



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 01004

(22) Data de depozit: 12.12.2012

(41) Data publicării cererii:
30.06.2014 BOPI nr. 6/2014

(71) Solicitant:
• 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. 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

(54) PROTECȚIA ACTIVĂ PENTRU ANSAMBLU DE BOBINE
SUPRACONDUCTOARE MULTIPOLARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la protecția activă pentru un ansamblu de bobine supraconductoare multipolare, în cazul normalizării bobinelor supraconductoare, cu aplicații în domeniul supraconductibilității, de exemplu, în acceleratoare de particule, în cercetarea proprietăților magnetice ale substanțelor, în fizica nucleară. Protecția activă pentru un ansamblu de bobine supraconductoare multipolare, conform invenției, este realizată astfel: un număr par de 2...8 bobine (**BS1**, ..., **BS8**) supraconductoare multipolare sunt înseriate, un număr par de 2...8 blocuri (**BIG1**, ..., **BIG8**) electronice amplificatoare cu izolare galvanică, egal cu numărul de bobine supraconductoare multipolare, având rolul de a condiționa individual semnalul util provenit de la fiecare bobină supraconductoare în parte, se dispun în paralel cu fiecare bobină supraconductoare în parte, și două comutatoare (**K1** și **K2**) electronice ultrarapide realizează conectarea și deconectarea unei surse de tensiune de putere, respectiv, a unei rezistențe (**R**) de descărcare, primul comutator (**K1**) permițând alimentarea bobinelor (**BS1**, ..., **BS8**) de la sursa de tensiune de putere, în regim normal de funcționare, când toate bobinele (**BS1**, ..., **BS8**) sunt în stare de supraconducție, precum și decuplarea sursei de tensiune de putere, atunci când cel puțin una dintre bobine (**BS1**, ..., **BS8**) s-a normalizat, iar cel de-al doilea comutator (**K2**) permițând cuplarea bobinelor (**BS1**, ..., **BS8**) pe rezistența (**R**) de

descărcare, în cazul în care cel puțin una dintre bobine (**BS1**, ..., **BS8**) s-a normalizat, precum și decuplarea bobinelor (**BS1**, ..., **BS8**) de la rezistența (**R**) de descărcare în regim normal de funcționare, când toate bobinele (**BS1**, ..., **BS8**) sunt în stare de supraconducție.

Revendicări: 4
Figuri: 2

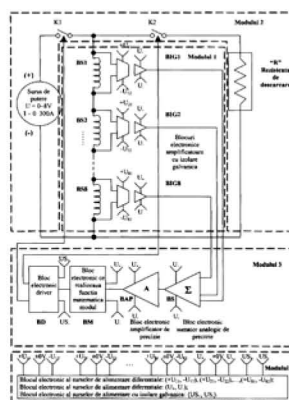
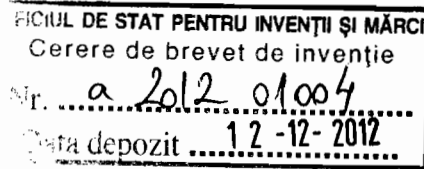


Fig. 1

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).





Protectia activa pentru ansamblu de bobine supraconductoare multipolare

Inventia se refera la protectia activa pentru ansamblu de bobine supraconductoare multipolare, in cazul normalizarii bobinelor supraconductoare, cu aplicatii in domeniul supraconductibilitatii, de exemplu in acceleratoare de particule (electromagneti dipolari supraconductori, electromagneti cuadripolari supraconductori, electromagneti sextupolari supraconductori si electromagneti octupolari supraconductori), in cercetarea proprietatilor magnetice ale substantelor, in fizica nucleara (RES, RMN si detectori de particule elementare) .

Sunt cunoscute urmatoarele solutii tehnice:

