



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
24.02.93 Patentblatt 93/08

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01F 27/08, H01F 27/18**

②① Anmeldenummer : **90113180.5**

②② Anmeldetag : **10.07.90**

⑤④ **Einleiterdrossel.**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
15.01.92 Patentblatt 92/03

⑦③ Patentinhaber : **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2 (DE)

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
24.02.93 Patentblatt 93/08

⑦② Erfinder : **Marquardt, Rainer, Dr. Ing.**
Eskilstunastrasse 29
W-8520 Erlangen (DE)
Erfinder : **Seibert, Manfred, Dipl. Ing.**
Gässlein 21
W-8521 Möhrendorf (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR GB IT LI

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
DE-A- 3 836 415
ELEKTRONIK INDUSTRIE no. 11, 1987, HAN-
NOVER Seiten 64 - 72; HORST SCHAEFER:
"HEAT-PIPE-KUEHLSYSTEME: NEUE WEGE
BEI DER LOESUNG THERMISCHER PROBLE-
ME."

EP 0 465 700 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

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einleiterdrossel, bestehend aus einem mit Kernen versehenen rohrförmigen elektrischen Leiter, und eine Drosselanordnung, bestehend aus mehreren Einleiterdrosseln.

Derartige Einleiterdrosseln sind im Handel erhältlich (Firmenprospekt "Sättigbare Thyristor-Schutzdrosseln", VAC Vakuumschmelze GmbH, M 036, 11/78). Bei einer derartigen Einleiterdrossel sind auf einem hohlzylindrischen Leiter Kerne geschoben. Als Kerne sind Metallpulververbundwerkstoffe, Ferritkerne oder Kerne aus gewickeltem Eisenband vorgesehen. In Abhängigkeit von den Anforderungen an eine Drossel können einerseits als Kernmaterial Werkstoffe mit rechteckförmiger Hystereseschleife vorgesehen oder andererseits die Drosselkerne mit Luftspalten (Scherung) versehen sein.

Aus der Zeitschrift "Sanitär- und Heizungstechnik", 1976, Heft 10, Seiten 632 bis 635, ist der Aufbau und die Funktion eines Wärmerohres, auch Heat-Pipe genannt, bekannt. Dieses Wärme-Übertragungselement weist eine Verdampfungszone, eine Transportzone und eine Kondensationszone auf. Die Heat-Pipe ist ein geschlossenes Kupferrohr. Die Innenwand ist entweder mit einem feinmaschigen Kupfernetz ausgekleidet oder mit einer Vielzahl von eingravierten Längsrillen versehen. Im Rohr befindet sich unter Vakuum eine geringe Menge einer Siedeflüssigkeit (Wärmeträger). Wird im Bereich der Verdampfungs- oder Heizzone dem evakuierten Wärmerohr Wärme zugeführt, so verdampft der in seinem Inneren befindliche Wärmeträger und strömt mit großer Geschwindigkeit über die Transportzone der Kondensationszone oder Kühlzone zu. Hier findet die Wärmeabgabe des Rohrkörpers an ein umgebendes Medium statt. Durch den Rückfluß des Kondensats zur Verdampfungszone über eine Kapillar-Struktur schließt sich der Kreislauf. Derartige Wärmerohre finden Anwendung auf dem Gebiet der Heiz-, Lüftungs- und Klimatechnik. Außerdem werden derartige Heat-Pipes für spezielle Kühlkörper für Leistungsendstufen von Hi-Fi-Verstärkern verwendet (Elektronik Industrie, 1987, Heft 11, Seiten 64 bis 72).

Thyristorstromrichter werden seit langem zur Umformung elektrischer Energie auf Triebfahrzeugen eingesetzt. In erster Linie dienen sie als den Fahrmotoren vorgeschaltete Stellglieder zur verlustarmen und komfortablen Einstellung von Zugkraft und Geschwindigkeit der Fahrzeuge. Der Thyristorstromrichter formt aus der Gleichspannung des Fahrdrahtes Drehstrom variabler Frequenz zur Speisung asynchroner Fahrmotoren. Die Umformung der Energie verursacht Verluste, die sich auf die Umrichterteile verteilen. Die meisten Verluste entstehen in den Thyristoren und Dioden und den Bauteilen, die unmittelbar zu deren Umgebung gehören (Widerstände, Kondensatoren, Drosseln, u.a.). Die Verluste müssen

zur Luft abgeführt werden. Diese Kühlluft, zu der letztendlich alle Verluste abgeführt werden, ist nicht sauber. Die Luft kann nach Einsatzort des Triebfahrzeugs mehr oder weniger verschmutzt sein. Bei Nahverkehrsbahnen können Brems- und Straßenstaub sowie Textilfasern in den Kühlkreislauf gelangen. Bei Lokomotiven, die in Industriebetrieben eingesetzt sind, ist häufig die Kühlluft mit Kohle- und Erzstaub und aggressiven Gasen vermischt.

