



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 01004**

(22) Data de depozit: **12/12/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/07/2021** BOPI nr. **7/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/06/2014 BOPI nr. **6/2014**

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

(72) Inventatori:
• **PÎSLARU-DĂNESCU LUCIAN,
STR. STÎNJENEILOR NR. 19, BL. 6A, 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**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2011/0065584 A1; US 2006/0158795 A1

(54) **SISTEM DE PROTECȚIE ACTIVĂ PENTRU ANSAMBLU
DE BOBINE SUPRACONDUCTOARE MULTIPOLARE**



RO 129614 B1

1 Invenția se referă la un sistem de protecție activă pentru un ansamblu de bobine
supraconductoare multipolare, în cazul normalizării bobinelor supraconductoare, cu aplicații
3 în domeniul supraconductibilității, de exemplu în acceleratoare de particule (electromagneți
dipolari supraconductori, electromagneți cuadripolari supraconductori, electromagneți
5 sextupolari supraconductori și electromagneți octupolari supraconductori), în cercetarea pro-
prietăților magnetice ale substanțelor, în fizica nucleară (RES, RMN și detectori de particule
7 elementare).

Sunt cunoscute următoarele soluții tehnice:

9 a. Protecția integrală în cazul normalizării bobinelor supraconductoare (detecria nu
se realizează individual pentru fiecare bobină supraconductoare, ca o componentă a
11 ansamblului de bobine supraconductoare multipolare) și decuplarea sursei de putere ce
alimentează o singură bobină supraconductoare sau mai multe bobine supraconductoare
13 înseriate, prin intermediul unor întrerupătoare ultrarapide electromecanice, cu timpi de
comutație de ordinul zeci de milisecunde, de obicei 20 ms și apoi descărcarea energiei
15 magnetice înmagazinată în bobina pe o rezistență de descărcare;

17 b. Sistem pasiv de diode, (cold bypass diode system). În cadrul acestei soluții
tehnice, este necesar ca fiecare bobină supraconductoare în parte ca o componentă a
ansamblului de bobine supraconductoare multipolare, să fie fragmentată în cât mai multe
19 bobine intermediare, prin intermediul unor prize mediane. Diodele se montează în paralel cu
bobinele supraconductoare rezultate prin fragmentare, ce sunt parcurse în sens direct de
21 către eventualul curent datorat quench-ului;

23 c. Protecția integrală în cazul normalizării bobinelor supraconductoare (detecria nu
se realizează individual pentru fiecare bobină supraconductoare, ca o componentă a
ansamblului de bobine supraconductoare multipolare) și întreruperea sursei de putere ce
25 alimentează o singură bobină supraconductoare sau mai multe bobine supraconductoare
înseriate, prin intermediul unor comutatoare realizate cu semiconductoare de tip tiristor de
27 mare putere cu comanda pe poartă, cu timpi de comutație de ordinul zeci de microsecunde,
tipic 40 μ s și apoi descărcarea energiei magnetice înmagazinată în bobina supraconductoare
29 pe o rezistență de descărcare.

31 Energia magnetică acumulată în bobina supraconductoare de inductivitate L se va
regăsi în energia disipată Joule pe rezistorul de descărcare R.

33 Dezavantajele soluțiilor cunoscute sunt următoarele: în cazul a) timpul de detecție
pentru protecția integrală, în cazul normalizării bobinelor supraconductoare (a quench-ului)
este mai mare față de timpul de detecție în cazul detecției individuale; timpul de comutație
35 minim realizat este aproximativ de ordinul 10 ms, rezultând timpi de reacție care determină
de cele mai multe ori extinderea efectelor termice ale quench-ului datorate ieșirii bobinei
37 supraconductoare din starea de supraconducție și implicit distrugerea termică a ansamblului
de bobine supraconductoare multipolare, precum și imposibilitatea identificării bobinei care
39 s-a normalizat în vederea verificării integrității acesteia; în cazul b) pasiv de diode, (cold
bypass diode system), fragmentarea în cât mai multe bobine intermediare, prin intermediul
41 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}
43 (tensiunea inversă repetitivă maximă); în cazul c), tiristoarele sunt sensibile la variațiile în
timp cu panta mare ale curentului respectiv ale tensiunii anod - catod și grilă - catod; timpul
45 maxim de comutație în cazul tiristoarelor de mare putere este de 50-100 μ s, iar timpul de
detecție globală a quench-ului este mai mare comparativ cu timpul de detecție în cazul

