



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

**0 014 766
A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 79105293.9

51 Int. Cl.³: **H 01 H 1/00**

22 Anmeldetag: 20.12.79

H 01 F 5/08, H 01 F 7/22
//H01H1/02, H01H1/06,
H01H1/62

30 Priorität: 18.01.79 DE 2901892

71 Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin
und München
Postfach 22 02 61
D-8000 München 22(DE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.09.80 Patentblatt 80/18

72 Erfinder: **Hieronimus, Hans**
Bunsenstrasse 60
D-8520 Erlangen(DE)

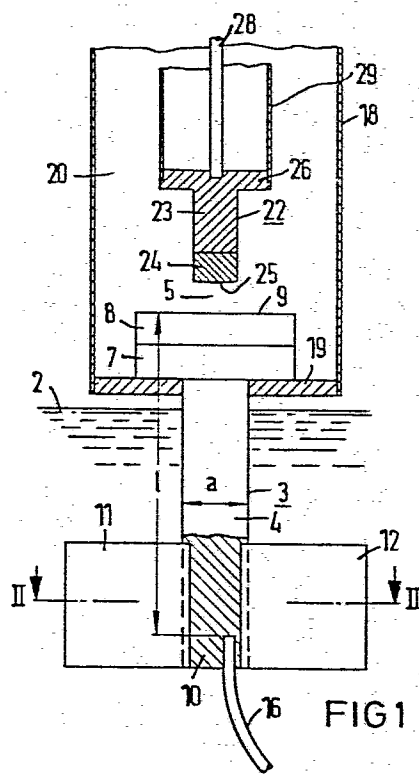
84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB

64 **Stromzuführungsvorrichtung für eine supraleitende Magnetspule.**

57 Die Erfindung betrifft eine Stromzuführungsvorrichtung für eine supraleitende, kurzschließende Magnetspule mit einer Trennvorrichtung pro Spulenende, die ein ortsfestes, gekühltes Kontaktteil und ein bewegliches, mit einer Stromversorgungseinrichtung verbundenes Kontaktteil sowie eine mechanische Betätigungsvorrichtung zum Aneinanderfügen bzw. Trennen der Kontaktteile enthält. Beim Aneinanderfügen des erwärmten Kontaktteils an das gekühlte Kontaktteil können jedoch verhältnismäßig große Wärmemengen auf das gekühlte Kontaktteil und somit auf das mit ihm verbundene supraleitende Spulenende übertragen werden und dort Normleitung hervorrufen. Die Erfindung sieht deshalb vor, daß das Massenverhältnis von gekühltem Kontaktteil (3) zu beweglichem Kontaktteil (22) mindestens 5:1, vorzugsweise mindestens 10:1 beträgt und daß das gekühlte Kontaktteil (3) an seinem dem Kontaktbereich (5) abgewandten Ende (10) mit Mitteln zur Oberflächenvergrößerung wie beispielsweise Kühlfahnen (11, 12) versehen und mit dem Spulenende (16) verbunden ist und einen Wärmewiderstand zwischen dem Kontaktbereich (5) und dem Spulenende (16) pro 1000 A zu übertragenden Strom von mindestens 0,2 K/W, vorzugsweise mindestens 0,5 K/W hat (Fig. 1).

EP 0 014 766 A1

./...



SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 79 P 7 5 0 3 EUR

5 Stromzuführungsvorrichtung für eine supraleitende
Magnetspule

Die Erfindung bezieht sich auf eine Stromzuführungs-
vorrichtung für eine von einem kryogenen Medium ge-
10 kühlte supraleitende Magnetspule, deren Spulenenden
über einen Dauerstromschalter kurzzuschließen sind,
mit einer Trennvorrichtung pro Spulenende, die ein
ortsfestes, mit dem jeweiligen Spulenende verbundenes
und von dem kryogenen Medium mitgekühltes Kontaktteil
15 und ein bewegliches, mit einer Stromversorgungsein-
richtung verbundenes Kontaktteil sowie eine mechanische
Betätigungsvorrichtung zum Aneinanderfügen der Kontakt-
teile mit vorbestimmter Kontaktkraft bzw. zu deren
Trennen nach erfolgtem Kurzschließen der Magnetspule
20 enthält.

Für eine Stromeinspeisung in Magnetspulen mit tiefge-
kühlten Supraleitern werden Stromzuführungsvorrich-

tungen benötigt, über die ein elektrischer Strom diesen Leitern von einer auf einem höheren Temperaturniveau, beispielsweise auf Raumtemperatur, befindlichen Stromversorgungseinheit zugeführt wird.

