



(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: AT 412 694 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1224/2002

(51) Int. Cl.⁷: H02K 3/40

(22) Anmelddatum: 13.08.2002

(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.2004

(45) Ausgabedatum: 25.05.2005

(56) Entgegenhaltungen:

DE 4025439A1 JP 8111950A
JP 2002223550A

(73) Patentinhaber:

VA TECH HYDRO GMBH & CO
A-1141 WIEN (AT).

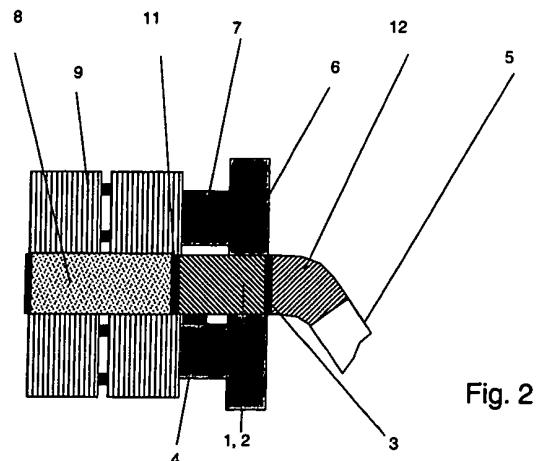
(72) Erfinder:

MÜLLER FRANZ DR.
GRAMBACH, STEIERMARK (AT).
MUSSBACHER GÜNTHER ING.
KUMBERG, STEIERMARK (AT).

(54) VERFAHREN ZUM BEHEBEN VON DEFEKten AN ELEkTRISCH LEITFÄHIGEN BESCHICHTUNGEN ZUR POTENTIALSTEUERUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beheben von Defekten an elektrisch leitfähigen Beschichtungen (11) zur Potentialsteuerung von in einer Halterung (9) angeordneten Hochspannungswicklungen für elektrische Maschinen, wobei zumindest ein mit einer Hauptisolierung umgebener Leiter (5) mit einer Beschichtung (11) zur Potentialsteuerung versehen ist, indem zumindest die außerhalb der Halterung (9) befindliche fehlerhafte Oberfläche (10) im Bereich der defekten Beschichtung (11) mit einem elektrisch leitfähigen Belag (1, 2) beschichtet wird. Dabei ist vorgesehen, dass der Belag (1, 2) mittels einer zusätzlichen elektrisch leitfähigen Verbindung (4) auf gleiches Potential mit der Halterung (9) gebracht wird.

Damit wird ein neuerliches Auftreten von Fehlstellen außerhalb der Halterung der Hochspannungswicklung, also etwa am Nutausgang, vermieden, da die Ableitung der kapazitiven Ströme von den Wicklungsenden bzw. Wickelköpfen sichergestellt wird.



AT 412 694 B

Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beheben von Defekten an elektrisch leitfähigen Beschichtungen zur Potentialsteuerung von in einer Halterung angeordneten Hochspannungswicklungen für elektrische Maschinen, wobei zumindest ein mit einer Hauptisolierung umgebener Leiter mit einer Beschichtung zur Potentialsteuerung versehen ist.

5 Ein solches Verfahren ermöglicht es, defekte Beschichtungen zur Potentialsteuerung bei Hochspannungswicklungen von elektrischen Maschinen in ihrer Funktion soweit wieder herzustellen, dass ein Betrieb der Maschine ohne nennenswerten Gleitentladungen möglich ist.

Hochspannungsisolierungen für Hochspannungswicklungen von elektrischen Maschinen, insbesondere rotierenden elektrischen Maschinen, besitzen zur Vermeidung von Oberflächengleitentladungen in- und außerhalb der Halterung (z.B. einem Stator- oder Blehpaket), also im Nut- und Nutausgangsbereich, eine niederohmige, spannungsunabhängige Beschichtung (= Potentialsteuerung oder Außenglimmschutz) und anschließend im Übergangsbereich zum Wickelkopf eine meist spannungsabhängige elektrisch leitende oder halbleitende Beschichtung (= Endenpotentialsteuerung oder Endenglimmschutz).

