



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 01272**

(22) Data de depozit: **29.11.2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.04.2014** BOPI nr. **4/2014**

(41) Data publicării cererii:
30.09.2013 BOPI nr. **9/2013**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA,
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **PISLARU-DĂNESCU LUCIAN,
STR.STÎNJENEILOR NR19, BL.6, SC.1,
AP.4, SINAIA, PH, RO;**
• **DOBRIN ION, STR.BABA NOVAC NR.22,
BL.24 C, SC.B, ET.2, AP.67, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **STOICA VICTOR, ȘOS.GIURGIULUI
NR.127, BL.2 B, SC.1, ET.5, AP.19,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **LIPAN LAURENȚIU CONSTANTIN,
ALEEA MASA TĂCERII, BL.A, ET.4, AP.60,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PISICA IOANA, ALEEA PRAVĂȚ NR.4,
BL.Z 5, ET.3, AP.23, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2011065584 A1

(54) **INSTALAȚIE PENTRU PROTECȚIA ACTIVĂ A BOBINEI
SUPRACONDUCTOARE LA MOTOARE
SUPRACONDUCTOARE**



Invenția se referă la o instalație pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare cu aplicații în domeniul supraconductibilității.

Sunt cunoscute următoarele soluții tehnice:

a) Decuplarea sursei de putere ce alimentează bobina supraconductoare prin intermediul unor întreruptoare ultrarapide electromecanice, cu timpi de comutație de ordinul aproximativ 10 ms, și descărcarea energiei magnetice înmagazinată în bobina pe o rezistență de descărcare (**US 2011065584 A**/17.03.2011).

b) Sistem pasiv de diode, (cold bypass diode system). În cadrul acestei soluții tehnice, este necesar ca bobina supraconductoare să fie fragmentată în cât mai multe bobine intermediare, prin intermediul unor prize mediane. Diodele se montează în paralel cu bobinele supraconductoare rezultate, ce sunt parcurse în sens direct de către eventualul curent datorat quench-ului (**GB 2431048 A**/11.04.2007).

c) Detecția supraîncălzirii (quench-ului) și întreruperea sursei de putere ce alimentează bobina supraconductoare prin intermediul unor comutatoare realizate cu semiconductoare de tip tiristor de mare putere cu comanda pe poartă și descărcarea energiei magnetice înmagazinată în bobină pe o rezistență de descărcare. Energia magnetică acumulată în bobina supraconductoare L se va regăsi în energia disipată Joule pe rezistorul de descărcare R (**JPH 0432208 A**/04.02.1992).

Dezavantajele soluțiilor cunoscute sunt următoarele: în cazul sistemului a) timpii de comutație de ordinul aproximativ 10 ms determină de cele mai multe ori extinderea quench-ului și distrugerea bobinei prin ieșirea acesteia din starea de supraconducție; în cazul sistemului b) pasiv de diode, (cold bypass diode system), fragmentarea în cât mai multe bobine intermediare, prin intermediul prizelor mediane reprezintă principalul dezavantaj; de asemenea, variația rapidă în timp a curentului determină o variație rapidă în timp a tensiunii ce nu poate depăși tensiunea V_{rrm} (tensiunea inversă repetitivă maximă); în cazul sistemului c), tiristoarele sunt sensibile la variațiile în timp cu panta mare ale curentului respectiv ale tensiunii anod - catod respectiv grila - catod; detecția quench-ului trebuie realizată cât mai rapid, de regulă sub 1 ms, iar timpul de comutație al tiristoarelor este de aproximativ 100 μ s.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în protecția bobinei supraconductoare la motoarele supraconductoare, în cazul ieșirii accidentale din starea de supraconducție, adică în cazul normalizării acesteia.

