

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 608/88

(51) Int.Cl.⁵ : H02K 3/02

(22) Anmeldetag: 8. 3.1988

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1990

(45) Ausgabetag: 11. 2.1991

(56) Entgegenhaltungen:

CHEMICAL ABSTRACT VOL 86 (1977) S 273 NR. 86 159 743 S
CHEMICAL ABSTRACT VOL 97 (1982) S 297 NR. 97 149 345 B
EP-OS 238859 GB-PS1062669 DE-OS1588990

(73) Patentinhaber:

ELIN-UNION AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE
INDUSTRIE
A-1141 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

MÜLLER FRANZ DIPL.ING. DR.
GRAMBACH, STEIERMARK (AT).
HECK GERHARD DIPL.ING.
GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) ELEKTRISCHE MASCHINE MIT WASSERGEKÜHLTER WICKLUNG

(57) Der Leiterwerkstoff für direkt wassergekühlte Wicklungen weist die erforderlichen Eigenschaften als elektrischer Leiter auf und besitzt eine vernachlässigbare geringe Korrosionsrate im Reinwasser.

Dieses Leitermaterial für die im Verband mit massiven Teileleitern befindlichen, vom Reinwasser durchflossenen Hohlleiter besteht aus einer Legierung von Kupfer und Aluminium, wobei der Anteil des Aluminiums bis 10 % Masseanteil, vorzugsweise 2 - 4 % Masseanteil beträgt.

Das erfindungsgemäße Leitermaterial weist gegenüber dem reinen Kupfer eine wesentlich höhere Korrosionsbeständigkeit auf und besitzt einen Wärmeausdehnungskoeffizienten, daß es zu keinen unzulässigen Materialbeanspruchungen kommt.

AT 392 176 B

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit wassergekühlter Wicklung, bei der die Wicklung aus massiven Teilleitern und von Reinwasser durchflossenen Hohlleitern besteht.

Bei hoch ausgenützten elektrischen Maschinen wird zur Verlustwärmeabfuhr Wasser als Wärmeträger verwendet. Bei den direkt wassergekühlten Wicklungen bedeutet dies, daß die elektrischen Leiter direkt vom Wasser durchflossen werden. Zur Sicherstellung der erforderlichen Isolation zwischen der auf Betriebsspannung liegenden Wicklung und dem übrigen Kühlsystem, muß hochreines, vollentsalztes Wasser verwendet werden, dessen Leitfähigkeit unter 10 uS liegt.

Aus elektrischen Gründen ist der Leiter bei Ständerwicklungen aus einer Vielzahl von einzelnen Teilleitern aufgebaut, wobei je nach konstruktiver Ausführung alle oder nur einzelne Teilleiter als Hohlleiter ausgeführt sind. Der Durchflußquerschnitt eines solchen Hohlleiters beträgt daher nur ein Bruchteil des Leiterquerschnittes.

Als Leitermaterial wurde bisher fast ausnahmslos Kupfer eingesetzt. Kupfer ist rein theoretisch beständig gegen des Angriff von hochreinem Wasser. Eine absolute Korrosionsverhütung ist aber nicht möglich. Tatsache ist, daß Druckverlustanstiege beobachtet wurden, die durch Querschnittverengungen infolge angeschwemmter bzw. aufgewachsener Kupferoxide hervorgerufen wurden. Die Folge der durch die Korrosionsprodukte verursachten Querschnittverengungen ist ein geringerer Kühlmitteldurchsatz verbunden mit einer verminderten Kühlleistung, was eine erhöhte thermische Beanspruchung der verwendeten Isoliermaterialien bewirkt.

Es ist auch bekannt, durch geeignete Maßnahmen, wie Beeinflussung des Sauerstoffgehaltes, pH-Wertes, Redoxpotentials, usw. die Korrosionsraten auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Um diese chemischen Parameter zu beeinflussen, bedarf es entsprechender Regelungseinrichtung mit Meßsystemen. Ein durchschlagender Erfolg konnte mit diesem Verfahren jedoch nicht erzielt werden.

Es ist auch aus der DE-OS 1 588 990 bekannt, Teilkühlkanäle aus rostfreiem Stahl vorzusehen. Nachteilig wirkt sich hier der unterschiedliche Ausdehnungskoeffizient der Materialien - Kupfer und Stahl - aus, das zu thermomechanischen Beanspruchungen des Wicklungsstabes führen kann. Hohlleiter aus rostfreiem Stahl tragen praktisch nicht zur Stromleitung bei. Dies bedeutet eine empfindliche Reduktion des effektiven Kupfer-Querschnittes und damit indirekt eine Erhöhung der Kupferverluste.

