

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
24. Dezember 2014 (24.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/202217 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/001659
- (22) Internationales Anmeldedatum:
18. Juni 2014 (18.06.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 010 087.9 18. Juni 2013 (18.06.2013) DE
- (71) Anmelder: VENSYS ELEKTROTECHNIK GMBH
[DE/DE]; Dieselstraße 12, 49359 Diepholz (DE).
- (72) Erfinder: MEYER, Christoph; Dieselstraße 12, 49359
Diepholz (DE).
- (74) Anwalt: JOPPICH, Martin; Kanalstraße Nord 216,
26629 Großefehn (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COOLING DEVICE FOR A CURRENT CONVERTER MODULE

(54) Bezeichnung : KÜHLVORRICHTUNG FÜR EIN STROMUMRICHTERMODUL

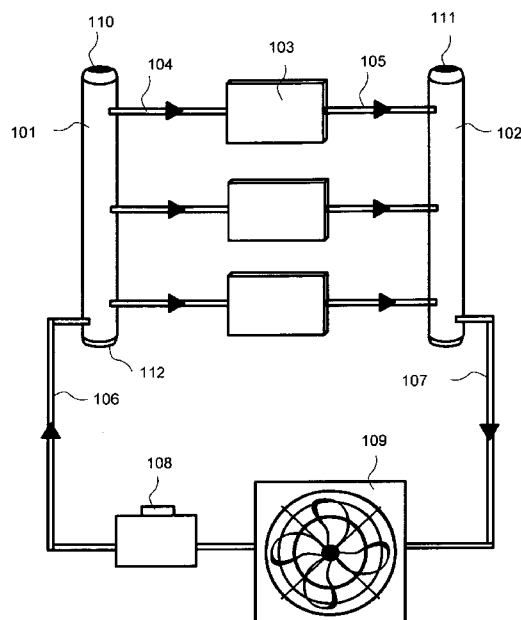


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a cooling device for a current converter module. In order to keep the temperature difference on the heat exchanger in a cooling device for a current converter module as low as possible, the cooling device has a cooling liquid channel, which conducts a liquid coolant and which is connected to a cooling circuit, a heat exchanger, which is connected in the cooling circuit and to which a power component is coupled in a thermally conductive manner, and a cooler for cooling the liquid coolant, which cooler is connected in the cooling circuit, wherein a plurality of pipelines is connected in parallel in the heat exchanger in such a way that the temperature difference on the heat exchanger does not exceed a specified quantity.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung für ein Stromumrichtermodul. Um die Temperaturdifferenz am Wärmetauscher in einer Kühlvorrichtung für ein Stromumrichtermodul möglichst gering zu halten, ist die Kühlvorrichtung versehen mit einem flüssiges Kühlmittel führenden Kühlflüssigkeitskanal, der zu einem Kühlkreislauf verschaltet ist, mit einem Wärmetauscher, der in dem Kühlkreislauf verschaltet ist und an dem wärmeleitend ein Leistungsbaulement gekoppelt ist, und mit einem Kühler zum Kühlen des flüssigen Kühlmittels, der in dem Kühlkreislauf verschaltet ist, wobei in dem Wärmetauscher mehrere Rohrleitungen derart parallel geschaltet sind, dass die Temperaturdifferenz am Wärmetauscher ein vorgegebenes Maß nicht überschreitet.



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

5

Kühlvorrichtung für ein Stromumrichtermodul

Die Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung für ein Stromumrichtermodul.

