(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2021 212 152 A1** 2023.04.27

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 212 152.7**
(22) Anmeldetag: **27.10.2021**
(43) Offenlegungstag: **27.04.2023**

(51) Int Cl.: ***H02K 19/12*** (2006.01)
H02K 11/042 (2016.01)

(71) Anmelder:
MAHLE International GmbH, 70376 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
BRP Renaud und Partner mbB Rechtsanwälte Patentanwälte Steuerberater, 70173 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Grelle, Thorsten, 70619 Stuttgart, DE; Kozlowski, Peter, 70469 Stuttgart, DE; Osdoba, Florian, 70374 Stuttgart, DE; Topalov, Penyo, 70190 Stuttgart, DE; Zimmerschied, Philipp, 70180 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

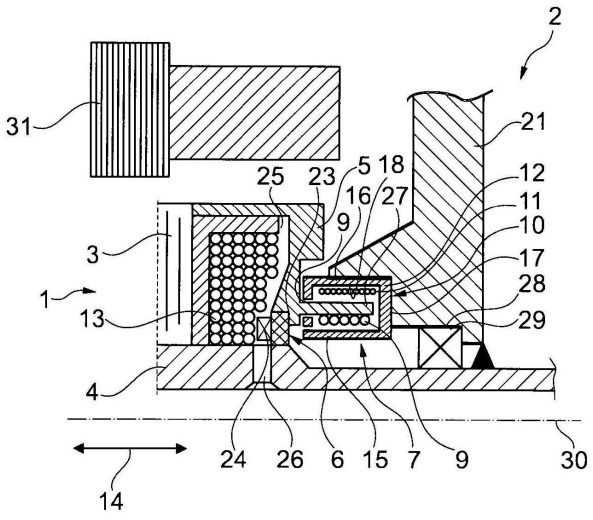
DE	**10 2014 202 719**	**A1**
DE	**10 2017 214 776**	**A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Rotor für eine fremderregte Synchronmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotor (1) für eine elektrische fremderregte Synchronmaschine (2),
- mit auf einer Rotorwelle (4) angeordneten Rotorwicklungen (3),
- mit einem Auswuchtring (5),
- mit einem mit den Rotorwicklungen (3) elektrisch verbundenen Gleichrichter (6).
Um eine vereinfachte Montage und ein vereinfachtes Auswuchten erreichen zu können, ist an dem Auswuchtring (5) ein Drehtransformator-Rotor (8) eines Drehtransformators (7) mit einer Sekundärspule (9) angeordnet ist, die in Axialrichtung (14) von dem Auswuchtring (5) absteht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine fremderregte Synchronmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft außerdem eine elektrische fremderregte Synchronmaschine mit einem solchen Rotor.

[0002] Sogenannte fremderregte elektrische Synchronmaschinen benötigen in ihrem Rotor einen elektrischen Gleichstrom zur Erzeugung des magnetischen Rotorfeldes. Dieser Vorgang wird als „Rotorerregung“ bezeichnet. Bei herkömmlichen Synchronmaschinen wird der elektrische Drehtransformator-Rotorstrom mithilfe sogenannter Kohlebürste-Schleifring-Kontakte auf den sich drehenden Rotor übertragen. Als nachteilig daran erweist sich, dass sich die Kohlebürsten gerade bei hohen Drehzahlen verschleißbedingt abnutzen und dabei unerwünschten elektrisch leitenden Kohlestaub erzeugen können.

[0003] Alternativ zu einer solchen Übertragung des elektrischen Gleichstroms mit Hilfe von Schleifringen ist es bekannt, die elektrische Stromübertragung auf den sich drehenden Rotor induktiv, also drahtlos, zu realisieren. Ein solcher Aufbau wird als Teil einer fremderregten Synchronmaschine auch als „Drehtransformator“ oder „rotierender Planartransformator“ bezeichnet.

[0004] Das Funktionsprinzip besagter induktiver Energieübertragung basiert auf einem elektrischen Transformator, wobei die Primärspule des Transformators am Stator des der Synchronmaschine angeordnet ist und die Sekundärspule am sich drehenden Rotor. Da bei der induktiven Energieübertragung in der Sekundärspule zunächst immer eine elektrische Wechselspannung erzeugt wird, ist es erforderlich, diese Wechselspannung mithilfe einer geeigneten Gleichrichter-Schaltung, die ebenfalls am Rotor angeordnet sein kann, elektrisch gleichzurichten, also in eine elektrische Gleichspannung umzuwandeln.

