

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Es wird eine Asynchronmaschine (1) vorgeschlagen, wie sie insbesondere in Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen eingesetzt werden kann. Die Asynchronmaschine (1) weist einen Rotor (5) und einen Stator (3) auf. Die Asynchronmaschine ist derart aufgebaut und angesteuert, dass sie eine Polpaarzahl p von $p=3$ aufweist. Aufgrund der hierdurch erreichbaren verringerten Jochsättigung kann das Statorjoch (9) mit einer geringeren Höhe h_{y1} ausgebildet werden, so dass ein Verhältnis von Rotoraußendurchmesser D_{2a} zu Statoraußendurchmesser D_{1a} Werte zwischen 0,7 und 0,8 annehmen kann. Hierdurch lassen sich im Rotor (5) vergrößerte Rotorzähne (19) und entsprechend vergrößerte Rotornuten (21) ausbilden, so dass elektrische Verluste in dem als Rotorspulenelement (23) dienenden Material in den Rotornuten (21) im Vergleich zu herkömmlichen Asynchronmaschinen geringer sind. Die als Ausgleich in dem Stator (3) verstärkt auftretenden elektrischen Verluste führen zu einer geringeren Erwärmung des Stators (3) als dies beim Rotor (5) der Fall wäre, da sich der Stator (3) mit einfachen Mitteln kühlen lässt. Insgesamt kann somit mit der vorgeschlagenen Asynchronmaschine (1) ein höheres Dauerdrehmoment erreicht werden.

5 Beschreibung

Asynchronmaschine mit optimierter Aufteilung elektrischer Verluste zwischen Stator und Rotor

10

Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Asynchronmaschine beispielsweise in Form eines elektrischen Asynchronmotors oder eines Generators.

15

Stand der Technik

20

Es werden elektrische Maschinen entwickelt, um in Zukunft beispielsweise Elektrofahrzeuge oder Hybridfahrzeuge elektrisch antreiben beziehungsweise kinetische Energie des Fahrzeugs in elektrische Energie rekuperieren zu können. Die elektrische Maschine kann dabei entweder als Motor oder als Generator wirken.

25

Derzeit werden verschiedene elektrische Maschinen insbesondere für den Einsatz in Fahrzeugen weiterentwickelt. Insbesondere werden Anstrengungen unternommen, Asynchronmaschinen für den Einsatz in Fahrzeugen zu optimieren. Vor allem für zukünftige Straßenfahrzeuge sollte die Asynchronmaschine hierzu einerseits möglichst klein und leicht sein, andererseits sollte sie einen hohen Wirkungsgrad bei möglichst hoher Leistungsabgabe und hohem zur Verfügung stehendem maximalem Drehmoment besitzen.

30

35

Asynchronmaschinen weisen als wesentliche Baukomponenten einen Stator und einen Rotor auf. Ähnlich wie bei anderen elektrischen Maschinen ist in dem Stator eine oder mehrere Wicklungen untergebracht, mithilfe derer im Stator ein drehendes magnetisches Feld erzeugt werden kann. Im Gegensatz zu vielen

anderen Typen elektrischer Maschinen sind an dem relativ zu dem Stator rotierbaren Rotor jedoch keine Magneten in Form von Permanentmagneten oder von außen gespeisten Elektromagneten vorgesehen. Stattdessen beinhaltet der Rotor einen in der Regel kurzgeschlossenen Leiter, der teilweise auch als passiver Läufer bezeichnet wird. Das von dem Stator erzeugte drehende magnetische Feld rotiert mit einer so genannten Synchrondrehzahl, welche dem Quotienten f_1/p aus der Grundfrequenz f_1 des speisenden Systems und der Polpaarzahl p entspricht. Sobald die mechanische Drehzahl des Rotors sich von der Synchrondrehzahl unterscheidet, erfährt der Rotor eine Änderung des magnetischen Flusses. Dadurch werden Ströme in den kurzgeschlossenen Rotorleitern induziert. Durch eine Interaktion zwischen dem rotierenden magnetischen Feld des Stators und den Rotorströmen wird ein zwischen dem Stator und dem Rotor ansetzendes Drehmoment bewirkt.

Ein Beispiel einer Asynchronmaschine, welche teilweise auch als Induktionsmotor bezeichnet wird, wird in EP 2 202 781 A2 beschrieben.

Offenbarung der Erfindung

Ausführungsformen von Asynchronmaschinen gemäß der vorliegenden Erfindung ermöglichen unter anderem eine verbesserte Eignung für den Einsatz in Elektrokraftfahrzeugen oder Elektrohybridfahrzeugen. Insbesondere ermöglichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eine Asynchronmaschine, welche im Vergleich zu herkömmlichen Asynchronmaschinen ein höheres Dauerdrehmoment bei gleichzeitig weiterhin hoher Drehmomentdichte ermöglicht.