10 15 Durch die Potentialsteuerung wird sichergestellt, dass das Oberflächenpotential des Leiters, also etwa des Wicklungsstabes oder der Spule, im Nut- und Nutausgangsbereich der Halterung (z.B. des Statorpakete) auf Massepotential liegt und keine Entladungen zwischen Wicklungsoberfläche und Halterung (Statorpaket) oder anderen Konstruktionsteilen auftreten können. Im Wickelkopfbereich wird dann zumeist durch Endenpotentialsteuerbeläge das Oberflächenpotential vom Wicklungsstab oder von der Spule mehr oder weniger linear auf das Hochspannungspotential hochgesteuert. Die elektrische Leitfähigkeit dieser Endenpotentialsteuerung ist so zu bemessen, dass keine nennenswerten Gleitentladungen auf der Wicklungsoberfläche auftreten können.

20 25 Durch thermomechanische und dielektrische Einflüsse, aber auch durch Vibrationen, kann es nun im Laufe der Betriebszeit zu Beeinträchtigungen dieser Beschichtungen, vor allem im Nutausgangsbereich, kommen. In vielen Fällen sind vorstehende Bleche, bedingt durch Verschichtungen, oder Blechkanten für mechanische Verletzungen, wie Abschürfungen oder Abrieb, der Beschichtung verantwortlich.

30 Durch fehlende Beschichtungen kann es auf der Wicklungsoberfläche zu undefinierten Potenzialverteilungen und in der Folge zu Gleitentladungen kommen. Treten diese Verletzungen der Beschichtungen am Nutausgang auf und weiten sich rund um den Leiter, also den Stab oder die Spule, auf, so ist die Ableitung der kapazitiven Ströme vom Wickelkopf unterbrochen und es können, je nach Ausbildung der Unterbrechung, beträchtliche Oberflächengleitentladungen, die zur Beeinträchtigung der Isolationsoberfläche und zu einer starken Ausweitung von den Fehlstellen führen, auftreten.

35 40 Stand der Technik ist es, fehlende Beschichtungen in Form von entsprechend elektrisch leitenden Anstrichen oder durch Umwickeln mit einem leitfähigen, bandförmigen Material aus anorganischem Karbon (siehe JP 2002-223550 A (Toshiba)) auszubessern. Damit wird zwar der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt, jedoch keine Verbesserung hinsichtlich der Funktion erreicht. Mit einem neuerlichem Auftreten ist, da die Ursache in den meisten Fällen nicht beseitigt werden kann, wieder zu rechnen.

45 50 Die DE 40 25 439 A1 zeigt eine Anordnung von Wicklungsträgern und Wicklungsstäben, bei der die Wicklungsstäbe mit einer Schutzschicht versehen sind und für diese mittels einer Füllung aus einer elektrisch leitfähigen Masse eine Verbindung zwischen der Schutzschicht und dem Wicklungsträger, nämlich den Nuten im Wicklungsträger, hergestellt wird. Bei dieser Anordnung ist das Ziel eine sichere Befestigung und elektrische Kontaktierung des Wicklungsstabes im Nutbereich (siehe Spalte 2, Zeilen 20-25). Es wird in der DE 40 25 439 A1 weder ein Verfahren zur Reparatur einer Beschichtung gezeigt noch wird auf die Beschichtung außerhalb der Nut eingegangen.

55 Die JP 08-111950 zeigt einerseits ein Verfahren zur Unterbindung von „slot corona“-Entladungen im Nutbereich durch Nachlackieren mit leitfähigem Lack und andererseits ein Verfahren für das Einbringen einer Nuteinlage (slot liner) zur Befestigung von Wicklungsstäben, um Vibrationen der Wicklungsstäbe zu vermeiden und um die Kontaktierung der Staboberfläche im Nutbereich sicherzustellen.

Auch hier wird kein Verfahren zum Beheben von Defekten einer Hochspannungswicklung außerhalb der Halterung (der Nuten) gezeigt.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, ein Verfahren bzw. eine Anordnung zur Verfügung zu stellen, welche ein neuerliches Auftreten von Fehlstellen außerhalb der Halterung der Hochspannungswicklung, also etwa am Nutausgang, zu vermeiden helfen.

Die Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 bzw. eine entsprechende elektrische Maschine gemäß Anspruch 10 gelöst.

Mit dieser Erfindung wird es erstmals möglich, die Funktion von im Laufe der Betriebszeit durch mechanische oder elektrische Einwirkungen beschädigten Beschichtungen zur Potentialsteuerung soweit wieder herzustellen, dass vor allem die Ableitung der kapazitiven Ströme von den Wicklungsenden bzw. Wickelköpfen sichergestellt ist. Damit werden jene Oberflächengleitentladungen vermieden, die sonst wesentlich den Teilentladungspegel beeinflussen bzw. überdecken und eine genauere dielektrische Überwachung und damit Zustandsbeurteilung undurchführbar machen. Das Verfahren kann unabhängig vom bestehenden Wicklungsbefestigungssystem und der damit verbundenen Kontaktierungsart zur Halterung (z.B. dem Stator- oder Blechpaket) angewandt werden.