Instalația pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus, prin aceea că este alcătuită dintr-un modul de putere, un modul de programare a secvențelor logice și un modul al surselor de tensiune stabilizate, în care:

modulul de putere conține două comutatoare electronice, realizate de către două tranzistoare de mare putere, și o rezistență de descărcare, cu rol de a prelua energia înmagazinată într-o bobină supraconductoare, formată din două secțiuni identice, supraconductoare, înseriate, pentru a realiza o pereche de poli rotorici ai motorului supraconductor, primul comutator realizat cu un tranzistor, permițând alimentarea bobinei supraconductoare de la sursa de tensiune de putere, în regim normal de funcționare, precum și decuplarea sursei de tensiune de putere atunci când cel puțin una dintre cele două bobine s-a normalizat, cel de-al doilea comutator realizat cu alt tranzistor, permițând cuplarea bobinei supraconductoare pe rezistanța de descărcare, în cazul în care cel puțin una dintre bobinele înseriate s-a normalizat; în care

modulul de programare este format dintr-un bloc amplificator operațional, cu izolare galvanică, un bloc electronic amplificator de precizie și un bloc electronic amplificator, cu rol de a amplifica în trepte semnalul analogic de la ieșirea amplificatorului operațional cu izolare galvanică; și în care

modulul surselor de tensiune stabilizate este alcătuit din niște surse de tensiune diferențială.

Avantajele invenției sunt următoarele:	1
- realizează o detecție a quench-ului sub 0,1 ms;	
- realizează o decuplare a sursei de putere ce alimentează bobina supraconductoare prin intermediul unui comutator electronic realizat cu un tranzistor de mare putere cu baza izolată IGBT, cu comanda în tensiune, capabil să comute în timpi de ordinul aproximativ 1 μs.	3
- realizează trecerea bobinei supraconductoare în paralel pe o rezistență de descărcare, R, după decuplarea de la sursa de putere, conform invenției, prin intermediul unui comutator electronic realizat cu un tranzistor de mare putere cu baza izolată IGBT, cu comanda în tensiune, capabil să comute în timpi de ordinul aproximativ 1 μs.	5
- instalația pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, conform invenției, include rezolvarea următoarelor probleme și anume: detecția quench-ului; decuplarea sursei de putere de bobina supraconductoare; cuplarea bobinei supraconductoare pe o rezistență de descărcare R, caz în care energia magnetică înmagazinată în inductanța L, $W = \frac{1}{2} L I^2$, se regăsește în energia disipată Joule, $W_j = R I^2$, pe rezistența de descărcare R.	7
Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...7, care reprezintă:	9
- fig. 1, schema bloc a instalației pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, conform invenției;	11
- fig. 2, diagrama de timp reprezentând secvența logică pe care trebuie să o realizeze modulul de programare a secvențelor logice;	13
- fig. 3, starea comutatoarelor electronice T1 și T2, ale instalației pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, în cazul când bobina se găsește în stare supraconductoare;	15
- fig. 4, starea tranzitorie a comutatoarelor electronice T1 și T2, ale instalației pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, în cazul când bobina se găsește în stare normalizată, datorată normalizării bobinei L1;	17
- fig. 5, starea permanentă a comutatoarelor electronice T1 și T2, ale instalației pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, în cazul când bobina se găsește în stare normalizată, datorată normalizării bobinei L1;	19
- fig. 6, starea tranzitorie a comutatoarelor electronice T1 și T2, ale instalației pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, în cazul când bobina se găsește în stare normalizată, datorată normalizării bobinei L2;	21
- fig. 7, starea permanentă a comutatoarelor electronice T1 și T2, ale instalației pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, în cazul când bobina se găsește în stare normalizată, datorată normalizării bobinei L2.	23
Instalația pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, conform fig. 1, este alcătuită din următoarele module:	25
Modulul M1 - Modulul de putere;	
Modulul M2 - Modulul de programare a fazelor;	27
Modulul M3 - Modulul surselor de tensiune stabilizate.	29
Modulul M1, denumit modulul de putere, fig. 1, este format din: două comutatoare electronice realizate de către tranzistoarele de mare putere IGBT (tranzistor bipolar cu poartă izolată), T1 și T2, un Driver IGBT 1 și un Driver IGBT 2 care realizează comanda celor două tranzistoare T1 și T2 de mare putere, și rezistența R de descărcare cu rolul de a prelua energia magnetică înmagazinată în bobina supraconductoare cu inductanța L, $W = \frac{1}{2} L I^2$, sub formă de energie disipată Joule, $W_j = R I^2$, în cazul manifestării fenomenului de quench.	31

