



(11)

EP 2 532 016 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.08.2015 Patentblatt 2015/35

(51) Int Cl.:
H01F 38/02 ^(2006.01) **H02H 9/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10805601.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/007837

(22) Anmeldetag: **21.12.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/095199 (11.08.2011 Gazette 2011/32)

(54) **VORRICHTUNG ZUR STROMBEGRENZUNG MIT EINER VERÄNDERBAREN SPULENIMPEDANZ**
CURRENT-LIMITING DEVICE HAVING A CHANGEABLE COIL IMPEDANCE
DISPOSITIF DE LIMITATION DE COURANT AYANT UNE IMPÉDANCE DE BOBINE VARIABLE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **06.02.2010 DE 102010007087**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.12.2012 Patentblatt 2012/50

(73) Patentinhaber: **Karlsruher Institut für Technologie 76131 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:
• **NOE, Mathias**
34270 Schauenburg (DE)

• **SCHACHERER, Christian**
91352 Hallerndorf/Ortsteil Pautzfeld (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C1- 19 628 358 FR-A1- 2 691 591
JP-A- 5 275 757 JP-A- H05 145 128
JP-A- H05 145 273 JP-A- 2001 069 665

• **USOSKIN A ET AL: "Inductive Fault Current Limiters: Kinetics of Quenching and Recovery", IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, IEEE SERVICE CENTER, LOSALAMITOS, CA, US, Bd. 19, Nr. 3, 1. Juni 2009 (2009-06-01), Seiten 1859-1862, XP011263089, ISSN: 1051-8223**

EP 2 532 016 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Strombegrenzung mit einer veränderbaren Spulenimpedanz.

[0002] Strombegrenzer werden ganz allgemein in der Energietechnik und in der elektrischen Energieversorgung eingesetzt. In der Energietechnik allgemein und insbesondere in der Hochspannungstechnik sind vor allem Strombegrenzer bekannt, die unter Verwendung von Drosselspulen nach dem Prinzip des abgeschirmten Eisenkerns oder des gleichstromvormagnetisierten Eisenkerns arbeiten. Nachteilig ist bei Strombegrenzern, in denen Eisenkerne verwendet werden, dass sie durch ein hohes Volumen und hohes Gewicht gekennzeichnet sind, sowie die vergleichsweise hohe Impedanz des elektrischen Systems im Nennbetrieb.

[0003] Weiter bekannt sind die als I_s -Begrenzer bezeichneten Strombegrenzer. Der Vorteil dieser I_s -Begrenzer liegt darin, dass die Impedanz im Normalbetrieb vernachlässigbar gering ist, jedoch im Fehlerfall schlagartig erhöht werden kann. Dies wird durch Sprengkapseln realisiert. Ein Nachteil dieses Systems ist jedoch, dass durch die Verwendung von Sprengkapseln nach jedem Auslösen ein Wartungsvorgang nach sich zieht und dass es nur begrenzt auf Anwendungen in der Hochspannungstechnik skalierbar ist.

[0004] Ein weiterer Ansatz ist die Verwendung von supraleitenden Materialien. Die DE 602004012035 beschreibt zum Beispiel einen supraleitenden Strombegrenzer mit magnetfeldunterstütztem Quench. Im Fehlerfall führt der durch den Supraleiter fließende Strom zu einem kritischen Strom und der Supraleiter geht in den normalleitenden Zustand über. Gemäß des in der DE 602004012035 offenbarten Strombegrenzers ist jeder Supraleiterkörper mit einer Spule parallelgeschaltet.

[0005] Bekannt ist weiterhin das Prinzip der so genannten resistiven supraleitenden Strombegrenzer, die durch ihre nichtlineare Strom-Spannungslinie den Strom im Kurzschlussfall begrenzen. Nachteilig bei den beiden letztgenannten Prinzipien ist, dass die Stromzufuhr über geeignete Mittel zwischen einer Raumtemperaturumgebung und einer Tieftemperaturumgebung erfolgen muss. Hierbei kommt es zu hohen thermischen Verlusten.

