Patentbibliothek
des AfEP

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 134 024

Wirtschaftspatent
Teilweise aufgehoben gemäß § 6 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

				Int. Cl.[3]	
(11)	134 024	(45)	25.03.81	3(51)	H 02 K 15/12
(21)	WP H 02 K / 202 939	(22)	27.12.77		
(44)[1]	31.01.79				

(71) siehe (72)

(72) John, Helfried; Stender, Jörgen, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Elektromaschinenbau Sachsenwerk, 8017 Dresden, Hennigsdorfer Straße 25

(54) Verfahren zum Imprägnieren bewickelter Baugruppen großer elektrischer Maschinen

12 Seiten

a) Titel der Erfindung

Verfahren zum Imprägnieren bewickelter Baugruppen großer elektrischer Maschinen

b) Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft das Imprägnieren bewickelter Baugruppen großer dynamoelektrischer Maschinen mit offenen Nuten, die durch Nutverschlußkeile geschlossen werden. Das sind insbesondere Läufer bzw. Läuferblechpakete und Ständer bzw. Ständerblechpakete, die in einem Rhönrad gedreht werden können. Sinngemäß ist es auch anwendbar auf Baugruppen mit halboffenen Nuten, auf Läufer, deren Wicklung durch Bandagen befestigt wird, und auf Baugruppen, deren Nuten durch harzdurchlässige Nutverschlüsse, z.B. aus Glasseidenformteilen, geschlossen werden.

c) Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Ein hochwertiges Imprägnierverfahren ist die Vakuum-Druck-Imprägnierung. Der technische Aufwand für dieses Verfahren - Vakuum-Druckbehälter, Grob- und Feinvakuumpumpen, Vorratsbehälter, Kühleinrichtungen für den Vorratsbehälter - ist hoch, besonders dann, wenn in Form der Ganztränkung fertig bewickelte Blechpakete, Läufer und Ständer zu imprägnieren sind. Er steigt steil an mit zunehmender Maschinengröße, so daß das Ganztränkverfahren eine wirtschaftliche Grenze bei den Anlagenkosten hat. Hinzu kommt, daß wesentlich mehr Imprägnierharz aktiviert werden muß, als in die zu imprägnierende Baugruppe eingeht, so daß wegen der begrenzten Topfzeit ein häufiges Imprägnieren von Baugruppen erforderlich ist.

Wesentlich geringere Anlagekosten erfordert das Rollimprägnieren (Tauchrollieren), bei dem die Baugruppen partiell durch eine offene Tränkwanne gedreht werden. Auch ist dabei die aktivierte Menge Imprägnierharz geringer als bei Ganztränkung, so daß Topfzeitprobleme auch mit geringerer Zahl von Imprägnierungen lösbar sind. Allerdings ist der Füllungsgrad der Nuten mit Imprägnierharz unbefriedigend: Harz niedriger Viskosität ermöglicht gutes Eindringen in die Hohlräume in den Nuten bis zum Nutgrund, aber das Harz läuft beim Weiterdrehen in erheblicher Menge am Nutschlitz wieder aus. Harz hoher Viskosität hingegen dringt ungenügend in die engen Hohlräume der Nuten ein. In beiden Fällen behindert das beim Tauchtränken die Nuten allseitig umgebende und nachdrückende Harz, je nach Viskosität, das Entweichen der winzigen Luftbläschen in der Nut. Das ergibt eine Qualität, die insbesondere für Hochspannungsmaschinen ungenügend ist.

Neben Tränken ist aus der DE-OS 16 13 195 auch bekannt, Imprägnierharz auf die Mantelflächen des bewickelten Blechpaketes zu träufeln, so daß es durch Durchbrüche in den Nutverschlüssen oder durch Zwischenräume zwischen den Nutverschlüssen in die Nuten eindringt. Dieses Verfahren ist aber für große Maschinen, insbesondere für solche mit Formspulen, nicht geeignet, weil das vollständige Ausfüllen der Nuten mit Imprägnierharz ebensowenig gewährleistet ist wie beim Tränken ohne Vakuum und weil ein Mehrfaches an Imprägnierharz aktiviert werden muß, das nicht eindringt, sondern abläuft und z.T. dicke Schichten auf dem Blechpaket bildet, die die Einhaltung des notwendigen Luftspaltes gefährden und die Wärmeabfuhr behindern.