Modulul **M2**, denumit modulul de programare a secvențelor logice, fig. 1, este format din: blocul amplificator operațional **BA1** cu izolare galvanică cu rol de izolare la interfața cu fenomenul fizic denumit quench, blocul electronic amplificator de precizie **BA2** cu factor de rejectie a modului comun CMRR = 100 dB și blocul electronic amplificator **BA3** cu amplificarea $A = 10$ și CMRR = 80 dB, cu rolul de a amplifica în trepte semnalul analogic de la ieșirea amplificatorului operațional cu izolare galvanică, blocul electronic **BM** ce realizează funcția matematica modul, ce prezintă la ieșire valoarea absolută a semnalului de la ieșirea blocului electronic **BA3** amplificator, blocul de interfață optică **BIO**, (optocuplor cu refacerea semnalului TTL), cu rolul de a furniza un semnal izolat galvanic la ieșire, pentru blocul electronic programator **BP** de secvența logică. Programatorul **BP** de secvența logică reprezintă un circuit digital combinational, format din două circuite monostabile și un circuit dublu bistabil de tip „D” ce realizează secvența logică redată în fig. 2 - diagrama de timp reprezentând secvența logică pe care trebuie să o realizeze modulul de programare **BP** a secvențelor logice.

Diagrama de timp reprezentată în fig. 2 prezintă modul cum sunt comandate cele două tranzistoare de putere **T1** și **T2**. Dacă bobinele **L1** și **L2** lucrează în stare supraconductoare, tranzistorul **T1** este în starea deschis (saturat), iar tranzistorul **T2** se găsește în starea blocat. La apariția fenomenului quench, atunci când cel puțin una dintre bobinele **L1** sau **L2** se normalizează, se realizează următoarea secvența logică de către programatorul **BP** de secvența logică:

- Tensiunea de comandă V comandă ce apare la intrarea +TRIGGER (trigheare pe frontul pozitiv) al primului monostabil din circuitului logic combinațional, realizează o tranziție din "0" logic în "1" logic, determinând apariția tensiunii U_{M1} pe perioada t_{M1} , fig. 2, la ieșirea acestuia. Astfel, pe acest interval de timp foarte scurt, $t_{M1} = 0,01 \mu s$, amândouă tranzistoarele de putere IGBT **T1**, respectiv **T2**, se vor afla în conducție întrucât semnalul logic U_{M1} se aplică pe pinii **SET 1** și **SET 2** ai circuitului logic dublu bistabil tip D iar la ieșirile acestuia **Q1** și **Q2** rezultă semnalele U_{Q1} respectiv U_{Q2} , fig. 2.

- Pe frontul căzător al semnalului logic U_{M1} se activează al doilea monostabil -TRIGGER, determinând pe ieșirea Q o tranziție din "0" logic în "1" logic și apariția tensiunii U_{M2} pe perioada $t_{M2} = 1 \mu s$, fig. 2.

Tensiunea U_{M2} (pe perioada $t_{M2} = 1 \mu s$), fig. 2, se aplică pinului RESET1 al dublului bistabil de tip D, determinind trecerea tranzistorului de putere IGBT **T1** în regim blocat, respectiv realizarea stării **T1** blocat, **T2** conducție, fig. 2. Programatorului **BP** de secvența logică poate fi resetat în scopul revenirii la starea inițială prin aplicarea unui semnal "1" logic pinului RESET2 al dublului bistabil de tip D.

Modulul **M3**, denumit modulul surselor de tensiune stabilizate, fig. 1, este format din sursele **S1**, **S2** și **S3**, prima sursă **S1** este de tensiune dublu diferențială $2x \pm 15 V$ și alimentează blocul **BA1** amplificator operațional cu izolare galvanică, fig. 1, precum și blocurile electronice **BA2** și **BA3** analogice ale modulului de programare a fazelor, sursa **S2** TTL + 5 V ce alimentează blocurile electronice logice (blocul de interfață optică **BIO** și blocul electronic programator **BP** de secvența logică), fig. 1. și sursele cu izolare galvanică $2 \times 20 V$, **S3**, ce alimentează driver-ele Driver IGBT 1 respectiv Driver IGBT 2.