- 5 Die Leiter der Magnetspule werden dabei mit Hilfe eines kryogenen Mediums, beispielsweise mit flüssigem Helium, auf einem Temperaturniveau unterhalb der sogenannten Sprungtemperatur ihres supraleitenden Materials gehalten. Da diese Sprungtemperatur der be-
- 10 kannten supraleitenden Materialien weit unter der Raumtemperatur liegt, werden zur Überbrückung der entsprechenden Temperaturdifferenzen in den Stromzuführungsvorrichtungen Leiterteile aus elektrisch normalleitendem Material wie beispielsweise aus
- 15 Kupfer oder Aluminium verwendet. Diese normalleitenden Leiterteile sind dann mit den Supraleitern der Magnetspule an einer Stelle verbunden, die ebenfalls auf einem Temperaturniveau unterhalb der Sprungtemperatur des Supraleitermaterials gehalten wird.

20

- Ist ein magnetisches Feld einer solchen Magnetspule aufgrund eines entsprechenden Stromes erzeugt, so kann die Spule über einen Dauerstromschalter kurzgeschlossen werden, da ihr dann von außen zur Auf-
- 25 rechterhaltung des Feldes praktisch keine Energie mehr zugeführt zu werden braucht. Nur der Energiebedarf der zur Aufrechterhaltung des supraleitenden Zustandes der Spule benötigten Kälteeinrichtungen ist dann noch zu decken. Als Dauerstromschalter sind
- 30 dabei Schalter mit besonders niedrigem Widerstand geeignet, so daß der Strom dann fast ungedämpft in dem von Spule und Dauerstromschalter gebildeten kurzgeschlossenen Stromkreis fließen kann (vgl. beispielsweise

DE-PS 23 24 371 und DE-OS 27 07 589).

Über die ständig angeschlossenen normalleitenden Leiterteile einer Stromzuführungsvorrichtung wird jedoch dem die Leiter der Magnetspule kühlenden kryogenen Medium immer Wärme zugeführt, obwohl bei erregter und kurzgeschlossener Magnetspule eine Stromzuführung während des Dauerbetriebs nicht mehr benötigt wird. Zur Vermeidung entsprechender Wärmeverluste kann deshalb die Stromzuführungsvorrichtung mit einer Trennvorrichtung versehen sein, um elektrisch und thermisch gut leitende Leiterteile der Stromzuführung, die mit der Stromversorgungseinrichtung auf Raumtemperatur verbunden sind, während des Dauerbetriebs der Magnetspule von Leiterteilen, die sich in dem kryogenen Medium befinden, zu trennen (vgl. beispielsweise die Zeitschrift "Elektrie", Bd. 19 (1965), Heft 4, Seite 179). Eine entsprechende Trennvorrichtung enthält im allgemeinen ein ortsfestes, kaltes Kontaktteil und ein bewegliches, warmes Kontaktteil sowie eine mechanische Betätigungsvorrichtung, mit der die Kontaktteile mit vorbestimmter Kontaktkraft aneinanderzufügen sind bzw. nach dem Kurzschließen der Magnetspule voneinander zu trennen sind.

25

Bei der Gestaltung einer solchen Stromzuführungsvorrichtung mit Trennvorrichtung ergibt sich zwangsläufig die Schwierigkeit, daß das entfernte und etwa auf Raumtemperatur erwärmte Kontaktteil wieder mit dem kalten Kontaktteil in thermische Verbindung zu bringen ist und somit dieses erwärmt. Dabei müssen besonders die sehr unterschiedlichen spezifischen Wärmen dieser beiden Kontaktteile mit berücksichtigt werden. Es besteht dann gegebenenfalls die Gefahr, daß zuviel Wärme in das kalte Kontaktteil und somit

35

in den mit ihm verbundenen Spulenanschluß eingeleitet wird und dann das supraleitende Material zumindest an dieser Stelle normalleitend wird. Diese Gefahr ist hauptsächlich vor einem Entregungsvorgang gegeben, wenn noch der volle Strom in der Magnetspule fließt.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Stromzuführungsvorrichtung mit einer Trennvorrichtung anzugeben, bei der diese Schwierigkeiten wesentlich verringert sind. Insbesondere soll dabei die Temperatur der Verbindungsstelle zum Supraleiter auch unmittelbar nach dem Aneinanderfügen des warmen Kontaktteiles an das kalte Kontaktteil so niedrig zu halten sein, daß bei entsprechender Kühlung der Zuleitungsteile eine unmittelbare Gefahr eines Normalleitend-Werdens der Supraleiter praktisch nicht besteht.

