



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00279**

(22) Data de depozit: **10/05/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2023** BOPI nr. **2/2023**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2018 BOPI nr. **11/2018**

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

(72) Inventatori:
• **DOBRIN ION, STR.BABA NOVAC NR.22,
BL.24 C, SC.B, ET.2, AP.67, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **POPOVICI IULIU ROMEO,
CALEA GRIVIȚEI NR.403, BL.R, SC.C, ET.3,
AP.16, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **DOBRIN ANDREI,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 62, BL. G14,
AP. 16, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **ENACHE DAN, STR. CĂLĂRAȘI NR. 24,
FETEȘTI, IL, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2012025821 (A1); RO 129129 A2

(54) **SISTEM CRIOGENIC DE RĂCIRE A BOBINELOR
SUPRACONDUCTOARE CILINDRICE**

Examinator: ing. **PURDEL DAN**



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 132949 B1

1 Invenția se referă la un sistem criogenic de răcire a bobinelor supraconductoare cilindrice cu aplicații în domeniul acceleratoarelor de particule.

3 Se cunosc următoarele soluții tehnice:

5 Generator supraconductor de camp magnetic intens CBI nr. **A/00352/18.05.2012**, care se referă la un magnet supraconductor cu două bobine supraconductoare răcite de un criocooler, și protejate la radiația termică de un ecran termic, totul amplasat într-o incintă vidată, criostatul prezintă un canal axial care trece prin magnetul supraconductor și un alt canal pentru introducerea probei de studiu.

9 Ansamblu magnetic supraconductor dipolar, CBI nr. **A/01071/08.11.2010**, care conține un magnet supraconductor ce prezintă un canal axial, format din două bobine supraconductoare amplasate în interiorul miezului de fier și răcite de un criocooler.

11 Ansamblu bobină supraconductoare și celula de măsură, CBI nr. **A/00750/28.07.2011** se referă la o bobină supraconductoare plasată într-un criostat cu celula de măsură amplasată coaxial cu bobina supraconductoare, proba supusă măsurătorilor este poziționată exact în centrul bobinei supraconductoare.

13 Soluțiile menționate prezintă următoarele dezavantaje:

- 17 - durată mare de răcire (3-4 zile);
- răcire directă prin conducție termică, cu eficiență redusă.

19 Se mai cunosc și alte soluții tehnice, utilizate în domeniul acceleratoarelor de particule actuale, ca de exemplu:

21 - soluții de răcire cu heliu lichid care utilizează heliul din tancuri de alimentare de mari dimensiuni, care necesită fabrici de lichefiere cu costuri mari și pierderi mari (utilizate de către CERN-Geneva, FAIR, Darmstadt- Germania, IUCN- DUBN, Rusia).

23 Aceste soluții prezintă următoarele dezavantaje:

- 25 - consum mare de Helium lichid;
- consum de azot lichid;
- 27 - preț de cost ridicat;
- echipamente și tehnologii complexe;
- 29 - riscuri mărite pentru personalul de exploatare.

31 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui sistem criogenic de răcire a bobinelor supraconductoare de formă cilindrică utilizate în acceleratoare de particule pentru generarea de câmpuri magnetice intense (3-7 T), cu diverse geometrii (dipolar, cvadripolar, sextupolar, etc.) și destinații (deviere flux particule, corectare traiectorie flux particule sau corijare dimensiuni și geometrie secțiune flux particule), care realizează un circuit închis pentru heliu, cu condensarea heliului gazos rezultat din procesul de răcire a bobinelor supraconductoare.

37 Sistem criogenic de răcire a bobinelor supraconductoare cilindrice, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că, este alcătuit dintr-un criorăcitor cu rolul de a răci atât incinta de condensare și elementele pentru condensare la temperatura de 4 K în scopul condensării heliului gazos în heliu lichid, de către capul de răcire de 4 K cât și ecranul termic la temperatura de 50 K prin intermediul capului de răcire de 50 K cu scopul de a reduce radiația termică a criostatului (aflat la temperatura de 300 K) către: incinta de condensare, serpentina de răcire pentru bobinele supraconductoare și tuburile de acces heliu gaz respectiv de scurgele heliu lichid și canalul central; un criostat cu rolul de a izola termic întregul sistem prin vidare la o presiune de ordinul $10^{-5} \dots 10^{-6}$ torr.