Instalația pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, a cărei scheme bloc este în fig. 1, conform invenției, funcționează în modul următor: constructiv, bobina supraconductoare **L** este formată din două secțiuni identice, **L1** și **L2**, supraconductoare înseriate, unde $L1 = L2 = L/2$, pentru a realiza o pereche de poli rotorici ai motorului supraconductor; două comutatoare electronice ultrarapide sunt realizate

cu tranzistoare de mare putere IGBT, T1 și T2 ; primul comutator, realizat cu tranzistorul IGBT T1 , permite alimentarea bobinei supraconductoare de la sursa de tensiune de putere, în regim normal de funcționare (bobina L în regim supraconductor), precum și decuplarea sursei de tensiune de putere atunci când cel puțin una dintre bobinele L1 sau L2 s-a normalizat. Cel de-al doilea comutator, realizat cu tranzistorul IGBT T2 , permite cuplarea bobinei supraconductoare L pe o rezistență de descărcare R , în cazul când cel puțin una dintre bobinele L1 sau L2 s-a normalizat (părăsește starea de supraconducție). În fig. 3, se prezintă schema electronică de principiu pentru comanda bobinelor L1 și L2 aflate în stare supraconductoare, caz în care tranzistorul de putere IGBT T1 se găsește în stare de conducție, iar tranzistorul de putere IGBT T2 se găsește în starea blocat. În acest caz, prin bobina supraconductoare $L = L1 + L2$ circulă curentul I1 . La apariția fenomenului quench, se disting următoarele cazuri:	1 3 5 7 9 11
- Bobina L1 s-a normalizat, fig. 4, caz în care amândouă tranzistoarele de putere IGBT T1 și T2 sunt în conducție, pentru un timp $t_{M1} = 0,01 \mu s$, fig. 2; în secvența următoare, tranzistorul de putere IGBT T1 se va găsi în starea blocat, iar tranzistorul de putere IGBT T2 se va afla în starea de conducție, astfel bobina supraconductoare se va afla în paralel cu rezistența R de descărcare, fig. 5;	13 15 17
- Bobina L2 s-a normalizat, fig. 6, caz în care amândouă tranzistoarele de putere IGBT T1 și T2 sunt în conducție, pentru un timp $t_{M1} = 0,01 \mu s$, fig. 2; în secvența următoare, tranzistorul de putere IGBT T1 se va găsi în starea blocat, iar tranzistorul de putere IGBT T2 se va afla în starea de conducție, astfel bobina supraconductoare se va afla în paralel cu rezistența R de descărcare fig. 7;	19 21
Instalația pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, conform invenției, realizează o detecție a quench-ului sub 0,1 ms, utilizează un sistem de două comutatoare electronice realizate cu componente active de tipul tranzistoare de mare putere cu baza izolată IGBT, cu comanda în tensiune, capabile să comute bobina supraconductoare în paralel cu o rezistență R de descărcare, în cazul normalizării acesteia, în timpi de ordinul aproximativ 1 μs .	23 25 27

Revendicări

1. Instalație pentru protecția activă a bobinei supraconductoare la motoare supraconductoare, **caracterizată prin aceea că** este alcătuită dintr-un modul (M1) de putere, un modul (M2) de programare a secvențelor logice și un modul (M3) al surselor de tensiune stabilizate, în care:

modulul (M1) de putere conține două comutatoare (IGBT) electronice, realizate de către două tranzistoare (T1 și T2) de mare putere, și o rezistență (R) de descărcare, cu rol de a prelua energia magnetică înmagazinată într-o bobină (L) supraconductoare, formată din două secțiuni (L1 și L2) identice, supraconductoare, înseriate, pentru a realiza o pereche de poli rotorici ai motorului supraconductor, primul comutator realizat cu tranzistorul (T1) permițând alimentarea bobinei (L) supraconductoare de la sursa de tensiune de putere, în regim normal de funcționare, precum și decuplarea sursei de tensiune de putere atunci când cel puțin una dintre cele două bobine (L1 și L2) s-a normalizat, cel de-al doilea comutator realizat cu tranzistorul (T2) permițând cuplarea bobinei (L) supraconductoare pe rezistanța (R) de descărcare, în cazul în care cel puțin una dintre bobinele (L1 sau L2) înseriate s-a normalizat; în care

modulul (M2) de programare este format dintr-un bloc amplificator operațional (BA1), cu izolare galvanică, un bloc electronic amplificator (BA2) de precizie și un bloc electronic amplificator (BA3), cu rol de a amplifica în trepte semnalul analogic de la ieșirea amplificatorului operațional (BA1) cu izolare galvanică; și în care

modulul (M3) surselor de tensiune stabilizate este alcătuit din niște surse (S1, și S3) de tensiune diferențială și sursa (S2) TTL +5 V.