Diese Aufgabe wird für eine Stromzuführungsvorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die folgenden Merkmale gelöst:

- a) das Massenverhältnis von gekühltem Kontaktteil zu beweglichem Kontaktteil beträgt mindestens 5:1,
- b) das gekühlte Kontaktteil ist in Stromführungsrichtung langgestreckt gestaltet und sein dem Kontaktbereich abgewandtes Ende ist mit Mitteln zur Oberflächenvergrößerung versehen und mit dem Spulenende verbunden und
- c) der Wärmewiderstand des gekühlten Kontaktteils zwischen dem Kontaktbereich und der Anschlußstelle des Spulenendes beträgt pro 1000 A maximal zu übertragenden Strom mindestens 0,2 K/W.

Unter einer in Stromführungsrichtung langgestreckten
Gestalt des gekühlten Kontaktteils ist dabei eine
Form zu verstehen, deren Länge zwischen dem Kontakt-
bereich und der Anschlußstelle für die Supraleiter
5 wesentlich größer als deren mittlere Ausdehnung
in dazu senkrechten Richtungen ist.

Die Vorteile dieser Gestaltung einer Stromzuführungs-
vorrichtung bestehen insbesondere darin, daß im ge-
10 trennten Zustand ihrer Kontaktteile praktisch keine
Wärmeeinleitung in das kryogene Medium über die
Stromzuführungsvorrichtung erfolgt und auch bei
einem Aneinanderfügen der Kontaktteile die Wärmeein-
leitung verhältnismäßig gering ist, da aufgrund des
15 gewählten großen Massenverhältnisses zwischen warmem
und kaltem Kontaktteil nur eine entsprechend kleine
Wärmemenge von dem warmen auf das kalte Kontaktteil
übergehen kann. Außerdem gelangt diese Wärmemenge
nicht unmittelbar zu dem angeschlossenen supralei-
20 tenden Spulenende, weil das gekühlte Kontaktteil ver-
hältnismäßig langgestreckt gestaltet ist und einen
vorbestimmten Mindestwärmewiderstand hat. Es bildet
sich so unmittelbar nach dem Zusammenfügen des warmen
und kalten Kontaktteiles über das kalte Kontaktteil
25 vorteilhaft ein Temperaturgefälle aus, und die auf
das kalte Kontaktteil übertragene Wärmemenge wird
an dessen dem Kontaktbereich abgewandten Ende groß-
flächig an das kühlende kryogene Medium abgegeben,
bevor sie das angeschlossene supraleitende Spulen-
30 ende erwärmen kann. Die Gefahr eines Normalleitend-
Werdens der Supraleiter der Magnetspule ist somit
gering.

'Darüber' hinaus ist auch die Zeit bis zur völligen
35 Wiederabkühlung des kalten Kontaktteils verhältnismäßig

kurz und liegt beispielsweise bei nur einigen 10 Sekunden, falls der Wärmewiderstand des gekühlten Kontaktteils pro 1000 A zu übertragenden Strom höchstens 3 K/W beträgt.

5

Das Massenverhältnis zwischen warmem und kaltem Kontaktteil wird vorteilhaft sehr groß gewählt und liegt beispielsweise bei mindestens 10:1. Die obere Grenze dieses Massenverhältnisses wird insbesondere durch die mechanische Belastbarkeit des kleineren warmen Kontaktteils unter Einfluß der Kontaktkraft festgelegt. Die Kontaktkraft kann im geschlossenen Zustand der Trennvorrichtung vorteilhaft mindestens 500 N, vorzugsweise mindestens 1000 N betragen.

15

Gemäß einer Weiterbildung der Stromzuführungsvorrichtung nach der Erfindung kann wenigstens eine der Kontaktflächen der beiden Kontaktteile gekrümmt, vorzugsweise kugelhappenförmig gestaltet sein. Unter Einfluß einer verhältnismäßig großen Kontaktkraft wird so ein geringer Übergangswiderstand zwischen den beiden Kontaktteilen der Trennvorrichtung erreicht.

25

Dieser Übergangswiderstand ist dann besonders gering, wenn die einander zugewandten Seiten der Kontaktteile, die beispielsweise aus Kupfer bestehen, jeweils mit einem Kontaktstück aus Feinsilber versehen sind.

30

Darüber hinaus kann der Stromzuführungsvorrichtung nach der Erfindung vorteilhaft ein zu dem Dauerstromschalter parallelliegender Kurzschlußschalter und eine mechanische Stellvorrichtung zugeordnet sein, die in Abhängigkeit von dem Schaltzustand

35

der Kontaktteile der Trennvorrichtung den Kurzschluß-

schalter bei aneinandergefügten Kontaktteilen geöffnet und bei getrennten Kontaktteilen geschlossen hält. Es wird so verhindert, daß ein unbeabsichtigtes oder vorzeitiges Öffnen des Dauerstromschalters der
5 erregten Magnetspule bei noch nicht erfolgter Verbindung der Kontaktteile der Stromzuführungsvorrichtungen eine Beschädigung oder sogar Zerstörung des Dauerstromschalters und hohe elektrische Spannungen an den Spulenenden verursacht.