Es wird eine Asynchronmaschine vorgeschlagen, die einen Rotor und einen den Rotor umgebenden Stator aufweist. Der Stator hat hierbei einen Statoraußendurchmesser $D1a$. Der Stator weist ein außenliegendes Statorjoch mit einer Statorjochhöhe $hy1$ auf. Außerdem weist der Stator mehrere von dem Statorjoch radial nach innen abragende Zähne mit einer Statorzahnhöhe $hz1$ und einer mittleren Statorzahnbreite $bmz1$ auf. Zwischen benachbarten Statorzähnen weist der Stator in Statornuten angeordnete Statorspulenelemente auf. Der Rotor hat einen Rotoraußendurchmesser $D2a$. Der Rotor weist ein innenliegendes Rotorjoch mit einer Rotorjochhöhe $hy2$, mehrere von dem Rotorjoch radial nach

außen abragende Rotorzähne mit einer Rotorzahnhöhe h_{z2} und einer mittleren Rotorzahnbreite bm_{z2} sowie mehrere jeweils zwischen benachbarten Rotorzähnen in Rotornuten angeordnete Rotorspulenelemente auf. Die Asynchronmaschine zeichnet sich durch drei zusammenwirkende Merkmale aus:

5 erstens weist die Asynchronmaschine eine Polpaarzahl von 3 auf; zweitens ist ein Verhältnis von Rotoraußendurchmesser D_{2a} zu Statoraußendurchmesser D_{1a} derart gewählt, dass es zwischen 0,7 und 0,9, vorzugsweise zwischen 0,7 und 0,8, liegt; und drittens ist ein Verhältnis von Statorzahnhöhe h_{z1} zu Rotorzahnhöhe h_{z2} so gewählt, dass es zwischen 0,3 und 0,6 liegt.

10 Ausführungsformen der hierin vorgeschlagenen Asynchronmaschine können unter anderem als auf den nachfolgend beschriebenen Ideen und Erkenntnissen beruhend angesehen werden.

15 Asynchronmaschinen werden in Fahrzeugen unter anderem aufgrund ihrer hohen Zuverlässigkeit und ihres hohen Wirkungsgrades in fahrzyklusrelevanten Bereichen eingesetzt. Um hierbei erforderlichenfalls kurzzeitig eine hohe Drehmomentdichte bereit stellen zu können, werden mithilfe der in dem Stator vorgesehenen Wicklungen geeignete sich ändernde Magnetfelder erzeugt, um in

20 dem in dem Rotor vorgesehenen kurzgeschlossenen Leiter hohe Rotorströme zu induzieren.

Allerdings kommt es durch solche hohen Rotorströme aufgrund des nicht zu vernachlässigenden elektrischen Widerstandes innerhalb des kurzgeschlossenen

25 Leiters auch zu hohen elektrischen Verlusten innerhalb des Rotors. Da diese Verluste an den Rotor abgegeben werden und bei diesem zu einer Erwärmung führen, steigt die Temperatur des Rotors bei hoher Drehmomentabgabe beziehungsweise Leistungsabgabe stark an. Eine aktive direkte Kühlung des Rotors lässt sich nur mit erheblichem Zusatzaufwand und damit verbundenen

30 zusätzlichen Kosten bewirken. Ohne eine solche Kühlung erreicht der Rotor irgendwann eine Grenztemperatur, bei der eine Schädigung von Komponenten des Rotors einzusetzen kann. Beispielsweise sinkt die mechanische Festigkeit von Materialien typischerweise mit der Temperatur, so dass die mechanische Stabilität des Rotors bei zu hohen Temperaturen nicht gewährleistet ist. Im Fall

35 einer Überschreitung der Grenztemperatur können dann Risse und in Extremfall die mechanische Zerstörung der Komponenten auftreten. Daher muss, sobald

die Rotortemperatur sich der Grenztemperatur nähert, das von der Maschine bereitgestellte Drehmoment begrenzt werden, das heißt, eine Fahrzeugsteuerung kann dem Motor nicht mehr das volle Drehmoment abverlangen.

5

Eine Grundidee zu der hierin vorgeschlagenen Asynchronmaschine kann nun darin gesehen werden, die in der Asynchronmaschine auftretenden elektromagnetischen Verluste zumindest teilweise von dem Rotor in den Stator zu verschieben, da der Stator in der Regel sehr viel einfacher und effizienter gekühlt werden kann.