10

Bei Anlagen zur Gewinnung elektrischer Energie, etwa bei Windenergieanlagen oder Solaranlagen, werden Stromumrichtermodule eingesetzt, die die erzeugte Gleichspannung bzw. Wechselspannung in eine Spannung mit der vom Netzeinspeisepunkt geforderten Frequenz wandeln. Solche Umrichter können je nach Anwendungsfall eine Leistungsübertragung von einigen kW bis zu einigen MW aufweisen. Im Inneren des Stromumrichtermoduls befinden sich schnell schaltende Leistungshalbleiter, beispielsweise Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode (englisch insulated-gate bipolar transistor, kurz IGBT). Die aufgrund von Umwandlungsverlusten entstehende Wärme wird an einen oder mehrere Kühlkörper abgegeben. Diese Wärme muss durch eine entsprechende Kühlvorrichtung abgeführt werden, damit der Leistungshalbleiter nicht aufgrund von Überhitzung zerstört wird.

Vorzugsweise wird die an den Kühlkörper abgegebene Wärme direkt an einen Wärmetauscher weitergeleitet, der von einer Kühlflüssigkeit durchströmt wird. Als Kühlflüssigkeit wird aus Korrosions- oder Frostschutzgründen beispielsweise ein Wasser-Ethanol-Gemisch oder ein Wasser-Glykol-Gemisch verwendet.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Die Kühlflüssigkeit wird in einem Kühlkreislauf wiederum einem Luftkühler zugeführt und dort entsprechend abgekühlt, bevor diese wiederum über eine Pumpe zu dem Wärmetauscher
5 des Leistungshalbleiters zurückgeführt wird.

Ein Problem bei einem derartigen Kühlkreislauf kann ein Zustand sein, bei dem die Temperaturdifferenz an dem Wärmetauscher zwischen der Vorlauftemperatur und der
10 Rücklauftemperatur zu stark ansteigt. Hierdurch resultiert starkes Temperaturgefälle am Wärmetauscher, das zu einer Beschädigung oder gar auch zu einer Zerstörung von elektronischen Bauteilen führen kann.

15 Aufgabe der Erfindung ist es daher, die Temperaturdifferenz am Wärmetauscher in einer Kühlvorrichtung für ein Stromumrichtermodul möglichst gering zu halten.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1
20 gelöst.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind durch die Unteransprüche 2 - 8 angegeben.

25 Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand der folgenden Figuren erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung, und

30

Fig. 2 ein Prinzipschaltbild des gemäß Fig. 1 verwendeten Wärmetauschers.

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung.

Die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung besteht insgesamt aus
5 einem mit einem flüssigen Kühlmittel betriebenen
Kühlkreislauf. Als Kühlmittel wird ein Wasser-Ethanol-
Gemisch verwendet. Zusätzlich wird dem Kühlmittel ein
Korrosionsinhibitor zugesetzt. Der Inhibitor hält den im
Wasser befindlichen Kalk in Lösung und schützt die Stahl-,
10 Aluminium- und Kupfermaterialien der Kühlvorrichtung durch
eine Schutzfilmbildung (Sauerstoffdiffusion).

Als Beispiel wird angenommen, dass die Kühlvorrichtung für
ein Stromumrichtermodul einer Windenergieanlage oder einer
15 Solaranlage zur Netzeinspeisung vorgesehen ist. Derartige
Stromumrichtermodule müssen für Leistungen von einigen kW
bis zu einigen MW ausgelegt sein und weisen eine Vielzahl
von Leistungsbauelementen auf. Insbesondere in der oben
Leistungsklasse von einigen MW ist es vorteilhaft, wenn ein
20 Leistungsbauelement jeweils mit einem Wärmetauscher und
einem Kühlflüssigkeitskanal gekoppelt ist.

Als Beispiel wird weiter angenommen, dass in dem
Kühlkreislauf 3 IGBT gekühlt werden sollen.
25 Selbstverständlich ist die Erfindung aber auch auf die
Kühlung von nur einem IGBT oder auf eine beliebige Vielzahl
von IGBT anwendbar.