[0005] Bei aus dem Stand der Technik bekannten Synchronmaschinen ist es auch bekannt, einen Drehtransformator außerhalb der Synchronmaschine anzuordnen und dadurch sowohl leicht zugänglich als auch leicht herstellbar auszubilden. Bei einer Anordnung des Drehtransformators außerhalb der fremderregten Synchronmaschine ist es möglich, den Drehtransformator schrittweise aufzubauen, nämlich einerseits einen Drehtransformator-Rotor und andererseits einen Drehtransformator-Stator. Nachteilig bei einer derartigen Konstruktion ist jedoch der vergleichsweise große Bauraumbedarf des Drehtransformators außerhalb der Synchronmaschine. Aus diesem Grund gibt es auch Überlegungen, den Drehtransformator in die Synchronmaschine einzubauen, was jedoch nicht oder nur schwer zu realisieren ist, da hier eine schrittweise Montage, wie bei einem außerhalb der Synchronmaschine angeordneten Drehtransformator, nicht möglich ist. Zugleich wird auch ein Auswuchten eines Rotors der Synchronmaschine deutlich schwieriger, da der Drehtransformator nicht zusammen mit dem Rotor ausgewuchtet werden kann. Zudem entstehen bei einem Einbau des Drehtransformators in die Synchronmaschine eine hohe Anzahl an Schnittstellen, was ebenfalls von Nachteil ist.

[0006] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich daher mit dem Problem, für einen Rotor für eine fremderregte Synchronmaschine der gattungsgemäßen Art eine verbesserte oder zumindest eine alternative Ausführungsform anzugeben, bei welcher die bei einer Anordnung des Drehtransformators in die Synchronmaschine bekannten Nachteile überwunden werden können.

[0007] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, einen Drehtransformator einer fremderregten Synchronmaschine in diese einzubauen und dabei einen Drehtransformator-Rotor an einem Auswuchtring des Rotors anzuordnen, während ein Drehtransformator-Stator an der Synchronmaschine, beispielsweise an einem Gehäuse derselben angeordnet ist. Der erfindungsgemäße Rotor für eine solche fremderregte Synchronmaschine besitzt eine Rotorwelle mit darauf angeordneten Rotorwicklungen sowie einen Auswuchtring zur Kompensation von gegebenenfalls vorhandenen Unwuchten. Ebenfalls vorgesehen ist ein mit den Rotorwicklungen elektrisch verbundener Gleichrichter, der die von einem Drehtransformator stammenden Wechselspannung in eine Gleichspannung umwandelt. Erfindungsgemäß ist nun an dem Auswuchtring ein Drehtransformator-Rotor des Drehtransformators mit einer Sekundärspule angeordnet, die in Axialrichtung von dem Auswuchtring weg von den Rotorwicklungen absteht. Der Auswuchtring ist somit Teil des (Synchronmaschinen-) Rotors, wobei eine rotierende Sekundärspule, das heißt der Drehtransformator-Rotor Teil des Drehtransformators und in den Rotor integriert ist. Ein derartiger Rotor bietet den großen Vorteil, dass der am Auswuchtring angeordnete Drehtransformator-Rotor mit der Sekundärspule zusammen mit dem Rotor vergleichsweise einfach ausgewuchtet werden kann und zugleich eine einfache Montage des Drehtransformators durch ein Einstecken der am Rotor angeordneten Sekundärspule in einen an der Synchronmaschine angeordneten Drehtransformator-Stator ermöglicht wird. Hierdurch ist auch eine separate Vormontage sowohl des Dreh-

transformator-Rotors als auch des Drehtransformator-Stators möglich. Von besonderem Vorteil ist darüber hinaus, dass der üblicherweise einen Transformatorkern aufweisenden Drehtransformator-Stator stationär an der Synchronmaschine, insbesondere an einem Gehäuse derselben, angeordnet ist und dadurch nicht mit dreht, wodurch hohe Drehzahlen des Rotors möglich sind.