RO 129614 B1

detecriei individuale; aceste două aspecte determină timpi de reacție foarte mari, având drept consecință mărirea posibilității de distrugere a ansamblului de bobine supraconductoare multipolare; și în acest caz, rezultă imposibilitatea identificării bobinei care s-a normalizat în vederea verificării integrității acesteia. 1 3

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, constă în protecția activă individuală în cazul ieșirii accidentale din starea de supraconducție a oricăreia dintre bobinele supraconductoare multipolare ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare. 5 7

Sistemul de protecție activă pentru ansamblul de bobine supraconductoare multipolare, constituit din: 9

- modulul de condiționare a semnalului util;

- modulul de putere care conține sursa de putere capabilă să furnizeze o tensiune în intervalul $U = (0-8) V$ respectiv un curent prin ansamblul de bobine semiconductoare în intervalul $I = (0-300) A$ și rezistența de descărcare cu rolul de a prelua energia magnetică înmagazinată în bobina supraconductoare cu inductanța L , $W = Li_1^2/2$, sub formă de energie disipată Joule, $W_j = Ri_2^2$; 11 13 15

- modulul de prelucrare analogică a semnalului util;

- modulul surselor de tensiune stabilizate, fiind caracterizat prin aceea că modulul de putere mai conține două comutatoare electronice ultrarapide realizate cu componente active de tipul tranzistoare de mare putere cu baza izolată IGBT, cu comanda în tensiune, capabile să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{IGBT} = 1 \mu s$ și un sistem de drivere asociate tranzistoarelor IGBT, capabile să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{DRIVER} = 1,5 \mu s$, comutatoarele electronice ultrarapide realizând conectarea și deconectarea sursei de tensiune de putere, respectiv a rezistenței de descărcare, primul comutator electronic ultrarapid permițând: 17 19 21 23

- alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare de la sursa de tensiune de putere, în regim normal de funcționare; 25

- decuplarea sursei de tensiune de putere atunci când cel puțin una dintre bobinele supraconductoare multipolare ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid permițând: 27 29

- cuplarea bobinelor supraconductoare multipolare pe o rezistența de descărcare, în cazul când cel puțin una dintre bobinele supraconductoare multipolare ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat; 31

- decuplarea bobinelor supraconductoare multipolare de rezistență de descărcare în regim normal de funcționare; iar 33

- primul comutator electronic ultrarapid găsindu-se în starea închis, iar primul comutator electronic ultrarapid în starea deschis, dacă toate bobinele supraconductoare multipolare ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare se află în starea de supraconducție. 35 37

Conform unui aspect al invenției, modulul de condiționare a semnalului util, este alcătuit dintr-un număr multiplu de 2, de la 2 până la 8 blocuri electronice amplificatoare cu izolare galvanică, în funcție de numărul de bobine supraconductoare ale ansamblului, cu rolul de a condiționa individual semnalul util provenit de la fiecare bobină supraconductoare în parte, pentru fiecare dintre amplificatoarele cu izolare galvanică sursele stabilizate diferențiale de alimentare fiind separate astfel: amplificatoarele de intrare care preiau semnalul util în paralel cu bobinele supraconductoare, sunt alimentate de la sursele stabilizate diferențiale ce furnizează tensiunile: $(+U_{11}, -U_{12}), (+U_{21}, -U_{22}), \dots, (+U_{81}, -U_{82})$, iar amplificatoarele de ieșire, izolate galvanic de amplificatoarele de intrare, sunt alimentate de la sursa stabilizată diferențială ce furnizează tensiunile (U_+, U_-) ; 39 41 43 45 47

RO 129614 B1

1 Conform unui aspect al invenției, modulul, de prelucrare analogică a semnalului util
este format din: un blocul electronic sumator analogic de precizie cu rolul de a suma
3 semnalele provenite de la blocurile electronice amplificatoare cu izolare galvanică, un bloc
electronic amplificator de precizie cu rolul de a amplifica, cu amplificarea $A = 10$ și factorul
5 de rejecție a modului comun $CMRR = 100$ dB, semnalul analogic de la ieșirea blocului
7 electronic sumator analogic de precizie, un bloc electronic de realizare a funcției matematice
modul, ce prezintă la ieșire valoarea absolută a semnalului de la ieșirea blocul electronic
9 amplificator de precizie, și un bloc electronic driver ce realizează comanda celor două
comutatoare electronice ultrarapide.

