



(11) **EP 1 485 660 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
24.01.2007 Patentblatt 2007/04

(51) Int Cl.:
F25B 25/00 (2006.01) **F25B 9/14** (2006.01)
F28D 15/00 (2006.01) **H01F 6/04** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03714661.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/000619

(22) Anmeldetag: **26.02.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/078906 (25.09.2003 Gazette 2003/39)

(54) **KÄLTEANLAGE FÜR ZU KÜHLENDE TEILE EINER EINRICHTUNG**

REFRIGERATION PLANT FOR COLLING PARTS OF AN INSTALLATION

INSTALLATION FRIGORIFIQUE POUR REFROIDIR LES PIECES D'UN DISPOSITIF

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 914 778 **US-A- 4 862 321**
US-A- 5 970 720 **US-B1- 6 173 761**
US-B1- 6 354 087

(30) Priorität: **15.03.2002 DE 10211568**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.12.2004 Patentblatt 2004/51

(73) Patentinhaber: **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 2000, no. 08, 6. Oktober 2000 (2000-10-06) & JP 2000 146333 A (DAIKIN IND LTD), 26. Mai 2000 (2000-05-26)
- **BOJIC M ET AL: "Controlling evaporative three finger thermosyphon" ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, OXFORD, GB, Bd. 43, Nr. 5, März 2002 (2002-03), Seiten 709-720, XP004331560 ISSN: 0196-8904**

(72) Erfinder:

- **FRANK, Michael**
91080 Uttenreuth (DE)
- **VAN HASSELT, Peter**
91058 Erlangen (DE)

EP 1 485 660 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Kälteanlage mit einem Kaltkopf nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine entsprechende Kälteanlage ist der US-A-6 173 761 zu entnehmen. WO 00/13296 A zeigt eine Kälteanlage mit einem Kaltkopf, welcher thermisch an zu kühlende Teile einer Einrichtung über ein Leitungssystem für ein nach einem Thermosyphon-Effekt zirkulierendes Kältemittel angekoppelt ist.

[0002] Neben den seit langem bekannten metallischen Supraleitern wie z.B. NbTi oder Nb₃Sn, die sehr niedrige Sprungtemperaturen T_c besitzen und deshalb auch als Niedrig (Low)- T_c -Supraleitern oder LTS-Materialien bezeichnet werden, kennt man seit 1987 metalloxidische Supraleitern mit Sprungtemperaturen T_c von über 77 K. Letztere Materialien werden auch als Hoch (High)- T_c -Supraleitern oder HTS-Materialien bezeichnet.

[0003] Mit Leitern unter Verwendung solcher HTS-Materialien versucht man, auch supraleitende Wicklungen zu erstellen. Wegen ihrer bislang noch verhältnismäßig geringen Stromtragfähigkeit in Magnetfeldern insbesondere mit Induktionen im Tesla-Bereich werden vielfach die Leiter solcher Wicklungen trotz der an sich hohen Sprungtemperaturen der verwendeten Materialien dennoch auf einem unterhalb von 77 K liegenden Temperaturniveau, beispielsweise zwischen 10 und 50 K gehalten, um so bei Feldstärken von einigen Tesla nennenswerte Ströme tragen zu können.

[0004] Zur Kühlung von Wicklungen mit HTS-Leitern kommen in dem genannten Temperaturbereich bevorzugt Kälteeinheiten in Form von sogenannten Kryokühlern mit geschlossenem He-Druckgaskreislauf zum Einsatz. Solche Kryokühler sind insbesondere vom Typ Gifford-McMahon oder Stirling oder sind als sogenannte Pulsröhrenkühler ausgebildet. Entsprechende Kälteeinheiten haben zudem den Vorteil, dass die Kälteleistung quasi auf Knopfdruck zur Verfügung steht und dem Anwender die Handhabung von tiefkalten Flüssigkeiten erspart wird. Bei einer Verwendung solcher Kälteeinheiten wird eine Einrichtung der Supraleitungstechnik wie z.B. eine Magnetspule oder eine Transformatorwicklung nur durch Wärmeleitung zu einem Kaltkopf eines Refrigerators indirekt gekühlt (vgl. z.B. auch "Proc. 16th Int. Cryog. Engng.Conf. [ICEC 16]", Kitakyushu, JP, 20. - 24.05.1996, Verlag Elsevier Science, 1997, Seiten 1109 bis 1129).

[0005] Eine entsprechende Kühltechnik ist auch für den aus der eingangs WO-A-Schrift entnehmbaren supraleitenden Rotor einer elektrischen Maschine vorgesehen. Der Rotor enthält eine Wicklung aus HTS-Leitern, die mittels einer als Kryokühler gestalteten Kälteeinheit auf einer gewünschten Betriebstemperatur deutlich unter 77 K zu halten ist. Die Kälteeinheit enthält einen außerhalb des Rotors befindlichen Kaltkopf. Dessen kältere Seite ist thermisch an die Wicklung über Neon als Kältemittel gekoppelt, das unter Ausnutzung eines Thermo-

syphon-Effektes in einem Leitungssystem zirkuliert, welches in den Rotor bis zur Wicklung hineinragende Teile aufweist. Bei einem Störfall der Kälteeinheit, insbesondere ihres Kaltkopfes, bei einer Reparatur oder einem Austausch desselben kann jedoch der Betriebszustand der zu kühlenden Wicklung kaum aufrecht erhalten werden.

