

(51) Int. Cl. :

# AT PATENTSCHRIFT

(11) Nr.

---

(73) Patentinhaber: Bernhard HEIDEN  
8160 Weiz

(54) Titel: Elektrodynamische Maschine

(61) Zusatz zu Patent Nr.

(66) Umwandlung von

(62) gesonderte Anmeldung aus (Teilung):

(30) Priorität(en):

(72) Erfinder:

(22) (21) Anmeldetag, Aktz: 28. November 2012, A 1251/2012

(60) Abhängigkeit:

(42) Beginn der Patentdauer:

Längste mögliche Dauer:

(45) Ausgabetag:

---

(56) Entgegenhaltungen, die für die Beurteilung der Patentierbarkeit in Betracht gezogen wurden:

DE 102007060011 A1  
DE 102010063917 A1  
DE 716266 C

Bernhard HEIDEN

A-8160 Weiz (AT)

Die Erfindung betrifft die Bauweise und das Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Generators/Motors (GM) mit hoher Leistungsdichte (Leistung/Volumen)

Aufgabe der Erfindung ist es, elektrische Energie in mechanische Energie (Rotationsenergie) (Motor) oder mechanische Energie in elektrische Energie umzuwandeln (Generator), wobei ein neues Verfahren zur Kühlung bzw. zum Wärmeabtransport zur Anwendung kommt, sodass damit eine hohe Leistungsdichte (Leistung/Volumen) des Generators/Motors (GM) erzielt werden kann, um eine Umwandlung von mechanischer und elektrischer Energie mit einer bestimmten Leistung auf beschränktem Raum zu realisieren.

Üblicherweise werden GM nach folgender Methode hergestellt: Es werden Eisenbleche 5 (siehe Fig. 1) einer gewissen Stärke gestanzt und geschichtet. Dies nennt man Blechpaket 3. Ein GM üblicher Bauart besteht aus zwei solchen Blechpaketen 3 (Fig. 2). Der eine Teil, feststehend, wird Stator 2 genannt. Der zweite Teil, rotierend, wird Rotor 1 genannt. Die Blechpakete 3 tragen dabei die Stator- und Rotorwicklungen 8, 9. Der Rotor 1 bewegt sich innerhalb eines Magnetfeldes, das mit dem Magnetfeld des Stators 2 wechselwirkt. Ein Generator ist definiert dadurch, dass elektrische Energie aus der Einspeisung

mechanischer Energie gewonnen wird, aufgrund der Wechselwirkung der Magnetfelder von Rotor 1 und Stator 2; ein Motor ist dadurch charakterisiert, dass elektrischer Strom in diesem zur Umwandlung in mechanische Energie gebracht wird. Üblicherweise kann ein Generator auch als Motor betrieben werden und umgekehrt. Dies beruht auf dem physikalischen Prinzip, dass ein bewegtes Magnetfeld in einem ruhenden Leiter eine Spannung induziert und der Vorgang reversibel ist, das heißt umgekehrt, dass eine elektrische Spannung im ruhenden Magnetfeld eine Kraft (Bewegung) im Magnetfeld induziert (Lorentzprinzip).

Der Grund, dass in einem üblichen GM die Blechpakete 3 geschichtet sind, liegt darin, dass Wirbelströme induziert werden, das sind Verlustströme, die einen Teil der elektrischen Energie in Wärme umwandeln. Je mehr Wirbelströme oder je mehr Zusatzverluste auftreten, umso weniger elektrische Energie wird in mechanische Energie umgewandelt. Das bedeutet, dass mit dem Ansteigen der Zusatzverluste (dies sind Wirbelstromverluste, Zahnisenverluste, Eisenverluste u. a.) der mechanische Wirkungsgrad für einen GM abnimmt. Durch die Schichtung der Eisenbleche, wobei diese zusätzlich mit einer „Isolationsschicht“ (Isolierlack) versehen werden, wird der Wirkungsgrad hoch gehalten. Dabei ist der Wirkungsgrad ein Maß dafür, wie vollständig die elektrische Energie in mechanische Energie umgewandelt wird und umgekehrt. In einer elektrischen Maschine, einem Motor oder einem solchen GM wird heutzutage ein Wirkungsgrad von etwa 97%-98% erreicht.

Nahezu alle GM heutzutage beruhen auf diesem Prinzip.

Ein anderer Typus ist der „Ferraris Läufer“. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass ein Aluminiumrotor sich in einem Magnetfeld bewegt. Dieser wird in sogenannten Wirbelstromzählern verwendet, die für Messung des Stromverbrauches in Haushalten breite Verwendung finden (Gasstromzähler).