10

Weitere Ausbildungen der Stromzuführungsvorrichtung nach der Erfindung sind in den übrigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

15 Anhand der schematischen Zeichnung wird nachfolgend die Erfindung noch weiter erläutert. Dabei ist in den Fig. 1 und 2 eine Stromzuführungsvorrichtung für eine supraleitende Magnetspule veranschaulicht, während
20 in Fig. 3 solche Stromzuführungsvorrichtungen in Verbindung mit einem zusätzlichen Kurzschlußschalter angedeutet sind.

Mit der in Fig. 1 nur teilweise als Längsschnitt ausgeführten Stromzuführungsvorrichtung kann eine in der
25 Figur nicht dargestellte supraleitende Magnetspule an eine ebenfalls nicht gezeigte, auf Raumtemperatur liegende Stromversorgungseinrichtung angeschlossen werden. Die Magnetspule befindet sich innerhalb eines Kryostaten in einem Bad 2 eines kryogenen
30 Mediums wie beispielsweise flüssigen Heliums, mit dem die supraleitenden Leiter der Spule unterhalb des für ihr supraleitendes Material charakteristischen Sprungpunktes vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand gehalten werden. Die Stromzuführungsvorrichtung enthält ein ortsfestes, im wesentlichen
35

in dem Bad 2 verlaufendes und somit gekühltes Kontaktteil 3 mit einem in Stromführungsrichtung langgestreckten, vollzylindrischen Bauteil 4, das an seinem oberen, aus dem Bad 2 herausragenden und einem Kontaktbereich 5 zugewandten Ende in ein scheibenförmiges, horizontal verlaufendes Bauteil 7 übergeht. Die dem Kontaktbereich 5 zugewandte Seite dieses scheibenförmigen Bauteils ist mit einem Kontaktstück 8 mit ebener Kontaktfläche 9 versehen. An dem dem Kontaktbereich 5 abgewandten Ende 10 des langgestreckten Bauteils 4 des Kontaktteils 3 sind mehrere Kühlfahnen befestigt, von denen in der Darstellung der Fig. 1 nur zwei Fahnen 11 und 12 ersichtlich sind. Gemäß dem in Fig. 2 dargestellten Querschnitt durch diese Kühlfahnen können jedoch an dem unteren Ende 10 des Kontaktteils 3 auch noch weitere Kühlfahnen 13 und 14 angebracht sein. Mit Hilfe der Kühlfahnen wird eine großflächige Kühlung des unteren Endes 10 des Kontaktteiles 3 erreicht, so daß dieses Ende stets zumindest annähernd die Temperatur des kryogenen Mediums in dem Bad 2 hat. An diesem Ende kann deshalb vorteilhaft ein supraleitendes Endstück 16 der Magnetspule angeschlossen sein.

25 Die ortsfeste Lage des gekühlten Kontaktteils 3 wird mit Hilfe eines dünnwandigen, vertikal verlaufenden Stahlrohres 18 gewährleistet, dessen oberes Ende an einem in der Figur nicht dargestellten Gehäuse und dessen unteres Ende an einer mit dem scheibenförmigen, außerhalb des Bades 2 liegenden Bauteil 7 des Kontaktteils 3 verbundenen Platte 19 befestigt ist.

In dem von dem ortsfesten Stahlrohr 18 und der Platte 19 begrenzten, nach oben offenen Raum 20 ist ein in vertikaler Richtung längs der Rohrachse mittels einer

