



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 57 502 A1** 2005.07.07

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 57 502.2**  
(22) Anmeldetag: **09.12.2003**  
(43) Offenlegungstag: **07.07.2005**

(51) Int Cl.7: **H02K 1/27**

(71) Anmelder:  
**BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH,**  
**81739 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Abel, Falko, 93047 Regensburg, DE; Kalavsky,**  
**Michal, Kosice, SK; Filippis, Pietro de, Varazze, IT**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

**US2002/00 47 435 A1**  
**US 62 34 767 B1**  
**EP 11 64 684 A2**  
**EP 10 67 656 A2**  
**EP 10 65 777 A1**  
**EP 09 09 003 A3**  
**JP 2002-2 81 700 A**  
**JP 2001-2 58 187 A**  
**JP 2000-2 78 896 A**  
**JP 2000-2 78 895 A**

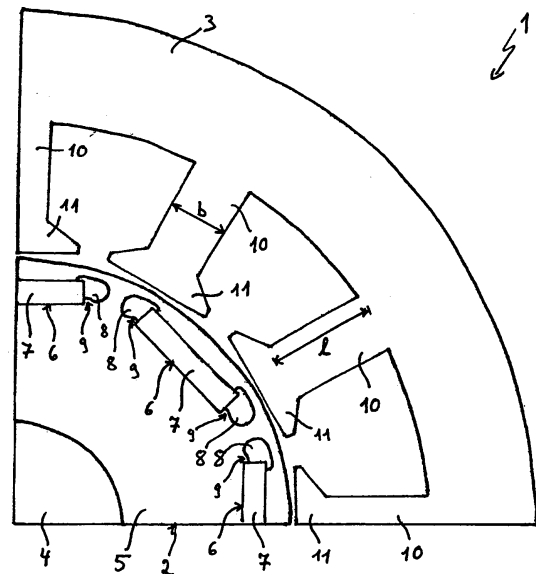
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere einen bürstenlosen Gleichstrommotor, mit einem Rotor (2) und einem mit stromführenden Wicklungen versehenen Stator (3), wobei der Rotor (2) in Umfangsrichtung mit einer Vielzahl von Permanentmagneten (7) bestückt ist, die jeweils in eine Magnetaufnahme (6) zwischen Umfangsfläche und Welle (4) des Rotors (2) derart eingebettet sind, dass die Permanentmagnete (7) in radialer Richtung vollständig von der Umfangsfläche des Rotors (2) umfasst sind.

An der Magnetaufnahme (6) erstrecken sich seitlich in Umfangsrichtung des Rotors (2) Materialausparungen (8) axial innerhalb des Rotors (2).



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere einen bürstenlosen Gleichstrommotor, mit einem mit stromführenden Wicklungen versehenen Stator und einem wenigstens teilweise magnetisierbaren Rotor, der in Umfangsrichtung mit einer Vielzahl von Permanentmagneten bestückt ist, die jeweils in eine Magnetaufnahme zwischen Umfangsfläche und Welle des Rotors derart eingebettet sind, dass die Permanentmagnete in radialer Richtung vollständig von der Umfangsfläche des Rotors umfasst sind.

**[0002]** Eine solche Maschine arbeitet, indem die Wicklungen in einem vorgegebenen zeitlichen Muster so mit Spannungen beaufschlagt werden, dass die dadurch in den Wicklungen auftretenden Ströme ein rotierendes Magnetfeld erzeugen, in dem der Rotor sich auszurichten versucht und so die Welle antreibt, oder indem der über die Welle von außen angetriebene Rotor durch das Magnetfeld der rotierenden Permanentmagneten in den Wicklungen des Stators oszillierende Ströme induziert.

**[0003]** Damit sich die Permanentmagnete bei hohen Drehzahlen nicht von dem Rotor lösen können, sind sie in den Rotor eingebettet und in radialer Richtung vollständig von dem Rotoreisen umfasst. Auf diese Weise entsteht ein geschlossener magnetischer Kreis zwischen den Polen der Permanentmagneten über das Rotoreisen, wodurch der magnetische Fluss zwischen Rotor und Stator verringert und somit der Wirkungsgrad der elektrischen Maschine reduziert wird.