10

Um dies zu bewirken, werden die oben bereits kurz genannten und beanspruchten Maßnahmen getroffen. Details dieser Maßnahmen und ihre möglichen Wirkungen und Wechselwirkungen werden nachfolgend beschrieben.

15

Erstens wird die Asynchronmaschine und insbesondere deren Stator derart ausgebildet und angesteuert, dass die Asynchronmaschine eine Polpaarzahl von 3 aufweist.

20

Die Polpaarzahl p ist die Anzahl der Paare von magnetischen Polen innerhalb einer rotierenden elektrischen Maschine. In einer Minimalkonfiguration von $p=1$ weist eine elektrische Maschine lediglich ein Polpaar auf, das heißt einen magnetischen Nordpol und einen magnetischen Südpol. Bei einer Umpolung des von dem Stator bewirkten Magnetfeldes dreht sich der Rotor um 180° .

25

Maschinen mit einer Polpaarzahl von $p=3$ sind so ausgebildet und angesteuert, dass sich entlang des Umfangs des Stators alternierend angeordnet drei magnetische Nordpole und drei magnetische Südpole ergeben. Bei einer Umpolung des Magnetfeldes dreht sich der Rotor somit lediglich um 60° .

30

Für den Einsatz in Kraftfahrzeugen werden bisher meist Asynchronmaschinen mit einer Polpaarzahl von $p=2$ eingesetzt. Die Erfinder der vorliegend beschriebenen Asynchronmaschine haben jedoch erkannt, dass sich bei derartigen herkömmlichen Asynchronmaschinen mit Polpaarzahl 2 die im Rotor auftretenden elektrischen Verluste nur schwierig nennenswert senken lassen.

35

Es wird daher vorgeschlagen, die Asynchronmaschine mit Polpaarzahl 3 auszubilden. Eine solche Asynchronmaschine mit Polpaarzahl 3 hat bei ansonsten ähnlicher Geometrie der Maschinenkomponenten und gleicher bewirkter Drehzahl zwar ein geringeres Drehmoment als eine

5 Asynchronmaschine mit Polpaarzahl 2. Die Jochsättigung innerhalb des Statorjochs ist jedoch bei einer Maschine mit Polpaarzahl 3 erheblich geringer als bei einer Maschine mit Polpaarzahl 2, so dass das Statorjoch kleiner dimensioniert werden kann, das heißt, eine geringere, als Statorjochhöhe h_{y1} bezeichnete Abmessung in Radialrichtung aufweisen kann.

10 Aufgrund des geringeren für das Statorjoch benötigten Platzbedarfs kann die Geometrie der hier vorgeschlagenen Asynchronmaschine im Vergleich zu herkömmlichen Asynchronmaschinen bei gleich bleibenden Außenabmessungen derart geändert werden, dass erstens der Außendurchmesser des Rotors größer gewählt werden kann, als bei herkömmlichen Asynchronmaschinen und damit

15 ein Verhältnis von Rotoraußendurchmesser zu Statoraußendurchmesser größer ist, und beispielsweise im Bereich von 0,7 bis 0,9, vorzugsweise 0,7 bis 0,8, liegen kann, und dass zweitens die Höhe der Rotorzähne und somit der für die Rotorspulenelemente zur Verfügung stehende Platz zwischen benachbarten

20 Rotorzähnen vergrößert werden kann, so dass sich ein verkleinertes Verhältnis von Statorzahnhöhe zu Rotorzahnhöhe ergibt, das beispielsweise im Bereich von 0,3 bis 0,6 liegen kann.

Mithilfe der erstgenannten Maßnahme, das heißt, der Vergrößerung des

25 Rotoraußendurchmessers, kann aufgrund einer damit einhergehenden Erhöhung des Hebelarms für die Drehmomentbildung der Drehmomentverlust, der sich aufgrund des Übergangs von einer Asynchronmaschine mit Polpaarzahl 2 zu einer Asynchronmaschine mit Polpaarzahl 3 ergibt, weitgehend kompensiert werden. Die hier vorgeschlagene Asynchronmaschine ist bei gleichen

30 Außenabmessungen daher in der Lage, im Wesentlichen eine gleiche Drehmomentdichte bereit zu stellen, wie dies bei herkömmlichen Asynchronmaschinen der Fall ist. Beispielsweise kann eine Asynchronmaschine, die zum Beispiel einen Statoraußendurchmesser im Bereich von 130 bis 240mm aufweist, dazu ausgelegt sein, eine Drehmomentdichte von zwischen 35 Nm/l

35 und 70 Nm/l zu erzeugen, um beispielsweise ein Drehmoment im Bereich von 40 Nm bis 350 Nm zu erzeugen.