in der Figur nicht dargestellten Betätigungsvorrichtung bewegliches Kontaktteil 22 der Stromzuführungsvorrichtung angeordnet. Dieses Kontaktteil enthält ein ebenfalls vollzylindrisches Bauteil 23, das an
5 seinem unteren, dem Kontaktbereich 5 zugewandten Ende mit einem Kontaktstück 24 mit gekrümmter, vorzugsweise leicht kugelhappenförmig gewölbter Kontaktfläche 25 versehen ist. Das obere, dem Kontaktbereich 5 abgewandten Ende des Kontaktteils 22 ist zu einem scheibenförmigen Bauteil 26 verbreitert, an dem eine
10 elektrische Zuleitung 28 angeschlossen ist, über die das Kontaktteil 22 mit der externen Stromversorgungseinheit verbunden ist. Diese Zuleitung besteht beispielsweise aus einem Kupfernetz, dessen Querschnitt
15 wegen der entstehenden Joule'schen Verluste vorbestimmt ist und das von verdampfendem Helium gekühlt wird. Diese Zuleitung 28 ist von einem dünnwandigen, am Außenrand des scheibenförmigen Bauteils 26 befestigten starren Stahlrohr 29 konzentrisch umgeben,
20 das eine mechanisch feste Verbindung zwischen der in der Figur nicht dargestellten Betätigungsvorrichtung und dem Kontaktteil 22 darstellt. Mit dieser Betätigungsvorrichtung wird das Kontaktteil 22 vor-
teilhaft mit einer Kraft von mindestens 500 N, vorzugsweise von mindestens 1000 N, beispielsweise
25 2000 N auf das Kontaktstück 8 des feststehenden, kalten Kontaktteils 3 gepreßt bzw. von diesem getrennt. Durch eine Festlegung des Hubs kann gegebenenfalls die Temperatur des warmen Kontaktteils 22 im
30 hochgezogenen Zustand beeinflußt werden.

Wird als Material für die Kontaktstücke 8 und 24 Feinsilber gewählt, so wird aufgrund der hohen Kontaktkraft und der entsprechenden Gestaltung der Kontakt-
35 flächen 9 und 25 ein besonders geringer Übergangs-

widerstand zwischen den Kontaktteilen 22 und 3 gewährleistet. Die Bauteile 23 und 26 des Kontaktteils 22 sowie die Bauteile 4 und 7 des Kontaktteils 3 und auch die Kühlfahnen 11 bis 14 bestehen zweckmäßig aus einem normalleitenden, elektrisch und thermisch gut leitenden Material wie beispielsweise Kupfer.

Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, daß die Masse des unteren, durch das Helium-Bad 2 auf Tieftemperatur gehaltenen Kontaktteils 3 sehr groß im Vergleich zu dem oberen, beweglichen warmen Kontaktteil 22 ist. Das Massenverhältnis zwischen diesen Kontaktteilen soll dabei mindestens 5:1, vorzugsweise mindestens 10:1 betragen. Die obere Grenze dieses Verhältnisses ist durch die mechanische Stabilität des warmen Kontaktteils 22 unter Einwirkung der vorbestimmten Kontaktkraft festgelegt. Mit dieser Maßnahme wird erreicht, daß bei einem Aneinanderfügen des noch warmen Kontaktteils 22 an das kalte Kontaktteil 3 eine entsprechend begrenzte Wärmemenge auf das Kontaktteil 3 übertragen wird. Um dann eine unmittelbare Weiterleitung dieser Wärmemenge auf das supraleitende Spulenende 16 zu verhindern, ist ferner das kalte Kontaktteil 3 so gestaltet, daß es pro 1000 A maximal zu übertragenden Strom einen Wärmewiderstand von mindestens 0,2 K/W, vorzugsweise von mindestens 0,5 K/W aufweist. Der obere Grenzwert des Wärmewiderstandes ist hauptsächlich durch die erzeugte Joule'sche Wärme und die maximal zulässige Zeit zur Wiederabkühlung des Kontaktteils 3 festgelegt. Zweckmäßig werden Werte über 3 K/W, vorzugsweise über 1 K/W pro 1000 A Strom nicht überschritten. Es ist so gewährleistet, daß sich das Kontaktteil 3 innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Zeit, beispielsweise unter 1 Minute, auch an dem

mit dem beweglichen Kontaktteil 22 verbundenen Ende
ausreichend wiederabkühlt. Der gewünschte Wärmewider-
stand des Kontaktteils 3 wird bei vorgegebenen Material-
eigenschaften dadurch erreicht, daß seine Länge l in
5 vertikaler Richtung mindestens doppelt so groß wie
seine mittlere Ausdehnung in horizontaler Richtung ist.
Das kalte Kontaktteil 3 enthält deshalb ein langge-
strecktes, vollzylindrisches Bauteil 4 mit einer ge-
ringen horizontalen Ausdehnung a . Aufgrund der zu-
10 sätzlich noch an seinem unteren Ende 10 angebrachten
Kühlfahnen 11 bis 14 wird dabei gewährleistet, daß
sich dieses Ende 10 mit dem an ihm angeschlossenen
supraleitenden Endstück 16 der Magnetspule stets
zumindest annähernd auf der Temperatur des Helium-Bades
15 2 befindet. Es bildet sich dann über das langgestreckte
Bauteil 4 des Kontaktteils 3 kurzfristig nach dem An-
einanderfügen der beiden Kontaktteile 3 und 22 ein
Temperaturgefälle aus, das in verhältnismäßig kurzer
Zeit praktisch vollständig wieder abgebaut wird. Durch
20 den Wärmewiderstand vorbestimmter Größe zwischen den
aneinandergefügten Kontaktflächen 9 und 25 einerseits
sowie dem supraleitenden Anschluß 16 der Magnetspule
andererseits wird somit eine sprunghafte Temperatur-
zunahme an den Leitern der Magnetspule verhindert.