Im Aufsatz "Siedekühlung für Fahrzeugstromrichter" abgedruckt in der Zeitschrift "ZEV-Glas. Anm.", Bd. 109, 1985, Nr. 2/3, Seiten 103 bis 113, werden mehrere Möglichkeiten angegeben, die einen zuverlässigen Verschmutzungsschutz ohne Filter gewährleisten.

Bei einer sogenannten Dosenkühlung werden die verlust erzeugenden Bauteile mit von Flüssigkeit durchströmten Kühldosen entwärmt. Diese Dosenkühlung ergibt bei Leistungshalbleitern einen sehr guten thermischen Wirkungsgrad. Weniger gut bis unmöglich ist die Kühlung anderer Bauelemente auf diesem Wege. Dazu zählen Widerstände, Kondensatoren, Stufenkerne, Drosseln usw., so daß man dort oft wieder auf Luftkühlung angewiesen ist.

Eine vollständige Kapselung aller verlust erzeugenden Bauteile eines Stromrichters erreicht man mit der Badkühlung. Bekannt ist die Öl-Badkühlung, wobei alle verlust erzeugenden Bauteile innerhalb eines verschlossenen Gefäßes in einem Flüssigkeitsbad, zum Teil mit Unterstützung durch Kühlkörpern, entwärmt werden. Die Verlustleistung wird umso besser abgeführt, je höher die Strömungsgeschwindigkeit des Bades an der zu kühlenden Fläche ist. Für die Erzeugung einer ausreichenden Strömungsgeschwindigkeit werden Pumpen benötigt, die wie die Öl-Rückkühler außerhalb des Gefäßes angeordnet werden müssen. Durch diese Pumpen und Öl-Rückkühler erhöht sich das beanspruchte Volumen und Gewicht des Stromrichters.

Eine Weiterentwicklung der Badkühlung ist die Siede-Badkühlung. Gegenüber der Badkühlung (einpaisiger Zustand des Kühlmittels) bewegt sich bei der Siedekühlung das Kühlmittel zwischen den Phasen "flüssig" und "Dampf". Am Bauelement bzw. an seinen Kühl-Siede-Körper geht bei niedriger Temperatur siedende Flüssigkeit unter Aufnahme der Verdampfungswärme in Dampf über. Der Dampf steigt im Gefäß auf und kondensiert an den Innenflächen des Gefäßes, dessen Außenflächen zur Luft hin Kühlrippen haben. Das Kondensat tropft zurück in das Bad.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Einleiterdrossel bzw. eine aus mehreren Einleiterdrosseln bestehende Drosselanordnung anzugeben, die insbesondere bei einem flüssigkeitsgekühlten Stromrichter eingesetzt werden kann, wobei die Kühlung durch eine Verschmutzung nicht beeinflusst werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch

gelöst, daß als elektrischer Leiter ein Wärmerohr vorgesehen ist, dessen Kondensationszone mit einem wärmeleitenden Montageblock versehen ist, der als Wärmesenke vorgesehen ist. Durch die Verwendung eines Wärmerohres als elektrischer Leiter in Verbindung eines als Wärmesenke ausgebildeten Montageblockes kann die Verlustleistung unabhängig von der Verschmutzung der Kühlluft optimal abgeführt werden. Damit der Montageblock als Wärmesenke operieren kann, wird dieser mit Kühlluft beblasen oder wenigstens eine Kühldose an eine Flachseite des Montageblocks angebracht. Um die Wärmetransportleistung zu erhöhen, sind die veränderbaren Faktoren des Wärmerohres, nämlich Durchmesser des Wärmerohres, Neigungswinkel und Arbeitstemperatur, zu dimensionieren.

Bei einer vorteilhaften Anordnung sind mehrere Einleiterdrosseln zu einer Drosselanordnung derart zusammengesetzt, daß die Montageblöcke mittels eines Spannverbandes mit Kühldosen thermisch miteinander verbunden sind und die Verdampfungszone wenigstens zweier Einleiterdrosseln mittels elektrisch leitender Verbindungsstege miteinander elektrisch leitend verbunden sind. Damit besteht die Möglichkeit den Wert der Induktivität der Drossel zu erhöhen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Einleiterdrossel ist das Wärmerohr mit seinem Montageblock lösbar verbunden. Dadurch wird insbesondere der Montageaufwand bei der Drosselanordnung verringert, da der Spannverband vorgefertigt werden kann, in dessen Montageblöcke dann die einzelnen Wärmerohre mit ihren Kernen eingesetzt werden können. Danach müssen nur noch die Verdampfungszone der einzelnen Wärmerohre untereinander elektrisch leitend verbunden werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Einleiterdrossel sind den abhängigen Ansprüchen 4 bis 6 zu entnehmen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Einleiterdrossel und ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Drosselanordnung schematisch veranschaulicht ist.