[0006] Die JP H05 145128 A offenbart eine Vorrichtung zur Strombegrenzung mit einer Drosselspule, einer Kühleinrichtung und einer magnetischen Abschirmung aus einem Hochtemperatur-supraleitenden Hohlkörper in der Drosselspule.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es daher einen Strombegrenzer anzugeben, der die genannten Einschränkungen und Nachteile vermeidet. Insbesondere soll die Erfindung einen Strombegrenzer angeben, der schnell und zuverlässig im Fehlerfall den Strom begrenzt, automatisch in den Normalzustand zurückkehrt, sowie die Impedanz im Nennbetrieb nur in vernachlässigbarem Maße erhöht. Der Strombegrenzer soll weiterhin in Kombination mit den vielfach verwendeten Drosselspulen

eingesetzt werden können und in bestehende Netze nachrüstbar sein.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen nach Anspruch 1. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung an.

[0009] Zur Lösung der Aufgabe wird ein Strombegrenzer vorgeschlagen, bei dem durch den Einsatz einer supraleitenden Spule im Innern einer Drosselspule die Induktivität und damit die Impedanz der Drosselspule signifikant reduziert wird. Dies geschieht durch Ströme, die in der supraleitenden Spule induziert werden und die das Magnetfeld der Drosselspule kompensieren.

[0010] Die Drosselspule des erfindungsgemäßen Strombegrenzers umfasst einen abgeschlossenen Kryostat, der keine elektrische Verbindung zu seiner Umgebung hat. Im Innern des Kryostats ist eine kurzgeschlossene Spule angeordnet, die aus einem supraleitenden Material besteht. Diese Spule umfasst eine supraleitende Spule, die aus nur einer kurzgeschlossenen Windung besteht. Erfindungsgemäß besteht die kurzgeschlossene Spule aus einem kommerziell erhältlichen supraleitenden Bandleiter.

[0011] Im Normalbetrieb kompensiert die supraleitende Spule das Magnetfeld der Drosselspule. Dadurch wird die Induktivität gesenkt und der Spannungsabfall im Normalbetrieb wird minimiert. Bei Überschreiten eines bestimmten Stromwertes in der supraleitenden Spule geht der Supraleiter in den normalleitenden Zustand über und vergrößert die Induktivität, wodurch der Strom begrenzt wird. Nach dem Abschalten des zu hohen Stroms geht der Supraleiter nach einer geringen Zeit wieder selbstständig in den supraleitenden Zustand zurück und der Normalbetrieb kann wieder aufgenommen werden.

[0012] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Strombegrenzers ist seine intrinsische Eigensicherheit durch die Materialeigenschaften des Supraleiters selbst. Dies erlaubt einen Verzicht auf zusätzliche Auslösemechanismen.

[0013] Ein besonderer Vorteil ist, dass zur effektiven Strombegrenzung kein Eisenkern notwendig ist, was sich vorteilhaft auf die Impedanz des Systems und auch auf die Dimensionierung des Bauteils auswirkt. Der Verzicht auf Eisenkerne erlaubt eine kompakte Bauweise des Strombegrenzers, so dass dieser in bestehende Netzsysteme eingebaut werden kann. Auf diese Weise können konventionelle Maßnahmen zur Strombegrenzung mit einer Drosselspule effizienter gestaltet werden. Dies ist sowohl durch Erstausrüstung neuer Energienetze mit einer kurzgeschlossenen supraleitenden Spule zur Reduzierung der Impedanz im Nennbetrieb, als auch durch Nachrüstung bestehender Netzwerke.

[0014] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass keine Mittel zur Stromzuführung zu der supraleitenden Spule nötig sind. Der Kryostat kann daher als abgeschlossenes System ausgeführt werden und die üblicherweise auftretenden thermischen Verluste, die bei elektrischen Verbindungen zwischen einer Umgebung mit Raumtempe-

ratur und einer Tieftemperaturumgebung auftreten, werden vermieden.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Beispiels und der Figuren erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Übersichtsschaubild einer Anordnung aus einer Drosselspule mit eingesetzter Hochtemperatursupraleiter (HTS) Spule und Kühleinrichtung.

Fig. 2 zeigt das Ersatzschaltbild einer Drosselspule mit eingesetzter HTS Spule.