Avantajele invenției sunt următoarele:

11 - realizează detecția individuală a normalizării oricăreia dintre bobinele supracon-
ductoare multipolare ale ansamblului de bobine supraconductoare, pentru un
13 timp sub $1 \mu s$, tipic $800 ns$;

15 - realizează un timp de reacție de maxim $t_R = 3,5 \mu s$, astfel încât efectele termice
datorate normalizării oricăreia dintre bobinele supraconductoare multipolare ale ansamblului
de bobine supraconductoare să nu afecteze bobinajul;

17 - realizează o decuplare a sursei de putere ce alimentează ansamblul de bobine
supraconductoare multipolare, conform invenției, în cazul când cel puțin una dintre bobinele
19 supraconductoare multipolare ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a
normalizat, prin intermediul unui comutator electronic ultrarapid realizat cu un tranzistor de
21 mare putere cu baza izolată IGBT, cu comandă în tensiune, capabil să comute în timpi de
ordinul aproximativ $t_{IGBT} = 1 \mu s$;

23 - realizează trecerea bobinelor supraconductoare multipolare ale ansamblului de
bobine supraconductoare multipolare în paralel pe o rezistență de descărcare, și decuplarea
25 acestuia de la sursa de putere, conform invenției, prin intermediul unui comutator electronic
ultrarapid realizat cu un tranzistor de mare putere cu bază izolată

27 IGBT, cu comandă în tensiune, capabil să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{IGBT} = 1 \mu s$;
- realizează prin trecerea bobinelor supraconductoare multipolare ale ansamblului de
29 bobine supraconductoare multipolare în paralel pe o rezistență de descărcare, o energie
descărcată în intervalul de valori $W_D = 1-10 kJ$;

31 - permite identificarea bobinei care s-a normalizat, în vederea verificării integrității
acesteia.

33 Se da în continuare un exemplu de realizare al invenției în legătura cu fig. 1, care
reprezintă:

35 - fig. 1, schema bloc a sistemului de protecție activă pentru ansamblu de bobine
supraconductoare multipolare, **BS1**,...,**BS8**, conform invenției;

37 - fig. 2, oscilogramele semnalelor interne, realizate pentru o bază de timp a oscilo-
scopului digital LeCroy Wave Jet 324, setat la $200 ns$, U_{M1} de comandă a activării/dezactivării
39 comutatoarelor electronice ultrarapide **K2/K1**, aplicat circuitelor electronice digitale integrate
în blocul driver, fig. 1, U_{Q2} de comandă a activării comutatorului electronic ultrarapid **K2** și U_{Q1}
41 de comandă a dezactivării comutatorului electronic ultrarapid **K1**, aplicate blocului electronic
driver **BD** din fig. 1, în cazul în care cel puțin una dintre bobinele supraconductoare multi-
43 polare **BS1**,...,**BS8** ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat,
conform invenției.

45 Sistemul de protecție activă pentru ansamblul de bobine multipolare, conform
invenției, fig. 1, este alcătuit din următoarele module:

47 Modulul 1 - Modulul de condiționare a semnalului util;

Modulul 2 - Modulul de putere;