Schließlich ist es auch bekannt, mittels spezieller Einrichtungen durch Bohrungen in den Nutverschlüssen, Rutschstreifen, Zwischen- und Beilagen hochreaktives Imprägnierharz in die bewickelten Nuten zu pressen, wobei das Blechpaket langsam weitergedreht wird, und abschließend bei höherer Drehzahl das gesamte Blechpaket im Spritzverfahren mit Tränkharz zu beschichten (DD-PS 103 348). Dabei gibt es aber Schwierigkeiten mit dem Abdichten der unter Druck stehenden Düsen an den Bohrungen der Nutverschlüsse und die Handhabung ist umständlich und zeitraubend.

c) Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine hochwertige und rationelle Imprägnierung bewickelter Baugruppen großer elektrischer Maschinen bei Vermeidung von Topfzeitproblemen bzw. Verlusten durch verfahrensbedingt übrig bleibendes Imprägnierharz.

d) Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe der Erfindung besteht im vollständigen Ausfüllen aller Hohlräume in den Nuten mit Imprägnierharz ohne Anwendung von Vakuum oder Druck, wobei kein Imprägnierharz in Gefäßen zurückbleiben soll.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, zu dem fertig bewickelte Baugruppen verwendet werden, deren Nuten nach dem Einbringen der Wicklung vorerst nur unvollständig mit Nutverschlüssen verschlossen wurden. Die somit teilweise offenen Nuten werden bei einer Neigung der Nut von 45° mit dem Nutschlitz nach oben durch Ausgießen mit hochreaktivem Imprägnierharz mit niedriger Oberflächenspannung ohne Druck gefüllt.

Dabei wird die Baugruppe langsam so weitergedreht, daß der Nutschlitz nach oben kommt und im Nutbereich erwärmt. Das bewirkt ein schnelles Absinken der Viskosität, so daß das Harz, der Schwerkraft folgend und vorzugsweise in den Kanälen, die durch Blechversatz zwischen Wicklungselement und Nutwand vorhanden sind, zum Nutgrund fließt. Hier verteilt es sich über den Nutgrund und füllt die Nut von unten her so weit vollständig mit Harz auf, wie aufgeträufeltes Harz vorhanden ist. Die ursprünglich in den Nuten vorhandenen Lufteinschlüsse werden vom Harz nach oben gedrängt und entweichen durch kapillare Kanäle, die noch frei von Harz geblieben sind. Die Drehzahl der Baugruppe und die Erwärmung sind so aufeinander und auf das Imprägnierharz abgestimmt, daß letzteres geliert, bevor eine größere Menge an den Nutenden austreten kann. Dieser Verfahrensschritt - Nutenfüllen und Erwärmen - wird während einer Umdrehung oder/und während mehrerer Umdrehungen der Baugruppe wiederholt. Es hat sich gezeigt, daß durch diese Mehrschritt-Imprägnierung die Nuten vom Nutgrund bis zum Nutschlitz vollständig mit Imprägnierharz ausgefüllt werden. Dabei auslaufendes oder abtropfendes Imprägnierharz wird in einem Behälter mit Flüssigkeit aufgefangen. Die Nuten werden dann mit weiteren Nutverschlüssen vollständig verschlossen. Bei höherer Drehzahl wird nun die Baugruppe mit dem aufgefangenen und aufgelösten Kunstharz bespritzt und schließlich das gesamte Kunstharz durch Erwärmung vollständig ausgehärtet.

Zweckmäßigerweise erfolgt das unvollständige Verschließen der Nuten durch Nutverschlußkeile von etwa 5 cm Länge, die im Abstand von etwa 3 cm eingeschoben werden und nach dem Füllen der Nuten mit Kunstharz

werden zusätzliche Nutverschlüsse von beiden Seiten bis zur Berührung sämtlicher Nutverschlußkeile untereinander eingeschoben.

Vorteilhafterweise besitzen die Nutverschlußkeile auf der Innenseite Längsnuten.
Eine günstige Form der Erwärmung des Kunstharzes besteht in der Infrarotbestrahlung, wobei ein speziell auf Infraroterwärmung abgestimmtes Kunstharz eingesetzt wird, insbesondere ein Epoxidharz, versetzt mit bis zu 20% eines feindispersen, elektrisch isolierenden dunkelfarbigen Pigmentes. Es ist aber auch möglich, die Erwärmung des Kunstharzes durch Wärmeübertragung aus der vorher aufgeheizten bewickelten Baugruppe zu bewirken.
In vielen Fällen reicht es aus, wenn die Nuten unvollständig verschlossen bleiben.

