare/atenuare mare, unde semnalele de comandă
5 pentru dispozitivele (S1) și (S2) sunt defazate și cu factori de umplere diferiți, respectiv
semnalele de comandă pentru dispozitivele (S5) și (S6) sunt defazate și cu factori de
umplere diferiți.

7 4. Convertor electronic intercalat ridicător/coborâtor de tensiune, conform revendicării
1, **caracterizat prin aceea că**, circuitele (3) și (4) ce alcătuiesc convertorul funcționează în
9 mod dependent cu factor de amplificare/atenuare mare, unde semnalele de comandă pentru
dispozitivele (S1) și (S2) sunt în fază și cu același factor de umplere, respectiv semnalele de
11 comandă pentru dispozitivele (S5) și (S6) sunt în fază și cu același factor de umplere.

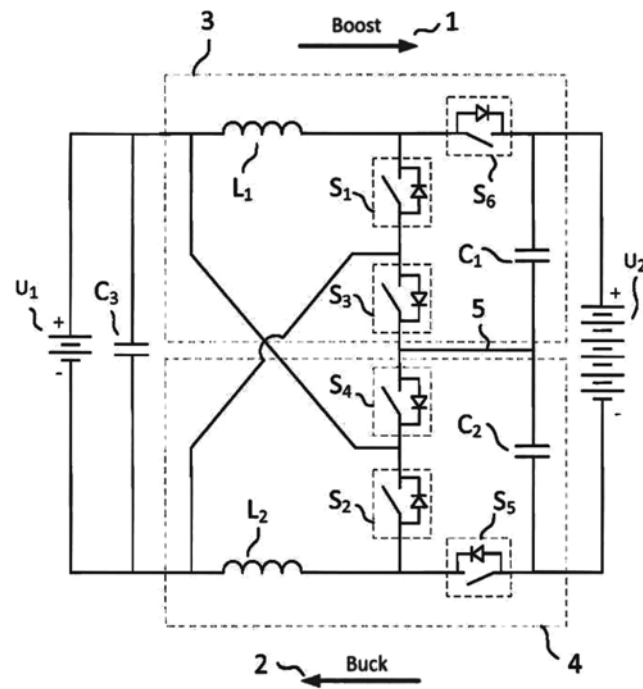


Fig. 1

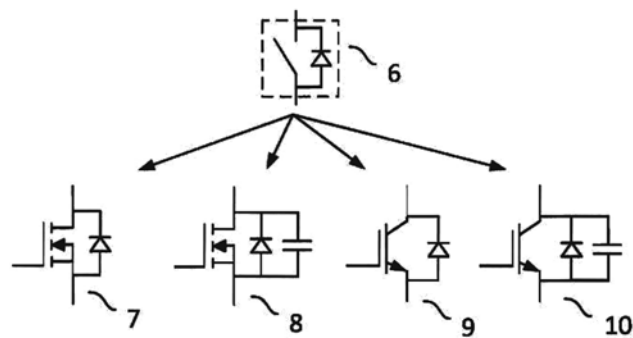


Fig. 2

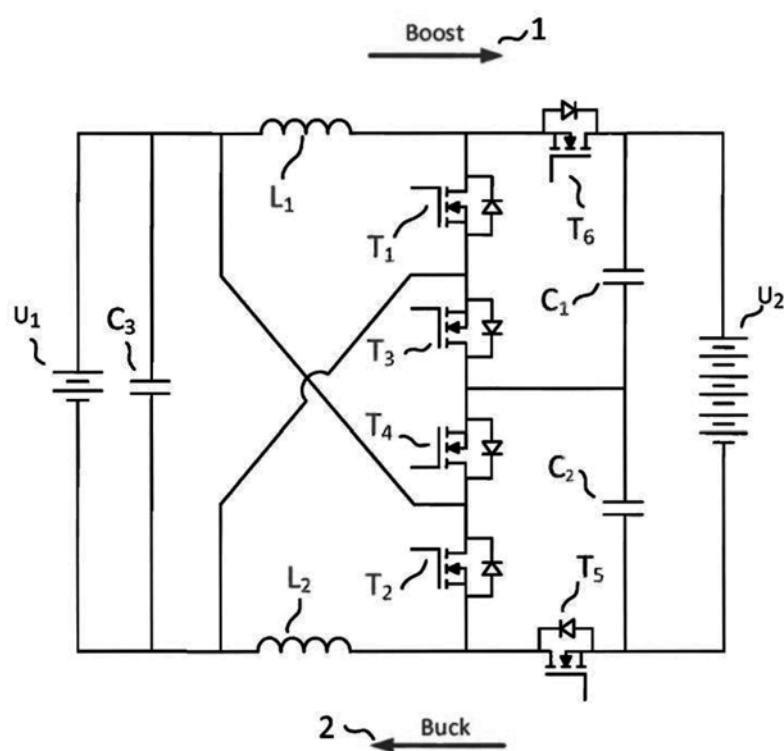


Fig. 3

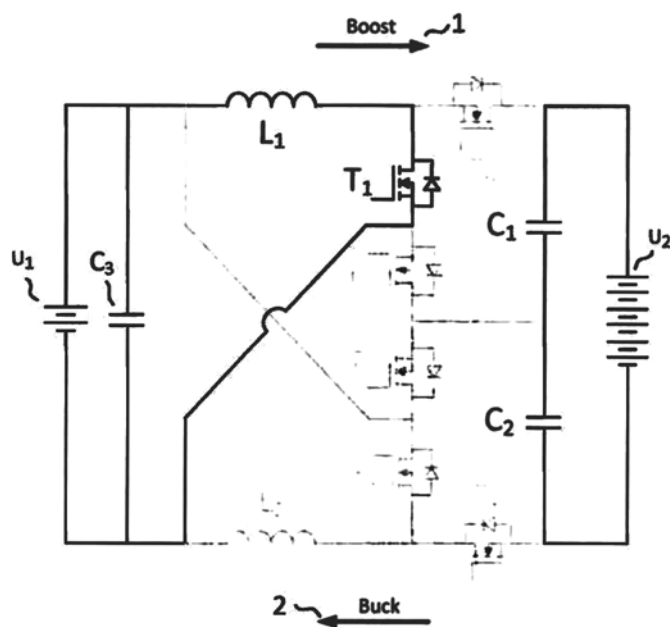


Fig. 4

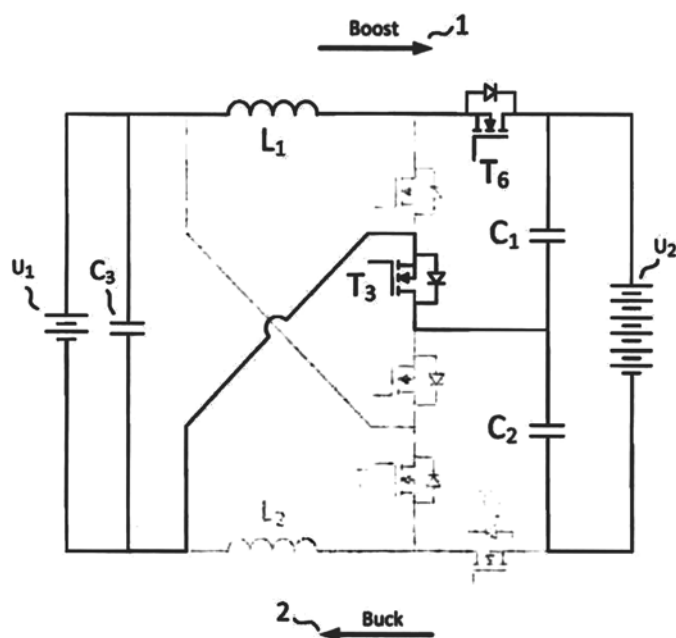


Fig. 5

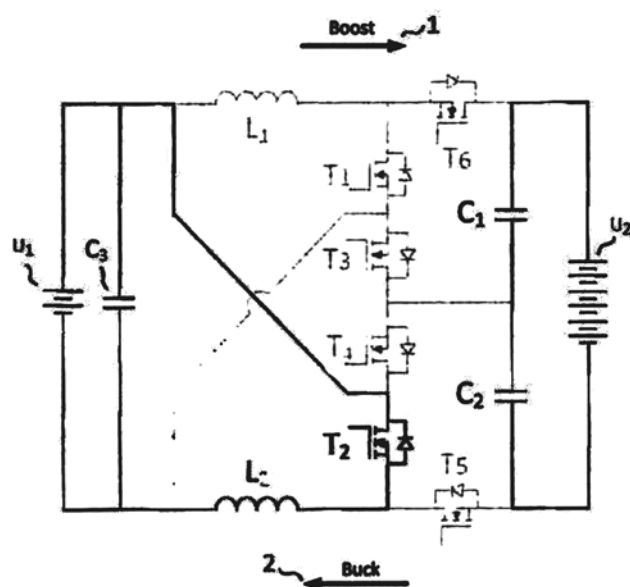


Fig. 6

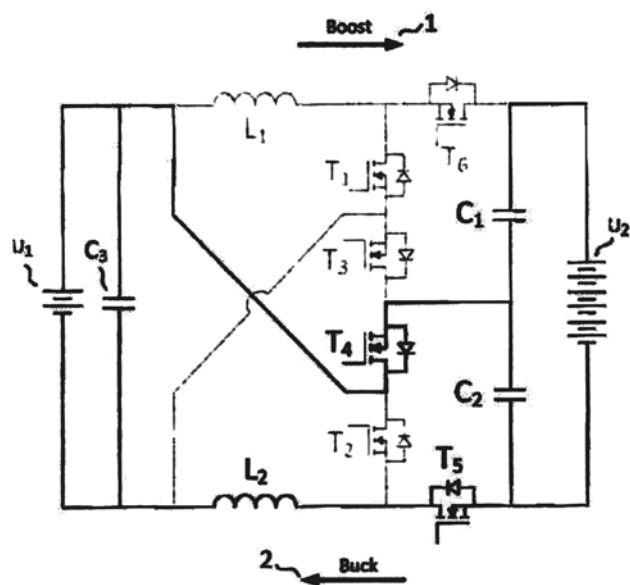


Fig. 7

(51) Int.Cl.