RO 129614 B1

Modulul 3 - Modulul de prelucrare analogica a semnalului util;	1
Modulul 4 - Modulul surselor de tensiune stabilizate.	
Modulul 1 denumit modulul de condiționare a semnalului util, fig. 1, este format din:	3
un număr multiplu de 2, de la 2 până la 8 blocuri electronice amplificatoare BIG1 ,	
BIG2 ,..., BIG8 cu izolare galvanică, în funcție de numărul de bobine supraconductoare	5
BS1 ,..., BS8 ale ansamblului BIG1 , BIG2 ,..., BIG8 , cu rolul de a condiționa individual sem-	
nalul util provenit de la fiecare bobină supraconductoare în parte, conform invenției. Pentru	7
fiecare dintre amplificatoarele cu izolare galvanică BS1 ,..., BS8 s-au separat sursele stabili-	
zate diferențiale de alimentare 4, astfel:	9
- amplificatoarele de intrare A₁₁ , A₂₁ ,..., A₈₁ , care preiau semnalul util sunt dispuse în	
paralel cu bobinele supraconductoare BS1 ,..., BS8 și sunt alimentate de la sursele stabilizate	11
diferențiale 4 ce furnizează tensiunile: (+U ₁₁ , -U ₁₂), (+U ₂₁ , -U ₂₂),...,(+U ₈₁ , -U ₈₂), fig. 1;	
- amplificatoarele de ieșire A₁₂ , A₂₂ ,..., A₈₂ , izolate galvanic de amplificatoarele de	13
intrare A₁₁ , A₂₁ ,..., A₈₁ , sunt alimentate de la sursa stabilizată diferențială 4 ce furnizează	
tensiunile: (U ₊ , U ₋), fig. 1, în acest mod, se asigură funcționarea, adică detecția individuală	15
în cazul normalizării (în urma ieșirii din starea de supraconducție) a oricăreia dintre bobinele	
supraconductoare multipolare BS1 ,..., BS8 cu izolarea galvanică a semnalului util rezultat,	17
precum și cu izolarea surselor de alimentare.	
Modulul 2, denumit modulul de putere, fig. 1, este format din: sursa de putere SP	19
capabilă să furnizeze o tensiune în intervalul U = (0-8) V, respectiv un curent prin ansamblul	
de bobine semiconductoare în intervalul I = (0-300) A, două comutatoare electronice	21
ultrarapide comandate, K1 și K2 , realizate cu ajutorul tranzistoarelor de mare putere IGBT,	
și R - rezistența de descărcare cu rolul de a prelua energia magnetică înmagazinată în	23
bobina supraconductoare cu inductanța L, $W = Li_1^2/2$, sub formă de energie disipată Joule,	
$W_j = Ri_2^2$, energia descărcată este în intervalul 1-10 kJ, în cazul normalizării a cel puțin uneia	25
dintre bobinele supraconductoare BS1 ,..., BS8 . Primul comutator electronic ultrarapid, K1 ,	
permite alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1 ,..., BS8 de la sursa de	27
tensiune de putere, în regim normal de funcționare precum și decuplarea sursei de tensiune	
de putere atunci când cel puțin una dintre bobinele supraconductoare multipolare	29
BS1 ,..., BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat. Cel de-	
al doilea comutator electronic ultrarapid, K2 , permite cuplarea bobinelor supraconductoare	31
multipolare BS1 ,..., BS8 pe o rezistență de descărcare R , în cazul când cel puțin una dintre	
bobinele supraconductoare multipolare BS1 ,..., BS8 ale ansamblului de bobine supraconduc-	33
toare multipolare s-a normalizat precum și decuplarea bobinelor supraconductoare multi-	
polare BS1 ,..., BS8 de rezistența de descărcare R în regim normal de funcționare când toate	35
bobinele supraconductoare multipolare BS1 ,..., BS8 ale ansamblului de bobine supracon-	
ductoare multipolare se află în starea de supraconducție, caz în care comutatorul electronic	37
ultrarapid K1 se găsește în starea închis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se găsește	
în starea deschis. Dacă bobinele supraconductoare multipolare BS1 ,..., BS8 sunt în stare de	39
supraconducție, comutatorul electronic ultrarapid K1 este în starea închis, iar comutatorul	
electronic ultrarapid K2 se găsește în starea deschis; în cazul când cel puțin una dintre	41
bobinele supraconductoare multipolare BS1 ,..., BS8 ale ansamblului de bobine supracon-	
ductoare multipolare s-a normalizat, se realizează de către blocul electronic driver BD, fig. 1,	43
următoarea secvență logică: inițial amândouă comutatoarele electronice ultrarapide K1 și K2	

RO 129614 B1

1 sunt închise, pentru un timp $t_{MQ} = 800$ ns, fig. 2, deoarece comutatorul electronic ultrarapid
2 **K2** primește comanda să comute în starea închis; după scurgerea timpului $t_{MQ} = 800$ ns, în
3 secvența următoare, comutatorul electronic ultrarapid **K1** primește comanda să comute în
4 starea deschis, decuplând sursa de putere de ansamblul de bobine supraconductoare
5 **BS1**,...,**BS8**, astfel încât în final ansamblul de bobine supraconductoare **BS1**,...,**BS8** se va
6 afla în paralel cu rezistența de descărcare, R, fig. 1.

7 Modulul **3** denumit modulul de prelucrare analogică a semnalului util, fig. 1, este
8 format din: blocul electronic sumator analogic de precizie **BS**, cu rolul de a suma semnalele
9 provenite de la blocurile electronice amplificatoare cu izolare galvanică **BIG1**, **BIG2**,...**BIG8**,
10 blocul electronic amplificator de precizie BAP, cu rolul de a amplifica (cu amplificarea $A = 10$
11 și factorul de respingere a modului comun CMRR = 100 dB) semnalul analogic de la ieșirea
12 blocului electronic sumator analogic de precizie, bloc electronic ce realizează funcția
13 matematică modul **BM**, ce prezintă la ieșire valoarea absolută a semnalului de la ieșirea
14 blocului electronic amplificator de precizie, și blocul electronic driver, **BD**, ce realizează
15 comanda celor două comutatoare electronice ultrarapide **K1** și **K2** care sunt realizate cu
16 tranzistoare de mare putere IGBT.