[0016] In **Fig. 1** ist schematisch eine Anordnung aus einer Drosselspule **1**, einem Kryostat **2**, der mit flüssigem Stickstoff **3** gefüllt ist, einem Kühlgerät **4** und einer HTS-Spule **5** dargestellt.

[0017] Die HTS-Spule **5** ist in der Ausführform als YBCO-Bandleiter mit einer, in der Figur nicht gezeigten, Wicklung ausgestaltet, wobei diese Wicklung aus nur einer kurzgeschlossenen Windung besteht. Die HTS-Spule **5** ist außerdem in einem Kryostat **2** angeordnet, wobei ein Kühlgerät **4** den sich in ihm befindlichen und die HTS-Spule umgebenen Stickstoff **3** kühlt. Auf diese Weise werden die supraleitenden Eigenschaften der HTS-Spule **5** erzeugt.

[0018] **Fig. 2** zeigt das Ersatzschaltbild der Drosselspule **1** mit einem ohmschen Widerstand **11** und einer Streuinduktivität **12** und mit einer eingesetzten HTS-Spule **5**, die eine veränderliche Impedanz **21** besitzt.

[0019] Die gesamte Anordnung der Spulen hat die Hauptinduktivität **22**. Die kurzgeschlossene HTS-Spule **5** kompensiert im Normalbetrieb das Magnetfeld der Drosselspule **1**. Durch diese Kompensation wird die Induktivität abgesenkt und die Verluste des Systems im Normalbetrieb werden minimiert. Kommt es hingegen zu einem Kurzschluss, geht die HTS-Spule **5** in den normalleitenden Zustand über. Das Magnetfeld der Drosselspule **1** wird nicht mehr kompensiert und als Folge steigt die Induktivität an. Der Kurzschlussstrom wird dadurch begrenzt. Bei Wegfall des Kurzschlussstroms kehrt die HTS-Spule **5** nach wenigen Sekunden in den supraleitenden Zustand zurück und der Normalbetrieb wird wieder aufgenommen.

Bezugszeichenliste

[0020]

- 1 Drosselspule
- 2 Kryostat
- 3 flüssiger Stickstoff
- 4 Kühlgerät
- 5 HTS-Spule
- 11 ohmscher Widerstand der Drosselspule
- 12 primäre Streuinduktivität der Drosselspule
- 21 veränderliche Impedanz der supraleitenden Spule
- 22 Hauptinduktivität der Anordnung

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Strombegrenzung mit einer veränderbaren Spulenimpedanz, umfassend eine Drosselspule (1), und eine Kühleinrichtung (4), wobei eine weitere Spule (5) aus einem Hochtemperatursupraleitenden Material in der Drosselspule (1) angeordnet ist und wobei der Strombegrenzer eisenkernlos ausgeführt ist und die weitere Spule (5) elektrisch kurzgeschlossen ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die weitere Spule (5) aus nur einer kurzgeschlossenen Windung aus einem supraleitenden Bandleiter besteht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Kühleinrichtung (4) einen Kryostat (2) umfasst.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Kryostat (2) als abgeschlossenes System, ohne Mittel zum elektrischen Verbinden der weiteren Spule (5) zu ihrer elektrischen Umgebung, ausgeführt ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die weitere Spule (5) aus dem Hochtemperatursupraleitenden Material im Inneren des Kryostats (2) angeordnet ist.

Claims

1. Device for limiting current, having variable coil impedance, comprising a Choke coil (1) and a cooling device (4), wherein a further coil (5) made of a high-temperature superconductive material is arranged in the choke coil (1), and wherein the current limiting device is designed to be without an iron core and the further coil (5) is electrically short-circuited,
characterised in that
the further coil (5) consists of only one short-circuited winding made of a superconductive strip conductor.
2. Device according to claim 1, wherein the cooling device (4) comprises a cryostat (2).
3. Device according to claim 2, wherein the cryostat (2) is designed as a closed system, without means for the electrical connection of the further coil (5) to its electrical environment.
4. Device according to any one of claims 1 to 3, wherein the further coil (5) made of a high-temperature superconductive material is arranged in the interior of the cryostat (2).