## Aufgabenstellung

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine kostengünstige elektrische Maschine mit hohem Wirkungsgrad anzugeben, die für einen großen Drehzahlbereich ausgelegt ist.

**[0005]** Die Aufgabe wird durch eine elektrische Maschine mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

**[0006]** Die elektrische Maschine, insbesondere der bürstenlose Gleichstrommotor, weist einen Rotor und einen mit stromführenden Wicklungen versehenen Stator auf. Der Rotor ist in Umfangsrichtung mit einer Vielzahl von Permanentmagneten bestückt, die jeweils in eine Magnetaufnahme zwischen Umfangsfläche und Welle des Rotors derart eingebettet sind, dass die Permanentmagnete in radialer Richtung vollständig von der Umfangsfläche des Rotors umfasst sind. An der Magnetaufnahme erstrecken sich in Umfangsrichtung des Rotors seitlich der Permanentmagnete Materialausparungen axial innerhalb des Rotors. Auf diese Weise wird der magnetische Fluss im Rotoreisen um die Materialausparungen

herum geführt. Dies hat den Vorteil, dass sich der magnetische Fluss zwischen Rotor und Stator erhöht, wodurch bei Betrieb der elektrischen Maschine ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden kann.

**[0007]** Insbesondere erstrecken sich die Materialausparungen beiderseits der Magnetaufnahme. Auf diese Weise kann bei Rotation des Rotors sowohl bei Annäherung eines Permanentmagneten an einen Statorzahn, wie auch bei Entfernung des Permanentmagneten von dem Statorzahn eine symmetrische Verteilung des magnetischen Flusses erzielt werden. Des Weiteren werden dadurch die über den Umfang des Rotors auftretenden Unterschiede der magnetischen Flussdichte zwischen Rotor und Stator verringert. Dies führt zu einem Drehmoment mit geringer Welligkeit, einem geringen Rastmoment und damit zu einer geringen Geräuschentwicklung auch bei hohen Drehzahlen des Rotors.

**[0008]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform verlaufen die Materialausparungen benachbart zur Umfangsfläche des Rotors. Dies hat den Vorteil, dass die verbleibende Wandstärke schnell durch den magnetischen Fluss gesättigt ist, insbesondere wenn die Wandstärke derart minimiert ist, dass sie den Fliehkräften der Permanentmagneten bei der höchst möglichen Drehzahl des Rotors gerade noch standhält.

**[0009]** Vorteilhafterweise ragt der in die Magnetaufnahme eingebettete Permanentmagnet in die Materialausparungen hinein, insbesondere zumindest mit seinen zur Umfangsfläche des Rotors benachbarten, axialen Kanten. Auf diese Weise wird der magnetische Fluss in dem Rotoreisen zwischen Permanentmagnet und Umfangsfläche des Rotors, dem sogenannten Polschuh, erhöht, da der Permanentmagnet in Umfangsrichtung breiter ist als der Polschuh, und somit ein wesentlicher Teil der magnetischen Feldlinien, die von dem in die Materialausparung hineinreichenden Teil des Permanentmagneten ausgehen, ihren Weg durch den Permanentmagneten bis hin zu dem Polschuh zurücklegen, bevor sie aus dem Permanentmagneten aus- und in das Rotoreisen eintreten.

**[0010]** Vorzugsweise münden die Materialausparungen senkrecht auf einer zur Umfangsfläche des Rotors benachbarten Außenfläche des Permanentmagneten. Auf diese Weise kann der magnetische Fluss benachbart zu der Materialausparung senkrecht aus der Außenfläche des Permanentmagneten aus- und in den Polschuh eintreten, wodurch die magnetische Flussdichte im Polschuh maximal wird, da der magnetische Fluss im Polschuh zunächst gebündelt und erst anschließend im Polschuhkopf wieder verteilt wird.