- a) Protectia integrala in cazul normalizarii bobinelor supraconductoare (detectia nu se realizeaza individual pentru fiecare bobina supraconductoare, ca o componenta a ansamblului de bobine supraconductoare multipolare) si decuplarea sursei de putere ce alimenteaza o singura bobina supraconductoare sau mai multe bobine supraconductoare inseriate, prin intermediul unor intreruptoare ultrarapide electromecanice, cu timpi de comutatie de ordinul zeci de milisecunde, tipic 20 ms si apoi descarcarea energiei magnetice inmagazinata in bobina pe o rezistenta de descarcare;
- b) Sistem pasiv de diode, (cold bypass diode system). In cadrul acestei solutii tehnice, este necesar ca fiecare bobina supraconductoare in parte ca o componenta a ansamblului de bobine supraconductoare multipolare, sa fie fragmentata in cit mai multe bobine intermediare, prin intermediul unor prize mediane. Diodele se monteaza in paralel cu bobinele supraconductoare rezultate prin fragmentare, ce sunt parcurse in sens direct de catre eventualul curent datorat quench-ului;
- c) Protectia integrala in cazul normalizarii bobinelor supraconductoare (detectia nu se realizeaza individual pentru fiecare bobina supraconductoare, ca o componenta a ansamblului de bobine supraconductoare multipolare) si intreruperea sursei de putere ce alimenteaza o singura bobina supraconductoare sau mai multe bobine supraconductoare inseriate, prin intermediul unor comutatoare realizate cu semiconductoare de tip tiristor de mare putere cu comanda pe poarta, cu timpi de comutatie de ordinul zeci de microsecunde, tipic 40 μs si apoi descarcarea energiei magnetice inmagazinata in bobina supraconductoare pe o rezistenta de descarcare. Energia magnetica acumulata in bobina supraconductoare de inductivitate L se va regasi in energia disipata Joule pe rezistorul de descarcare R.

Dezavantajele solutiilor cunoscute sunt urmatoarele: in cazul a) timpul de detectie pentru protectia integrala, in cazul normalizarii bobinelor supraconductoare (a quench-ului) este mai mare fata de timpul de detectie in cazul detectiei individuale; timpul de comutatie minim realizat este aproximativ de ordinul 10 ms, rezultind timpi de reactie care determina de cele mai multe ori extinderea efectelor termice ale quench-ului datorate iesirii bobinei supraconductoare din starea de supraconductie si implicit distrugerea termica a ansamblului de bobine supraconductoare multipolare, precum si imposibilitatea identificarii bobinei care s-a normalizat in vederea verificarii integritatii acesteia; in cazul b) pasiv de diode, (cold bypass diode system), fragmentarea in cit mai multe bobine intermediare, prin intermediul prizelor mediane reprezinta principalul dezavantaj; de asemenea, variatia rapida in timp a curentului determina o variatie rapida in timp a tensiunii ce nu poate depasi tensiunea V_{RRM} (tensiunea inversă repetitivă maximă); in cazul c), tiristoarele sunt sensibile la variatiile in timp cu panta mare ale curentului respectiv ale tensiunii anod – catod si grila - catod; timpul maxim de comutatie in cazul tiristoarelor de mare putere este de 50 μs - 100 μs, iar timpul de detectie globala a quench-ului este mai mare comparativ cu timpul de detectie in cazul detectiei individuale; aceste doua aspecte determina timpi de reactie foarte mari, avind drept consecinta marirea posibilitatii de distrugere a ansamblului de bobine supraconductoare multipolare; si in acest caz, rezulta imposibilitatea identificarii bobinei care s-a normalizat in vederea verificarii integritatii acesteia.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia, consta in obtinerea unei instalatii care realizeaza protectia activa individuala in cazul iesirii accidentale din starea de supraconductie a oricareia dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare. Protectia activa impotriva quench-ului se realizeaza prin: detectia individuala a normalizarii oricareia dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare, decuplarea sursei de putere de bobinele supraconductoare BS1,...,BS8 si cuplarea ansamblului de bobine supraconductoare multipolare BS1,...,BS8, pe o rezistenta de descarcare R.