25

Gemäß einem Ausführungsbeispiel einer 1000 A-Stromzu-
führungsvorrichtung nach den Fig. 1 und 2 bestehen
die Kontaktteile 3 und 22 im wesentlichen aus
Elektrolytkupfer mit aufgelöteten Kontaktstücken 8
30 bzw. 25 aus Feinsilber. Die Kontaktfläche 9 ist dabei
plan, während die Kontaktfläche 25 kugelig gestaltet
ist mit einem Kugelradius von etwa 80 bis 100 mm. Die
Masse des kalten Kontaktteils 3 einschließlich der
Kühlfahnen 11 bis 14 beträgt etwa 300 g, während das
35 bewegliche Kontaktteil 22 eine Masse von etwa 30 g

hat. Die Kühlfläche der Kühlfahnen ist etwa 100 cm^2 groß, und der Wärmewiderstand zwischen der Kontaktstelle und der Anschlußstelle des Supraleiters 16 liegt zwischen 0,5 und 1 K/W. Wird dann das warme, 5 zunächst auf einer Temperatur von etwa 280 bis 300 K liegende Kontaktteil 22 mit dem kalten Kontaktteil 3 auf der Temperatur des Helium-Bades 2 von etwa 4 K zusammengefügt, so baut sich das dabei entstehende Temperaturgefälle längs des kalten Kontaktteils 3 10 nach etwa 30 sec. praktisch wieder vollständig ab.

In Fig. 3 sind in Form eines Längsschnittes zwei Stromzuführungsvorrichtungen 30 und 31 angedeutet, die der Stromzuführungsvorrichtung gemäß Fig. 1 entsprechen und die an Enden 33 und 34 einer supraleitenden 15 Magnetspule 35 angeschlossen sind. Diese Spulenenden 33 und 34 können über einen Dauerstromschalter 37 elektrisch kurzgeschlossen werden. Dem Dauerstromschalter 37 ist ein weiterer Kurzschlußschalter 38 20 parallelgeschaltet, der mittels einer in der Figur nur angedeuteten mechanischen Stellvorrichtung 40 mit den beweglichen Kontaktteilen 22 der Stromzuführungsvorrichtungen 30 und 31 derart verbunden ist, daß er nur im geschlossenen Zustand der Kontaktteile 3 25 und 22 der Stromzuführungsvorrichtungen zu öffnen ist, jedoch unmittelbar vor und während einer Trennung dieser Kontaktteile immer geschlossen bleibt. Mit dieser Maßnahme wird verhindert, daß im abgetrennten Zustand der Stromzuführungsvorrichtungen, wenn durch 30 die Spule 35 und den Dauerstromschalter 37 ein Dauerstrom fließt, bei versehentlichem Öffnen dieser Schalter beschädigt oder sogar zerstört wird und sehr hohe elektrische Spannungen an den Spulenenden 33 und 34 auftreten.

13 Patentansprüche

3 Figuren

Patentansprüche

1. Stromzuführungsvorrichtung für eine von einem kryogenen Medium gekühlte supraleitende Magnetspule, deren
5 Spulenenden über einen Dauerstromschalter kurzzuschließen sind, mit einer Trennvorrichtung pro Spulenende, die ein ortsfestes, mit dem jeweiligen Spulenende verbundenes und von dem kryogenen Medium mitgekühltes Kontaktteil und ein bewegliches, mit einer
10 Stromversorgungseinrichtung verbundenes Kontaktteil sowie eine mechanische Betätigungsvorrichtung zum Aneinanderfügen der Kontaktteile mit vorbestimmter Kontaktkraft bzw. zu deren Trennen nach erfolgtem Kurzschließen der Magnetspule enthält, g e k e n n -
15 z e i c h n e t durch die folgenden Merkmale:

- a) daß das Massenverhältnis von gekühltem Kontaktteil (3) zu beweglichem Kontaktteil (22) mindestens 5:1 beträgt,
20 b) daß das gekühlte Kontaktteil (3) in Stromführungsrichtung langgestreckt gestaltet ist und sein dem Kontaktbereich (5) abgewandtes Ende (10) mit Mitteln zur Oberflächenvergrößerung versehen und mit dem Spulenende (16) verbunden ist und
25 c) daß pro 1000 Ampere maximal zu übertragenden Strom der Wärmewiderstand des gekühlten Kontaktteils (3) zwischen dem Kontaktbereich (5) und der Anschlußstelle des Spulenendes (16) mindestens 0,2 Kelvin pro Watt beträgt.