Bei diesem Verfahren wird der Bereich der ursprünglichen Beschichtung außerhalb der Halterung erneuert. Beispielsweise wird der außerhalb der Nut liegende beschädigte Bereich der Beschichtung zur Potentialsteuerung des Wicklingsstabes oder der Spule wieder mit einem leitenden Belag versehen, der dann direkt mit dem Blechpaket - und soferne eine Endenpotentialsteuerung vorhanden ist, auch mit dieser - elektrisch leitend verbunden wird.

Besonders vorteilhaft beim erfindungsgemäßen Verfahren ist, wenn die Verbindung mit der Halterung (z.B. dem Blechpaket) mechanisch flexibel ausgeführt wird, um insbesondere auch bei betriebsbedingten thermomechanischen Stabbewegungen eine sichere und vom Wicklungsbefestigungssystem unabhängige elektrische Verbindung zu gewährleisten. Hierzu eignen sich besonders elektrisch leitfähige Elastomere, wie ein bei Raumtemperatur vernetzendes elektrisch leitfähiges Silikon, welches sehr gut vor Ort verarbeitet werden kann. Auf einfache Art kann dies durch Ausfüllen eines bestehenden Raumes, wie eines Spaltes, zwischen dem Leiter und einem geerdeten Bauteil der elektrischen Maschine im Bereich des Belages erfolgen.

Wenn die elektrisch leitfähige Verbindung nahe an der Halterung angeordnet wird, können etwaige in diesem Bereich neu auftretende Isolationsströme gut abgeleitet werden.

Bezüglich Lebensdauer des leitfähigen Belages ist es vorteilhaft, diesen mehrschichtig auszuführen, etwa indem auf einer als Haftvermittler dienenden Grundbeschichtung eine abriebfeste Deckbeschichtung aufgetragen wird.

Grundsätzlich wird die axiale Erstreckung des Leitbelages an der Wicklungsoberfläche vom Ausgang des Leiters aus der Halterung (Nutrausgang) so bemessen, dass diese sich mindestens soweit in den Wickelkopfbereich sich erstreckt, dass am Ende die erforderlichen Spannungabstände zur Vermeidung von Entladungen zu geerdeten Maschinenkomponenten eingehalten werden.

Wenn die Hochspannungswicklung mit einer Endenpotentialsteuerung ausgestattet ist, sollte sich der Belag von der Halterung der Hochspannungswicklung bis zum Beginn der Endenpotentialsteuerung erstrecken und mit dieser elektrisch leitfähig verbunden werden.

Auf eine Reduzierung von Oberflächenentladungen innerhalb der Halterung, also im Nutbereich, die auf Grund der gegebenen geometrischen und dielektrischen Verhältnisse in der Regel nur einen geringen Pegel aufweisen, kann beim erfindungsgemäßen Verfahren verzichtet werden. Untersuchungen zeigten, dass diese Entladungen auf die zumeist verwendeten Glimmerisolierungen kaum einen lebensdauermindernden Einfluss besitzen und die Verfügbarkeit der Maschine praktisch nicht beeinflussen. Damit kann auf den sehr aufwändigen Wicklungsausbau zur Sanierung der Potentialsteuerbeschichtungen verzichtet werden.

Das vorgeschlagene Verfahren stellt ein kostengünstiges und wirtschaftliches Verfahren zur Reduktion von Oberflächengleitentladungen dar. Ein weiterer positiver Effekt dieses Verfahrens ist eine wesentliche Minderung der durch Oberflächenentladungen verursachte Ozonbildung im Kühlkreislauf der elektrischen Maschine.

Die Erfindung wird anschließend anhand der Fig. 1 und 2 beispielhaft erläutert:

Fig. 1 zeigt eine Hochspannungswicklung mit defekter Potentialsteuerungsbeschichtung.

Fig. 2 zeigt die selbe Hochspannungswicklung wie Fig. 1 mit behobenem Defekt.