Protectia activa pentru ansamblu de bobine supraconductoare multipolare, conform inventiei, inlatura dezavantajele mentionate mai sus prin aceea ca este constituita, din: modulul 1 care este modulul de conditionare a semnalului util, modulul 2 este modulul de putere, modulul 3 este modulul de prelucrare analogica a semnalului util, modulul 4 este modulul surselor de tensiune stabilizate; functioneaza in modul urmator: doua comutatoare electronice ultrarapide, K1 respectiv K2 si realizeaza conectarea si deconectarea sursei de tensiune de putere respectiv a rezistentei de descarcare R; primul comutator electronic ultrarapid, K1, permite alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de la sursa de tensiune de putere, in regim normal de functionare precum si decuplarea sursei de tensiune de putere atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid, K2, permite cuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 pe o rezistenta de descarcare R, in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat precum si decuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de rezistenta de descarcare R in regim normal de functionare; daca toate bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare se afla in starea de supraconductie, caz in care comutatorul electronic ultrarapid K1 se gaseste in starea inchis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se gaseste in starea deschis, prin ansamblul de bobine supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 circula curentul continuu impus de sursa de putere si de inductivitatea totala a ansamblului bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8; atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, caz in care initial amindoua comutatoarele electronice ultrarapide K1 si K2 sunt inchise, pentru un timp $t_{MQ}=800$ ns, deoarece comutatorul electronic ultrarapid K2 primeste comanda sa comute in starea inchis; dupa scurgerea timpului $t_{MQ}=800$ ns, in secventa urmatoare, comutatorul electronic ultrarapid K1 primeste comanda sa comute in starea deschis, decuplind sursa de putere de ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8, astfel incit in final ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8 se va afla in paralel cu rezistenta de descarcare, R; timpul de detectie a quench-ului t_{MQ} este diferenta dintre momentul realizarii comenzii de dezactivare a comutatorului electronic ultrarapid K1 (momentul tranzitiei semnalului U_{Q1} din „1” logic in „0” logic) si momentul realizarii comenzii de activare a comutatorului electronic ultrarapid K2 (momentul tranzitiei semnalului U_{Q2} din „0” logic in „1” logic); timpul de reactie t_R , este suma dintre timpul de detectie a quench-ului t_{MQ} , timpul de comutatie al driverului t_{DRIVER} si timpul de comutatie al tranzistoarelor IGBT utilizate; protecta activa realizeaza o detectie a quench-ului in timpul maxim $t_Q=800$ ns, iar timpul de reactie este de maxim $t_R=3.5$ μ s; protecta activa utilizeaza un sistem de doua comutatoare electronice ultrarapide K1 si K2, realizate cu componente active de tipul tranzistoare de mare putere cu baza izolata IGBT, cu comanda in tensiune, capabile sa comute in timpi de ordinul aproximativ $t_{IGBT}=1$ μ s si un sistem de drivere specifice asociate tranzistoarelor IGBT, capabile sa comute in timpi de ordinul aproximativ $t_{DRIVER}=1.5$ μ s.

Avantajele inventiei sunt urmatoarele:

- realizeaza detectia individuala a normalizarii oricareia dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare, pentru un timp sub $1 \mu\text{s}$, tipic 800 ns ;
- realizeaza un timp de reactie de maxim $t_R=3.5\mu\text{s}$, astfel incit efectele termice datorate normalizarii oricareia dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare sa nu afecteze bobinajul;
- realizeaza o decuplare a sursei de putere ce alimenteaza ansamblul de bobine supraconductoare multipolare BS1,...,BS8, conform inventiei, in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, prin intermediul unui comutator electronic ultrarapid, K1, realizat cu un tranzistor de mare putere cu baza izolata IGBT, cu comanda in tensiune, capabil sa comute in timpi de ordinul aproximativ $t_{\text{IGBT}} = 1 \mu\text{s}$;
- realizeaza trecerea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare in paralel pe o rezistenta de descarcare R, si decuplarea acestuia de la sursa de putere, conform inventiei, prin intermediul unui comutator electronic ultrarapid, K2, realizat cu un tranzistor de mare putere cu baza izolata IGBT, cu comanda in tensiune, capabil sa comute in timpi de ordinul aproximativ $t_{\text{IGBT}} = 1 \mu\text{s}$;
- realizeaza prin trecerea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare in paralel pe o rezistenta de descarcare R, o energie descarcata in intervalul de valori $W_D=1\text{kJ} - 10\text{kJ}$;
- permite identificarea bobinei care s-a normalizat, in vederea verificarii integritatii acesteia.

Se da in continuare un exemplu de realizare al inventiei in legatura cu fig. 1, care reprezinta:

- fig. 1. Schema bloc a protectiei active pentru ansamblul de bobine supraconductoare multipolare, BS1,...,BS8, conform inventiei;
- fig. 2. Oscilogramele semnalelor interne, realizate pentru o baza de timp a osciloscopului digital LeCroy Wave Jet 324, setata la 200 ns , U_{M1} (galben) de comanda a activarii/dezactivarii comutatoarelor electronice ultrarapide K2/K1, aplicat circuitelor electronice digitale integrate in blocul driver, fig. 1., U_{Q2} (violet) de comanda a activarii comutatorului electronic ultrarapid K2 si U_{Q1} (verde) de comanda a dezactivarii comutatorului electronic ultrarapid K1, aplicate blocului electronic driver, BD, fig. 1., in cazul in care cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, conform inventiei.