**[0011]** Vorteilhafterweise weisen die Materialaus-

sparungen einen abgerundeten Übergang von einem Verlauf parallel zur Umfangsfläche des Rotors zu einem Verlauf senkrecht zur Außenfläche des Permanentmagneten auf. Auf diese Weise kann der magnetische Fluss in der verbleibenden Wandstärke zwischen Materialausparung und Umfangsfläche des Rotors so geführt werden, dass der magnetische Fluss zwischen Rotor und Stator maximal und das Rastmoment minimal wird.

**[0012]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Permanentmagnet in Umfangsrichtung mit einer Teilbreite seiner Außenfläche an einem Polschuh des Rotors an, wobei insbesondere die Teilbreite einer Zahnschuhbreite eines Statorzahns in Umfangsrichtung wenigstens annähernd entspricht. Dies hat den Vorteil, dass der maximale magnetische Fluss zwischen Rotor und Stator auftreten kann, wenn der Permanentmagnet dem Statorzahn genau gegenübersteht, so dass ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden kann.

**[0013]** Vorzugsweise sind durch die Materialausparungen axial ausgedehnte Nasen an der Magnetaufnahme zur Halterung des Permanentmagneten ausgebildet. Auf diese Weise können die Permanentmagnete auf besonders einfache Weise in der Magnetaufnahme gehalten werden.

**[0014]** Der Verzicht auf die Krümmung der Außenflächen der Magnete erlaubt es, diese wesentlich preiswerter herzustellen als herkömmliche Magnete mit kreissegmentförmigen Außenflächen. Im Idealfall sind die Magnete der erfindungsgemäßen Maschine einfach quaderförmig und mit ihren Schmalseiten in Umfangsrichtung angeordnet.

**[0015]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Stator eine Vielzahl von Statorzähnen auf, deren zum Rotor benachbarte Endflächen ihres Zahnschuhs eben und tangential zur Umfangsfläche des Rotors ausgebildet sind. Dies hat den Vorteil, dass bei Betrieb der elektrischen Maschine ein Drehmoment mit einer besonders geringen Welligkeit erzielt werden kann. Aufgrund des damit verbundenen besonders niedrigen Rastmoments der elektrischen Maschine, führt dies zu einer geringen Geräuschentwicklung auch bei hohen Drehzahlen des Rotors und zu einem verbesserten Wirkungsgrad.

**[0016]** Vorzugsweise trägt jeder Statorzahn Windungen einer Einzelspule. Auf diese Weise ist die elektrische Maschine besonders effektiv und hinsichtlich des Materialeinsatzes kostengünstig und es treten nur geringe Streuverluste auf.

**[0017]** Um eine Maschine mit gutem Gleichlauf und geringer Geräuschentwicklung zu erhalten, stehen den acht Permanentmagneten des Rotors vorzugsweise zwölf Statorzähne und somit zwölf Einzelspu-

len des Stators gegenüber. Diese sind jeweils periodisch abwechselnd mit drei verschiedenen Phasen beschaltet. Es sind auch andere Anzahlen von Permanentmagneten und Statorzähnen möglich, bevorzugt im Verhältnis Anzahl der Permanentmagneten zu Anzahl der Statorzähne von zwei zu drei, von vier zu drei, von fünf zu sechs oder von sieben zu sechs.

**[0018]** Insbesondere sind die Permanentmagnete parallel zu ihren zu den Materialausparungen gewandten Seitenflächen magnetisiert, wodurch sie besonders kostengünstig sind.

**[0019]** Bevorzugt sind Permanentmagnete hoher Koerzitivität bzw. Remanenz; vorzugsweise enthalten die Permanentmagnete Ferrite und/oder NdFeB und/oder Seltenen Erden. Insbesondere Permanentmagnete aus NdFeB weisen eine hohe Remanenz auf und haben ein günstiges Kosten-Materialmengenverhältnis.