[0006] Aus der EP 0 696 380 B1 geht ferner ein supraleitender Magnet einer MRI-Einrichtung hervor, der zur Kühlung seiner supraleitenden Wicklung eine Kälteanlage aufweist, die zwei Kälteeinheiten in Form von Kryokühlern umfasst. Die beiden Kaltköpfe dieser Kryokühler sind dabei thermisch an einen massiven Wärmeleitungskörper angekoppelt, der in wärmeleitender Verbindung mit den zu kühlenden Teilen der Wicklung steht. Die Kaltköpfe der beiden Kryokühler sind dabei jeweils in einem eigenen Vakuumraum untergebracht, so dass während des Betriebs des einen Kryokühlers der zweite abschaltbar und/oder austauschbar ist. Wegen der gut wärmeleitend ausgeführten Verbindung mehrerer Kaltköpfe zu den gleichen zu kühlenden Teilen müssen jedoch im Regelfall zusätzliche Wärmeleitungsverluste durch einen eventuell abgeschalteten Kaltkopf in Kauf genommen werden.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Kälteanlage mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, dass bei einer Kühlung unter Verwendung eines in Leitungsteilen unter Ausnutzung eines Thermosyphon-Effektes zirkulierenden Kältemittels einen kontinuierlichen Kühlbetrieb zu ermöglichen, ohne dass die Gefahr von wesentlichen Wärmeleitungsverlusten über das zirkulierende Kältemittel gegeben ist.

[0008] Die Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Demgemäß soll eine Kälteanlage mit einem Kaltkopf und mindestens einem Leitungssystem für ein nach einem Thermosyphon-Effekt zirkulierendes Kältemittel ausgestattet sein. Der Kaltkopf soll thermisch an zu kühlende Teile einer Einrichtung über das Leitungssystem angekoppelt sein. Ein weiterer Kaltkopf ist vorgesehen, der mittels einer Verzweigung des Leitungssystems zu dem ersten Kaltkopf parallel geschaltet ist. Zwischen der Verzweigung und den beiden Kaltköpfen verlaufende Leitungsstücke des Leitungssystems sollen zumindest teilweise in der Weise schlecht wärmeleitend ausgebildet sein, dass die Wärmeleitung in den Bereich des jeweiligen Kaltkopfes vernachlässigbar gering im Vergleich zur verfügbaren Kälteleistung des Kaltkopfes ist.

[0009] Die erfindungsgemäß ausgeführte Kälteanlage umfasst also mehrere getrennte Bereiche, an denen in einem Thermosyphon-Leitungssystem die Rekondensation des Kältemittels bzw. eines Arbeitsgases stattfindet. Die damit verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, dass auf einfache Weise eine thermische Ankopplung entsprechend vieler Kaltköpfe ermöglicht wird. Die hinreichend schlechte Wärmeleitung in den Leitungsstücken des Thermosyphon-Leitungssystems erlaubt dann bei vernachlässigbarer zusätzlicher Wärme-

einleitung auch einen bei Teillast wirtschaftlich Betrieb, bei dem nicht alle eingebauten Kaltköpfe gleichzeitig in Betrieb sein müssen. Damit wird insbesondere ein Austausch eines Kaltkopfes z.B. aus Wartungs- oder Reparaturgründen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Betriebstemperatur an den zu kühlenden Teilen der Supraleitungseinrichtung mit Hilfe des oder der verbleibenden Kaltkopfes/Kaltköpfe ermöglicht. Außerdem können wegen der Verzweigung von Leitungsteilen die verzweigten Leitungsstücke hinreichend flexibel gestaltet werden, um z.B. im Bereich von Biegungen einen mechanischen Ausgleich von temperaturbedingten Längenänderungen zu ermöglichen, die sich bei Kaltköpfen auf unterschiedlichen Temperaturniveaus zwangsläufig einstellen.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Kälteanlage gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

[0011] So können die schlecht-wärmeleitenden Leitungsstücke bevorzugt jeweils zumindest teilweise aus einem schlecht-wärmeleitenden metallischen Werkstoff oder gegebenenfalls sogar aus einem Kunststoffmaterial bestehen. Damit ist nicht nur die gewünschte thermische Entkopplung der beiden Kaltköpfe von den zu kühlenden Teilen über das Wandmaterial der Leitungsstücke zu erreichen; auch eventuelle Dehnungsprobleme sind so beherrschbar.

[0012] Ferner kann sich die zu kühlende Einrichtung im Innenraum eines Vakuumgefäßes befinden, wobei die Kaltköpfe mit Endteilen in das Vakuumgefäß hineinragen, an denen die Leitungsstücke thermisch angekoppelt sind. Eine Begrenzung einer unerwünschten Wärmeeinleitung in den Bereich der zu kühlenden Einrichtung ist so zu erreichen.