H02M 3/158 (2006.01);

H02M 1/14 (2006.01)

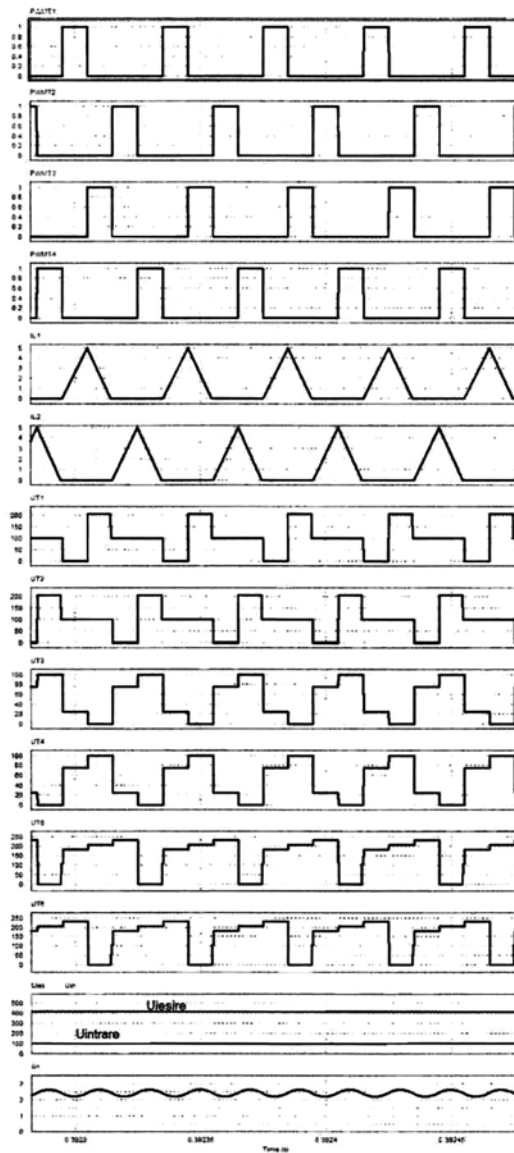


Fig. 8

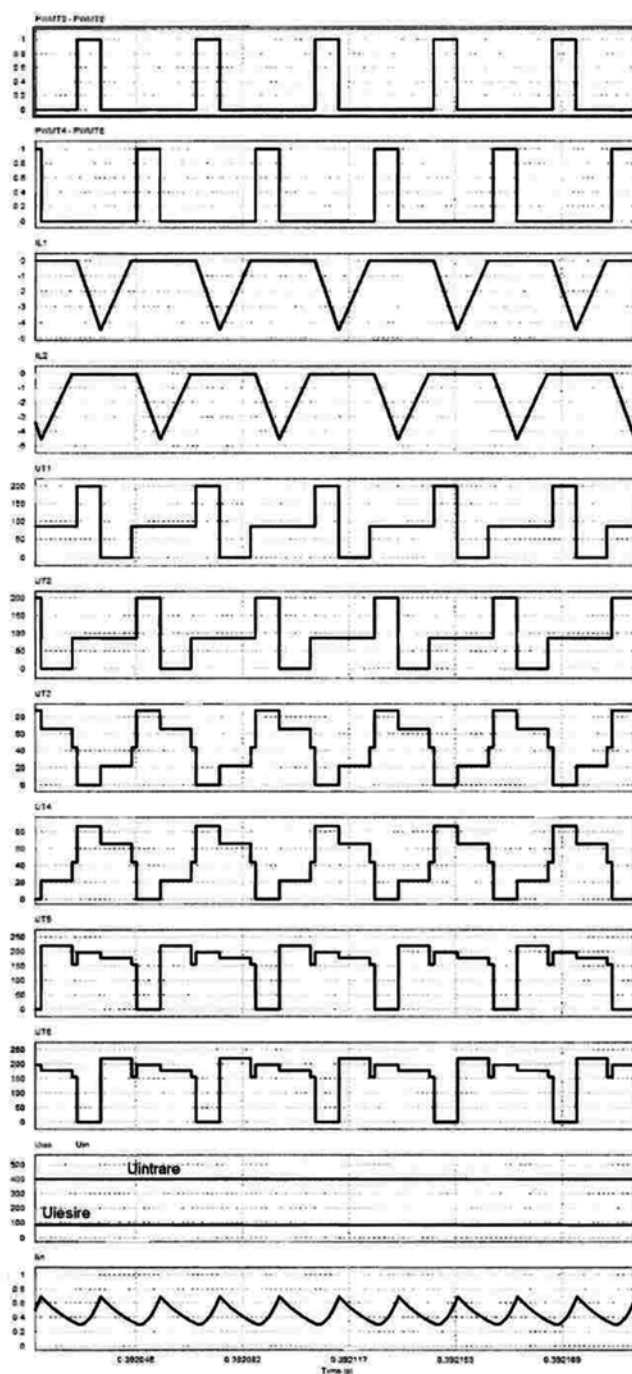


Fig. 9