Die mögliche Vergrößerung des Rotorausendurchmessers ermöglicht ferner eine Erhöhung der Rotornutfläche, das heißt, der zwischen zwei benachbarten Rotorzähnen zur Verfügung stehenden Querschnittsfläche zur Aufnahme von Rotorspulenelementen, da mit größer gewähltem Rotorausendurchmesser auch die Höhe der Rotorzähne größer gewählt werden kann. Aufgrund einer solchen Erhöhung der Rotornutfläche kann der von dieser Querschnittsfläche invers abhängige elektrische Widerstand innerhalb eines als Rotorspulenelement dienenden kurzgeschlossenen Leiters verringert werden. Hierdurch lassen sich letztendlich die elektrischen Verluste innerhalb des Rotors während des Betriebs der Asynchronmaschine erheblich verringern. Bei gleich bleibendem Kurzzeitdrehmoment wird von einer Reduzierung der Rotorverluste um bis zu 40% ausgegangen. Im Gegenzug entstehende erhöhte Verluste innerhalb des Stators führen zu keinen wesentlichen Einschränkungen beim Betrieb der Asynchronmaschine, da die hiermit verbundene erzeugte Wärme mithilfe einer am Stator einfach zu realisierenden direkten Kühlung abgeführt werden kann.

Insgesamt führen die verringerten Verluste im Rotor zu einer Möglichkeit, das von der Asynchronmaschine zur Verfügung zu stellende Dauerdrehmoment zu erhöhen.

Im Rahmen der zuvor vorgeschlagenen Maßnahmen der Änderung der Polpaarzahl auf 3 sowie der relativen Vergrößerung des Rotorausendurchmessers und der Rotorzahnhöhe kann die restliche Geometrie der Komponenten der vorgeschlagenen Asynchronmaschine weiter für eine optimierte elektrische und / oder magnetische Aufteilung verbessert werden.

Beispielsweise können die Statorjochhöhe hy_1 und die Rotorjochhöhe hy_2 ähnlich groß dimensioniert werden und sich vorzugsweise um weniger als 20% voneinander unterscheiden.

Die mittleren Breiten bmz_1 , bmz_2 der Statorzähne beziehungsweise Rotorzähne können abhängig von einer Stator- und Rotornutzahl N_1 , N_2 in etwa wie folgt dimensioniert werden: $bmz_1 = hy/(N_1/(6p))$ und $bmz_2 = hy/(N_2/(6p))$. Die Zahnbreiten können dabei beispielsweise in einem Bereich von plus oder minus

20% variiert werden, so dass sich bei einer Polpaarzahl $p = 3$ folgende Abhängigkeiten ergeben können:

$$0,8 \cdot (hy1 / (N1 \cdot 18)) \leq bmz1 \leq 1,2 \cdot (hy1 / (N1 \cdot 18)) \text{ und}$$

$$0,8 \cdot (hy2 / (N2 \cdot 18)) \leq bmz2 \leq 1,2 \cdot (hy2 / (N2 \cdot 18))$$

5

10

15

20

Eine Querschnittsfläche der Statornuten sowie Eisenwege, die sich aus der Statorjochhöhe $hy1$, der Rotorjochhöhe $hy2$, der mittleren Statorzahnbreite $bmz1$ und der mittleren Rotorzahnbreite $bmz2$ ergeben, können so gewählt sein, dass eine elektrische Stromdichte in einer der Statornuten an einer Kurzzeitgrenze von maximal 40 A/mm^2 liegt und gleichzeitig eine Induktion im Statorjoch, im Rotorjoch und in den Stator- und Rotorzähnen in einem Sättigungsbereich von 1,7 bis $2,0 \text{ T}$ liegt. Unter der Kurzzeitgrenze der Stromdichte kann hierbei eine thermisch bedingte maximale Stromdichte verstanden werden, der eine Statorwicklung für eine kurze Zeit von wenigen Sekunden standhalten kann. Der Sättigungsbereich ergibt sich dadurch, dass Eisen eine nicht lineare Magnetisierungskennlinie hat, bei der ab einem gewissen Punkt, d.h. bei Erreichen der Sättigung, nicht mehr linear mehr Strom reicht, um linear mehr Fluss zu bekommen, sondern überproportional viel Stromanstieg für eine geringe Flusszunahme benötigt wird. Durch die Festlegung der maximalen Kurzzeitstromdichte und der maximalen Induktion in Eisen wird eine optimale Ausnutzung der Maschine erreicht.