17 Diagrama de timp reprezentată în fig. 2, prezintă modul cum sunt comandate cele
18 două comutatoare electronice ultrarapide **K1** și **K2**, semnalele U_{Q2} de comandă a activării
19 comutatorului electronic ultrarapid **K2** și U_{Q1} de comandă a dezactivării comutatorului
20 electronic ultrarapid **K1**, aplicate blocului electronic driver **BD**, fig. 1, în cazul în care cel puțin
21 una dintre bobinele supraconductoare multipolare **BS1**,...,**BS8** ale ansamblului de bobine
22 supraconductoare multipolare s-a normalizat, conform invenției.

23 Modulul **4**, denumit modulul surselor de tensiune stabilizate, fig. 1, este format din
24 blocul electronic **BESD1** al surselor de alimentare diferențiale: $(+U_{11}, -U_{12}), (+U_{21}, -$
25 $U_{22}), \dots, (+U_{81}, -U_{82})$ ce alimentează amplificatoarele de intrare **A₁₁**, **A₂₁**,...,**A₈₁**, , care preiau
26 semnalul util în paralel cu bobinele supraconductoare **BS1**,...,**BS8**; blocul electronic al
27 surselor de alimentare diferențiale (reper)...: (U_+, U_-) ce alimentează amplificatoarele de
28 ieșire **A₁₂**, **A₂₂**,...,**A₈₂**, izolate galvanic față de amplificatoarele de intrare **A₁₁**, **A₂₁**,...,**A₈₁**, blocul
29 electronic sumator analogic de precizie **BS**, blocul electronic amplificator de precizie **BAP**
30 și blocul electronic ce realizează funcția matematică modul; precum și blocul electronic al
31 surselor de alimentare cu izolare galvanică **BESD2**: (U_{S+}, U_{S-}) ce alimentează blocul elec-
32 tronic driver **BD**.

33 Sistemul de protecție activă pentru ansamblu de bobine supraconductoare multi-
34 polare, a cărei schemă bloc este dată în fig. 1, conform invenției, funcționează în modul
35 următor:

36 - constructiv: un număr multiplu de 2, de la 2 până la 8 bobine supraconductoare
37 multipolare **BS1**,...,**BS8** formând ansamblul de bobine supraconductoare multipolare sunt
38 înseriate; un număr multiplu de 2, de la 2 pînă la 8 blocuri electronice amplificatoare **BIG1**,
39 **BIG2**,..., **BIG8** cu izolare galvanică, egal cu numărul de bobine supraconductoare stabilit
40 anterior ale ansamblului, având rolul de a condiționa individual semnalul util provenit de la
41 fiecare bobină supraconductoare în parte, conform invenției, se dispun în paralel cu fiecare
42 bobină supraconductoare în parte. Cele două comutatoare electronice ultrarapide, fig. 1, **K1**
43 respectiv **K2** realizează conectarea și deconectarea sursei de tensiune de putere respectiv
44 a rezistenței de descărcare **R**.

45 Primul comutator electronic ultrarapid, **K1**, permite alimentarea bobinelor supracon-
46 ductoare multipolare **BS1**,...,**BS8** de la sursa de tensiune de putere, în regim normal de
47 funcționare, când toate bobinele supraconductoare sunt în starea de supraconducție, precum