2. Instalație conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** cele două comutatoare electronice realizate de către tranzistoarele de mare putere IGBT (T1 și T2), mai conțin Driver IGBT 1 și Driver IGBT 2, care realizează comanda celor două tranzistoare de mare putere (T1 și T2), și rezistența (R) de descărcare cu rolul de a prelua energia magnetică înmagazinată în bobina supraconductoare cu inductanța L, $W = Li_1^2/2$, sub forma de energie disipată Joule, $W_j = Ri_2^2$, în cazul manifestării fenomenului de quench.

3. Instalație conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** blocul electronic (BA1) amplificator de precizie are factor de rejecție a modului comun CMRR = 100 dB, blocul electronic (BA2) amplificator are amplificarea A = 10 și CMRR = 80 dB și rolul de a amplifica în trepte semnalul analogic de la ieșirea amplificatorului operațional (BA1) cu izolare galvanică și blocul electronic (BA3) realizează funcția matematică modul, ce prezintă la ieșire valoarea absolută a semnalului de la ieșirea blocul electronic (BA2) amplificator, modulul (M2) mai conținând un bloc de interfață optică (BIO), optocuplor cu refacerea semnalului TTL, cu rolul de a furniza un semnal izolat galvanic la ieșire, pentru un bloc electronic programator (BP) de secvența logică ce reprezintă un circuit digital combinational.

4. Instalație conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** prima sursă (S1) a modulului (M3) alimentează blocul (BA1) amplificator operațional cu izolare galvanică și blocurile electronice (BA2 și BA3) analogice ale modulului (M2) de programare a fazelor, sursa (S2) TTL + 5 V alimentează blocul de interfață optică (BIO) și blocul electronic programator (BP) de secvență logică și sursa (S3) driver-elor Driver IGBT (1), respectiv, Driver IGBT (2).