[0013] Dabei können vorteilhaft die Kaltköpfe endseitige Kaltflächen aufweisen, an die Endräume der Leitungsstücke thermisch angekoppelt sind, in denen eine Abkühlung bzw. Kondensation des Kältemittels erfolgt. Ein Kältemittelfluss unter Ausnutzung des gewünschten Thermosyphon-Effektes lässt sich so anfachen.

[0014] Die Endteile der Kaltköpfe können insbesondere zur Erleichterung von Wartungs-oder Reparaturreinriffen an diesen von separaten (eigenen) Vakuum(teil)räumen umgeben sein, wobei diese z.B. im Bereich der Enden der Kaltköpfe oder an den Leitungsstücken mittels schlecht-wärmeleitender, vakuumdichter Verbindungsstücke gegenüber dem restlichen Innenraum des Vakuumgefäßes abtrennbar sein können.

[0015] Besonders geeignet ist die erfindungsgemäße Anlage für zu kühlenden Teile der Einrichtung, die supraleitendes Material, vorzugsweise Hoch- T_c -Supraleitermaterial, enthalten, das auch auf einer Temperatur unter 77 K zu halten ist.

[0016] Im Hinblick auf eine effektive Abkühlung der zu kühlenden Teile der Einrichtung kann vorteilhaft als Kältemittel ein Gemisch aus mehreren Kältemittelkomponenten mit unterschiedlichen Kondensationstemperaturen vorgesehen werden. Stattdessen oder zusätzlich kann man auch mehrere Thermosyphon-Leitungssysteme

mit unterschiedlichen Kältemitteln einplanen.

[0017] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Kälteanlage gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen abhängigen Ansprüchen hervor.

[0018] Nachfolgend werden zwei bevorzugte Ausführungsbeispiele von Kälteanlagen nach der Erfindung für eine insbesondere supraleitende Einrichtung an Hand der Zeichnung noch weiter erläutert. Dabei zeigen jeweils schematisch in einem Längsschnitt deren Figur 1 eine erste Ausführungsform einer Kälteanlage sowie deren Figur 2 eine besondere Weiterbildung dieser Anlage.

In den Figuren sind sich entsprechende Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0019] Die erfindungsgemäße Kälteanlage kann überall dort zum Einsatz kommen, wo mehrere Kältequellen zur Kühlung von auch räumlich ausgedehnten Teilen einer beliebigen Einrichtung vorgesehen wird. Dabei können ihre zu kühlenden Teile metallisch oder nicht-metallisch, elektrisch leitend, insbesondere supraleitend, oder auch nicht-leitend sein. In einem speziellen Anwendungsfall handelt es sich bei den zu kühlenden Teilen um eine supraleitende Wicklung einer elektrischen Maschine (vgl. z.B. die genannten WO 00/13296 A oder die US 5,482,919 A) oder einen supraleitenden Magneten (z.B. vgl. z.B. US 5,396,206 A oder US 6,246,308 B1).

[0020] Ein weiterer Anwendungsfall kann sein, zur Zeitersparnis während einer Abkühlung der zu kühlenden Teile einer Einrichtung zwei Kaltköpfe gleichzeitig zu betreiben, während im normalen Betrieb nur ein Kaltkopf die Betriebstemperatur aufrecht erhält. Für einen entsprechenden Anwendungsfall kann bevorzugt eine in der Figur 1 angedeutete Kälteanlage vorgesehen werden. Die allgemein mit 2 bezeichnete Kälteanlage soll zur Kühlung von Teilen 3a einer in der Figur nicht näher ausgeführten Einrichtung 3 wie z.B. eines supraleitenden Magneten dienen. Die Kühlung erfolgt mit Hilfe eines flüssigen und/oder gasförmigen Kältemittels K bzw. Arbeitsmediums wie z.B. He, das in einem Leitungssystem 5 unter Ausnutzung eines Thermosyphon-Effektes zirkuliert. Das Leitungssystem 5 kann deshalb auch als Thermosyphon-Leitungssystem bezeichnet werden. Die Kälteleistung wird von zwei Kälteeinheiten 7a und 8a erbracht, von denen in der Figur jeweils nur deren Kaltköpfe 7 bzw. 8 angedeutet sind. Diese Kaltköpfe sollen sich dabei im Wesentlichen außerhalb eines Vakuumgefäßes 9 befinden, das zur thermischen Isolation der in seinem Innenraum 9a untergebrachten Einrichtung 3 mit ihren zu kühlenden Teilen 3a dient. Bei der speziellen Ausführungsform nach Figur 1 ragen die Kaltköpfe nur mit thermisch gut-leitenden Endteilen 7b bzw. 8b in den Innenraum 9a des Gefäßes hinein und bilden dort an ihren unteren, der Einrichtung 3 zugewandten Enden Kaltflächen 7c bzw. 8c aus. Unmittelbar an diese Kaltflächen sind als Kondensorräume 11a bzw. 12a anzusehende Endräume von zwei Leitungsstücken 11 bzw. 12 des Leitungssystems 5 thermisch angekoppelt. Bei der erfindungsgemäß ausgestalteten Kälteanlage 2 ist also ein