RO 129614 B1

și decuplarea sursei de tensiune de putere atunci când cel puțin una dintre bobinele supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8** ale ansamblului de bobine supraconductive multipolare s-a normalizat. Cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid **K2**, permite cuplarea bobinelor supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8** pe o rezistență de descărcare **R**, în cazul când cel puțin una dintre bobinele supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8** ale ansamblului de bobine supraconductive multipolare s-a normalizat precum și decuplarea bobinelor supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8** de rezistență de descărcare **R** în regim normal de funcționare, când toate bobinele supraconductive sunt în starea de supraconducție, - funcțional: dacă toate bobinele supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8** ale ansamblului de bobine supraconductive multipolare se află în starea de supraconducție, caz în care comutatorul electronic ultra rapid **K1** se găsește în starea închis, iar comutatorul electronic ultrarapid **K2** se găsește în starea deschis, prin ansamblul de bobine supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8** circulă curentul continuu impus de sursa de putere și de inductivitatea totală a ansamblului bobinelor supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8**. Atunci când cel puțin una dintre bobinele supraconductive multipolare **BS1**,...,**BS8** ale ansamblului de bobine supraconductive multipolare s-a normalizat, fig. 1, caz în care inițial amândouă comutatoare electronice ultrarapide **K1** și **K2** sunt închise, pentru un timp t_{MQ} 800 ns, fig. 2, deoarece comutatorul electronic ultrarapid **K2** primește comanda să comute în starea închis. După scurgerea timpului $t_{MQ} = 800$ ns, în secvența următoare, comutatorul electronic ultrarapid **K1** primește comanda să comute în starea deschis, decuplând sursa de putere de ansamblul de bobine supraconductive **BS1**,...,**BS8**, astfel încât în final ansamblul de bobine supraconductive **BS1**,...,**BS8** se va afla în paralel cu rezistența de descărcare **R**, fig. 1 în fig. 2 se definește timpul de detecție a quench-ului t_{MQ} ca fiind diferența dintre momentul realizării comenzii de dezactivare a comutatorului electronic ultrarapid **K1** (momentul tranziției semnalului U_{Q1} din „1” logic în „0” logic) și momentul realizării comenzii de activare a comutatorului electronic ultrarapid **K2** (momentul tranziției semnalului U_{Q2} din „0” logic în „1” logic). De asemenea, se definește și timpul de reacție t_R , ca fiind suma dintre timpul de detecție a quench-ului t_{MQ} , fig. 2, timpul de comutație al driverului t_{DRIVER} și timpul de comutație al tranzistoarelor IGBT utilizate. Quench-ul înseamnă fenomenul de normalizare a unei bobine supraconductive.

Caracteristicile tehnice ale sistemului de protecție activă pentru ansamblu de bobine supraconductive multipolare, conform invenției, sunt următoarele:

- detecția quench-ului în timpul maxim $t_Q = 800$ ns;
- timpul de reacție este de maxim $t_R = 3,5$ μ s;
- protecția activă utilizează, un sistem de două comutatoare electronice ultrarapide **K1** și **K2**, fig. 1, realizate cu componente active de tipul tranzistoare de mare putere cu bază izolată IGBT, cu comandă în tensiune, capabile să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{IGBT} = 1$ μ s;
- un sistem de drivere **BD** specifice asociate tranzistoarelor IGBT (utilizate cu rol de comutatoare electronice ultrarapide **K1** și **K2**), capabile să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{DRIVER} = 1,5$ μ s;
- energia descărcată este în intervalul 1-10 kJ.

RO 129614 B1

1 Bibliografie

3 [1] Mitsuyoshi Tsuchiya, (JP), Kazuhiro Takeuchi, (JP), Hideo Tsukamoto, (JP),
5 Tsuyoshi Wakuda, (JP), Patent No.: US 2006/0158795, United States, Pub. Date: Jul.20,
2006.

7 [2] Richard L. Taylor, "Quench protection în the slac linear collider final focus triplet"
Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, CA 94305, SLAC-PUB-
5636, December, 1991.

9 [3] LONG Feng, SHI Yi, LIU Fang, NI Zhi-Peng, "Quench detection and protection
11 system design and analysis of the 7 T superconducting magnet", Chinese Physics C, Vol.
34, No. 4, Apr. 2010, CPC (HEP & NP), 2010, 34(4): 492-495.

13 [4] CBI Nr. 01272/2011 "Instalație pentru protecția activă a bobinei supraconductoare
la motoare supraconductoare".