Vorteilhaft ist, daß das während des Imprägnierens von der Baugruppe abtropfende oder auslaufende Kunstharz in einem Lösungsmittelbad, insbesondere in Äthylglykol, aufgefangen, dabei aufgelöst und dadurch fast schlagartig abgekühlt wird und daß diese Kunstharzlösung zum abschließenden Spritzbeschichten verwendet wird.

e) Ausführungsbeispiel

Anhand eines Ausführungsbeispieles soll eine zweckmäßige Form der Erfindung erläutert werden.
Ein Ständer einer 1000 kW Drehstrom-Asynchronmaschine für 6 kV mit einer Kunstharzisolierung der Wärmebeständigkeitsklasse F aus vorimprägnierten Isolierbändern soll mit Epoxidharz imprägniert werden. Der Ständer wurde zum Einlegen der Wicklung in einem auf Rollen drehbaren Rhönrad arretiert und wird so auch imprägn-

niert. Die Nuten des Ständers sind mit 5 cm langen Nutverschlußkeilen, die auf der Innenseite eine Längsnut aufweisen und aus kunstharzgebundenem Schichtpreßstoff bestehen, derart unvollständig verschlossen, daß zwischen den Nutverschlußkeilen jeweils 3 cm Abstand besteht. Als Imprägnierharz wird ein hochreaktives, heißhärtendes Epoxidharz mit niedriger Oberflächenspannung und einem Anteil von 15% feindispersem Pigment verwendet, das bei Raumtemperatur hochviskos ist. Es befindet sich in einem luftdichten Behälter neben dem Ständer und wird nach Bedarf durch Beaufschlagen mit Druckluft über einen Schlauch mit Düse in den Ständer gepumpt. Während der Ständer von einem Getriebemotor über eine Rolle an den Lagerböcken mit einer Drehzahl von 0,75 pro Minute gedreht wird, wird auf der sinkenden Seite des rotierenden Ständers in jeweils die Nut, die sich etwa 45° vor der tiefsten Lage des Ständers befindet, Epoxidharz in die Lücken zwischen den Nutverschlüssen gepumpt, wobei dieses auch über das Blechpaket laufen soll. Anschließend durchlaufen die Nuten einen Bereich, in dem durch Infrarot-Dunkelstrahler eine konzentrierte Erwärmung stattfindet. Durch die dunkle Pigmentierung wird das Harz innerhalb weniger Sekunden erwärmt und die Viskosität sinkt stark ab, so daß es besonders durch Kanäle zwischen dem Wicklungselement und versetzten Blechen tief in die Nuten eindringt und hier von unten her auch alle feinen Hohlräume ausfüllt. Dabei läuft vom Blechpaket Epoxidharz nach und durch die Längsnut in den Nutverschlußkeilen und Hohlräume verteilt es sich auch axial. Nach etwa 20 Sekunden geliert das Epoxidharz, so daß es bei zunehmender Neigung der Nuten nach Durchgang durch die tiefste Stellung seine Lage nicht mehr ändern kann.

Die Nuten sind danach in ihrer unteren Hälfte, d.h. am Nutgrund, vollständig mit Imprägnierharz gefüllt, während der Nutbereich darüber nahezu frei von Harz ist. Bei der nächsten Umdrehung wird auf die gleiche Weise den Nuten wieder Harz zugeführt, das infolge der Erwärmung sich weiter verflüssigt und den nächsten Bereich der Nut ausfüllt. Die Nuten sind nun etwa zu drei Vierteln imprägniert. Bei einer dritten Umdrehung und Füllung der Nuten mit Harz läuft dieses soweit nach, daß die eigentliche Nut vollständig und nahezu hohlraumfrei imprägniert ist, während der Bereich zwischen den Nutverschlüssen wieder weitgehend frei von Harz wird. Die Imprägnierzeit beträgt bis zu dieser Phase etwa 260s. Nach diesen drei Imprägnierschritten werden von beiden Seiten weitere Nutverschlüsse eingeschoben, bis die Nuten vollständig verschlossen sind.

Während des Imprägnierens seitlich abtropfendes Harz wird in einer Wanne mit Äthylglykol unter dem Ständer aufgefangen. Dabei lösen sich die Epoxidharztropfen sofort in Äthylglykol auf und nehmen dessen Temperatur an, so daß sie nicht gelieren. Der Behälter besitzt eine seitliche Absaugung, so daß das Aufsteigen leicht entzündbarer Dämpfe an die Infrarot-Dunkelstrahler verhindert wird. Das aufgelöste Epoxidharz wird verwendet, um den letzten Imprägnierschritt durchzuführen. Dieser besteht in einer abschließenden Beschichtung der vollständig mit Wicklung und Nutverschlüssen versehenen Ständerbohrung und der Wicklungsköpfe. Dazu wird das aufgelöste Epoxidharz mittels einer Spritzpistole in den mit einer Drehzahl von 20 pro Minute rotierenden Ständer gespritzt. Das Lösungsmittel kann an der noch warmen Oberfläche leicht verdunsten, so daß schließlich die gesamte Imprägnierung aus dem gleichen Epoxidharz

besteht, das abschließend im Ofen zu einem einheitlichen Verband aushärtet.