Mit zunehmender Größe der GM wird einerseits der Wirkungsgrad höher und andererseits ist es so, dass die Wärme aus dem GM schwieriger abzuleiten ist. Aus diesem Grunde wird in großen GM ein erweitertes Kühlprinzip verwendet. Dieses besteht darin, dass Luft durch die einzelnen Segmente - auf Grund der Zentrifugalkraft von innen nach außen - gefördert wird und in einem Wärmetauscher abgeführt wird. Dies erfolgt so, dass das Rotor und das Stator-Blechpaket in Segmente eingeteilt wird (Fig. 2) und dazwischen beispielsweise I-Stege zur Bildung von Luftschlitzen  $\gamma$  eingebracht werden. In diesen kann die Luftführung zur Kühlung des GM erfolgen.

Entscheidend für die umgesetzte Leistung eines GM ist die Eisenlänge  $l_{Fe}$ , das heißt die durchgehende Länge der geschichteten Rotor-/Statorblechpakete  $\delta$ . Wird diese durch die Länge der Luftschlitze  $\gamma$  unterbrochen, so ist dies „unwirksam“ für die Erzielung einer elektrischen/mechanischen Leistung im GM Betrieb.

Die Luftkühlung in den Blechpaketzwischenräumen  $\gamma$  ermöglicht es, einen größeren GM zu bauen und eine höhere „Leistung“ zu erzielen.

Man kann allgemein sagen, dass die Kühlung eines GM bis zu einer gewissen „Größe“, Länge des Blechpaketes und Durchmesser des Rotor-/Statorblechpaketes mit einem durchgehenden Rotor-/Statorblechpaket erfolgen kann, indem der Rücken des Stators 2 (siehe Fig. 3) gekühlt wird. Dies geschieht idealerweise mit einer Wassermantelkühlung. Stand der Technik ist es des Weiteren, dass ein Kühlmantel 6 zur Wasserkühlung auf das Blechpaket 3 geschlumpft wird, und somit der GM damit gekühlt werden kann.

Der limitierende Faktor bei der Kühlung ist die Breite  $b$  des Blechrückens (siehe Fig. 3). In diesem wird die Wärme abgeführt. Durch Wahl eines besser wärmeleitenden Bleches ist es möglich, die Maschine bei gleicher Leistung kühler zu halten oder bei Ausnutzung der Grenzklassen der Erwärmung aufgrund der Temperaturen der Wicklung eine für die Maschine höhere Leistung zu erzielen.

Die Kühlmethode über den Rücken bei geschlossenem Blechpaket 3 („Kühlmethode A“) ist in Fig. 1 gezeigt; jene der Kühlung mittels eines Luftstromes oder eines anderen Fluids (z.B. Helium, Wasserstoff (Großgeneratoren)) („Kühlmethode B“) in Fig. 2.

Eine weitere Möglichkeit der Kühlung besteht darin, die Welle direkt zu kühlen (Wellenkühlung).

Eine andere Möglichkeit der Anordnung der Blechpakete 3 besteht bei den sogenannten Schenkelpolgeneratoren/-Motoren. Dabei hat der Stator 2 die übliche Form und die Blechpakete 3

des Rotors 1 bestehen aus Schenkelpolen, einzeln angeordneten Wicklungen, die symmetrisch am Rotorumfang verteilt sind.

Sinngemäß gilt die Methode der neuen Art der Kühlung auch für alle diese GM.

Zusammenfassend ergeben die beiden Kühlmethoden eine Bifurkation in der Bauweise des GM. Physikalisch gesprochen beruht die Kühlmethode A auf der Wärmeleitung, die Kühlmethode B auf der Konvektion eines Fluids und der kombinierten Wärmeleitung.

Die Neuheit:

Es wird nachfolgend eine neue Kühlmethode C der elektrischen Maschine des GM beschrieben. Diese Methode beruht einerseits aus der Hybridisierung der beiden Kühlmethoden A und B und andererseits einer Erweiterung der Kühlmethode A bzw. B.

Durch das Einfügen eines Bleches 4 mit einer erhöhten Wärmeleitfähigkeit in das Blechpaket 3 (siehe Fig. 4, 5) ist es physikalisch möglich, die Wärmeleitfähigkeit „lokal“ zu erhöhen und damit die gerade noch mögliche Blechrückenbreite  $b$  (Fig. 3) bei gegebener Grenzerwärmung des GM zu erhöhen.

Wie in Fig. 5 gezeigt, können die (symbolisch als Blöcke dargestellten) Wärmemengen  $10$  (wie „virtuelle Autos“) von den Eisenblechen 5 über die zwischengeschalteten hochwärmeleitenden Aluminiumbleche 4 abgeführt werden, so dass sich ein Äquilibrium (Pfeil 11) einstellt.