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform einer Einleiterdrossel nach der Erfindung, die

Figur 2 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform einer Einleiterdrossel und in

Figur 3 ist eine Ausführungsform einer Drosselanordnung, bestehend aus mehreren Einleiterdrosseln gemäß Figur 1, dargestellt.

In Figur 1 ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einleiterdrossel 2 näher dargestellt. Diese Einleiterdrossel 2 hat als elektrischen Leiter ein Wärmerohr 4, auch Heat-Pipe genannt, auf dem Kerne 6 aufgeschoben sind, und seine Kondensationszone 8 ist mit einem Montageblock 10 umgeben. Die

Kerne 6 decken die gesamte Transportzone 12 und zum überwiegenden Teil die Verdampfungszone 14 des Wärmerohrs 4 ab. Im Rohr 4 befindet sich unter Vakuum eine geringe Menge einer Siedeflüssigkeit und ein feinmaschiges Kupfernetz 16. Als Material für das Rohr 4 ist Kupfer gewählt worden, da dieses Wärme-Übertragungselement 4 die Funktion des Leiters übernehmen soll. Das Wärmerohr 4 ist mit dem Montageblock 10, der ebenfalls aus Kupfer besteht, wärmeleitend verbunden. Damit der Montageblock 10 als Wärmesenke dient, wird dieser beispielsweise mit Kühlluft angeblasen. Außerdem ist dieser Montageblock 10 geerdet. Das diesem Montageblock 10 gegenüberliegende Ende des Wärmerohres 4 ist mit einer Spannung U beaufschlagt. Als Kerne 6 können herkömmliche Drosselkerne verwendet werden, beispielsweise Metallpulververbundwerkstoffe, Ferritkerne oder Kerne aus gewickeltem Eisenband. Außerdem können diese Drosselkerne 6 mit einem Luftspalt (Scherung) versehen sein, oder aus einem Werkstoff mit rechteckförmiger Hystereseschleife bestehen.

Im Betrieb erzeugt diese Drossel 2 eine Verlustleistung, wodurch die Drossel 2 sich erhitzt. Durch die Wärmesenke an der Kondensationszone 8 entsteht eine Temperaturverteilung innerhalb des Wärmerohres 4, wodurch in der der Kondensationszone 8 gegenüberliegenden Verdampfungszone 14 die Siedeflüssigkeit verdampft. Dieser Dampf strömt der Wärmesenke zu und kondensiert dort. Durch die Kapillarstruktur des feinmaschigen Kupfernetzes 16 fließt das Kondensat zur Verdampfungszone 14 zurück. Die bekannten Maßnahmen zur Steigerung der Wärmetransferleistung des Wärmerohres 4 können auch bei dieser Einleiterdrossel angewendet werden. Durch die Kombination von Wärmerohr 4 als elektrischen Leiter und die Ausgestaltung des Montageblocks 10 als Wärmesenke erhält man in Verbindung mit Kernen 6 eine Einleiterdrossel 2, bei der die Verlustleistung optimal abgeführt wird. Diese optimale Abwärme kann auch durch Verschmutzung nicht gestört werden.

In Figur 2 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Einleiterdrossel 2 nach Figur 1 näher dargestellt. Bei dieser Ausführungsform ist eine Bohrung 18 des Montageblocks 10 mit einem Innengewinde 20 und das Wärmerohr 4 im Bereich der Kondensationszone 8 mit einem Außengewinde 22 versehen. Dadurch ist das Wärmerohr 4 lösbar mit einem Montageblock 10 verbindbar. Damit der Montageblock 10 als Wärmesenke wirkt, sind bei dieser Ausführungsform beide Flachseiten jeweils mit einer Kühldose 24 und 26 versehen. Durch diese Kühldosen 24 und 26 fließt eine Flüssigkeit, insbesondere Wasser. Diese Kühldosen 24 und 26 können Bestandteil einer Spannvorrichtung sein. Spannvorrichtungen zur Erzeugung von Thyristorsäulen sind bekannt (DE 29 25 775 A1). Mittels dieser lösbaren Verbindung ist es möglich, den

Montageaufwand zu verkleinern, da die Spannvorrichtung vormontiert und gegebenenfalls in einer flüssigkeitsgekühlten Stromrichteranlage eingebaut werden kann.