Protectia activa pentru ansamblul de bobine multipolare, conform inventiei, fig. 1., este alcatuita din urmatoarele module:

- Modulul 1 – Modulul de conditionare a semnalului util;
- Modulul 2 – Modulul de putere;
- Modulul 3 – Modulul de prelucrare analogica a semnalului util;
- Modulul 4 – Modulul surselor de tensiune stabilizate.

Modulul 1 denumit modulul de conditionare a semnalului util, fig. 1, este format din: un numar multiplu de 2, de la 2 pina la 8 blocuri electronice amplificatoare cu izolare galvanica, in functie de numarul de bobine supraconductoare ale ansamblului, BIG1, BIG2,...,BIG8, cu rolul de a conditiona individual semnalul util provenit de la fiecare bobina supraconductoare in parte, conform inventiei. Pentru fiecare dintre amplificatoarele cu izolare galvanica s-au separat sursele stabilizate diferentiale de alimentare, astfel :

- amplificatoarele de intrare, care preiau semnalul util sunt dispuse in paralel cu bobinele supraconductoare BS1,...,BS8 si sunt alimentate de la sursele stabilizate diferentiale ce furnizeaza tensiunile : $(+U_{11}, -U_{12}), (+U_{21}, -U_{22}), \dots, (+U_{81}, -U_{82})$, fig. 1;

- amplificatoarele de iesire, izolate galvanic de amplificatoarele de intrare, sunt alimentate de la sursa stabilizata diferentiala ce furnizeaza tensiunile : (U_+ , U_-), fig. 1. In acest mod, se asigura functionarea, adica detectia individuala in cazul normalizarii (in urma iesirii din starea de supraconductie) a oricareia dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8, cu izolarea galvanica a semnalului util rezultat, precum si cu izolarea surselor de alimentare.

Modulul 2, denumit modulul de putere, fig. 1, este format din: sursa de putere, capabila sa furnizeze o tensiune in intervalul $U = (0 - 8) V$ respectiv un curent prin ansamblul de bobine semiconductoare in intervalul $I = (0-300) A$, doua comutatoare electronice ultrarapide comandate, K 1 si K 2, realizate cu ajutorul tranzistoarelor de mare putere IGBT si R – rezistenta de descarcare cu rolul de a prelua energia magnetica inmagazinata in bobina supraconductoare cu inductanta L, $W = Li_1^2/2$, sub forma de energie disipata Joule, $W_j = Ri_2^2$, energia descarcata este in intervalul 1kJ – 10kJ, in cazul normalizarii a cel putin uneia dintre bobinele supraconductoare BS1,...,BS8. Primul comutator electronic ultrarapid, K1, permite alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de la sursa de tensiune de putere, in regim normal de functionare precum si decuplarea sursei de tensiune de putere atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat. Cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid, K2, permite cuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 pe o rezistenta de descarcare R, in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat precum si decuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de rezistenta de descarcare R in regim normal de functionare cind toate bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare se afla in starea de supraconductie, caz in care comutatorul electronic ultrarapid K1 se gaseste in starea inchis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se gaseste in starea deschis. Daca bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 sunt in stare de supraconductie, comutatorul electronic ultrarapid K1 este in starea inchis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se gaseste in starea deschis ; in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat se realizeaza de catre blocul electronic driver, BD, fig. 1., urmatoarea secventa logica: initial amindoua comutatoarele electronice ultrarapide K1 si K2 sunt inchise, pentru un timp $t_{MQ}=800 ns$, fig. 2, deoarece comutatorul electronic ultrarapid K2 primeste comanda sa comute in starea inchis; dupa scurgerea timpului $t_{MQ}=800 ns$, in secventa urmatoare, comutatorul electronic ultrarapid K1 primeste comanda sa comute in starea deschis, decuplind sursa de putere de ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8, astfel incit in final ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8 se va afla in paralel cu rezistenta de descarcare, R, fig. 1.

Modulul 3 denumit modulul de prelucrare analogica a semnalului util, fig. 1, este format din: blocul electronic sumator analogic de precizie, BS, cu rolul de a suma semnalele provenite de la blocurile electronice amplificatoare cu izolare galvanica, BIG1, BIG2,...BIG8, blocul electronic amplificator de precizie, BAP, cu rolul de a amplifica (cu amplificarea $A = 10$ si factorul de rejectie a modului comun $CMRR = 100 dB$) semnalul analogic de la iesirea blocului electronic sumator analogic de precizie, blocul electronic ce realizeaza functia matematica modul, BM, ce prezinta la iesire valoarea absoluta a semnalului de la iesirea blocul electronic amplificator de precizie, si blocul electronic driver, BD, ce realizeaza comanda celor doua comutatoare electronice ultrarapide K1 si K2 care sunt realizate cu tranzistoare de mare putere IGBT. Diagrama de timp reprezentata in fig. 2. prezinta modul cum sunt comandate cele doua comutatoare electronice ultrarapide K1 si K2, semnalele U_{Q2} (violet) de comanda a activarii comutatorului electronic ultrarapid K2 si U_{Q1} (verde) de comanda a dezactivarii comutatorului electronic ultrarapid K1, aplicate blocului electronic driver, BD, fig. 1., in cazul in care cel putin una

dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, conform inventiei.