Damit ist es einerseits möglich, bei einem gegebenen GM-Volumen bei verbesserter Kühlung durch diese Kühlmethode grö-

Bere Leistungen abzuführen. Andererseits ist es möglich, den Kühltypus A, kombiniert mit C, (kurz „Kühlmethode AC“) und somit die reine Wassermantelkühlung 6 hin zu größeren Volumina auszudehnen, als bisher physikalisch möglich war.

Mögliche Bleche 4 bestehen aus Aluminium (Wärmeleitfähigkeit ~ 6 mal höher als Eisenblech), Silber, Gold, Platin usw.

Die Methode ist auch anwendbar auf die Kühlmethode B, zusammen „Kühlmethode BC“ genannt.

Die Hybridisierung besteht darin, dass zwei oder mehrere Wärmeleitfähigkeiten radial wirken, sowohl bei Kühlmethode BC als auch bei Kühlmethode AC.

Bei der Kühlmethode AC tritt folgende Hybridisierung auf: Es tritt eine kombinierte Wärmeleitung aus Eisen (Dynamoblech) und dem - verglichen mit dem Dynamoblech 5 (Standard) - wärmeleitfähigeren Blech 4 auf.

Bei der Kühlmethode BC tritt folgende Hybridisierung auf: Neben der Konvektion tritt eine kombinierte Wärmeleitung von Eisen und dem - verglichen mit dem Dynamoblech 5 (Standard) - leitfähigeren Blech 4 auf. Physikalisch sind dann drei Wärmetransporte hybridisiert: 2 mal Leitung und 1 mal Konvektion.

Störend bei der beschriebenen Kühlmethode wirkt sich der aufgrund erhöhter Wirbelströme vermutlich schlechtere Wirkungsgrad aus. Die Maschine (GM) ist daher speziell bei engem Platzbedarf und hohem Energieangebot einsatzfähig.

Patentansprüche:

1. Elektrodynamische Maschine, insbesondere Generator oder Motor, mit einem Rotor (1) und einem Stator (2), wobei zumindest eine der Komponenten Rotor (1) und Stator (2) zumindest ein Blechpaket (3) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass in das Blechpaket (3) zumindest ein weiteres Blech (4) aus einem Material mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit als die übrigen Bleche (5) des Blechpakets (3) eingefügt ist.

2. Elektrodynamische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Blech (4) aus einem Edelmetall, bevorzugt Silber, Gold oder Platin, gefertigt ist.

3. Elektrodynamische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Blech (4) aus Aluminium gefertigt ist.

4. Elektrodynamische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere weitere Bleche (4) in regelmäßigen Abständen in das Blechpaket (3) eingefügt sind.

5. Elektrodynamische Maschine nach Anspruch 4 in Verbindung mit Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jeweils fünf oder jeweils sechs Bleche (5) des Blechpakets (3) ein weiteres Blech (4) aus Aluminium eingefügt ist, wobei die übrigen Bleche (5) des Blechpakets (3) aus einem Eisenblech gefertigt sind.



6. Elektrodynamische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Komponente der Stator (2) ist, welcher mit einem Kühlmantel (6) zur Wärmeabfuhr versehen ist.

7. Elektrodynamische Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlmantel (6) Kühlrippen und/oder eine Wasserkühlung aufweist.

8. Elektrodynamische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Komponente der Stator (2) ist, welcher mit radialen Durchbrechungen (7) für ein Kühlfluid, bevorzugt Luft, Helium oder Wasserstoff, versehen ist.

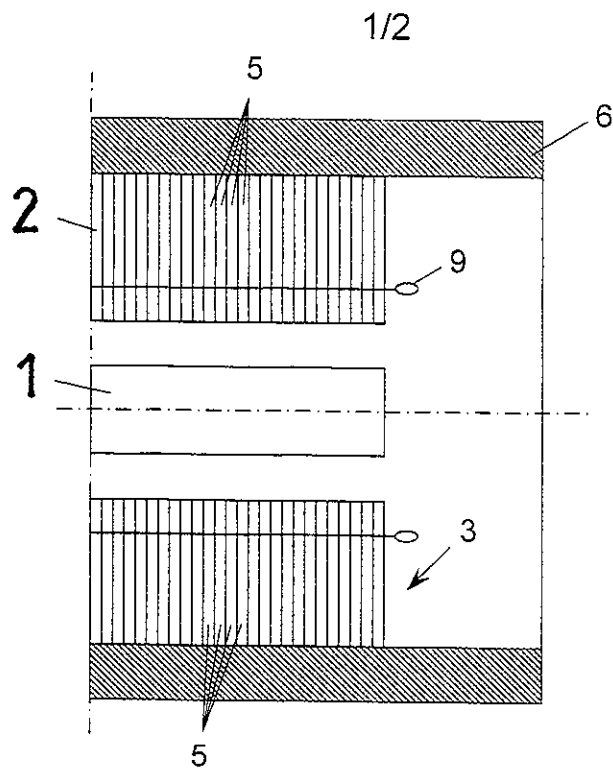
9. Elektrodynamische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Komponente der Stator (2) ist und das Blechpaket (3) mit den eingefügten weiteren Blechen (4) die Form eines Hohlzylinders hat, der an seiner Innenseite axialparallel verlaufende Ausnehmungen für die Aufnahme einer Statorwicklung (8) hat.