Thermosyphon-Leitungssystem 5 mit mehreren getrennten Kondensorräumen 11a, 12a vorhanden, in denen das Kältemittel K im Rahmen eines Thermosyphon-Prozesses rekondensieren kann. Die Leitungsstücke 11 und 12 gehen an einer Verzweigung 13 des Leitungssystems 5 in einen gemeinsamen Leitungsteil 14 über, der in den Bereich der zu kühlenden Einrichtung 3 führt. Man kann so von einer Parallelschaltung der beiden Kaltköpfe 7 und 8 mittels der Verzweigung 13 und der beiden Leitungsstücke 11 und 12 sprechen.

[0021] Erfindungsgemäß sollen die Leitungsstücke 11 und 12 zumindest teilweise hinreichend schlecht-wärmeleitend ausgebildet sein. Auf diese Weise ist eine gegenseitige thermische Entkopplung der beiden Kaltköpfe möglich, so dass ein einzelner Kondensorraum 11a oder 12a z.B. bis auf Raumtemperatur aufgewärmt werden kann, ohne dass eine nennenswerte Wärmezufuhr zu den zu kühlenden Teilen bzw. zu dem in dem Inneren des Leitungssystems befindlichen Kältemittel K erfolgt. Dabei lassen sich die Leitungsstücke 11 und 12 vorteilhaft so ausgestalten, dass auch ein unterschiedlicher Dehnungsausgleich ermöglicht ist. Beispielsweise können die Leitungsstücke 11 und 12 jeweils aus schlecht-wärmeleitenden Metallen wie z. B. aus speziellen Stählen oder Cu-Legierungen bestehen. Gegebenenfalls kommen auch besondere tieftemperaturtaugliche Kunststoffmaterialien, die auch faserverstärkt sein können, oder auch keramische Materialien in Frage. Für diese Leitungsstücke lassen sich dabei auch unterschiedliche Materialien und/oder unterschiedliche Gestaltungsformen vorsehen. So können die Leitungsstücke z.B. Biegungen, beispielsweise Spiralförmigkeiten, aufweisen, die thermisch bedingte Längenänderungen auszugleichen gestatten.

[0022] Bei einem eventuellen Ausfall eines der Kaltköpfe könnte der zweite nach einer Abkühlungszeit eine (Not-) Kühlung übernehmen, währenddessen man den ersten dann in Ruhe aufwärmen, austauschen bzw. reparieren kann, ohne dass die Kühlung des Systems beeinträchtigt wird. Für diesen Fall der möglichen Ausführung von Wartungsarbeiten an einem Kaltkopf ohne Beeinträchtigung der Kühlung sollten die zur thermischen Isolation im Regelfall erforderlichen Vakuumsräume für einerseits das Thermosyphon-Leitungssystem und andererseits die Kaltköpfe voneinander abgetrennt werden können. Dann kann jeder Kaltkopf einzeln demontiert werden, ohne die thermische Isolierung des restlichen Thermosyphon-Leitungssystems zu beeinträchtigen. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel geht aus Figur 2 hervor. Bei der angedeuteten und mit 20 bezeichneten Kälteanlage befinden sich die beiden Endteile 7b und 8b ihrer Kaltköpfe 7 bzw. 8 vorteilhaft jeweils in einem separaten Vakuumsraum 15a bzw. 15b. Diese Teilräume werden nachfolgend dem Vakuumsgefäß 9 zugerechnet, obwohl sie auch an dieses Gefäß angefügt sein können. Auf alle Fälle sind diese Vakuumsräume gegenüber dem restlichen, die zu kühlende Einrichtung 3 aufnehmenden Innenraum 9a des Vakuumsgefäßes z.B. im

Bereich der Kaltflächen 7c bzw. 8c mittels vakuumdichter Verbindungsstücke 16 und 17 abgetrennt. Die erforderliche vakuumdichte Verbindung zwischen dem Thermosyphon-Leitungssystem 5 und den Kaltköpfen 7 und 8 wird dabei vorteilhaft möglichst schlecht wärmeleitend ausgeführt. Gemäß der Figur 2 ist diese Verbindung zwischen dem warmen Vakuumsgefäß 9 und dem im Betrieb kalten Thermosyphon-Leitungssystem 5 im Bereich seiner Kondensorräume 11a und 12a ausgeführt. Gegebenenfalls kann aber auch zur Optimierung der an dieser Kalt-Warm-Verbindung auftretenden thermischen Verluste diese Verbindung direkt an dem Rohrsystem auch an anderen Stellen der Leitungsstücke 11 und 12 bei deutlich kleinerem Durchmesser vorgesehen werden. Wie in der Figur durch gestrichelte, mit 16' bzw. 17' bezeichnete Linien angedeutet sein soll, lässt sich eine entsprechende Abtrennung beispielsweise nach den querschnittsmäßig erweiterten Endräumen 11a bzw. 12a einplanen.