Modulul 4, denumit modulul surselor de tensiune stabilizate, fig. 1, este format din blocul electronic al surselor de alimentare diferentiale: $(+U_{11}, -U_{12}), (+U_{21}, -U_{22}), \dots, (+U_{81}, -U_{82})$ ce alimenteaza amplificatoarele de intrare, care preiau semnalul util in paralel cu bobinele supraconductoare BS1,...,BS8; blocul electronic al surselor de alimentare diferentiale: (U_+, U_-) ce alimenteaza amplificatoarele de iesire, izolate galvanic fata de amplificatoarele de intrare, blocul electronic sumator analogic de precizie, BS, blocul electronic amplificator de precizie, BAP si blocul electronic ce realizeaza functia matematica modul; precum si blocul electronic al surselor de alimentare cu izolare galvanica: (US_+, US_-) ce alimenteaza blocul electronic driver, BD.

Protectia activa pentru ansamblu de bobine supraconductoare multipolare, a carei schema bloc este data in fig. 1, conform inventiei, functioneaza in modul urmatoare:

- constructiv: un numar multiplu de 2, de la 2 pina la 8 bobine supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 formind ansamblul de bobine supraconductoare multipolare sunt inseriate; un numar multiplu de 2, de la 2 pina la 8 blocuri electronice amplificatoare cu izolare galvanica, egal cu numarul de bobine supraconductoare stabilit anterior ale ansamblului, BIG1, BIG2,...,BIG8, avind rolul de a conditiona individual semnalul util provenit de la fiecare bobina supraconductoare in parte, conform inventiei, se dispun in paralel cu fiecare bobina supraconductoare in parte. Cele doua comutatoare electronice ultrarapide, fig.1., K1 respectiv K2 realizeaza conectarea si deconectarea sursei de tensiune de putere respectiv a rezistentei de descarcare R. Primul comutator electronic ultrarapid, K1, permite alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de la sursa de tensiune de putere, in regim normal de functionare, cind toate bobinele supraconductoare sunt in starea de supraconductie, precum si decuplarea sursei de tensiune de putere atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat. Cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid, K2, permite cuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 pe o rezistenta de descarcare R, in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat precum si decuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de rezistenta de descarcare R in regim normal de functionare, cind toate bobinele supraconductoare sunt in starea de supraconductie.

- functional: daca toate bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare se afla in starea de supraconductie, caz in care comutatorul electronic ultrarapid K1 se gaseste in starea inchis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se gaseste in starea deschis, prin ansamblul de bobine supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 circula curentul continuu impus de sursa de putere si de inductivitatea totala a ansamblului bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8. Atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, fig. 1, caz in care initial amindoua comutatoarele electronice ultrarapide K1 si K2 sunt inchise, pentru un timp $t_{MQ}=800$ ns, fig. 2, deoarece comutatorul electronic ultrarapid K2 primeste comanda sa comute in starea inchis. Dupa scurgerea timpului $t_{MQ}=800$ ns, in secventa urmatoare, comutatorul electronic ultrarapid K1 primeste comanda sa comute in starea deschis, decuplind sursa de putere de ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8, astfel incit in final ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8 se va afla in paralel cu rezistenta de descarcare, R, fig. 1. In fig. 2. se defineste timpul de detectie a quench-ului t_{MQ} ca fiind diferenta dintre momentul realizarii comenzii de dezactivare a comutatorului electronic ultrarapid K1 (momentul tranzitiei semnalului U_{Q1} din „1” logic in „0” logic) si momentul realizarii

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 supraconductoare.