30

2. Stromzuführungsvorrichtung nach Anspruch 1, g e -
k e n n z e i c h n e t durch ein Massenverhältnis von gekühltem Kontaktteil (3) zu beweglichem Kontaktteil (22) von mindestens 10:1.

3. Stromzuführungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß das
gekühlte Kontaktteil (3) an seinem dem Kontaktbereich
(5) abgewandten Ende (10) mit Kühlfahnen (11 bis 14)
5 zur Oberflächenvergrößerung versehen ist.
4. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
daß pro 1000 Ampere maximal zu übertragenden Strom der
10 Wärmewiderstand des gekühlten Kontaktteils (3) minde-
stens 0,5 Kelvin pro Watt beträgt.
5. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
15 daß pro 1000 Ampere maximal zu übertragenden Strom der
Wärmewiderstand des gekühlten Kontaktteils (3) höchstens
3 Kelvin pro Watt, vorzugsweise höchstens 1 Kelvin pro
Watt, beträgt.
- 20 6. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,
daß die Länge (1) des gekühlten Kontaktteils (3) in
Stromführungsrichtung mindestens doppelt so groß wie
seine mittlere Ausdehnung in dazu senkrechter Richtung
25 ist.
7. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,
daß wenigstens eine der Kontaktflächen (25, 9) der
30 beiden Kontaktteile (22 bzw. 3) gekrümmt, vorzugsweise
kugelkappenförmig gestaltet ist.
8. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 7, dadurch gekennzeichnet,
35 daß die einander zugewandten Seiten von Kontaktteilen

(3, 22) aus Kupfer jeweils mit einem Kontaktstück (8 bzw. 24) aus Feinsilber versehen sind.

5 9. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Kontaktfläche (9) des gekühlten Kontaktteils (3) außerhalb eines Bades (2) des kryogenen Mediums liegt.

10 10. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Kontaktkraft in geschlossenem Zustand der Trennvorrichtung mindestens 500 N, vorzugsweise mindestens 1000 N, beträgt.

15 11. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, g e k e n n z e i c h n e t durch einen zu dem Dauerstromschalter (37) parallelliegenden Kurzschlußschalter (38) und eine mechanische Stellvorrichtung (40), die in Abhängigkeit von dem Schaltzustand
20 der Kontaktteile (3, 22) der Trennvorrichtungen (30, 31) den Kurzschlußschalter (38) bei aneinandergefügten Kontaktteilen (3, 22) geöffnet und bei getrennten Kontaktteilen (3, 22) geschlossen hält (Fig. 3).

25 12. Stromzuführungsvorrichtung nach Anspruch 11, g e k e n n z e i c h n e t durch einen von dem kryogenen Medium mitgekühlten Kurzschlußschalter (38).

30 13. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Hub des beweglichen Kontaktteils (22) gegenüber dem gekühlten Kontaktteil (3) auf einen vorbestimmten Wert begrenzt ist.