[0023] Selbstverständlich lässt sich eine erfindungsgemäße Kälteanlage auch mit mehreren Thermosyphon-Leitungssystemen konzipieren, von denen mindestens eines eine Parallelschaltung von zwei Kaltköpfen mittels einer Verzweigung dieses Systems aufweisen muss. Mehrere solcher Systeme können mit unterschiedlichen Kältemitteln und damit je nach Anforderung der Anwendung entsprechend abgestuften Arbeitstemperaturen, z.B. für eine Vorkühlung, eine quasi kontinuierliche thermische Ankopplung oder eine quasi kontinuierliche thermische Ankopplung durch überlappende Arbeitstemperaturbereiche der Kältemittel parallel eingesetzt werden. Hierzu werden entweder Kondensorräume mit voneinander getrennten Kondensationsbereichen für die verschiedenen Arbeitsmittel oder mehrere einzelne Kondensorräume an einem Kaltkopf bzw. den Kaltköpfen angebracht.

[0024] Bei den anhand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen von Kälteanlagen 2 oder 20 wurde ferner davon ausgegangen, dass das Kältemittel K nur aus einer einzigen Komponente wie z.B. He oder Ne besteht. Ebenso gut können aber auch als Kältemittel Gemische aus mindestens zwei Kältemittel-Komponenten wie z.B. aus $N_2 + Ne$ mit unterschiedlichen Kondensationstemperaturen vorgesehen werden. Dann kann folglich bei einer allmählichen Abkühlung wenigstens eines der Kaltköpfe zunächst das Gas mit der höchsten Kondensationstemperatur kondensieren und einen geschlossenen Kreislauf zur Wärmeübertragung an die zu kühlenden Teile der Einrichtung ausbilden. Nach einer Vorkühlung dieser Teile bis zur Tripelpunkttemperatur dieses Gases wird dieses im Bereich der Kondensorräume ausfrieren, worauf zumindest ein Kaltkopf bis zur Kondensationstemperatur der nächsten Gasgemischkomponente abgekühlt wird. Die einzelnen Komponenten des Gasgemischs lassen sich dabei so auswählen, dass vorteilhaft eine quasi kontinuierliche Abkühlung bei optimaler Ausnutzung der Kälteleistung des jeweiligen Kaltkopfes zu realisieren ist. Der Betrieb eines Kaltkopfes

bei einer höheren Temperatur zu Beginn der Abkühlungsphase führt nämlich zu einer entsprechend größeren Kälteleistung und erlaubt damit wesentlich kürzere Abkühlzeiten.

Patentansprüche

1. Kälteanlage mit einem Kaltkopf (7, 8) und einem Leitungssystem für ein nach einem Thermosyphon-Effekt zirkulierendes Kühlmittel, wobei der Kaltkopf thermisch an zu kühlende Teile einer Einrichtung (3) über das Leitungssystem angekoppelt ist, und wobei wenigstens ein weiterer Kaltkopf (8) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der weitere Kaltkopf mittels einer Verzweigung (13) des Leitungssystems (5) zu dem ersten Kaltkopf (7) parallel geschaltet ist, wobei zwischen der Verzweigung (13) und den beiden Kaltköpfen (7 bzw. 8) verlaufende Leitungsstücke (11 bzw. 12) des Leitungssystems (5) jeweils zumindest teilweise in der Weise schlecht wärmeleitend ausgebildet sind, dass die Wärmeleitung in den Bereich des jeweiligen Kaltkopfes vernachlässigbar gering im Vergleich zur im Vergleich zur verfügbaren Kälteleistung des Kaltkopfs (7, 8) ist.
2. Kälteanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die schlecht-wärmeleitenden Leitungsstücke (11, 12) jeweils zumindest teilweise aus einem schlecht-wärmeleitenden metallischen Werkstoff oder einem Kunststoff bestehen.
3. Kälteanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kälteanlage ein Vakuumgefäß (9) aufweist in dessen Innenraum die Einrichtung (3) angeordnet ist, und die Kaltköpfe (7, 8) mit Endteilen (7b bzw. 8b) in das Vakuumgefäß (9) hineinragen, an die die Leitungsstücke (11, 12) thermisch angekoppelt sind.
4. Kälteanlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kaltköpfe (7, 8) endseitige Kaltflächen (7c bzw. 8c) aufweisen, an die Endräume (11a bzw. 12a) der Leitungsstücke (11, 12) thermisch angekoppelt sind, in denen eine Abkühlung bzw. Kondensation des Kältemittels (K) erfolgt.
5. Kälteanlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Endräume (11a, 12a) querschnittsmäßig erweitert sind.
6. Kälteanlage nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die Endteile (7b, 8b) der Kaltköpfe (7, 8) von separaten Vakuumräumen (15a, 15b) umgeben sind, die mittels schlecht-wärmeleitender, vakuumdichter Verbindungsstücke (16, 17 bzw. 16', 17') gegenüber dem Innenraum (9a) des Vakuumgefäßes (9) abgetrennt

sind.

7. Kälteanlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Verbindungsstücke (16, 17) zwischen endseitigen Kaltflächen (7c bzw. 8c) der Endteile (7b, 8b) und dem Vakuumgehäuse (9) erstrecken (Figur 1).
8. Kälteanlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Verbindungsstücke (16', 17') zwischen den Leitungsstücken (11, 12) und dem Vakuumgehäuse (9) erstrecken (Figur 2).
9. Kälteanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kältemittel (K) ein Gemisch aus mehreren Kältemittelkomponenten mit unterschiedlichen Kondensationstemperaturen vorgesehen ist.
10. Verwendung der Kälteanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Kühlung von Teilen (3a) der Einrichtung (3), welche supraleitendes Material enthalten.
11. Verwendung der Anlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das supraleitende Material Hoch-T_c-Supraleitermaterial ist.
12. Verwendung der Anlage nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das supraleitende Material auf einer Temperatur von unter 77 K zu halten ist.

Claims

1. Refrigeration plant having a cold head (7, 8) and a system of lines for a refrigerant which circulates in accordance with a thermosyphon effect, in which the cold head is thermally coupled via the system of lines to parts of an installation (3) which are to be cooled, and in which at least one further cold head (8) is provided, **characterized in that** the other cold head is connected in parallel with the first cold head (7) by means of a branching point (13) in the system of lines (5), line sections (11 and 12) of the system of lines (5) which run between the branching point (13) and the two cold heads (7 and 8, respectively) each at least in part being designed to have a poor thermal conductivity such that the introduction of heat into the region of the respective cold head is negligible compared to the available refrigeration capacity of the cold head (7, 8).
2. Refrigeration plant according to Claim 1, **characterized in that** the line sections (11, 12) which are of poor thermal conductivity each at least in part comprise a plastic or a metallic material of poor thermal

conductivity.

3. Refrigeration plant according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the refrigeration plant has a vacuum vessel (9) inside which the installation (3) is arranged, and **in that** end parts (7b, 8b), to which the line sections (11, 12) are thermally coupled, of the cold heads (7 and 8, respectively) project into the vacuum vessel (9).
4. Refrigeration plant according to Claim 3, **characterized in that** the cold heads (7, 8) have end-side cold surfaces (7c and 8c, respectively), to which end spaces (11a and 12a, respectively) of the line sections (11, 12), in which cooling or condensation of the refrigerant (K) takes place, are thermally coupled.
5. Refrigeration plant according to Claim 4, **characterized in that** the end spaces (11a, 12a) have a widened cross section.
6. Refrigeration plant according to one of Claims 3 to 5, **characterized in that** at least the end parts (7b, 8b) of the cold heads (7, 8) are surrounded by separate vacuum spaces (15a, 15b) which are isolated from the interior (9a) of the vacuum vessel (9) by means of vacuum-tight connection pieces (16, 17 and 16', 17', respectively) which are of poor thermal conductivity.
7. Refrigeration plant according to Claim 6, **characterized in that** the connection pieces (16, 17) extend between end-side cold surfaces (7c and 8c, respectively) of the end parts (7b, 8b) and the vacuum housing (9) (Figure 1).
8. Refrigeration plant according to Claim 6, **characterized in that** the connection pieces (16', 17') extend between the line sections (11, 12) and the vacuum housing (9) (Figure 2).
9. Refrigeration plant according to one of the preceding claims, **characterized in that** the refrigerant (K) provided is a mixture of a plurality of refrigerant components with different condensation temperatures.
10. Use of the refrigeration plant according to one of the preceding claims for the cooling of parts (3a) of the installation (3), which contain superconducting material.
11. Use of the plant according to Claim 10, **characterized in that** the superconducting material is high-T_c superconductor material.
12. Use of the plant according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the superconducting material is to be

held at a temperature of below 77 K.

Revendications

1. Installation frigorifique comprenant une tête (7, 8) froide et un système de conduite d'un fluide frigorigène circulant suivant l'effet de thermosiphon, la tête froide étant couplée thermiquement par le système de conduite à des parties à refroidir d'un dispositif (3) et dans laquelle il est prévu au moins une autre tête (8) froide, **caractérisée en ce que** l'autre tête froide est montée, au moyen d'une bifurcation (13) du système (5) de conduite, en parallèle à la première tête (7) froide des tronçons (11, 12) du système (5) de conduite s'étendant entre la bifurcation (13), et les deux têtes (7 et 8) froides étant constituées respectivement, au moins en partie, de manière à mal conduire la chaleur, de sorte que la chaleur introduite dans la partie de la tête froide respective est petite au point d'être négligeable par rapport à la puissance de refroidissement disponible de la tête (7, 8) froide.
2. Installation frigorifique suivant la revendication 1, **caractérisée en ce que** les tronçons (11, 12) de conduite mauvais conducteurs de la chaleur sont respectivement, au moins en partie, en un matériau métallique mauvais conducteur de la chaleur ou en une matière plastique.
3. Installation frigorifique suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'installation frigorifique a une enceinte (9) sous vide à l'intérieur de laquelle le dispositif (3) est disposé et les têtes (7, 8) froides pénètrent par des parties (7b ou 8b) d'extrémité dans l'enceinte (9) sous vide, auxquelles les tronçons (11, 12) de conduite sont couplés thermiquement.
4. Installation frigorifique suivant la revendication 3, **caractérisée en ce que** les têtes (7, 8) froides ont des surfaces (7c) et (8c) froides du côté de l'extrémité, auxquelles des chambres (11a et 12a) d'extrémité des tronçons (11, 12) de conduite sont couplées thermiquement, surfaces dans lesquelles s'effectue un refroidissement ou une condensation du fluide (K) frigorigène.
5. Installation frigorifique suivant la revendication 4, **caractérisée en ce que** les chambres (11a, 12a) d'extrémité s'élargissent en section droite.
6. Installation frigorifique suivant l'une des revendications 3 à 5, **caractérisée en ce qu'**au moins les parties (7b, 8b) d'extrémité des têtes (7, 8) froides sont entourées de chambres (15a, 15b) sous vide distinctes qui sont séparées au moyen de tronçons (16, 17 ou 16', 17') de liaison étanches au vide ou