Caracteristicile tehnice ale protecției active pentru ansamblu de bobine supraconductoare 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 comanda în tensiune, capabile să comute în timpi de ordinul aproximativ $t_{IGBT}=1$ μ s;
- un sistem de drivere 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 descarcată este în intervalul 1 kJ – 10 kJ

Revendicari

1. Protectia activa pentru ansamblu de bobine supraconductoare multipolare, caracterizat prin aceea ca, este constituita din: modulul 1 care este modulul de conditionare a semnalului util, modulul 2 este modulul de putere, modulul 3 este modulul de prelucrare analogica a semnalului util, modulul 4 este modulul surselor de tensiune stabilizate; functioneaza in modul urmator: doua comutatoare electronice ultrarapide, fig.1., K1 respectiv K2 realizeaza conectarea si deconectarea sursei de tensiune de putere respectiv a rezistentei de descarcare R; primul comutator electronic ultrarapid, K1, permite alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de la sursa de tensiune de putere, in regim normal de functionare precum si decuplarea sursei de tensiune de putere atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid, K2, permite cuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 pe o rezistenta de descarcare R, in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat precum si decuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de rezistenta de descarcare R in regim normal de functionare; daca toate bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare se afla in starea de supraconductie, caz in care comutatorul electronic ultrarapid K1 se gaseste in starea inchis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se gaseste in starea deschis, iar prin ansamblul de bobine supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 circula curentul continuu impus de sursa de putere si de inductivitatea totala a ansamblului bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8; atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat, caz in care initial amindoua comutatoarele electronice ultrarapide K1 si K2 sunt inchise, pentru un timp $t_{MQ}=800$ ns, deoarece comutatorul electronic ultrarapid K2 primeste comanda sa comute in starea inchis; dupa scurgerea timpului $t_{MQ}=800$ ns, in secventa urmatoare, comutatorul electronic ultrarapid K1 primeste comanda sa comute in starea deschis, decuplind sursa de putere de ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8, astfel incit in final ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8 se va afla in paralel cu rezistenta de descarcare, R; timpul de detectie a quench-ului t_{MQ} este diferenta dintre momentul realizarii comenzii de dezactivare a comutatorului electronic ultrarapid K1 (momentul tranzitiei semnalului U_{Q1} din „1” logic in „0” logic) si momentul realizarii comenzii de activare a comutatorului electronic ultrarapid K2 (momentul tranzitiei semnalului U_{Q2} din „0” logic in „1” logic); iar timpul de reactie t_R , este suma dintre timpul de detectie a quench-ului t_{MQ} , timpul de comutatie al driverului t_{DRIVER} si timpul de comutatie al tranzistoarelor IGBT utilizate; protecta activa realizeaza o detectie a quench-ului in timpul maxim $t_Q=800$ ns, iar timpul de reactie este de maxim $t_R=3.5$ μ s; protecta activa utilizeaza, un sistem de doua comutatoare electronice ultrarapide K1 si K2, realizate cu componente active de tipul tranzistoare de mare putere cu baza izolata IGBT, cu comanda in tensiune, capabile sa comute in timpi de ordinul aproximativ $t_{IGBT}=1$ μ s si un sistem de drivere specifice asociate tranzistoarelor IGBT, capabile sa comute in timpi de ordinul aproximativ $t_{DRIVER}=1.5$ μ s.

2. Protectia activa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca modulul 1, denumit modulul de conditionare a semnalului util, este alcatuit dintr-un numar multiplu de 2, de la 2 pina la 8 blocuri electronice amplificatoare cu izolare galvanica, in functie de numarul de bobine supraconductoare ale ansamblului, BIG1, BIG2,...,BIG8, cu rolul de a conditiona individual semnalul util provenit de la fiecare bobina supraconductoare in parte; pentru fiecare dintre amplificatoarele cu izolare galvanica s-au separat sursele stabilizate diferentiale de alimentare, astfel: amplificatoarele de intrare, care preiau semnalul util in paralel cu bobinele supraconductoare BS1,...,BS8 sunt alimentate de la sursele stabilizate diferentiale ce furnizeaza tensiunile: $(+U_{11}, -U_{12}), (+U_{21}, -U_{22}), \dots, (+U_{81}, -U_{82})$, iar

amplificatoarele de iesire, izolate galvanic de amplificatoarele de intrare, sunt alimentate de la sursa stabilizata diferentiala ce furnizeaza tensiunile : (U_+ , U_-).