RO 129614 B1

Revendicări

1. Sistem de protecție activă pentru ansamblu (**BS1**,...,**BS8**) de bobine supraconductoare multipolare, ce este constituit din: 3
- modulul (**1**) de condiționare a semnalului util; 5
 - modulul (**2**) de putere care conține sursa de putere (**4**) capabilă să furnizeze o tensiune în intervalul $U = (0-8) V$ respectiv un curent prin ansamblul de bobine semiconductoare (**BS1**,...,**BS8**) în intervalul $I = (0-300) A$ și rezistența de descărcare cu rolul de a prelua energia magnetică înmagazinată în bobina supraconductoare cu inductanța L , $W = Li_1^2/2$, sub formă de energie disipată Joule, $W_j = Ri_2^2$; 7
 - modulul (**3**) de prelucrare analogică a semnalului util; 11
 - modulul (**4**) surselor de tensiune stabilizate, caracterizat prin aceea că modulul de putere (**2**) mai conține două comutatoare electronice ultrarapide (**K1**, **K2**) realizate cu componente active de tipul tranzistoare de mare putere cu baza izolată IGBT, cu comanda în tensiune, capabile să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{IGBT} = 1 \mu s$ și un sistem de drivere (**BD**) asociate tranzistoarelor IGBT, capabile să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{DRIVER} = 1-5 \mu s$, comutatoarele electronice ultrarapide (**K1**, **K2**) realizând conectarea și deconectarea sursei de tensiune de putere, respectiv a rezistenței de descărcare (**R**), primul comutator electronic ultrarapid (**K1**) permițând: 13
 - alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare (**BS1**,...,**BS8**) de la sursa de tensiune de putere, în regim normal de funcționare; 15
 - decuplarea sursei de tensiune de putere atunci când cel puțin una dintre bobinele supraconductoare multipolare (**BS1**,...,**BS8**) ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid (**K2**) permițând: 17
 - cuplarea bobinelor supraconductoare multipolare (**BS1**,...,**BS8**) pe o rezistență de descărcare (**R**), în cazul când cel puțin una dintre bobinele supraconductoare multipolare (**BS1**,...,**BS8**) ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat; 19
 - decuplarea bobinelor supraconductoare multipolare (**BS1**,...,**BS8**) de rezistența de descărcare (**R**) în regim normal de funcționare; iar comutatorul electronic ultrarapid (**K1**) găsimu-se în starea închis, iar comutatorul electronic ultrarapid (**K2**) în starea deschis, dacă toate bobinele supraconductoare multipolare (**BS1**,...,**BS8**) ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare se află în starea de supraconducție. 21
2. Sistem de protecție activă, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, modulul (**1**) de condiționare a semnalului util, este alcătuit dintr-un număr multiplu de 2, de la 2 până la 8 blocuri electronice amplificatoare (**BIG1**, **BIG2**,...,**BIG8**) cu izolare galvanică, în funcție de numărul de bobine supraconductoare ale ansamblului, cu rolul de a condiționa individual semnalul util provenit de la fiecare bobina supraconductoare în parte, pentru fiecare dintre amplificatoarele cu izolare galvanică (**BIG1**, **BIG2**,...,**BIG8**) sursele stabilizate diferențiale (**4**) de alimentare fiind separate astfel: amplificatoarele de intrare (**A₁₁**, **A₂₁**,...,**A₈₁**) care preiau semnalul util în paralel cu bobinele supraconductoare (**BS1**,...,**BS8**), sunt alimentate de la sursele stabilizate diferențiale (**4**) ce furnizează tensiunile: $(+U_{11}, -U_{12})$, $(+U_{21}, -U_{22})$,..., $(+U_{81}, -U_{82})$, iar amplificatoarele de ieșire (reper), izolate galvanic de amplificatoarele de intrare (**A₁₁**, **A₂₁**,...,**A₈₁**), sunt alimentate de la sursa stabilizată diferențială (**4**) ce furnizează tensiunile (U_+, U_-) ; 23
3. Sistem de protecție activă, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, modulul (**3**) de prelucrare analogică a semnalului util este format din: un blocul electronic sumator analogic de precizie (**BS**) cu rolul de a suma semnalele provenite de la blocurile 25

RO 129614 B1

- 1 electronice amplificatoare cu izolare galvanică (**BIG1**, **BIG2**,...**BIG8**), un bloc electronic
- amplificator de precizie (**BAP**) cu rolul de a amplifica, cu amplificarea $A = 10$ și factorul de
- 3 rejecție a modului comun $CMRR = 100$ dB, semnalul analogic de la ieșirea blocului electronic
- sumator analogic de precizie (**BS**), un bloc electronic (**BM**) de realizare a funcției matematice
- 5 modul, ce prezintă la ieșire valoarea absolută a semnalului de la ieșirea blocului electronic
- amplificator de precizie (**BS**), și un bloc electronic driver (**BD**) ce realizează comanda celor
- 7 două comutatoare electronice ultrarapide (**K1**, **K2**).

RO 129614 B1

(51) Int.Cl.