In Fig. 1 ist ein Wicklungsstab 5 dargestellt, welcher in einem Blechpaket 9 mittels einer Wicklungsbefestigung 8 gehalten wird. Der Wicklungsstab 5 ist mit einer Beschichtung 11 zur Potentialsteuerung vollflächig umgeben, welche sich in diesem Fall axial über die Zahnfinger 7 hinaus

etwa bis zum dem Blechpaket 9 abgewandten Ende der Pressplatte 6 erstreckt. Dort schließt sich die Endenpotentialsteuerung 12 an. Die Beschichtung 11 weist eine Fehlstelle 10 auf.

Erfindungsgemäß wird zumindest der Bereich der Fehlstelle 10 selbst neu beschichtet, vorzugsweise wird jedoch der gesamte Bereich der ursprünglichen Beschichtung 11 außerhalb des Blechpaketes 9 erneuert.

Die Fehlstelle 10 wird gemäß Fig. 2 so bearbeitet, dass der betroffene Wicklungsstab 5 (bzw. die Spule) vom Nutausgang (Ende des Blechpaketes 9) bis zur Endenpotentialsteuerung 12 so lange wie die ursprüngliche Beschichtung mit einem gut benetzenden und in Oberflächenporen eindringenden elektrisch leitfähigen Lack 1, ähnlich einem Haftschichtvermittler, als Grundbeschichtung beschichtet wird. Ein vollständiges Entfernen der ursprünglichen Beschichtung oder von isolierenden Überzugslacken ist nicht erforderlich. Es muss nur eine ausreichende und einwandfreie Kontaktierung 3 am Ende der ursprünglichen Beschichtung 11 mit der spannungsgesteuerten Endenpotentialsteuerung 12 (soferne eine solche vorhanden ist) sichergestellt werden.

Zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, wird auf den ersten Anstrich (die Grundbeschichtung) ein weiterer elektrisch leitender Anstrich 2 (Deckbeschichtung) mit erhöhter Abriebfestigkeit aufgebracht. Damit wird einerseits die für die Ableitströme erforderliche Beschichtungssstärke geschaffen, andererseits eine mechanisch abriebfeste (resistente) Oberflächenqualität sichergestellt.

Als Grundsicht kommen beispielsweise leitfähige Lacke auf Kunstharzbasis mit leitfähigen Pigmenten, etwa Graphitpigmenten, zur Anwendung, die so dünnflüssig angesetzt werden, dass eine entsprechende Benetzung erzielt wird.

Als Decksicht können ebenfalls leitfähige Lacke auf Kunstharzbasis mit leitfähigen Pigmenten, etwa Graphitpigmenten, verwendet werden, jedoch sind diese dann dickflüssiger als jene für die Grundsicht, um eine größere Schichtstärke zu erhalten.

Grundsätzlich kann aber die Funktion des Belags durch eine einzige Schicht sichergestellt werden.

Um eine sichere Ableitung der kapazitiven Ableitströme auch bei großen thermomechanischen Bewegungen des Wicklungsstabes 5 gegenüber dem Blechpaket 9 zu gewährleisten und andererseits nicht auf die Kontaktierungsverhältnisse durch das bestehende Wicklungsbefestigungssystem 8 angewiesen zu sein, ist eine flexible Erdung 4 des neuen Leitanstriches 1, 2 vorzusehen.

Hier wird eine elastische Verbindung des zweiten Anstrichs 2 (Deckbeschichtung) mit Hilfe eines elektrisch leitenden und dauerelastischen Polymers (Elastomeres) vorgesehen. Dabei genügt es, den neuen Außenglimmschutzbelaug punktuell mit dem Blechpaket 9 zu erden, es kann dies aber auch abschnittsweise oder am gesamten Stab- oder Spulenumfang erfolgen und zwar vorzugsweise im Bereich des Nutausganges. Diese Erdung kann auch an anderen konstruktiven Maschinenkomponenten, wie am Zahnfinger 7, der Pressplatte 6 oder anderen Blechpaketpress-einrichtungen, erfolgen.

Eine besondere Ausgestaltung der Erfindung ist das Ausspritzen des fertigungstechnisch bedingten Spaltes zwischen Wicklungsoberfläche des Wicklungsstabes 5 am Nutausgang und einer der Blechpaketpresseinrichtungen, wie etwa dem in Fig. 2 dargestellten Zahnfinger 7, mit einer elektrisch leitfähigen Silikonmasse.