25

30

Es wird darauf hingewiesen, dass Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung hierin teilweise mit Bezug auf die gesamte Asynchronmaschine und teilweise mit Bezug auf einzelne ihrer Komponenten wie zum Beispiel den Stator und den Rotor beschrieben sind. Ein Fachmann wird erkennen, dass die möglichen Merkmale in geeigneter Weise ausgetauscht oder kombiniert werden können, um auf diese Weise zu weiteren Ausführungsformen und vorzugsweise Synergieeffekten gelangen zu können.

35

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben, wobei weder die Figuren noch die Beschreibung als die Erfindung einschränkend ausgelegt werden sollen.

Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Asynchronmaschine.

Figur 2 zeigt eine Querschnittsansicht einer Asynchronmaschine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Figur 3. zeigt eine vergrößerte Teilansicht im Querschnitt einer Asynchronmaschine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Figur 4 zeigt ein Fahrzeug gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu. Gleiche oder gleich wirkende Merkmale werden in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen betitelt.

Ausführungsformen der Erfindung

Figur 1 zeigt eine Asynchronmaschine 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Asynchronmaschine 1 weist einen Stator 3, einen Rotor 5 und eine Welle 7 auf. Der Stator 3 umgibt den Rotor 5 ringförmig. Der Rotor 5 ist somit innerhalb des Stators 3 um die Welle 7 herum rotierbar aufgenommen. Stator 3 und Rotor 5 weisen eine zylindrische Form auf.

In den Figuren 2 und 3 sind eine Elektromaschine 1 im Querschnitt sowie ein vergrößerter Ausschnitt eines solchen Querschnitts dargestellt. Zwischen dem Stator 3 und dem Rotor 5 besteht ein kleiner Spalt 4. Sowohl der Stator 3 als auch der Rotor 5 bestehen aus einer Vielzahl von Lamellen 6, 8, die in axialer Richtung hintereinander angeordnet sind.

Der Stator 3 weist außenliegend ein Statorjoch 9 auf. Das Statorjoch 9 ist ringförmig beziehungsweise zylinderförmig. Eine Abmessung des Statorjochs 9 in radialer Richtung wird als Statorjochhöhe hy_1 bezeichnet. Von dem Statorjoch 9 ragen nach innen Statorzähne 11 ab. Die Statorzähne 11 weisen eine Statorzahnhöhe hz_1 und eine mittlere Statorzahnbreite bmz_1 auf. Sowohl der Stator 9 als auch die Statorzähne 11 bestehen im Wesentlichen aus einem magnetisierbaren, vorzugsweise ferromagnetischen Material wie zum Beispiel

Eisen oder Elektroblech. In den zwischen benachbarten Statorzähnen 11 gebildeten Statornuten 13 ist elektrisch gut leitfähiges Material wie zum Beispiel Kupfer oder Aluminium aufgenommen, welches zur Bildung von Statorspulenelementen 15 dient.

Der Rotor 5 weist ein innen liegendes Rotorjoch 17 auf, welches ebenfalls ringförmig, insbesondere zylinderförmig ausgestaltet ist. Von dem Rotorjoch 17 ragen nach außen Rotorzähne 19 ab. Die Abmessungen des Statorjochs 17 sowie der Rotorzähne 19 werden als Rotorjochhöhe hy_2 , Rotorzahnhöhe hz_2 und mittlere Rotorzahnbreite bmz_2 bezeichnet. Auch das Rotorjoch 17 und die Rotorzähne 19 bestehen im Wesentlichen aus einem magnetisierbaren, vorzugsweise ferromagnetischen Material wie beispielsweise Eisen oder Elektroblech. Zwischen benachbarten Rotorzähnen 19 befinden sich Rotornuten 21, in denen ein elektrisch gut leitfähiges Material wie zum Beispiel Kupfer oder Aluminium aufgenommen ist und zur Bildung von Rotorspulenelementen 23 dient. Die Rotorspulenelemente 23 können hierbei als zeitweise oder permanent kurzgeschlossene Leiterstrukturen ausgebildet sein.

Der Außendurchmesser des Rotors 5 wird mit D_{2a} bezeichnet und ist die Summe des Durchmessers D_{2i} der Welle 7, der Rotorjochhöhe hy_2 und der Rotorzahnhöhe hz_2 . Der Außendurchmesser der Stators 3 wird als D_{1a} bezeichnet und ergibt sich als Summe aus dem Rotoraußendurchmesser D_{2a} , der Breite des Spaltes 4, der Statorjochhöhe hy_1 und der Statorzahnhöhe hz_1 .