mauvais conducteurs de la chaleur de l'intérieur (9a) de l'enceinte (9) sous vide.

7. Installation frigorifique suivant la revendication 6, **caractérisée en ce que** les tronçons (16, 17) de liaison s'étendent entre des surfaces (7c et 8c) froides du côté de l'extrémité des parties (7b, 8b) d'extrémité et l'enceinte (9) sous vide (Figure 1). 5

8. Installation frigorifique suivant la revendication 6, **caractérisée en ce que** les tronçons (16', 17') de liaison s'étendent entre les tronçons (11, 12) de conduite et l'enceinte (9) sous vide (Figure 2). 10

9. Installation frigorifique suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'il** est prévu, comme fluide (K) frigorigène, un mélange de plusieurs constituants de fluide frigorigène ayant des températures de condensation qui sont différentes. 15

10. Utilisation de l'installation frigorifique suivant l'une des revendications précédentes, pour refroidir des parties (3a) du dispositif (3) qui comporte du matériau supraconducteur. 20

11. Utilisation de l'installation suivant la revendication 10, **caractérisée en ce que** le matériau supraconducteur est un matériau supraconducteur à haute T_c . 25

12. Utilisation de l'installation suivant la revendication 9 ou 10, **caractérisée en ce que** le matériau supraconducteur doit être maintenu à une température inférieure à 77 K. 30