Von den 3 IGBT ist aus Vereinfachungsgründen nur ein IGBT
30 zusammen mit dem zugehörigen Wärmetauscher mit dem
Bezugszeichen 103 gekennzeichnet. Der Wärmetauscher 103 des
besagten IGBT ist über den Kühlflüssigkeitskanal 104 im
Vorlauf (d.h. in Strömungsrichtung des flüssigen

Kühlmittels gesehen hinter dem Kühler und vor dem Wärmetauscher) mit einem senkrecht (d.h. parallel zum Schwerkraftvektor) montierten Verteilerrohr 101 verschaltet. Der Strömungsquerschnitt des Verteilerrohrs 101 ist größer als die Strömungsquerschnitte der zu- und abführenden Kühlflüssigkeitskanäle.

In entsprechender Weise ist der Wärmetauscher 103 des besagten IGBT über den Kühlflüssigkeitskanal 105 im Rücklauf (d.h. in Strömungsrichtung des flüssigen Kühlmittels gesehen hinter dem Wärmetauscher und vor dem Kühler) mit einem ebenfalls senkrecht (d.h. parallel zum Schwerkraftvektor) montierten Verteilerrohr 102 verschaltet. Der Strömungsquerschnitt des Verteilerrohrs 102 ist wiederum größer als die Strömungsquerschnitte der zu- und abführenden Kühlflüssigkeitskanäle.

Die Funktion des Wärmetauschers wird unten anhand von Fig. 2 weiter erläutert. An dieser Stelle wird ergänzend noch auf die Montagerichtung des Wärmetauschers mit Bezug auf den Schwerkraftvektor eingegangen. Die Darstellungen in Fig. 1 und Fig. 2 zeigen eine Montagerichtung parallel zum Schwerkraftvektor (d.h. der Schwerkraftvektor liegt in der Zeichenebene). Diese Montagerichtung ist aus Platzgründen oft notwendig (und wurde aus Darstellungsgründen hier gewählt), ist aber für die Funktion der gesamten Kühlvorrichtung keineswegs zwingend. Ein Nachteil dieser Montagerichtung ist die Tatsache, dass sich möglicherweise Luftbläschen im oberen Teil eines jeden Wärmetauschers 103 sammeln können. Eine andere Möglichkeit eines jeden Wärmetauschers 103 ist daher die Montagerichtung senkrecht zum Schwerkraftvektor, d.h. der Schwerkraftvektor steht dann senkrecht auf der Ebene eines jeden Wärmetauschers

103. In diesem Fall verteilen sich Luftbläschen gleichmäßig im Wärmetauscher und können über die Kühlflüssigkeit umgehend wieder abgeführt werden.

5 Im Verteilerrohr 102 wird das Kühlmittel für den Rücklauf gesammelt und über den Kühlflüssigkeitskanal 107 an einen Luftkühler 109 geleitet. Der Luftkühler 109 kühlt die Temperatur des Kühlmittels auf ein erforderliches Maß herab und führt das Kühlmittel erneut dem Kühlkreislauf in den
10 Vorlauf zu.

In Strömungsrichtung des Kühlmittels gesehen hinter dem Luftkühler 109 befindet sich die Pumpe 108, die die Zirkulation des Kühlmittels innerhalb des Kühlkreislaufs
15 unterstützt und aufrechterhält. Wenn man die natürliche Konvektion der Kühlflüssigkeit für die Zirkulation des Kühlmittels ausnutzen möchte (d.h. warme Kühlflüssigkeit steigt entgegen dem Schwerkraftvektor nach oben und kalte Kühlflüssigkeit sinkt mit dem Schwerkraftvektor nach
20 unten), dann ist es erforderlich, dass der Luftkühler 109 mit Bezug auf den Schwerkraftvektor am höchsten Punkt des Kühlkreislaufs installiert ist. Die Verschaltung des Luftkühlers in Fig. 1 ist dann entsprechend abzuändern.

25 Über den Kühlflüssigkeitskanal 106 gelangt das Kühlmittel schließlich wieder in den Vorlauf und damit in das Verteilerrohr 101, das die Kühlflüssigkeit zu den IGBT 103 weiterleitet.