Die Statorspulenelemente 15 sind derart angeordnet, verschaltet und angesteuert, dass sich für die Asynchronmaschine 1 eine Polpaarzahl von 3 ergibt, das heißt, dass sich ein rotierendes Gesamtmagnetfeld mit drei magnetischen Nordpolen und drei magnetischen Südpolen einstellt. Hierzu werden jeweils mehrere der parallel zu der Welle 7 verlaufenden Statorspulenelemente 15 in gleicher Richtung bestromt. Das von den Statorspulenelementen 15 erzeugte Magnetfeld wird hauptsächlich in dem Statorjoch 3 und den Statorzähnen 11 gebündelt und von dem Stator 3 dann auf den Rotor 5 insbesondere in dessen Rotorzähnen 19 und dem Rotorjoch 17 übertragen.

Da jeder der sechs magnetischen Pole sich lediglich innerhalb eines Winkelbereichs von 60° in dem Stator 3 erstreckt, ist die Jochsättigung bei dem Stator 3 der vorgeschlagenen Asynchronmaschine 1 geringer als bei einer Asynchronmaschine mit Polpaarzahl 2, so dass sowohl die Statorjochhöhe h_{y1} als auch die Statorzahnhöhe h_{z1} kleiner dimensioniert sein kann. Bei gleichem Statoraußendurchmesser D_{1a} von beispielsweise 150mm kann somit der Rotoraußendurchmesser D_{2a} größer als bei herkömmlichen Asynchronmaschinen sein und im vorgestellten Fall im Bereich von 105 bis 120mm liegen. Dementsprechend kann auch die Rotorzahnhöhe h_{z2} und damit verbunden die Querschnittsfläche der Rotornuten 21 größer sein.

Da die Statornuten 13 bei der vorgeschlagenen Asynchronmaschine 1 somit im Verhältnis zu den Rotornuten 21 kleiner sind als bei herkömmlichen Asynchronmaschinen, verteilen sich die insgesamt in der Asynchronmaschine 1 auftretenden elektrischen Verluste stärker auf den einfach kühlbaren Stator 3, wohingegen der nur schwierig kühlbare Rotor 5 weniger Verlustwärme aufnehmen muss.

In Figur 4 ist schematisch ein Kraftfahrzeug 100 mit einer erfindungsgemäßen Asynchronmaschine 1 dargestellt. Im dargestellten Beispiel treibt die Asynchronmaschine 1 die Hinterräder des Kraftfahrzeugs an. Es sind jedoch auch Front- oder Allradantriebe möglich.

Ansprüche

5

1. Asynchronmaschine (1), aufweisend:

einen Rotor (5),

einen den Rotor (5) umgebenden Stator (3),

10

wobei der Stator (3) einen Statoraußendurchmesser $D1a$ hat und ein außenliegendes Statorjoch (9) mit einer Statorjochhöhe $hy1$, mehrere von dem Statorjoch (9) radial nach innen abragende Statorzähne (11) mit einer Statorzahnhöhe $hz1$ und einer mittleren Statorzahnbreite $bmz1$ sowie mehrere jeweils zwischen benachbarten Statorzähnen (11) in Statornuten

15

(13) angeordnete Statorspulenelemente (15) aufweist,

wobei der Rotor (5) einen Rotoraußendurchmesser $D2a$ hat und eininnenliegendes Rotorjoch (17) mit einer Rotorjochhöhe $hy2$, mehrere vondem Rotorjoch (17) radial nach außen abragende Rotorzähne (19) mit einer Rotorzahnhöhe $hz2$ und einer mittleren Rotorzahnbreite $bmz2$ sowie

20

mehrere jeweils zwischen benachbarten Rotorzähnen (19) in Rotornuten (21) angeordnete Rotorspulenelemente (23) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

25

Die Asynchronmaschine (1) eine Polpaarzahl p von $p=3$ aufweist,ein Verhältnis von Rotoraußendurchmesser $D2a$ zuStatoraußendurchmesser $D1a$ zwischen 0,7 und 0,9 liegt, und

ein Verhältnis von Statorzahnhöhe $hz1$ zu Rotorzahnhöhe $hz2$ zwischen 0,3 und 0,6 liegt.

30

2. Asynchronmaschine nach Anspruch 1, wobei sich die Statorjochhöhe $hy1$ von der Rotorjochhöhe $hy2$ um weniger als 20% unterscheidet.

3. Asynchronmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mittlere

35

Statorzahnbreite $bmz1$ abhängig von einer Statornutzahl $N1$ in einem

Bereich von $bmz1 = 0,8 \cdot (hy1 / (N1 \cdot 18))$ bis $bmz1 = 1,2 \cdot (hy1 / (N1 \cdot 18))$ liegt.

- 5 4. Asynchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die mittlere Rotorzahnbreite $bmz2$ abhängig von einer Rotornutzahl $N2$ in einem Bereich von $bmz2 = 0,8 \cdot (hy2 / (N2 \cdot 18))$ bis $bmz2 = 1,2 \cdot (hy2 / (N2 \cdot 18))$ liegt.
- 10 5. Asynchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Querschnittsfläche der Statornuten (13) sowie Eisenwege, die sich aus der Statorjochhöhe $hy1$, der Rotorjochhöhe $hy2$, der mittleren Statorzahnbreite $bmz1$ und der mittleren Rotorzahnbreite $bmz2$ ergeben, so gewählt sind, dass eine elektrische Stromdichte in einer der Statornuten (13) an einer Kurzzeitgrenze von maximal $40A/mm^2$ liegt und gleichzeitig eine Induktion im Statorjoch, im Rotorjoch (17) und in den Stator- und Rotorzähnen in einem
15 Sättigungsbereich von 1,7 bis 2,0T liegt.
6. Asynchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Statoraußendurchmesser $D1a$ im Bereich von 130 bis 240mm liegt.
- 20 7. Asynchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Asynchronmaschine (1) für eine Erzeugung einer Drehmomentdichte von zwischen 35 Nm/l und 70 Nm/l ausgelegt ist.
- 25 8. Kraftfahrzeug (100) mit einer als Antriebsmotor und/oder als Rekuperationsgenerator dienenden Asynchronmaschine (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7.