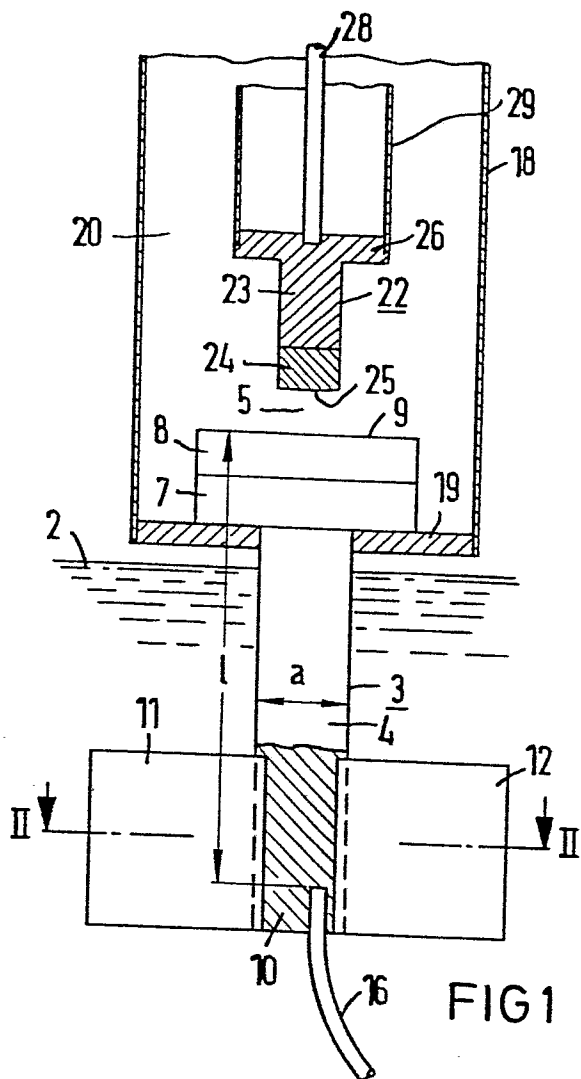


FIG 1

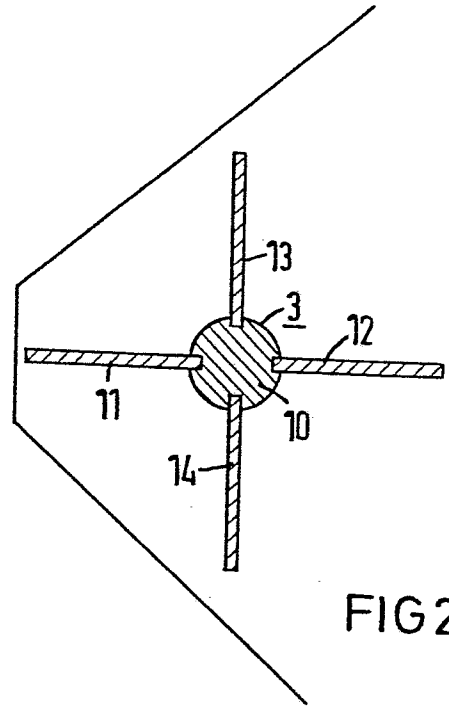


FIG 2

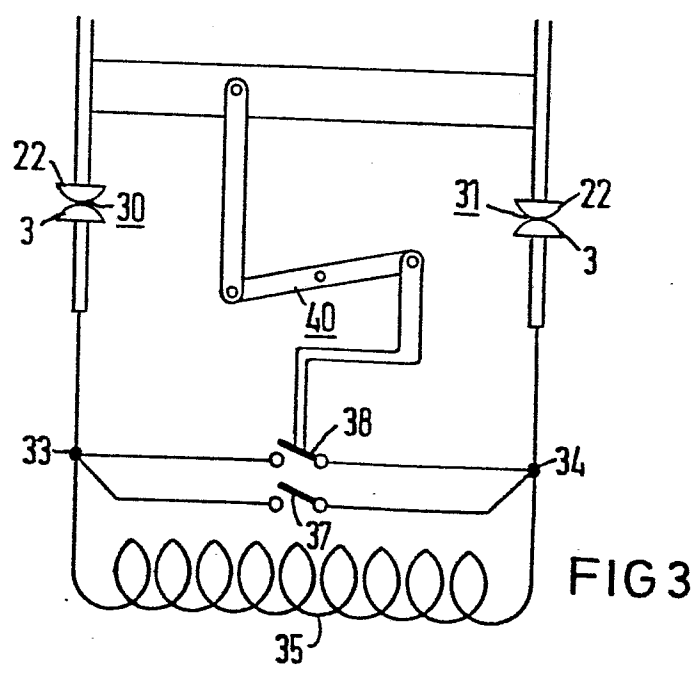


FIG 3



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
A	US - A - 3 551 861 (R.W. BOOM et al.) * Spalte 3, Zeile 68 bis Spalte 4, Zeile 31; Fig. 1, 4, 6 *	1,3,6	H 01 H 1/00 H 01 F 5/08 H 01 F 7/22 //H 01 H 1/02
D,A	DE - A1 - 2 707 589 (SIEMENS AG) * Seite 5, Fig. 1 *	7,8, 10	H 01 H 1/06 H 01 H 1/62
D,A	DE- C3 - 2 324 371 (SIEMENS AG) * Spalte 2, Zeilen 28 bis 34 *		
D,A	ELEKTRIE, Band 19, Nr. 4, 1965 Berlin F. LANGE "Supraleiter - Anwendung in der Starkstromtechnik, Teil 2" Seiten 176 bis 182 * Seite 178, Absatz 2.3.*		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.) H 01 F 5/00 H 01 F 7/22 H 01 H 1/00 H 01 H 9/52 H 01 H 33/00 H 01 L 39/00 H 01 R 4/68
A	DE - A1 - 2 451 949 (FUJI ELECTRIC CO.) * Seite 3, Absatz 2 *		
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patent- familie, übereinstimmendes Dokument
X Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Berlin	24-04-1980	RUPPERT	