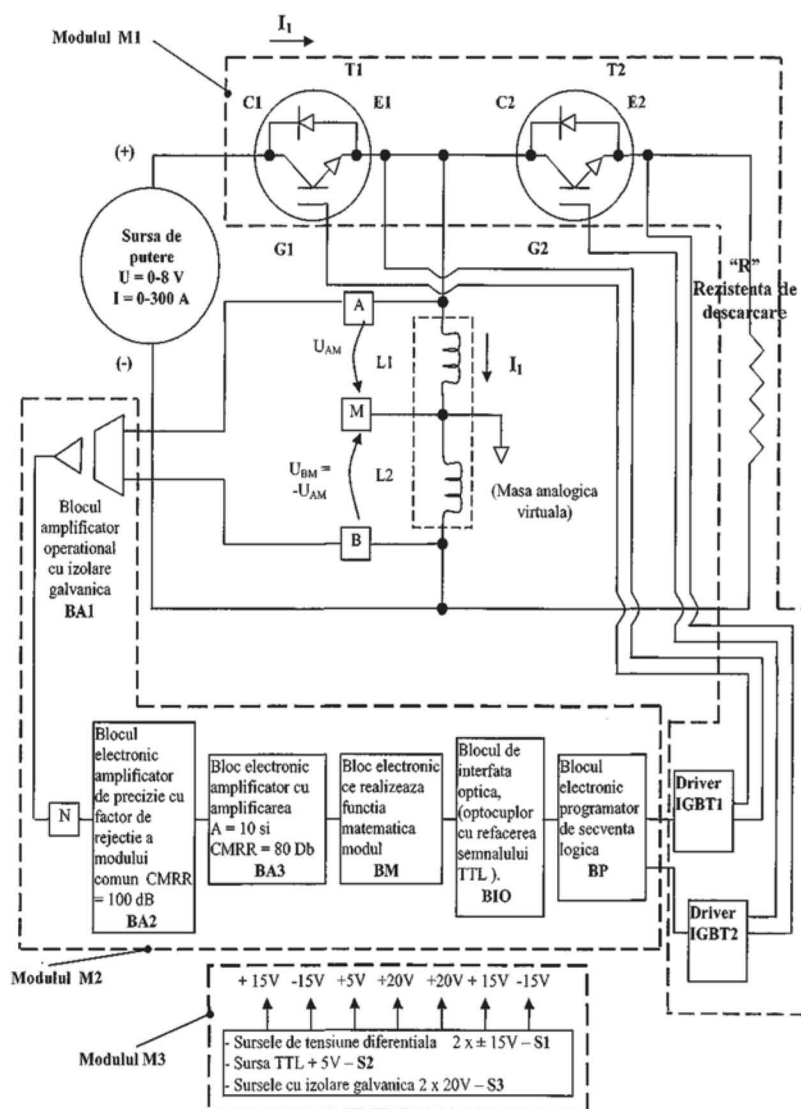


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H01F 6/00 (2006.01),

G01R 33/3815 (2006.01),

H02H 7/00 (2006.01)

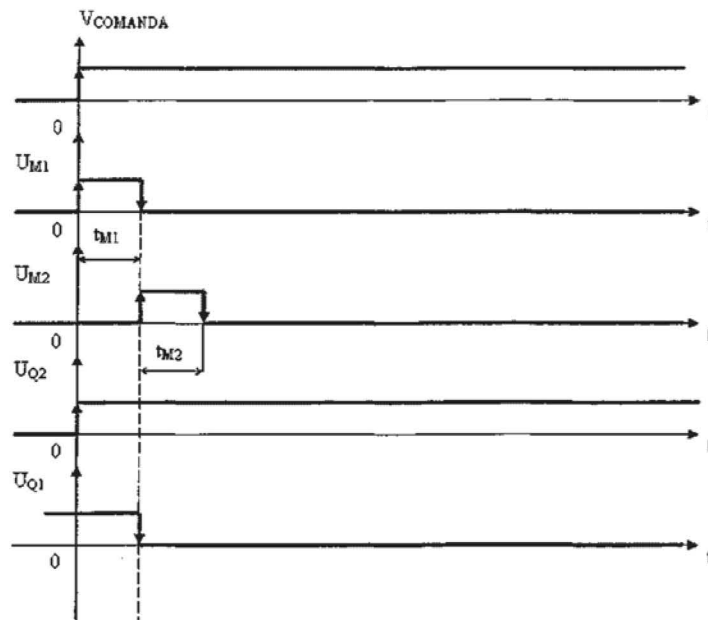


Fig. 2

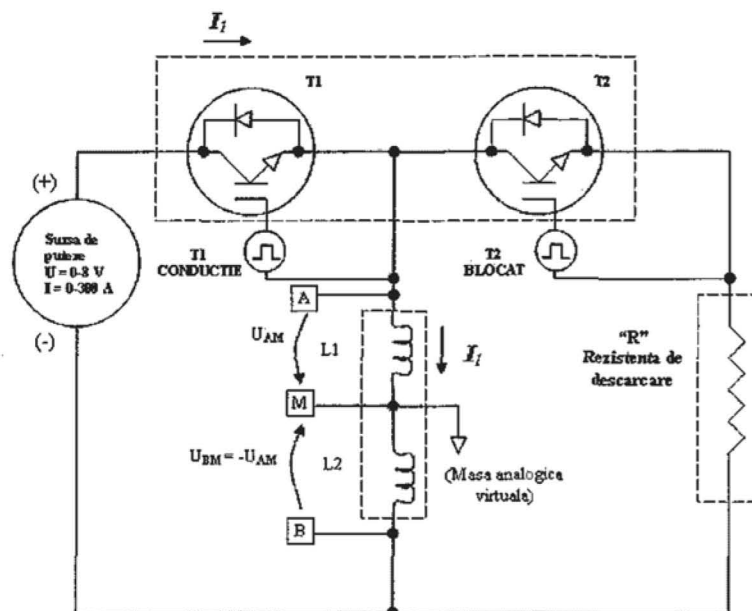


Fig. 3

(51) Int.Cl.