H01F 6/02 (2006.01),

G01R 33/035 (2006.01),

H02H 7/00 (2006.01)

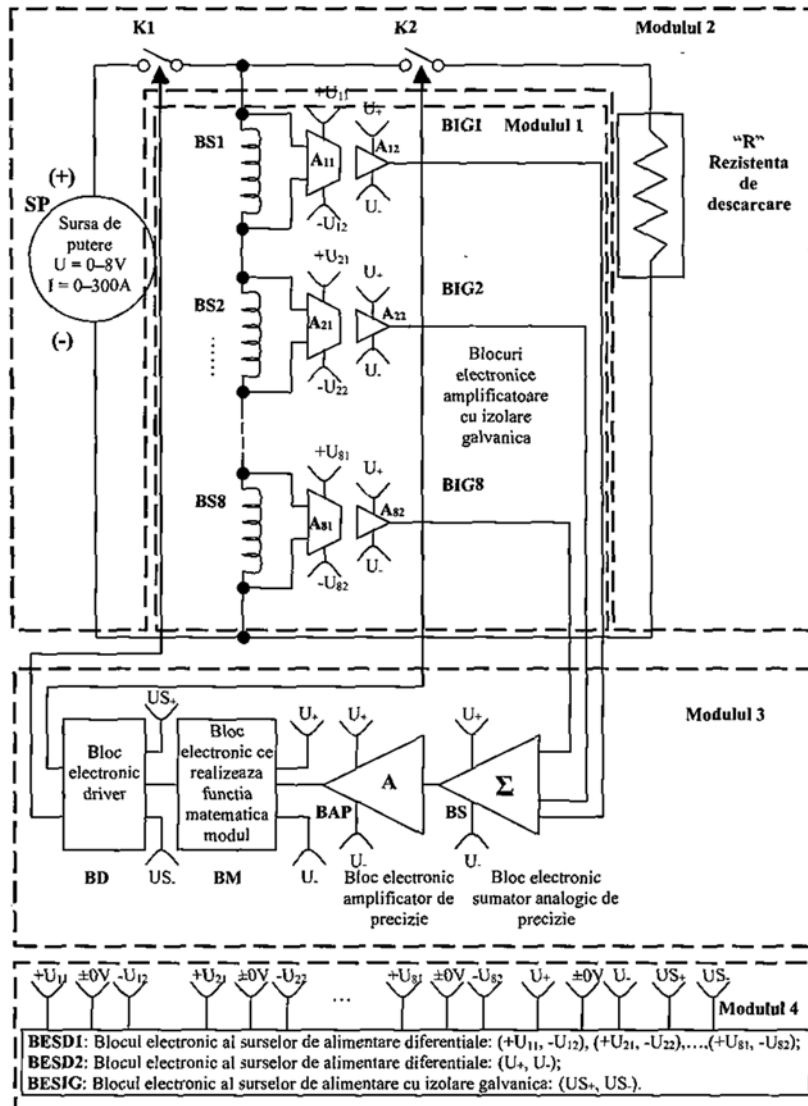


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H01F 6/02 (2006.01),

G01R 33/035 (2006.01),

H02H 7/00 (2006.01)

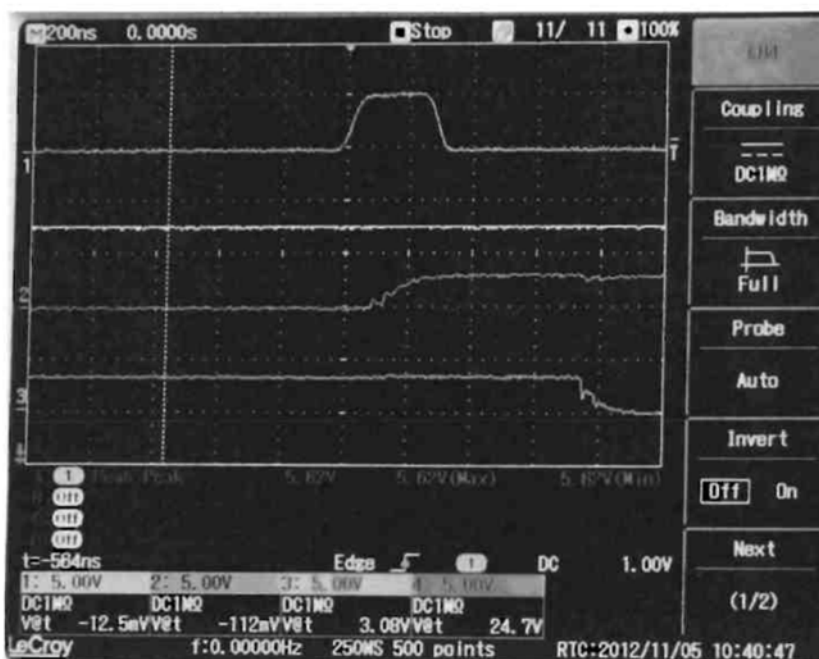


Fig. 2



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 300/2021