43 Invenția prezintă următoarele avantaje:

- 47 - elimină consumul de heliu gazos/lichid prin utilizarea lui într-un circuit închis;
- simplificare constructivă cu eliminarea vaselor Dewar pentru stocarea Heliului lichid

49 și a sistemelor de transvazarea a acestuia;

RO 132949 B1

- nu necesită consum de agenți criogenici;	1
- necesită doar utilizarea curentului electric;	
- funcționare economică cu fiabilitate ridicată;	3
- elimină riscurile de accidentare a personalului operator și a pericolului de asfixiere, mărind siguranța în exploatare.	5
Se dă în continuare un exemplu de realizare al invenției în legătura cu fig. 1 care reprezintă:	7
- fig. 1, schema de principiu a sistemului, conform invenției.	
Sistemul criogenic de răcire a bobinelor supraconductoare cilindrice, conform invenției, este alcătuit din:	9
Criorăcitor 1 , este un dispozitiv care funcționează în ciclu închis cu heliu gaz, și realizează prin destindere adiabatică, răcirea a două capete: primul capăt ajunge la o temperatură de lucru de 50 K iar cel de-al doilea capăt, ajunge la o temperatură de lucru de 4 K. La primul capăt de răcire, este cuplat un ecran termic 3 , care are rolul de a izola incinta de condensare Helium 4 de radiația termică a criostatului 2 . Cel de-al doilea capăt de răcire este cuplat la incinta de condensare a heliului 4 , și la elementele de condensare 5 .	11 13 15
Criostatul criorăcitorului 2 este o incintă vidată realizată din oțel inoxidabil și prevăzută la interior cu pereți dubli, pentru vidarea lor în scopul asigurării unei izolații termice față de exterior, și care asigură și susținerea mecanică a criorăcitorului 1 .	17 19
Ecranul termic 3 este destinat preluării influxurilor termice radiative și conductive dinspre exterior (criostatul 2) spre zona incintei de condensare 4 . Este alcătuit dintr-o carcasă cilindrică de cupru cu grosimea de 1 mm.	21
Incinta de condensare a heliului 4 , are rolul de a condensa heliul gazos prin intermediul tubului de acces heliu gaz 7 , provenit de la răcirea bobinelor supraconductoare 11 și de colectare a heliului lichid provenit din condensarea gazului în elementele de răcire 5 , prin intermediul tubului de scurgere 6 , către serpentina de răcire 9 . Este alcătuită dintr-o carcasă din oțel inoxidabil și este supusă unei de presiuni de maxim 1,5 atm.	23 25 27
Elementele de condensare 5 , au formă conică și sunt realizate din cupru cu grosime de 0,2-0,5 mm, montate pe un suport cilindric de cupru 5.a. , care are rolul de răcire a acestora la temperatura de 4 K, prin contactul direct cu capătul rece de 4 K a criorăcitorului 2 . Elementele de condensare 5 au rolul de a condensa gazul de heliu și de a colecta heliul lichid obținut.	29 31
Criostatul bobinelor supraconductoare 8 este o incintă din oțel inoxidabil cu pereți dubli vidați, pentru asigurarea izolării termice de mediul ambiant a ansamblului de bobine supraconductoare 11 . Incinta este de asemenea vidată, la un nivel minim de 10^{-5} torr pentru evitarea conducțiilor termice în gaz.	33 35
Serpentina de răcire 9 , este realizată dintr-un tub de oțel inox cu un număr de spire corespunzător lungimii bobinelor supraconductoare și asigură răcirea prin transfer termic conductiv a bobinelor supraconductoare 11 , și a suportului bobinelor supraconductoare 10 la temperatura de lucru 4.2-5 K; în cazul concret al exemplului de realizare, s-au folosit un număr de 26 spire.	37 39 41
Bobinele supraconductoare cilindrice 11 , realizate din sârmă supraconductoare de tip NbTi (diametru 0,1-1 mm, temperatura critică 9 K), sub formă planară, se amplasează direct pe serpentina de răcire 9 prin trecerea de la forma planară la forma cilindrică a bobinelor supraconductoare. Acestea pot fi dipolare, cvadripolare sau sextupolare, funcție de scopul urmărit (tipul de camp magnetic generat - dipolar, cvadripolar, sextupolar).	43 45