10. Elektrodynamische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Komponente der Rotor (1) ist und das Blechpaket (3) mit den eingefügten weiteren Blechen (4) die Form eines gegebenenfalls auf einer Welle sitzenden Zylinders hat, der an seiner Außenseite axialparallel verlaufende Ausnehmungen für die Aufnahme einer Rotorwicklung (9) hat.

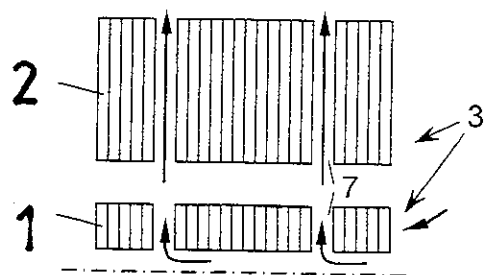
Zusammenfassung:

Eine elektrodynamische Maschine, insbesondere Generator oder Motor, mit einem Rotor (1) und einem Stator 2, wobei zumindest eine der Komponenten Rotor (1) und Stator (2) zumindest ein Blechpaket (3) aufweist, zeichnet sich dadurch aus, dass in das Blechpaket (3) zumindest ein weiteres Blech (4) aus einem Material mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit als die übrigen Bleche (5) des Blechpakets (3) eingefügt ist.

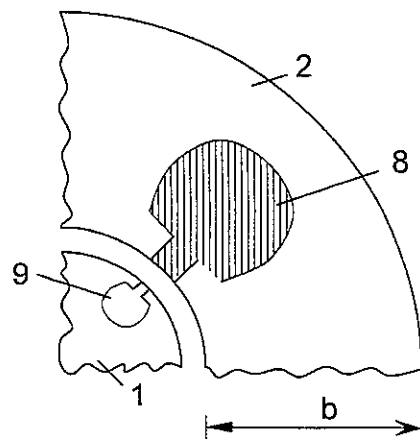
(Fig. 4)



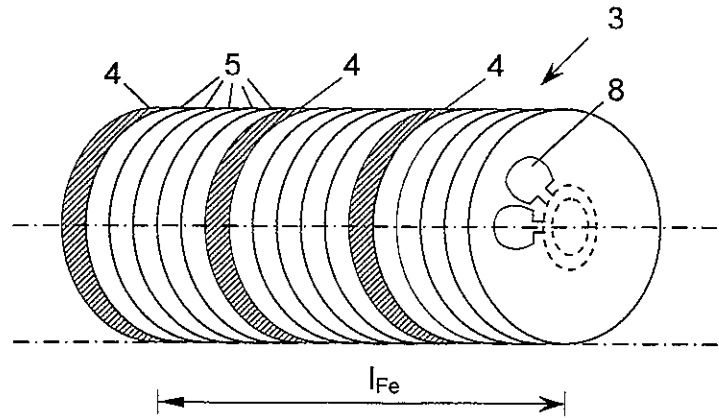
*Fig. 1*



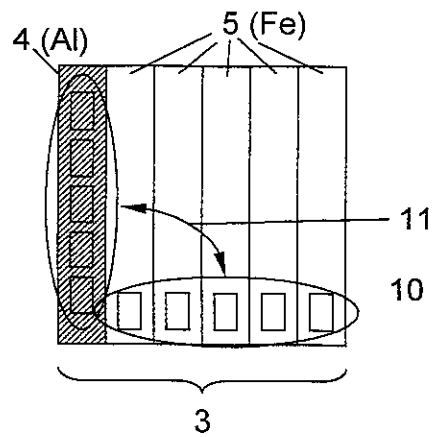
*Fig. 2*



*Fig. 3*



*Fig. 4*



*Fig. 5*