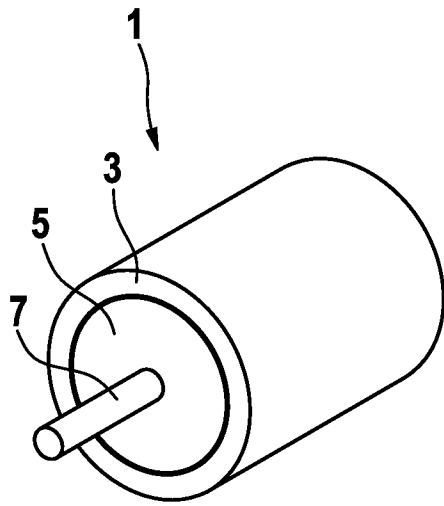


FIG. 1

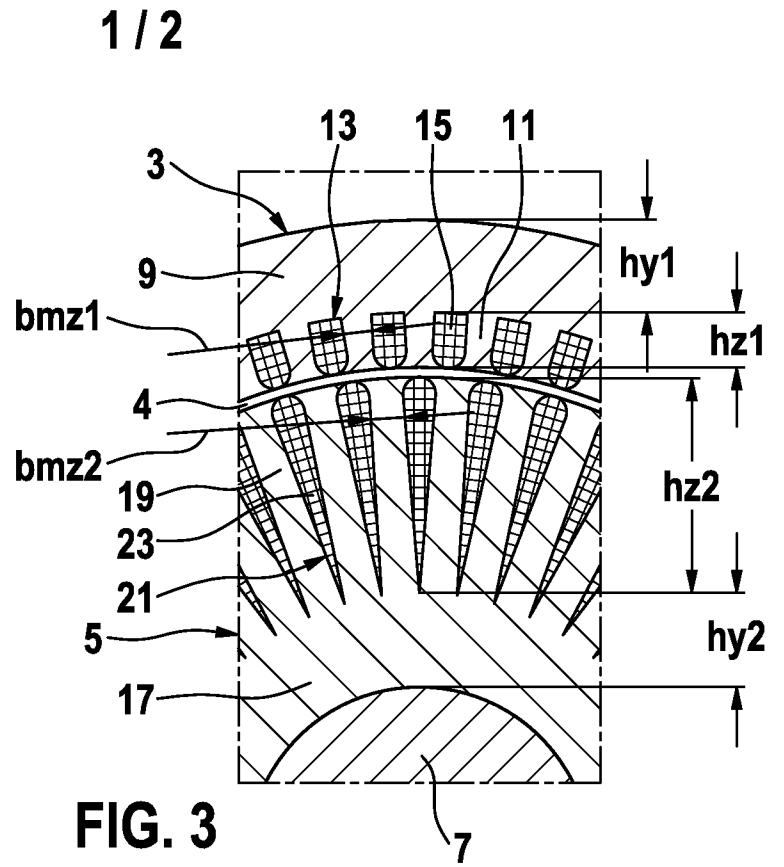


FIG. 3

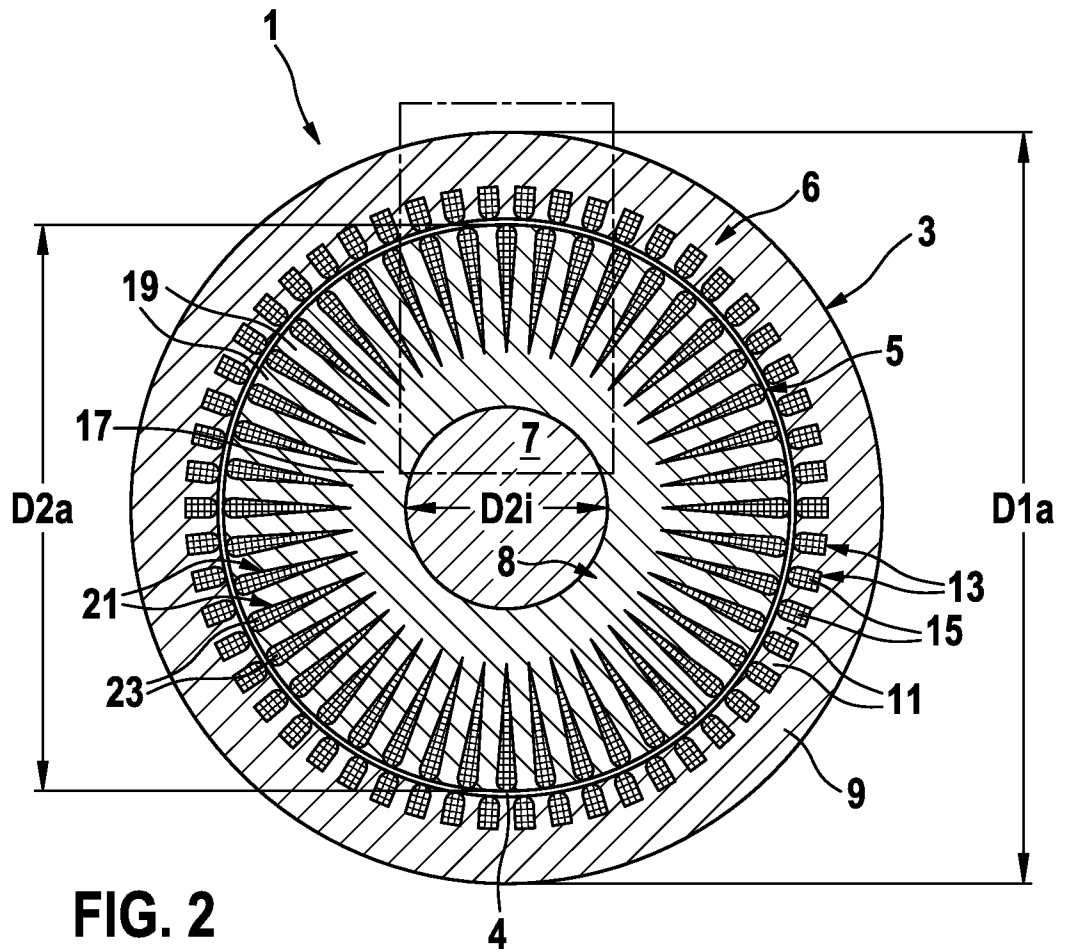


FIG. 2

2 / 2

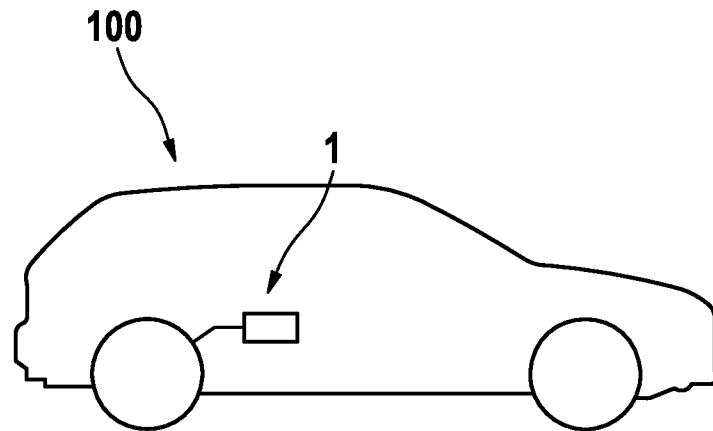


FIG. 4