30 Oberhalb des Verteilerrohrs 101 bzw. 102 befindet sich ein Entlüftungsventil 110 bzw. 111. Das Entlüftungsventil 110 bzw. 111 wird mechanisch durch eine Membran gesteuert, die

bei Austrocknung sich zusammenzieht und bei Berührung mit Wasser sich wieder ausdehnt.

Das Entlüftungsventil 110 bzw. 111 kann jeweils in beiden Verteilerrohren 101 und 102 installiert sein. Die Funktionsweise des Entlüftungsventils ist aber auch noch gewährleistet, wenn es entweder in dem Verteilerrohr 101 oder in dem Verteilerrohr 102 installiert ist. Die folgende Beschreibung bezieht sich nur auf das Entlüftungsventil 110.

Gelangt nun Luft in den Kühlkreislauf, so wird die Luft in Form von Luftbläschen solange durch den Kühlkreislauf transportiert, bis diese in das Verteilerrohr 101 gelangt. Dabei ist der Strömungsquerschnitt des Verteilerrohrs 101 größer als der Strömungsquerschnitt des Kühlflüssigkeitskanals 104. Dies bewirkt, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels im Verteilerrohr 101 kleiner ist als die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels im Kühlflüssigkeitskanal 104, sodass die Luftbläschen genügend Zeit haben, in dem Verteilerrohr 101 zum Entlüftungsventil 110 aufzusteigen.

Gleiches gilt auch für das Entlüftungsventil 111 im Verteilerrohr 102 mit dem angeflanschten Kühlflüssigkeitskanal 105.

Das Verteilerrohr 102 kann mit Bezug auf den Schwerkraftvektor auf gleicher Höhe wie das Verteilerrohr 101 montiert sein, so wie dies in Fig. 1 gezeigt ist. Diese Montageweise ist allerdings nicht zwingend erforderlich. Eine andere bevorzugte Montageweise besteht beispielsweise darin, dass das Verteilerrohr 102 mit Bezug auf den

Schwerkraftvektor höher montiert ist als der höchst montierte Wärmetauscher. Auf diese Weise können Luftbläschen, die sich in den Wärmetauschern gesammelt haben oder dort bilden, wirkungsvoll bis in das Verteilerrohr 102 transportiert werden und dort über das Entlüftungsventil 111 entlüftet werden.

Für die Ausgestaltung des Entlüftungsventils gibt es mehrere Möglichkeiten. Beispielsweise kann das Luftablassventil von einer Membran gesteuert werden, die sich im trockenen Zustand zusammenzieht und damit das Luftablassventil öffnet und die sich bei Berührung mit Wasser ausdehnt und das Luftablassventil schließt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass das Luftablassventil mit einer Steuereinheit verbunden ist und von der Steuereinheit zum Ablassen von Luft geöffnet wird, sobald ein Lufteinschluss-Sensor innerhalb des Verteilerrohrs in der Nähe des Luftablassventils eine Luftmenge feststellt, die ein vorgegebenes Maß überschreitet. Der Lufteinschluss-Sensor kann beispielsweise auf dem Signal eines Schwimmers basieren, dessen Pegel ausgewertet wird.

Unterhalb des Verteilerrohrs 101 bzw. 102 befindet sich eine Heizung 112. Die Heizung 112 kann beispielsweise aus einer in das Verteilerrohr 110 führenden Heizspirale bestehen, die bei Bedarf entsprechend mit Strom beaufschlagt wird.

Die Heizung 112 dient dem Zweck, dass der Wärmetauscher über eine Erwärmung des Kühlmittels bei Bedarf erwärmbar ist, und zwar für den Fall, dass einer oder mehrere Wärmetauscher ausnahmsweise einmal eine niedrigere Temperatur als die Umgebungsluft annehmen. Zur Detektierung

dieses Ausnahmefalls sind außerdem entsprechende Temperatursensoren vorgesehen.