[0009] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Rotors bilden der Auswuchtring, der Gleichrichter und die Sekundärspule eine vorgefertigte Baugruppe. Hierdurch ist es möglich, den Auswuchtring, den Gleichrichter sowie die Sekundärspule in einem separaten Vorfertigungsprozess herzustellen und zu montieren und nach dem Fügen mit dem Rotor lediglich noch geringe Anpassungen am Auswuchtring bezüglich dann eventuell noch bestehender Unwuchten vorzunehmen. Durch die Ausbildung des Auswuchtrings zusammen mit dem Gleichrichter und der Sekundärspule als vorfertigbare bzw. vorgefertigte Baugruppe kann ein Endmontageprozess der Synchronmaschine deutlich gestrafft werden, da die Vorfertigung der Baugruppe in einen separaten Montageprozess ausgelagert werden kann. Diese Vorfertigung kann somit beispielsweise parallel zur Vorfertigung des Rotors laufen, wodurch die Rotorfertigung insgesamt zeitlich gestrafft werden kann. Auch können bereits für die vorgefertigte Baugruppe bestimmte Qualitätsprozesses vorab durchlaufen werden, wodurch die Qualitätssicherung verbessert werden kann.

[0010] Zweckmäßig sind die Sekundärspule, der Gleichrichter und der Auswuchtring miteinander verklebt, verschweißt, verlötet, verschraubt, verpresst, verclipst und/oder miteinander vergossen, insbesondere in einer gemeinsamen Kunststoffmatrix eingegossen. Bereits diese nicht abschließende Aufzählung lässt erahnen, welche mannigfaltige Möglichkeiten der Verbindungstechniken zur Verfügung stehen, wobei insbesondere ein gemeinsames Eingießen in einen Kunststoff nicht nur eine leichte Handhabung ermöglicht, sondern die einzelnen Komponenten, insbesondere den Gleichrichter und die Sekundärspule, geschützt vor beispielsweise Schmutz unterbringt. Für eine bessere Wartungsmöglichkeit ist beispielsweise ein Verschrauben oder Verclipsen der einzelnen Komponenten miteinander denkbar, so dass beispielsweise bei einem schadhaften Gleichrichter dieser von der Sekundärspule bzw. dem Auswuchtring vergleichsweise einfach demontiert und anschließend ein neuer Gleichrichter montiert und dann die gesamte Baugruppe unter Wiederverwendung des bisherigen Auswuchtrings und der bisherigen Sekundärspule weiterverwendet werden kann. Ein miteinander Verclipsen ermöglicht zudem auch eine vergleichsweise einfache und schnelle Montage der Baugruppe, selbst von ungeübten Werkern oder automatisch, das heißt maschinell, ähnlich beispielsweise einem Verschrauben.

[0011] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors weist die Sekundärspule eine Beschichtung auf und ist über diese Beschichtung, beispielsweise einem Kunststoffmantel, gegenüber einer Umgebung elektrisch isoliert. Hierdurch ist ebenfalls eine geschützte Anordnung der Sekundärspule unterhalb der Beschichtung möglich und darüber hinaus ein vergleichsweise enges Spaltmaß zwischen Drehtransformator-Rotor und Drehtransformator-Stator. Durch ein derartiges enges Spaltmaß kann der Drehtransformator besonders effizient betrieben werden.

[0012] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors ist die Sekundärspule ringförmig um eine Drehachse der hohlen Rotorwelle angeordnet. Eine derartige ringförmige Ausbildung der Sekundärspule um eine Drehachse der hohlen Rotorwelle ermöglicht es, die Sekundärspule beispielsweise als Hohlzylinder auszubilden, während ein damit zusammenwirkender Transformatorkern eines Drehtransformator-Stators ebenfalls ringförmig mit einem axialen offenen Spalt ausgeführt sein kann, in welchem die Sekundärspule des Drehtransformator-Rotors beim Zusammenbau der Synchronmaschine einschiebbar ist. Die ringförmige Sekundärspule des Drehtransformator-Rotors steht dabei in Axialrichtung von beispielsweise dem Auswuchtring ab, und kann dadurch beim Zusammenbau der elektrisch fremderregten Synchronmaschine vergleichsweise einfach in die gegenüberliegende und in Axialrichtung offene Ausnehmung des Transformatorkerns eingeschoben werden.

[0013] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lösung ist der Gleichrichter radial innerhalb des Auswuchtrings angeordnet und/oder stützt sich an einer Radialstufe des Auswuchtrings oder einer Innenmantelfläche des Auswuchtrings ab. Durch eine Abstützung des Gleichrichters am Auswuchtring können die auf den Gleichrichter im Betrieb der elektrisch fremderregten Synchronmaschine auftretenden Kräfte, insbesondere Fliehkräfte, besser aufgenommen werden, als beispielsweise allein über eine Verbindungstechnik, wie beispielsweise ein Verkleben. Das Verkleben würde in dem zuvor genannten Fall lediglich eine Axialverschiebung zwischen Gleichrichter und Auswuchtring verhindern, während die Kompensation der beim Betrieb der Synchronmaschine auftretenden Fliehkräfte über den dem Gleichrichter abstützenden Auswuchtring bewirkt wird.