RO 132949 B1

1 Canalul de trecere **12**, realizat din oțel inoxidabil, are rolul de a permite accesul parti-
culelor accelerate în zona de câmp magnetic produs, cu scopul corectării dimensiunilor și
3 formei fluxului de particule, prin acțiunea câmpului magnetic produs de bobinele supra-
conductoare **11**.

5 Caracteristicile sistemului criogenic de răcire sunt următoarele:

7 - criorăcitor de tip Gifford-McMahon, cu două trepte de răcire: treapta 1 cu o putere
termică de 35 W și o temperatură finală de 50 K și respectiv treapta a doua de răcire, cu o
putere termică de 1,5 W și o temperatură de lucru de 4 K;

9 - sistemul funcționează în circuit închis, heliul gazos aflându-se la o presiune de 1
atm, asigurând un debit de 0,2-0,5 l/oră.

11 Sistemul criogenic de răcire a bobinelor supraconductoare cilindrice, conform
invenției, funcționează astfel:

13 Incinta criostatului **2** se vedează la o presiune de 10^{-5} - 10^{-6} mbar. Se pune în funcțiune
criorăcitorul **1**, se așteaptă un interval de 8-10 ore pentru răcirea criorăcitorului la tempe-
15 raturile de lucru (50 K respectiv 4 K). Heliul gazos introdus în prealabil în circuitul format de
serpentina de răcire **9** și respectiv tuburile de scurgere **6** și respectiv de acces gaz **7**
17 împreună cu incinta de condensare heliu **4**, se va condensa în formă lichidă și se va scurge
prin tubul de scurgere **6**, către serpentina de răcire a bobinelor supraconductoare **9**. Datorită
19 transferului termic din serpentina de răcire **9**, lichidul se va evapora și va trece în faza de
gaz, întorcându-se astfel în incinta de condensare **4**, prin intermediul tubului de acces **7**.
21 Astfel, procesul de condensare a heliului gazos este reluat și o nouă cantitate de heliu lichid
va ajunge în serpentina de răcire **9**. Procesul de răcire astfel descris va continua până la
23 atingerea temperaturii finale de 4,2 K pentru bobinele supraconductoare cilindrice **11**.

25 Soluția constructivă de răcire indirectă (prin intermediul serpentinei de răcire **9**) a
bobinelor supraconductoare **11** cu ajutorul heliului lichid produs în incinta de condensare **4**,
permite funcționarea bobinelor supraconductoare cilindrice **11** în stare supraconductoare
27 stabilă (4,2 K). De asemenea, există posibilitatea utilizării canalului central **12** la temperaturi
de ~100 K pentru trecerea fluxului de particule accelerate.

RO 132949 B1

Revendicare

1

Sistemul criogenic de răcire a bobinelor supraconductoare cilindrice, cu heliu, în circuit închis, în două trepte de temperatură de 50 K și respectiv de 4K, echipat cu criorăcitor Gifford-McMahon și canal central pentru trecerea fluxului de particule, **caracterizat prin aceea că**, mai conține o serpentină (9) de răcire montată concentric cu bobina supraconductoare (11) la interiorul acesteia și pe toată lungimea ei, o incintă (4) de condensare a heliului gazos în heliu lichid, prevăzută cu niște elemente de condensare (5) și amplasată în interiorul unui ecran termic (3) aflat la temperatura de 50 K din interiorul criostatului (2), un tub pentru acces (7) heliu gazos din serpentina (9) de răcire către incinta (4) de condensare și un tub pentru scurgere (6) a heliului lichid din incinta (4) de condensare către serpentina (9) de răcire a bobinei supraconductoare (11).

11