Der besagte Ausnahmefall tritt in der Regel dann ein, wenn
5 das Stromumrichtermodul nicht in Betrieb ist (zum Beispiel wegen Wartungsarbeiten) und gleichzeitig die Umgebungsluft sich aufgrund von äußerer Sonneneinstrahlung erwärmt (zum Beispiel in den Morgenstunden). Für diesen Fall bildet sich
10 Kondenswasser an dem Wärmetauscher 103 sowie auch an den Kühlkörpern der IGBT und an den IGBT selber, was zu Korrosion oder aber auch zu der Zerstörung von elektrischen Komponenten führen kann.

Wird somit der besagte Ausnahmefall durch eine
15 Steuereinheit detektiert, dann schaltet die Steuereinheit die Heizung 112 ein. Dies bewirkt nunmehr, dass die Wärmetauscher 103 nicht gekühlt, sondern vielmehr leicht erwärmt werden, sodass eine Kondensatbildung verhindert werden kann. Zur Aufrechterhaltung des zirkulierenden
20 Kühlmittels (bzw. jetzt Wärmemittels) ist die Pumpe 108 insbesondere dann nicht erforderlich, wenn die Heizung sich mit Bezug auf den Kühlkreislauf (bzw. jetzt Wärmekreislaufs) in einer Steigleitung befindet.

25 Fig. 2 zeigt ein Prinzipschaltbild des gemäß Fig. 1 verwendeten Wärmetauschers.

Die Komponenten 203, 204 und 205 entsprechen den Komponenten 103, 104 und 105 aus Fig. 1.

30

An der Rückseite des Wärmetauschers 203 ist der Kühlkörper eines IGBT angeflanscht.

Innerhalb des Wärmetauschers 203 sind zwei Verteiler 201 und 202 vorgesehen, zwischen denen parallele Rohrleitungen 206 verschaltet sind. Die parallelen Rohrleitungen 206 erweitern durch ihre Parallelschaltung den effektiven Strömungsquerschnitt des Wärmetauschers 203 und verhindern gleichzeitig das Ausbilden von turbulenten Strömungen. Vorzugsweise sind in dem Wärmetauscher gerade so viele Rohrleitungen parallel geschaltet sind, dass der Druckverlust am Wärmetauscher nicht mehr als 10% des Arbeitsdrucks des Kühlkreislaufs beträgt.

Insgesamt wird durch die Parallelschaltung der Rohrleitungen innerhalb des Wärmetauschers 103 sichergestellt, dass der Wärmetauscher 103 mit Bezug auf den gesamten Kühlkreislauf keinen zu großen Strömungswiderstand darstellt, sodass die Temperaturdifferenz am Wärmetauscher 103 zwischen dem Vorlauf 104 und dem Rücklauf 105 auf einem niedrigen Maß gehalten werden kann.

Vorzugsweise liegt die Temperaturdifferenz stets unterhalb von 10 Kelvin, besonders vorzugsweise unterhalb von 5 Kelvin. Durch die niedrige Temperaturdifferenz ist wiederum gewährleistet, dass der betreffende IGBT gleichmäßig gekühlt wird, was die Betriebsdauer erhöht und die Ausfallwahrscheinlichkeit verringert.

Die Einhaltung einer vorgegebenen Temperaturdifferenz am Wärmetauscher ist also besonders erstrebenswert. Daher besteht der Bedarf nach einer technischen Lehre, die es erlaubt, auf einfache Weise und ohne aufwendige Versuche eine Kühlvorrichtung zu schaffen, mit der die vorgegebene

Temperaturdifferenz am Wärmetauscher von vornherein einzuhalten ist.