Die Figur 3 zeigt eine Drosselanordnung 28, bestehend aus mehreren Einleiterdrosseln 2 gemäß Figur 1, von denen der Übersichtlichkeit halber nur drei Einleiterdrosseln 2 dargestellt sind. Bei dieser Drosselanordnung 28 sind die Verdampfungszonen 14 wenigstens zweier Einleiterdrosseln 2 mittels elektrisch leitender Verbindungsstege 30 miteinander verbunden. Außerdem sind die Montageblöcke 10 der Einleiterdrosseln 2 mittels eines Spannverbandes mit Kühldosen 24, 26, 32, 34 miteinander thermisch leitend verbunden. Durch die elektrische Reihenschaltung mehrerer Einleiterdrosseln 2 kann man den Wert der Induktivität der Drosselanordnung 28 erhöhen.

Patentansprüche

1. Einleiterdrossel (2), bestehend aus einem mit Kernen (6) versehenen rohrförmigen elektrischen Leiter, **dadurch gekennzeichnet**, daß als elektrischer Leiter ein Wärmerohr (4) vorgesehen ist, dessen Kondensationszone (8) mit einem wärmeleitenden Montageblock (10) versehen ist, der als Wärmesenke vorgesehen ist.
2. Drosselanordnung (28) mit mehreren Einleiterdrosseln (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Montageblöcke (10) mittels eines Spannverbandes mit Kühldosen (24, 26, 32, 34) thermisch miteinander verbunden sind und die Verdampfungszonen (14) wenigstens zweier Einleiterdrosseln (2) mittels elektrisch leitender Verbindungsstege (30) miteinander elektrisch leitend verbunden sind.
3. Einleiterdrossel (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wärmerohr (4) mit seinem Montageblock (10) lösbar verbunden ist.
4. Einleiterdrossel (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kerne (6) und das Wärmerohr (4) miteinander wärmeleitend verbunden sind.
5. Einleiterdrossel (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wärmerohr (4) mit einem Außengewinde (22) versehen ist.
6. Einleiterdrossel (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Bohrung (18) des Montageblocks (10) mit einem Innengewinde (20) und die Kondensationszone (8) des Wärmerohrs (4) mit einem korrespondierenden Außen-

gewinde (22) versehen ist.

Claims

1. Single winding inductor (2), comprising a tubular electric conductor provided with cores (6), characterized in that a heat pipe (4) is provided as the electric conductor, the condensation zone (8) of which is provided with a heat-conducting assembly block (10), provided as a heat sink.
2. An inductor arrangement (28) having several single winding inductors (2) according to claim 1, characterized in that the assembly blocks (10) are thermally connected to one another by means of a clamping connection with cooling containers (24, 26, 32, 34) and the vaporization zones (14) of at least two single winding inductors (2) are connected to one another in an electrically conductive manner by means of electrically conductive connection bars (30).
3. Single winding inductor (2) according to claim 1 or 2, characterized in that the heat pipe (4) is releasably connected to its assembly block (10).
4. Single winding inductor (2) according to claim 1 or 2, characterized in that the cores (6) and the heat pipe (4) are connected to one another in a heat-conducting manner.
5. Single winding inductor (2) according to claim 1 or 2, characterized in that the heat pipe (4) is provided with an external thread (22).
6. Single winding inductor (2) according to claim 3, characterized in that a bore (18) of the assembly block (10) is provided with an internal thread (20) and the condensation zone (8) of the heat pipe (4) is provided with a corresponding external thread (22).

Revendications

1. Bobine d'arrêt à un conducteur (2), constituée par un conducteur électrique de forme tubulaire pourvu de noyaux (6), caractérisée en ce qu'il est prévu, comme conducteur électrique, un tube de chauffe (4), dont la zone de condensation (8) est équipée d'un bloc de montage thermoconducteur (10), qui est utilisé comme dissipateur de chaleur.
2. Dispositif à bobine d'arrêt (28) comportant plusieurs bobines d'arrêt à un conducteur (2), suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les blocs de montage (10) sont reliés thermique-

ment au moyen d'un système de serrage comportant des boîtes de refroidissement (24,26,32,34), et les zones d'évaporation (14) d'au moins deux bobines d'arrêt à un conducteur (2) sont raccordées entre elles de façon électriquement conductrice par l'intermédiaire de barrettes de liaison électriquement conductrices (30).

3. Bobine d'arrêt à un conducteur (2) suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait que le tube de chauffe (4) est raccordé de façon amovible à son bloc de montage (10). 10
4. Bobine d'arrêt à un conducteur (2) suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait que les noyaux (6) et le tube de chauffe (4) sont reliés entre eux d'une manière thermoconductrice. 15
5. Bobine d'arrêt à un conducteur (2) suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait que le tube de chauffe (4) comporte un filetage extérieur (22). 20
6. Bobine d'arrêt à un conducteur (2) suivant la revendication 3, caractérisée par le fait qu'un perçage (18) du bloc de montage (10) est pourvu d'un taraudage (20) et que la zone de condensation (8) du tube de chauffe (4) est pourvue d'un filetage extérieur correspondant (22). 25 30

35

40

45

50

55