Ferner ist aus den Chemical Abstracts (CA) ein Material, bestehend aus einer Legierung von Kupfer und Aluminium bekannt. In den CA Vol. 97 (1982) S 297 Nr. 97, 149 345b wird dabei das Korrosionsverhalten von legierten Kupfer-Verbindungen für elektrische Leiter an der Atmosphäre und in den CA Vol. 86 (2977) S 273 Nr. 86: 159 743s wird die Korrosion von Kupfer-Rohren behandelt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Leiterwerkstoff für direkt wassergekühlte Wicklungen zu schaffen, der die obigen Nachteile vermeidet und der einerseits die erforderlichen Eigenschaften als elektrische Leiter aufweist und andererseits eine vernachlässigbar geringe Korrosionsrate im Reinwasser besitzt.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Leitermaterial für die Hohlleiter aus einer an sich bekannten Legierung von Kupfer und Aluminium besteht, wobei der Anteil des Aluminiums bis 10 % Masseanteil, vorzugsweise 2 - 4 % Masseanteil beträgt.

Mit der Erfindung ist es erstmals möglich eine elektrische Maschine mit wassergekühlter Wicklung herzustellen, bei der praktisch keine Korrosionserscheinungen mehr auftreten. Dieser erfindungsgemäße Werkstoff weist im Gegensatz zu reinem Kupfer keine über die normale deckschichtbildende hinausgehende Korrosion auf und ist im Hinblick auf die elektrischen Eigenschaften für den Einsatz bei direkt wassergekühlten Maschinen bestens geeignet.

Untersuchungen ergaben, daß schon geringe Mengen von Aluminium als Legierungsbestandteil im Kupfer das Korrosionsverhalten im Reinwasser wesentlich verbessert.

Damit steht für den Einsatz bei direkt wassergekühlten Maschinen ein weitgehend korrosionsbeständiger Werkstoff für die Hohlleiter zur Verfügung, der sowohl aus elektrischer Sicht keine Nachteile besitzt, als auch hinsichtlich der Wärmeausdehnung das gleiche Verhalten wie die massiven Teilleiter aufweist und damit zu keinen nennenswerten mechanischen Spannungszuständen innerhalb des Leiterverbandes zufolge Erwärmungen führt.

Für den Einsatz korrosionsbeständiger Materialien als Kühlleiter im Roebelstab von Hochspannungs-Ständerwicklungen müssen eine Reihe von Randbedingungen erfüllt werden, die von anderen Materialzusammensetzungen als die erfindungsgemäß vorgeschlagenen, nicht erfüllt werden. Gerade die Abstimmung des Ausdehnungskoeffizienten des Hohlleiters auf jenen der Massivleiter zur Vermeidung von thermomechanischen Spannungen, als auch der spezifische Widerstand der Legierung sind wesentliche Kenngrößen für eine optimale Dimensionierung der Maschine. Aus den vorhin genannten und auch aus elektrochemischen Gründen können daher für eine wassergekühlte Hochspannungswicklung nicht ohne weiteres im Reinwasser korrosionsbeständige Materialien eingesetzt werden.

Um thermomechanische Spannungen innerhalb eines Stabverbandes zu vermeiden, müssen - wie bereits aufgezeigt - Hohl- und Massivleiter den gleichen Ausdehnungskoeffizient aufweisen. Die Gefahr von Ribbildungen an den verlöteten Stabenden infolge thermomechanischer Spannungen ist bei den Kombinationen von Kupfer-Massivleitern und Hohlleitern aus rostfreiem Stahl sehr groß.

Aus diesen Gründen wird erfindungsgemäß die Verwendung von Hohlleitern aus alulegiertem Kupfer vorgeschlagen, das sich im Ausdehnungskoeffizient gegenüber jenem der Massivleiter aus reinem Kupfer kaum unterscheidet. Geringfügige Unterschiede werden durch entsprechende konstruktive Gestaltung des Wicklungsstabes berücksichtigt.

5

PATENTANSPRUCH

10

15 Elektrische Maschinen mit wassergekühlter Wicklung, bei der die Wicklung aus massiven Teileitern und von Reinwasser durchflossenen Hohlleitern besteht, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Leitermaterial für die Hohlleiter aus einer an sich bekannten Legierung von Kupfer und Aluminium besteht, wobei der Anteil des Aluminiums bis 10 % Masseanteil, vorzugsweise 2 bis 4 % Masseanteil beträgt.