Eine derartige technische Lehre ist erfindungsgemäß
5 zumindest dann möglich, wenn von einer Topologie und von den Randbedingungen der Kühlvorrichtung ausgegangen werden kann, wie diese in Fig. 1 dargestellt und beschrieben sind. Dies bedeutet im Einzelnen:

- 10 • Die Kühlvorrichtung ist für die Kühlung von sehr hohen Verlustleistungen vorgesehen (pro Wärmetauscher größer als 1 Kilowatt).
- Ein Wärmetauscher ist für die Kühlung von einem
15 Leistungsbauelement (z.B. IGBT) vorgesehen.
- Im Vorlauf und im Rücklauf befindet sich jeweils ein Verteilerrohr, dessen Strömungsquerschnitt jeweils größer ist als die Strömungsquerschnitte der zu- und
20 abführenden Kühlflüssigkeitskanäle.
- Der Kühler ist in der Lage, das Kühlmedium mit der anfallenden Gesamtverlustleistung zu kühlen.
- 25 • Die Pumpe ist in der Lage, in dem Kühlkreislauf mit überbrückten Wärmetauschern (d.h. die Wärmetauscher werden zu diesem Zweck herausgenommen) einen vorgegebenen Volumenstrom $\dot{V}$ aufrechtzuerhalten.
- 30 Der gesuchte Wärmetauscher soll mit der Verlustleistung P_v die Kühlflüssigkeit aufheizen. Für ein Delta-Volumen ΔV der Kühlflüssigkeit innerhalb des Zeitabschnitts Δt gilt damit die folgende Energiebilanz:

$$P_V \cdot \Delta t = \dot{V} \cdot \Delta t \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T$$

mit P_V Verlustleistung
 Δt Zeitabschnitt
 5 $\dot{V}$ Volumenstrom der Kühlflüssigkeit
 ρ Dichte der Kühlflüssigkeit
 c spezifische Wärmekapazität der Kühlflüssigkeit
 ΔT Temperaturdifferenz am Wärmetauscher

10 Die Erkenntnis der Erfindung besteht darin, dass mit den oben genannten Randbedingungen und mit einem plattenförmigen Wärmetauscher die Temperaturdifferenz ΔT tatsächlich eingehalten werden kann, wenn in dem Wärmetauscher mehrere Rohrleitungen in geeigneter Weise
 15 parallel geschaltet werden. In einer sehr begrenzten Anzahl von Versuchen kann daher der gesuchte Wärmetauscher geschaffen werden, indem mehrere Rohrleitungen in dem Wärmetauscher derart parallel geschaltet werden, dass die Temperaturdifferenz am Wärmetauscher das vorgegebene Maß ΔT
 20 gemäß der obigen Formel von

$$\Delta T = \frac{P_V}{\dot{V} \cdot \rho \cdot c}$$

nicht überschreitet.

25 Im Folgenden wird ein Zahlenbeispiel angegeben (der Einfachheit halber für das Kühlmedium Wasser bei 20°C):

Kühlmedium: Wasser

Anzahl der IGBT: 3

30 Verlustleistung pro IGBT: 1 kW

Volumenstrom insgesamt: 0,15 l/s

Volumenstrom pro Wärmetauscher: 0,05 l/s

Dichte von Wasser bei 20°C: 0,998 kg/l

spez. Wärmekapazität von Wasser bei 20°C: 4182 J/(kg·K)

5 Temperaturunterschied pro Wärmetauscher: 4,8 Kelvin

Patentansprüche

1. Kühlvorrichtung für ein Stromumrichtermodul,

5 mit einem flüssiges Kühlmittel führenden
Kühlflüssigkeitskanal, der zu einem Kühlkreislauf
verschaltet ist,

mit einem Wärmetauscher, der in dem Kühlkreislauf
10 verschaltet ist und an dem wärmeleitend ein
Leistungsbauelement gekoppelt ist, und