Revendications

1. Dispositif de limitation de courant ayant une impédance de bobine variable, comprenant une bobine de self (1) et un dispositif de refroidissement (4), une autre bobine (5) en un matériau supraconducteur à haute température étant monté dans la bobine de self (1) et le limiteur de courant étant réalisé sans noyau en fer, et l'autre bobine (5) étant en court-circuit électrique, **caractérisé en ce que** l'autre bobine (5) est constituée d'un conducteur plat supraconducteur n'ayant qu'un seul enroulement en court-circuit. 5 10
2. Dispositif conforme à la revendication 1, dans lequel le dispositif de refroidissement (4) renferme un cryostat (2). 15
3. Dispositif conforme à la revendication 2, dans lequel le cryostat (2) est réalisé sous la forme d'un système fermé sans moyen de liaison électrique de l'autre bobine (5) à son environnement électrique. 20
4. Dispositif conforme à l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'autre bobine (5) en matériau supraconducteur à haute température est montée à la partie interne du cryostat (2). 25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

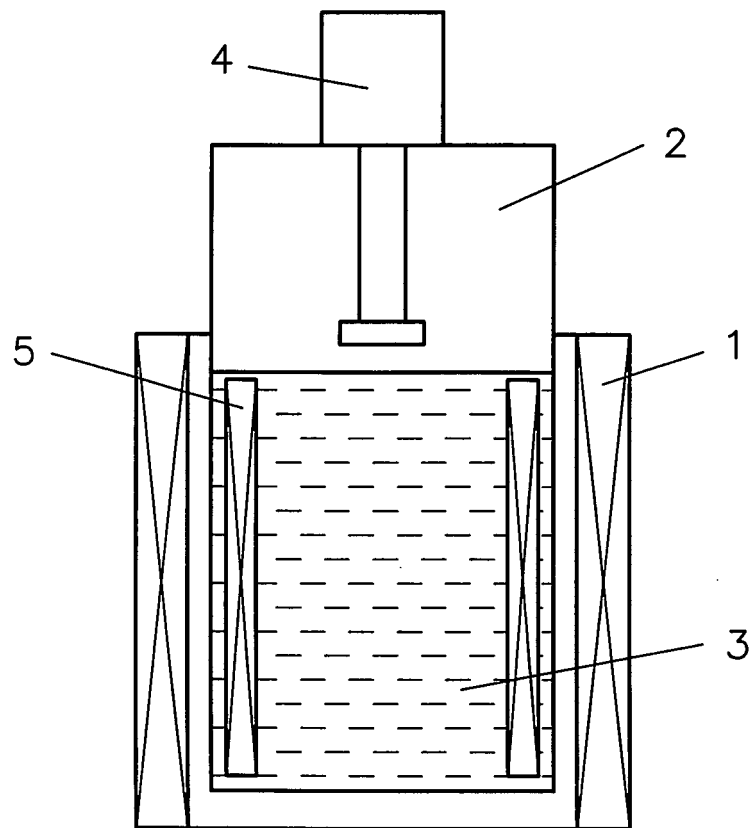
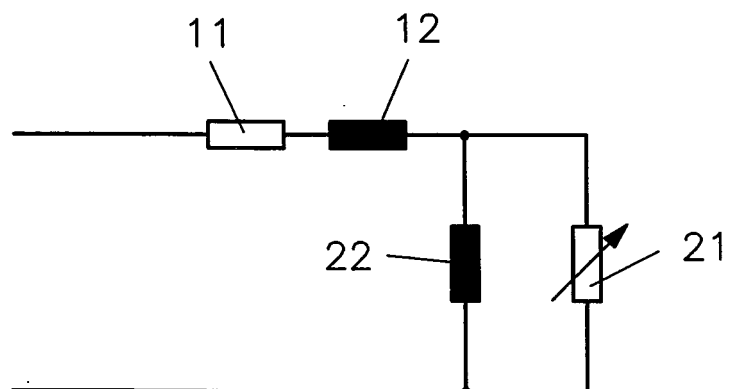


Fig. 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 602004012035 [0004]
- JP H05145128 A [0006]