35

40

45

50

55

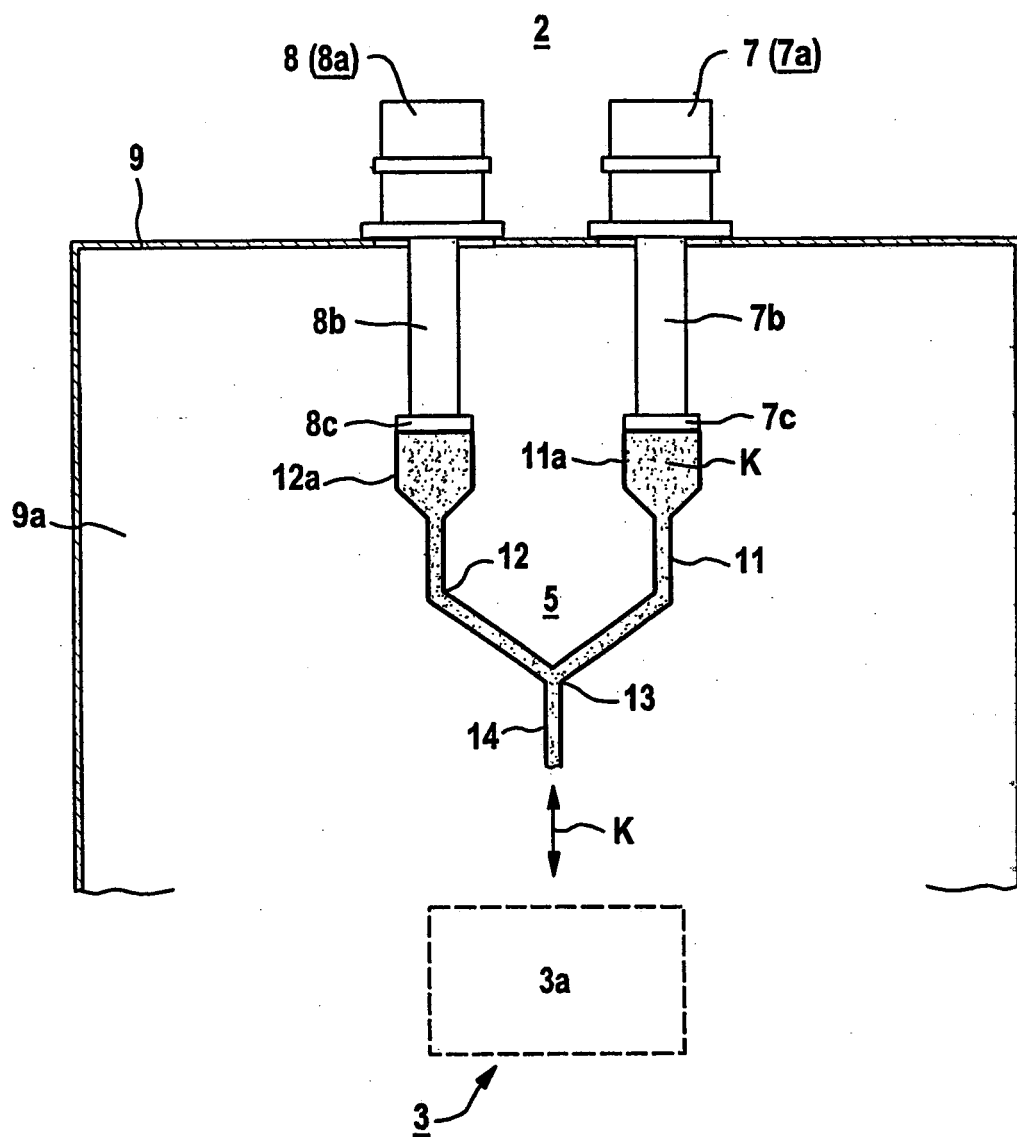


FIG 1

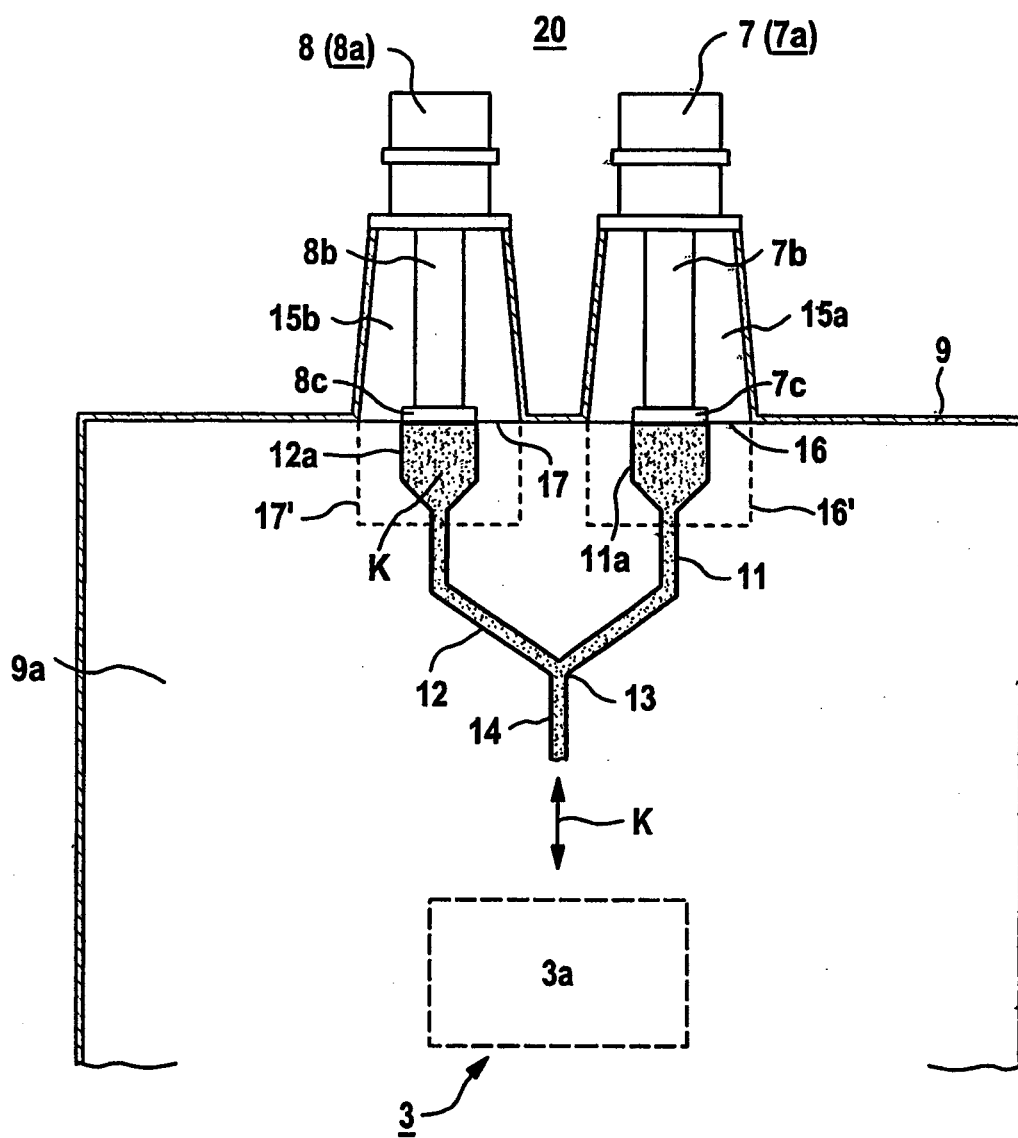


FIG 2