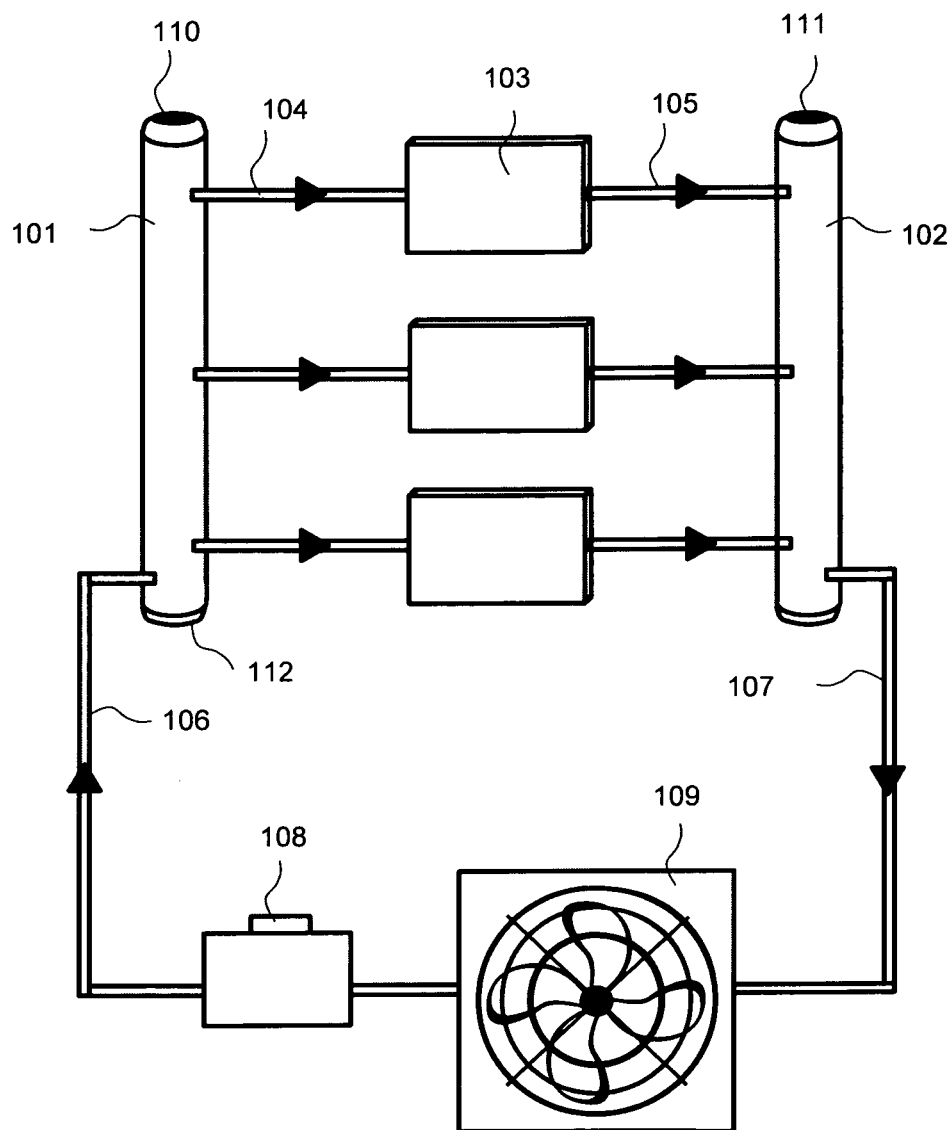
mit einem Kühler zum Kühlen des flüssigen Kühlmittels,
der in dem Kühlkreislauf verschaltet ist,

15 wobei in dem Wärmetauscher mehrere Rohrleitungen
derart parallel geschaltet sind ist, dass die
Temperaturdifferenz am Wärmetauscher ein vorgegebenes
Maß nicht überschreitet.