**[0020]** Vorzugsweise sind die Permanentmagnete in axialer Richtung gleich lang oder länger als der Rotor, um Stirnstreueffekte auszugleichen.

**[0021]** Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine sind Antriebe für Waschgeräte, insbesondere in Form von einem permanentmagnetischen Hybridmotor. Bei diesen Antrieben treten typischerweise Drehzahlen in der Größenordnung bis ca. 20.000 Umdrehungen pro Minute auf.

**[0022]** Die Materialausparungen können zur Auswuchtung des Rotors mit nichtmagnetischen Materialien gefüllt werden.

#### Ausführungsbeispiel

**[0023]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beige-fügte Zeichnung. Es zeigen

**[0024]** [Fig. 1](#) einen Quadranten eines radialen Schnitts durch Stator und Rotor eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine und

**[0025]** [Fig. 2](#) einen vergrößerten Ausschnitt an einem Zahnschuh gemäß [Fig. 1](#).

**[0026]** Gemäß der Zeichnung ist die elektrische Maschine **1** mit einem Rotor **2** und einem Stator **3** ausgebildet, wobei der Rotor **2** zur Übertragung eines Drehmoments auf einer Welle **4** gelagert ist. Der Rotor **2** setzt sich in axialer Richtung aus einem Blechpaket **5** aus identisch geformten Einzelblechen zusammen, die entsprechend des in [Fig. 1](#) gezeigten radialen Querschnitts ausgestaltet sind. Das Blech-

paket **5** weist insgesamt acht Magnetaufnahmen **6** auf, die mit je einem Permanentmagneten **7** bestückt sind. Beidseitig an jeder der Magnetaufnahmen **6** erstreckt sich seitlich in Umfangsrichtung des Rotors **2** je eine Materialaussparung **8** axial durch das gesamte Blechpaket **5**. Die Permanentmagnete **7** sind quaderförmig ausgestaltet und mit ihren Schmalseiten in Umfangsrichtung angeordnet. An den Materialaussparungen **8** sind Nasen **9** zur Halterung der Permanentmagnete **7** ausgebildet.

**[0027]** Der Stator **3** hat einen äußeren Rahmen, von dem sich radial nach innen zwölf Statorzähne **10** erstrecken, die an ihren Enden zu Zahnschuhen **11** verbreitert sind. Jeder der Statorzähne **10** trägt Drahtwicklungen einer Einzelspule (nicht gezeigt). Diese sind jeweils periodisch abwechselnd mit drei verschiedenen Phasen einer von einem elektronischen Wechselrichter gelieferten dreiphasigen Versorgungsspannung geschaltet. Die Breite  $b$  der Statorzähne **10** in Umfangsrichtung beträgt wenigstens ein Viertel ihrer axialen Länge  $l$ , das heißt der Querschnitt der Statorzähne **10** ist vergleichsweise kompakt. Dadurch wird ein günstiges Verhältnis von gewickelter Drahtlänge beziehungsweise -masse zur Querschnittsfläche der Statorzähne **10** erzielt, und außerdem können die Wicklungen schnell hergestellt werden, da nur ein vergleichsweise geringer axialer Hub eines den Wicklungsdraht liefernden, beim Wickeln um die Wicklungskerne herumlaufenden Führungswerkzeugs erforderlich ist.

**[0028]** In [Fig. 2](#) ist ein vergrößerter Ausschnitt von [Fig. 1](#) gezeigt, wobei einer der Permanentmagnete **7** direkt gegenüber einem der Statorzähne **10** steht. Die Materialaussparungen **8** beidseitig der Magnetaufnahme **6** des Permanentmagneten **7** verlaufen benachbart zur Umfangsfläche des Rotors **2** parallel mit einer Wandstärke  $W$ . Der Permanentmagnet **7** ragt mit seinen dem Stator **3** zugewandten axialen Kanten **12** in die beidseitigen Materialaussparungen **8** hinein. Die Materialaussparungen **8** münden senkrecht auf einer zur Umfangsfläche des Rotors **2** benachbarten Außenfläche **13** des Permanentmagneten **7**. Mit dieser Außenfläche **13** liegt der Permanentmagnet **7** an einem Polschuh **14** des Rotors **2** an. Der Statorzahn ist mit einer dem Rotor **2** zugewandten flachen Endfläche **15** des Zahnschuhs **11** ausgebildet. Diese Endfläche **15** weist eine Breite  $BZ$  in Umfangsrichtung auf, die einer Breite  $BS$  des Polschuhs **14** wenigstens annähernd entspricht.