3. Protectia activa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca modulul 2, denumit modulul de putere, este format din: sursa de putere, capabila sa furnizeze o tensiune in intervalul $U = (0 - 8) V$ respectiv un curent prin ansamblul de bobine semiconductoare in intervalul $I = (0-300) A$, doua comutatoare electronice ultrarapide comandate, K 1 si K 2, realizate cu ajutorul tranzistoarelor de mare putere IGBT, si R – rezistenta de descarcare cu rolul de a prelua energia magnetica inmagazinata in bobina supraconductoare cu inductanta L, $W = Li_1^2/2$, sub forma de energie disipata Joule, $W_j = Ri_2^2$, energia descarcata este in intervalul 1kJ – 10kJ, in cazul normalizarii a cel putin uneia dintre bobinele supraconductoare BS1,...,BS8 ; primul comutator electronic ultrarapid, K1, permite alimentarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de la sursa de tensiune de putere, in regim normal de functionare precum si decuplarea sursei de tensiune de putere atunci cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat; cel de-al doilea comutator electronic ultrarapid, K2, permite cuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 pe o rezistenta de descarcare R, in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat precum si decuplarea bobinelor supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 de rezistenta de descarcare R in regim normal de functionare cind toate bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare se afla in starea de supraconductie, caz in care comutatorul electronic ultrarapid K1 se gaseste in starea inchis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se gaseste in starea deschis; daca bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 sunt in stare de supraconductie, comutatorul electronic ultrarapid K1 este in starea inchis, iar comutatorul electronic ultrarapid K2 se gaseste in starea deschis; in cazul cind cel putin una dintre bobinele supraconductoare multipolare BS1,...,BS8 ale ansamblului de bobine supraconductoare multipolare s-a normalizat se realizeaza urmatoarea secventa logica: initial amindoua comutatoarele electronice ultrarapide K1 si K2 sunt inchise, pentru un timp $t_{MQ}=800 ns$, deoarece comutatorul electronic ultrarapid K2 primeste comanda sa comute in starea inchis; dupa scurgerea timpului $t_{MQ}=800 ns$, in secventa urmatoare, comutatorul electronic ultrarapid K1 primeste comanda sa comute in starea deschis, decuplind sursa de putere de ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8, astfel incit in final ansamblul de bobine supraconductoare BS1,...,BS8 se va afla in paralel cu rezistenta de descarcare.

4. Protectia activa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca modulul 3, denumit modulul de prelucrare analogica a semnalului util, este format din: blocul electronic sumator analogic de precizie, BS, cu rolul de a suma semnalele provenite de la blocurile electronice amplificatoare cu izolare galvanica, BIG1, BIG2,...,BIG8, blocul electronic amplificator de precizie, BAP, cu rolul de a amplifica (cu amplificarea $A = 10$ si factorul de rejectie a modului comun $CMRR = 100 dB$) semnalul analogic de la iesirea blocului electronic sumator analogic de precizie, blocul electronic ce realizeaza functia matematica modul, BM, ce prezinta la iesire valoarea absoluta a semnalului de la iesirea blocul electronic amplificator de precizie, si blocul electronic driver, BD, ce realizeaza comanda celor doua comutatoare electronice ultrarapide K1 si K2 care sunt realizate cu tranzistoare de mare putere IGBT.