[0014] Zweckmäßig sind stirnendseitig der Rotorwicklungen Endwicklungen derselben angeordnet, wobei der Gleichrichter und der Auswuchtring ein die Endwicklungen umgebendes Gehäuse bilden

und zugleich Elektronikkomponenten, wie beispielsweise Dioden, des Gleichrichters in einem Gehäuseinneren dieses Gehäuses angeordnet sind. Die Rotorwelle ist dabei hohl ausgebildet und weist einen Kühlkanal zum Durchleiten von Kühlmittel auf, der kommunizierend mit dem Gehäuseinneren und damit auch kommunizierend mit den Elektronikkomponenten des Gleichrichters und den Endwicklungen der Rotorwicklungen verbunden ist, so dass durch ein Durchleiten von Kühlmittel durch den Kühlkanal sowohl die Endwicklungen der Rotorwicklungen als auch die Elektronikkomponente des Gleichrichters kühlbar sind. Hierdurch ist eine deutlich erhöhte Leistungsfähigkeit der Synchronmaschine möglich. Durch die hohle Rotorwelle kann zudem nicht nur eine Kühlung bewirkt werden, sondern es werden auch Ressourcen und Gewicht eingespart.

[0015] Die vorliegende Erfindung beruht weiter auf dem allgemeinen Gedanken, eine fremderregte Synchronmaschine mit einem in den vorherigen Absätzen elektrisch bestrombaren Rotor auszustatten und dadurch eine vergleichsweise einfach aufgebaute Synchronmaschine zu erreichen, bei der nicht nur ein vergleichsweise einfacher Auswuchtvorgang des Rotors, sondern auch ein reduzierter Bauraumbedarf aufgrund des Einbaus des Drehtransformators in die Synchronmaschine erreicht werden kann. Da der vergleichsweise schwere Transformatorkern mit der Primärspule bei der erfindungsgemäßen Synchronmaschine an der Synchronmaschine, beispielsweise an einem Gehäuse derselben oder einem Lager angeordnet ist, dreht dieser nicht mit, wodurch vergleichsweise hohe Drehzahlen der Synchronmaschine erreicht werden können. Der Transformatorkern weist dabei ein magnetisches Kernmaterial, vorzugsweise aus einem Ferrit, auf.

[0016] Die Synchronmaschine kann als Traktionsmotor eines Kraftfahrzeugs ausgebildet sein.

[0017] Zweckmäßig weist der Transformatorkern einen Innenring, einen Außenring und einen den Innenring und den Außenring jeweils an einer Stirnseite verbindenden Statorsteg auf, wobei die Primärspule des Drehtransformator-Stators in einer Vertiefung am Innenring des Transformatorkerns angeordnet ist und wobei zwischen dem Innenring und dem Außenring eine ringförmige und in Axialrichtung offene Ausnehmung vorgesehen ist. Durch eine derartige Ausgestaltung lässt sich insbesondere eine vergleichsweise einfache Montage des Rotors am Stator der Synchronmaschine durch ein einfaches axiales Verschieben des Rotors, bei welchem die Sekundärspule des Drehtransformator-Rotors in die Ausnehmung des Drehtransformator-Stators eingeschoben wird, erreichen.

[0018] Die vereinfachte Montage bei einem hochintegrierten Drehtransformator, bzw. bei einer Integration des Drehtransformators in den Innenraum der Synchronmaschine, ergibt sich auch dadurch, dass die Sekundärspule bei der Rotormontage einfach „eingeschoben“ werden kann. Hieraus resultiert eine Verringerung der Anzahl an Montageschritten (bei der Endmontage), wobei zugleich eine Montage bei einer Anordnung in einem Innenraum der Synchronmaschine ermöglicht wird. Auch ist kein zweiteiliger Kern nötig, bzw. der Kern kann vollständig an der Innenseite des Lagerschilds angeordnet werden. Diese Ausführung hat weiter den Vorteil, dass der Drehtransformator trotz der radialen Anordnung/-Bauweise (nahezu) kein rotierendes Ferritmaterial besitzt / benötigt, bzw. die rotierende Sekundärwicklung/Sekundärspule (nahezu) kein Ferritmaterial enthält.