Durch eine Erdung im Bereich des Nutausgangs, wie durch die dargestellte Erdung 4, ist die Ableitung der kapazitiven Isolationsströme, auch wenn es unmittelbar am Nutausgang zu einer neuerlichen Beeinträchtigung der Potentialsteuerbeschichtung kommen sollte, sichergestellt. Weiters werden die großen Gleitentladungen am Nutausgang und damit ein neuerliches Ausweitung der Fehlstelle 10 mit den vorhin geschilderten Folgen sicher vermieden.

Die Erfindung wird vorzugsweise zur Behebung von oberflächigen Erosionen oder Fehlstellen an außerhalb des Blechpaketes angeordneten Potentialsteuerbeschichtungen bei Wicklungsstäben oder Spulen von Hochspannungswicklungen für rotierende elektrische Maschinen angewendet.

Die Erfindung ist jedoch auch für andere elektrische Apparate, wie für Transformatoren, einsetzbar.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Beheben von Defekten an elektrisch leitfähigen Beschichtungen (11) zur Potentialsteuerung von in einer Halterung (9) angeordneten Hochspannungswicklungen für elektrische Maschinen, wobei zumindest ein mit einer Hauptisolierung umgebener Leiter (5) mit einer Beschichtung (11) zur Potentialsteuerung versehen ist, indem zumindest die außerhalb der Halterung (9) befindliche fehlerhafte Oberfläche (10) im Bereich der defekten Beschichtung (11) mit einem elektrisch leitfähigen Belag (1, 2) beschichtet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Belag (1, 2) mittels einer zusätzlichen elektrisch leitfähigen Verbindung (4) auf gleiches Potential mit der Halterung (9) gebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitfähige Verbindung (4) mechanisch flexibel ausgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindung (4) mit einem elektrisch leitfähigen Elastomere hergestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als elektrisch leitfähiges Elastomere ein bei Raumtemperatur vernetzendes elektrisch leitfähiges Silikon verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Raum zwischen dem Leiter (5) und einem Bauteil (7) der elektrischen Maschine im Bereich des Belages (1, 2) zumindest teilweise mit einem Elastomere ausgefüllt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitfähige Verbindung (4) nahe an der Halterung (9) angeordnet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Belag (1, 2) mehrschichtig ausgeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einer als Haftvermittler dienenden Grundbeschichtung (1) eine abriebfeste Deckbeschichtung (2) aufgetragen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 für eine mit einer Endenpotentialsteuerung (12) ausgestatteten Hochspannungswicklung, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Belag (1, 2) von der Halterung (9) der Hochspannungswicklung bis zum Beginn der Endenpotentialsteuerung (12) erstreckt und mit dieser elektrisch leitfähig verbunden wird.
10. Elektrische Maschine, welche zumindest einen mit einer Hauptisolierung umgebenen Leiter (5) einer in einer Halterung (9) angeordneten Hochspannungswicklung mit einer Beschichtung (11) zur Potentialsteuerung aufweist, wobei zumindest eine außerhalb der Halterung (9) befindliche defekte Oberfläche (10) im Bereich der ursprünglichen Beschichtung (11) mit einem elektrisch leitfähigen Belag (1, 2) beschichtet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Belag (1, 2) mittels einer zusätzlichen elektrisch leitfähigen Verbindung (4) mit einem Bauteil (7) der elektrischen Maschine verbunden ist.
11. Elektrische Maschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitfähige Verbindung (4) mechanisch flexibel ausgeführt ist.
12. Elektrische Maschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindung (4) aus einem elektrisch leitfähigen Elastomere besteht.
13. Elektrische Maschine nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrisch leitfähige Elastomere ein bei Raumtemperatur vernetzendes elektrisch leitfähiges Silikon ist.
14. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Raum zwischen dem Leiter (5) und einem Bauteil (7) der elektrischen Maschine im Bereich des Belages (1, 2) mit einem Elastomere zumindest teilweise ausgefüllt ist.
15. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitfähige Verbindung (4) nahe an der Halterung (9) angeordnet ist.
16. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Belag (1, 2) mehrschichtig ausgeführt wird.
17. Elektrische Maschine nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einer als Haftvermittler dienenden Grundbeschichtung (1) eine abriebfeste Deckbeschichtung (2) aufgetragen wird.

18. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 10 bis 17, die eine mit einer Endenpotentialsteuerung (12) ausgestattete Hochspannungswicklung aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Belag (1, 2) von der Halterung (9) der Hochspannungswicklung bis zum Beginn der Endenpotentialsteuerung (12) erstreckt und mit dieser über eine Kontaktierung (3) elektrisch leitfähig verbunden ist.

5

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