H01F 6/00 (2006.01);

G01R 33/3815 (2006.01);

H02H 7/00 (2006.01)

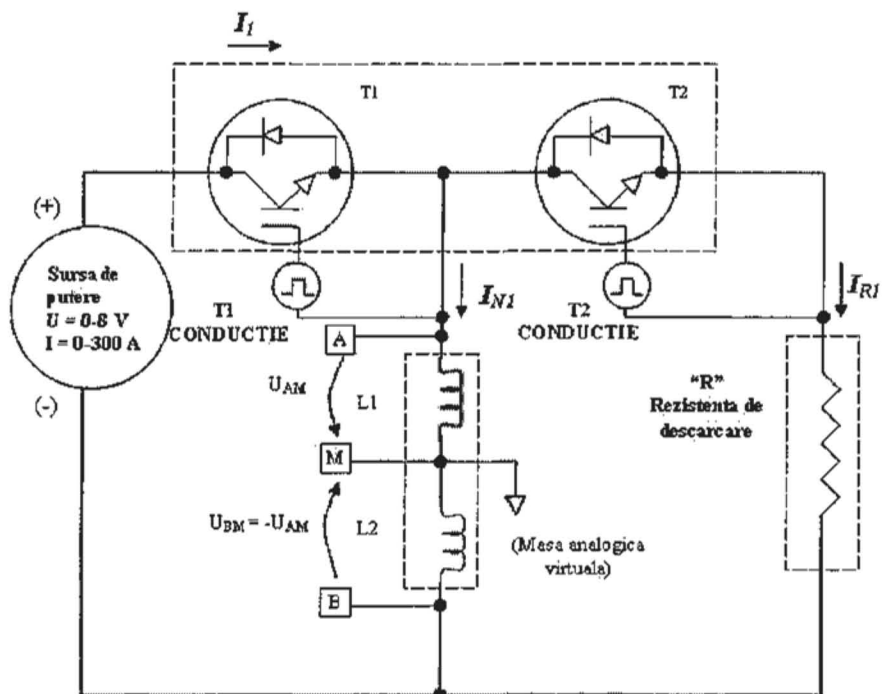


Fig. 4

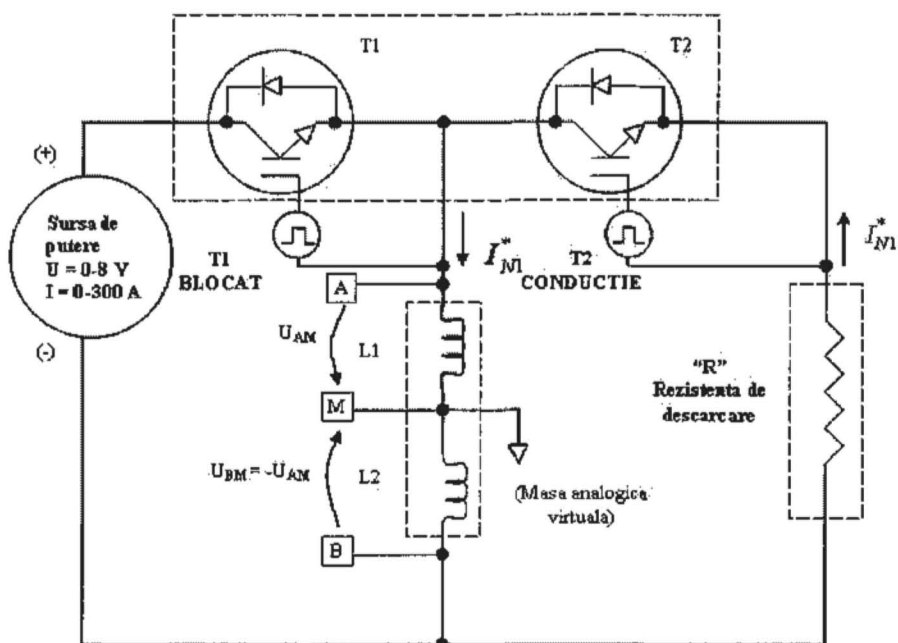


Fig. 5

(51) Int.Cl.