**[0029]** Der Rotor **2**, der durch das Blechpaket **5** gebildet ist, weist eine axiale Länge auf, die geringfügig kleiner ist als die der Permanentmagnete **7**. Die quaderförmigen Permanentmagnete **7** sind parallel magnetisiert und bestehen aus NdFeB. Typische Abmessungen der Permanentmagnete **7** für eine Anwendung in einer Waschmaschine bei einem Rotordurchmesser in der Größenordnung von 60 mm sind eine

Höhe von ca. 2,5 mm, eine axiale Länge von ca. 2 bis 3 mm mehr als die axiale Länge des Blechpakets **5** und eine Kantenbreite in Umfangsrichtung im Bereich von 12 bis 16 mm, insbesondere von ca. 14 mm. Die Permanentmagnete **7** ragen mit ca. 5 Prozent ihrer Kantenbreite jeweils in eine der beidseitigen Materialaussparungen **8** hinein. Um bei typischen Rotordrehzahlen bis ca. 20.000 Umdrehungen pro Minute den Fliehkräften der Permanentmagnete standhalten zu können, beträgt die minimale Wandstärke  $W$  zwischen den Magnetaufnahmen **6** bzw. den Aussparungen **8** und der Umfangsfläche des Rotors **2** ca. 1,0 mm.

### Patentansprüche

1. Elektrische Maschine, insbesondere einen bürstenlosen Gleichstrommotor, mit einem mit stromführenden Wicklungen versehenen Stator (**3**) und einem wenigstens teilweise magnetisierbaren Rotor (**2**), der in Umfangsrichtung mit einer Vielzahl von Permanentmagneten (**7**) bestückt ist, die jeweils in eine Magnetaufnahme (**6**) zwischen Umfangsfläche und Welle (**4**) des Rotors (**2**) derart eingebettet sind, dass die Permanentmagnete (**7**) in radialer Richtung vollständig von der Umfangsfläche des Rotors (**2**) umfasst sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich an der Magnetaufnahme (**6**) seitlich in Umfangsrichtung des Rotors (**2**) Materialaussparungen (**8**) innerhalb des Rotors (**2**) axial erstrecken.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Materialaussparungen (**8**) beiderseits der Magnetaufnahme (**6**) erstrecken.

3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialaussparungen (**8**) benachbart zur Umfangsfläche des Rotors (**2**) verlaufen.

4. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der in die Magnetaufnahme (**6**) eingebettete Permanentmagnet (**7**) in die Materialaussparungen (**6**) hineinragt.

5. Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (**7**) zumindest mit seinen zur Umfangsfläche des Rotors (**2**) benachbarten, axialen Kanten (**12**) in die Materialaussparungen (**8**) hineinragt.

6. Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialaussparungen (**8**) senkrecht auf einer zur Umfangsfläche des Rotors (**2**) benachbarten Außenfläche (**13**) des Permanentmagneten (**7**) münden.

7. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialaussparungen (**8**) einen abgerundeten Übergang von einem Verlauf parallel

zur Umfangsfläche des Rotors (2) zu einem Verlauf senkrecht zur Außenfläche (13) des Permanentmagneten (7) aufweisen.

8. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (7) in Umfangsrichtung mit einer Teilbreite (BS) seiner Außenfläche (13) an einem Polschuh (14) des Rotors (2) anliegt.

9. Maschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilbreite (BS) einer Zahnschuhbreite (BZ) eines Statorzahns (10) in Umfangsrichtung wenigstens annähernd entspricht.

10. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Materialaussparungen (8) axial ausgedehnte Nasen (9) an der Magnetaufnahme (6) zur Halterung des Permanentmagneten (7) ausgebildet sind.

11. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (7) quaderförmig und mit ihren Schmalseiten in Umfangsrichtung angeordnet sind.

12. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (3) eine Vielzahl von Statorzähnen (10) aufweist, deren zum Rotor (2) benachbarte Endflächen (15) ihres Zahnschuhs (11) eben und tangential zur Umfangsfläche des Rotors (2) ausgebildet sind.

13. Maschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Statorzahn (10) Windungen einer Einzelspule trägt.

14. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (1) mit acht Permanentmagneten (7) und zwölf Statorzähnen (10) ausgebildet ist.

15. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (7) parallel zu ihren zu den Materialaussparungen (8) gewandten Seitenflächen magnetisiert sind.

16. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (7) Ferrite und/oder NdFeB und/oder Seltenen Erden enthalten.

17. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (7) in axialer Richtung gleich lang oder länger als der Rotor (2, 5) sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig. 1

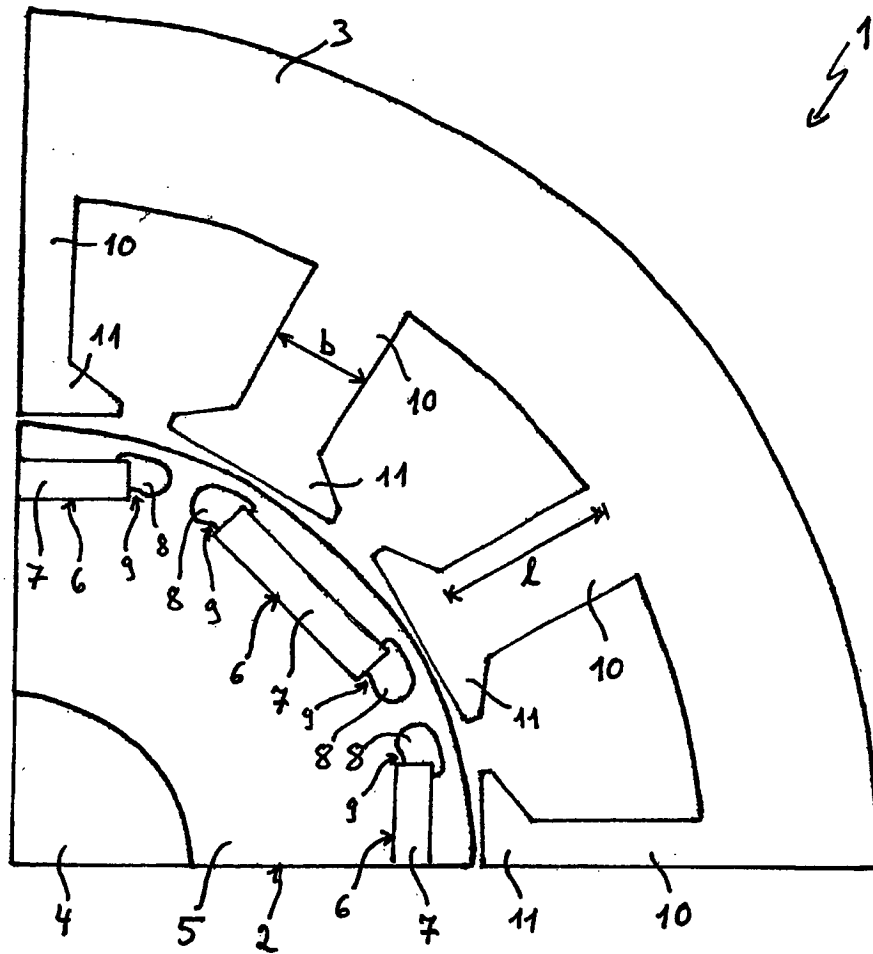


Fig. 2