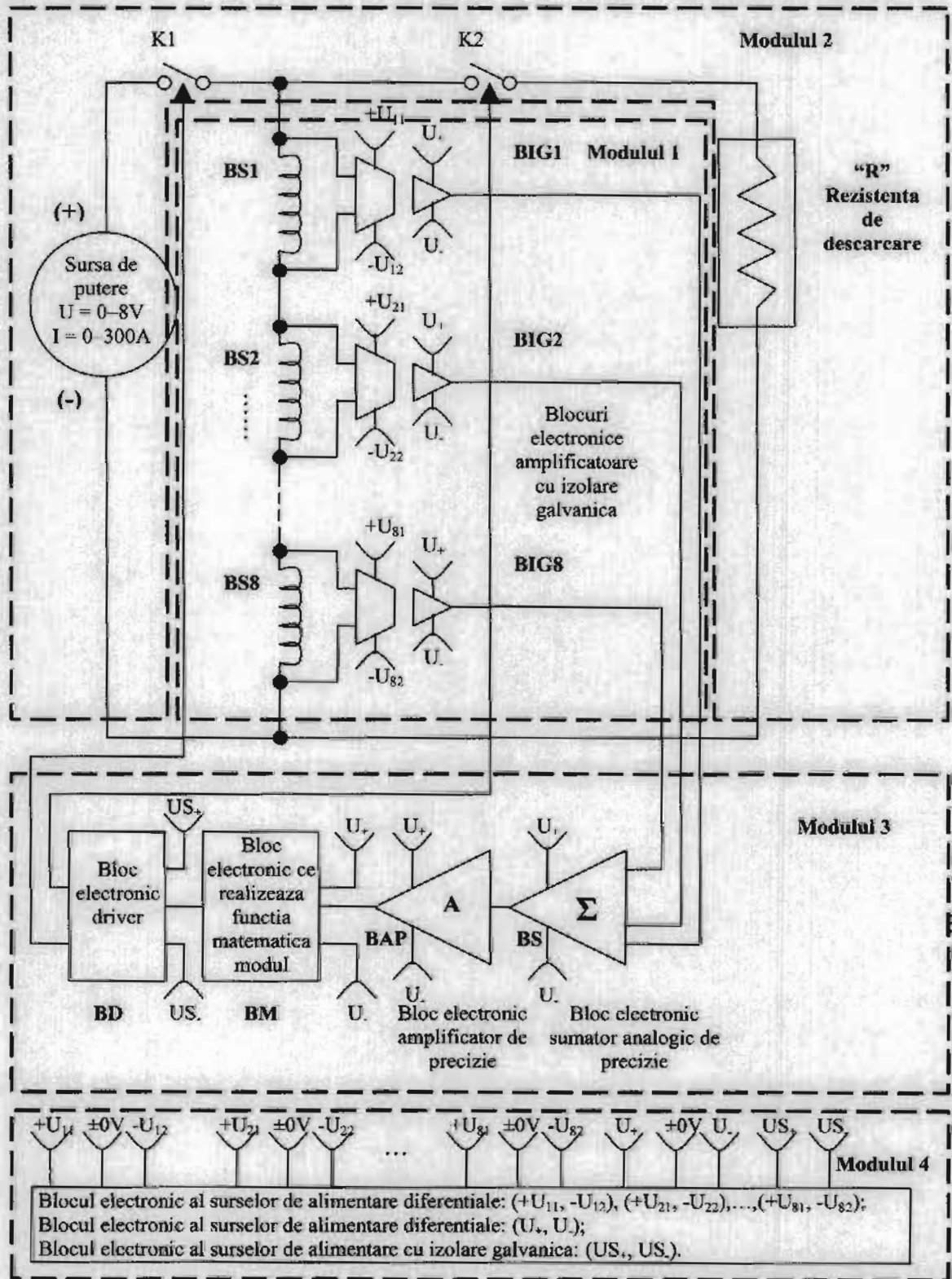


Fig. 1.

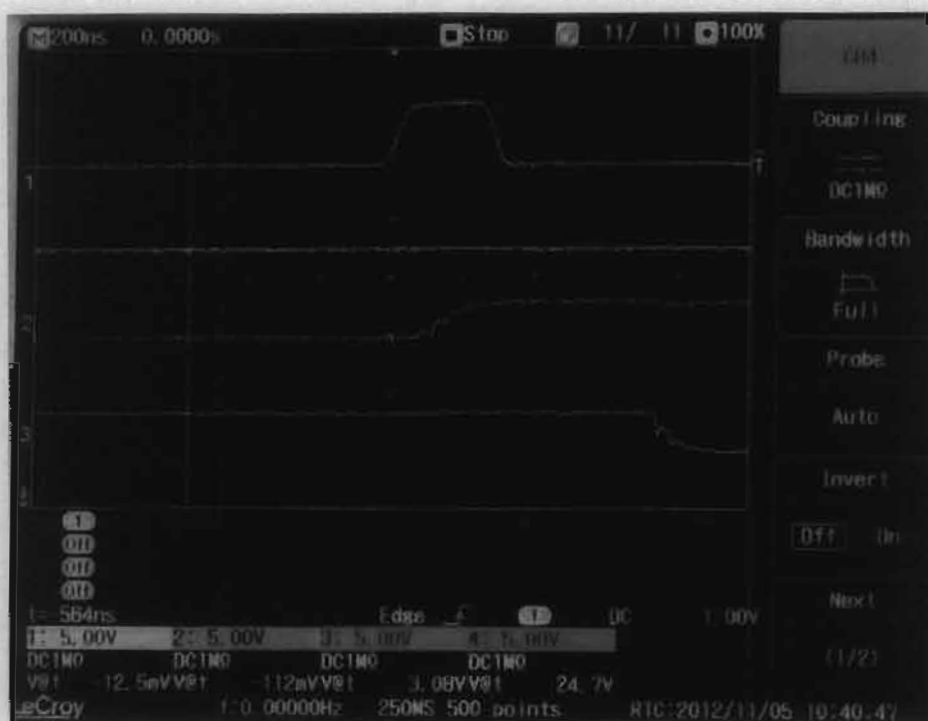


Fig. 2.