20
2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine Pumpe in
den Kühlkreislauf zur Aufrechterhaltung der
Zirkulation des Kühlmittels geschaltet ist
- 25 3. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 2, wobei
das Leistungsbauelement ein Bipolartransistor mit
isolierter Gate-Elektrode (englisch insulated-gate
bipolar transistor, kurz IGBT) ist.
- 30 4. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 3, wobei
das Stromumrichtermodul in einer Windenergieanlage
oder Solaranlage zur Netzeinspeisung verschaltet ist
und eine Vielzahl von Leistungsbauelementen aufweist,

die jeweils mit einem Wärmetauscher und einem
Kühlflüssigkeitskanal gekoppelt sind.

5. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 4, wobei
5 das Kühlmittel ein Wasser-Ethanol-Gemisch ist.
6. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 5, wobei
in Strömungsrichtung des flüssigen Kühlmittels gesehen
hinter dem Kühler und vor dem Wärmetauscher in den
10 Kühlkreislauf ein langgestrecktes Verteilerrohr
geschaltet ist, dessen Strömungsquerschnitt größer ist
als der Strömungsquerschnitt des
Kühlflüssigkeitskanals und das zum Schwerkraftvektor
im Wesentlichen parallel montiert ist.
- 15 7. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 6, wobei
wobei in dem Wärmetauscher gerade so viele
Rohrleitungen parallel geschaltet sind, dass die
Temperaturdifferenz am Wärmetauscher 5 Kelvin nicht
20 überschreitet.
8. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 7, wobei
wobei in dem Wärmetauscher gerade so viele
Rohrleitungen parallel geschaltet sind, dass der
25 Druckverlust am Wärmetauscher nicht mehr als 10% des
Arbeitsdrucks des Kühlkreislaufs beträgt.

**Fig. 1**

2/2

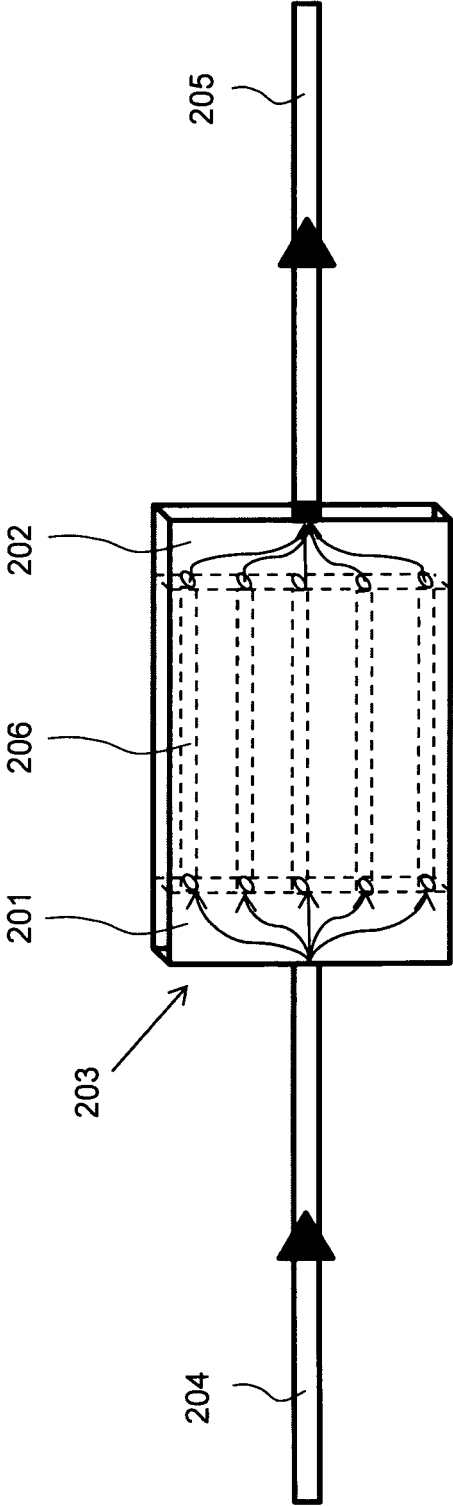


Fig. 2