Die erfindungsgemäße Mehrschritt-Imprägnierung gibt der Wicklung eine hohe mechanische Festigkeit, verbessert die elektrischen Eigenschaften, bewirkt eine gute Wärmeabfuhr aus den Leitern und schützt Wicklung und Blechpaket vor schädlichen Umwelteinflüssen. Durch sie ist auch bei starker Schwingungsbelastung, z.B. infolge hoher Schalthäufigkeit, eine dauerhafte Befestigung der Wicklung gewährleistet. Sie erreicht nahezu die Qualität der Vakuum-Druck-Ganztränkung und erfordert gegenüber dieser nur einen unbedeutenden gerätetechnischen Aufwand. Im Gegensatz zur Vakuum- und zur Rollimprägnierung geht auch bei Imprägnierung einzelner Ständer kein Imprägnierharz verloren, weil nur so viel angesetzt zu werden braucht, wie in die Maschine eingeht und selbst das abtropfende Imprägnierharz verwendet wird. Dabei ist der Aufwand an Bearbeitungszeit wesentlich geringer als bei Vakuumimprägnierung.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zum Imprägnieren bewickelter Baugruppen großer elektrischer Maschinen, bei dem Nuten unter Verwendung mehrerer Nutverschlußkeile je Nut die Zwischenräume zum Durchtritt des Imprägniermittels einschließen, mit lösungsmittelfreiem, bei Raumtemperatur flüssigen heißhärtenden Kunstharz gefüllt werden, gekennzeichnet dadurch, daß die teilweise offenen Nuten bei einer Neigung der Nutebene gegenüber der Horizontalen von etwa 45 Grad mit dem Nutschlitz nach oben durch Ausgießen ohne Druck mit hochreaktivem Kunstharz mit niedriger Oberflächenspannung gefüllt werden, daß die Baugruppe langsam so weitergedreht wird, daß die Nutstellung steiler wird, wobei das eingedrungene Kunstharz erwärmt wird und die Drehzahl der Baugruppe und die Erwärmung so mit dem Kunstharz abgestimmt sind, daß dieses nach einer Viertelumdrehung geliert, daß das Ausgießen und das Erwärmen während einer Umdrehung oder/und während mehrerer Umdrehungen der Baugruppe so oft wiederholt werden, bis alle Nuten voll Kunstharz sind, daß dann die Nuten vollständig mit weiteren Nutverschlußkeilen verschlossen werden und schließlich das gesamte Kunstharz durch Erwärmung vollständig ausgehärtet wird.

2. Verfahren zum Imprägnieren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß zum unvollständigen Verschließen der Nuten Nutverschlußkeile von etwa 5 cm Länge im Abstand von etwa 3 cm eingeschoben werden und nach dem Füllen der Nuten mit Kunstharz zusätzliche Nutverschlüsse von beiden Seiten bis zur Berührung sämtlicher Nutverschlußkeile untereinander eingeschoben werden.

3. Verfahren zum Imprägnieren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß Nutverschlüsse verwendet werden, die auf der Innenseite eine Längsnut aufweisen.

4. Verfahren zum Imprägnieren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Erwärmung des Kunstharzes durch Infrarotbestrahlung bewirkt wird.

5. Verfahren zum Imprägnieren nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß ein speziell auf Infraroterwärmung abgestimmtes Kunstharz eingesetzt wird, insbesondere ein Epoxidharz, versetzt mit bis zu 20% eines feindispersen, elektrisch isolierenden dunkelfarbigen Pigmentes.

6. Verfahren zum Imprägnieren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Erwärmung des Kunstharzes durch Wärmeübertragung aus der bewickelten Baugruppe erfolgt, die vorher aufgeheizt wurde.

7. Verfahren zum Imprägnieren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Nuten unvollständig verschlossen bleiben.

8. Verfahren zum Imprägnieren nach Punkt 1; gekennzeichnet dadurch, daß beim Ausgießen der Nuten auslaufendes oder abtropfendes Kunstharz in einem Behälter mit Flüssigkeit aufgefangen wird.

9. Verfahren nach Punkt 8, gekennzeichnet dadurch, daß das auslaufende oder abtropfende Kunstharz in einem Lösungsmittelbad, insbesondere in Äthylglykol, aufgefangen, dabei aufgelöst und dadurch fast schlagartig abgekühlt wird und daß die Baugruppe bei höherer Drehzahl durch Bespritzen mit dem aufgelösten Kunstharz beschichtet und erst danach zum Aushärten erwärmt wird.