H01F 6/00 (2006.01),

G01R 33/3815 (2006.01),

H02H 7/00 (2006.01)

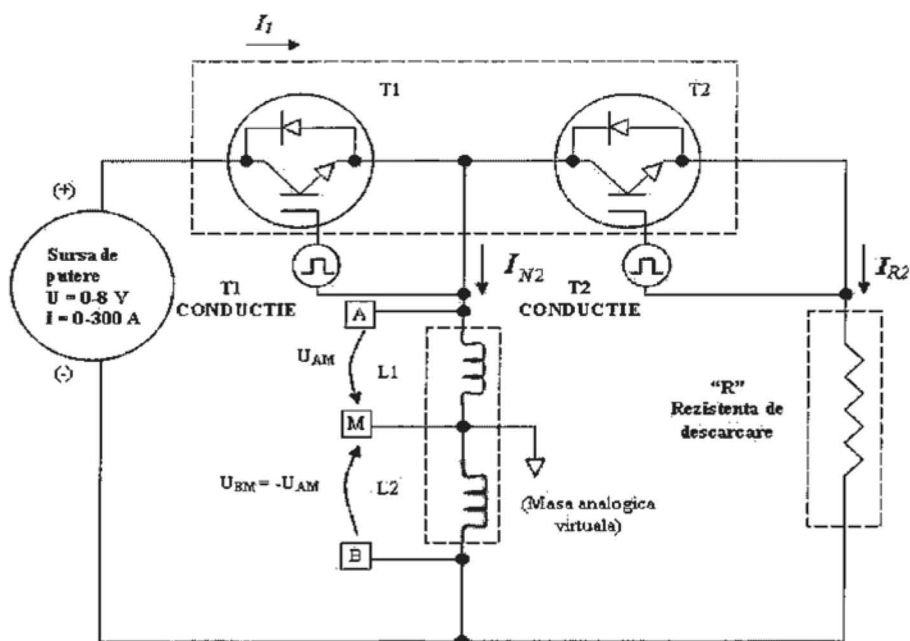


Fig. 6

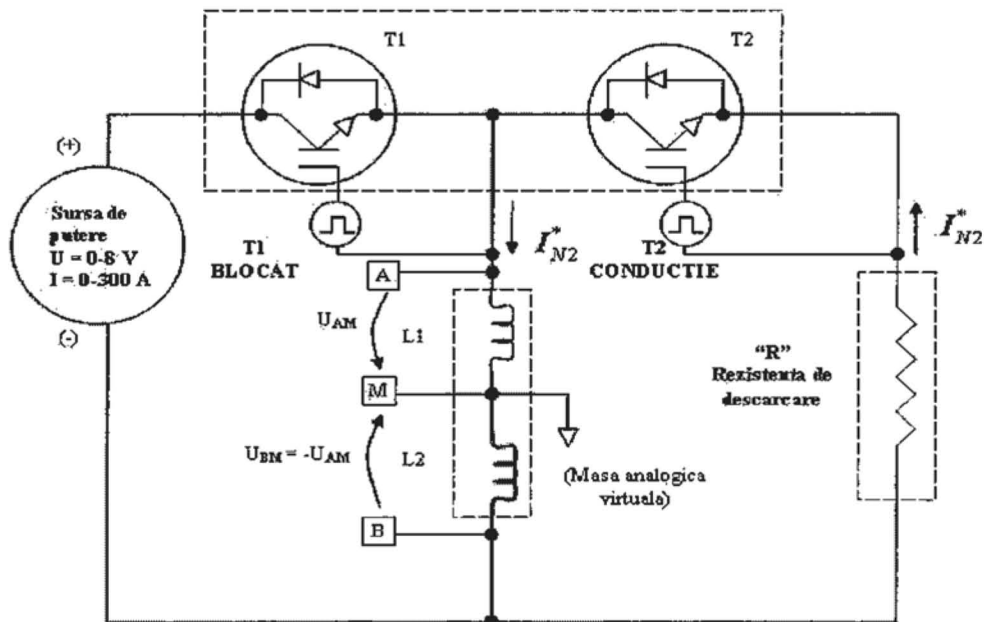


Fig. 7



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 257/2014