[0019] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0020] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0021] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0022] Dabei zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 eine Längsschnittdarstellung durch einen Rotor einer elektrisch fremderregten Synchronmaschine entsprechend dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine Schnittdarstellung durch eine erfindungsgemäße Synchronmaschine während einer Montage eines Rotors,

Fig. 3 eine Darstellung wie in **Fig. 2**, jedoch in montiertem Zustand,

Fig. 4 eine Darstellung wie in **Fig. 3**, jedoch bei einer anderen Ausführungsform.

[0023] Entsprechend der **Fig. 1**, weist ein Rotor 1' einer im Übrigen nicht näher gezeigten elektrisch fremderregten Synchronmaschine 2', Rotorwicklungen 3' auf, die auf einer hohlen Rotorwelle 4' angeordnet sind. Ebenfalls vorgesehen ist ein Auswuchtring 5' zur Kompensation von gegebenenfalls auftretenden Unwuchten. Um einen Wechselstrom in Gleichstrom umwandeln zu können, ist darüber hinaus ein Gleichrichter 6' vorgesehen, der in diesem Fall drehfest auf einer Außenmantelfläche der hohlen Rotorwelle 4' angeordnet ist. Der Gleichrichter 6'

ist dabei einerseits elektrisch mit den Rotorwicklungen 3' und andererseits mit einem Drehtransformator 7' verbunden. Der Drehtransformator 7' wiederum besitzt einen Drehtransformator-Rotor 8' mit einer Sekundärspule 9' sowie einen Drehtransformator-Stator 10' mit einer Primärspule 11'. Der Drehtransformator-Stator 10' besitzt darüber hinaus einen Transformatorkern 12' aus einem magnetischen Kernmaterial, insbesondere aus einem Ferrit. Das magnetische Kernmaterial bzw. der Transformatorkern 12' ist stationär angeordnet. Stirnendseitig der Rotorwicklungen 3' befinden sich noch die Endwicklungen 13' der Rotorwicklungen 3'.

[0024] Nachteilig bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Rotor 1' bzw. einer mit einem derartigen Rotor 1' ausgestatteten fremderregten Synchronmaschine 2' ist dabei, dass sowohl ein Zusammenbau der Synchronmaschine 2' als auch ein Auswuchten des Rotors 1' äußerst schwierig sind. Dies liegt insbesondere daran, dass der Drehtransformator 7' nicht zusammen mit dem Rotor 1' ausgewuchtet werden kann. Darüber hinaus gibt es auch eine hohe Anzahl an Schnittstellen.

[0025] In den nachfolgenden **Fig. 2** bis **Fig. 4** werden deshalb ein erfindungsgemäßer Rotor 1 und eine erfindungsgemäße fremderregte Synchronmaschine 2 beschrieben, die die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile nicht mehr aufweisen. Dabei werden für einzelne Komponenten in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** dieselben Bezugszeichen verwendet wie in der **Fig. 1** jedoch ohne Apostroph, um eine eindeutige Unterscheidung zwischen einem Rotor 1' entsprechend dem Stand der Technik und einem erfindungsgemäßen Rotor 1 bzw. einer erfindungsgemäßen Synchronmaschine 2 zu ermöglichen.

[0026] Der in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** dargestellte erfindungsgemäße Rotor 1 für eine fremderregte Synchronmaschine 2 besitzt dabei ebenfalls eine hohle Rotorwelle 4, auf der Rotorwicklungen 3 angeordnet sind. Des Weiteren vorgesehen ist auch ein Auswuchtring 5 zum Kompensieren eventuell vorhandener Unwuchten des Rotors 1. Um einen von dem Drehtransformator 7 bereitgestellten Wechselstrom zur Erzeugung eines Magnetfeldes in den Rotorwicklungen 3 in einen Gleichstrom umwandeln zu können, ist ein Gleichrichter 6 vorgesehen, der sowohl mit dem Drehtransformator 7 bzw. der Sekundärspule 9 des Drehtransformator-Rotors 8 des Drehtransformators 7 verbunden ist, als auch mit den Rotorwicklungen 3 bzw. deren Endwicklungen 13.

[0027] Erfindungsgemäß ist nun an dem Auswuchtring 5 der zuvor beschriebene Drehtransformator-Rotor 8 des Drehtransformators 7 mit einer Sekundärspule 9 angeordnet, die in Axialrichtung 14 von dem Auswuchtring 5 absteht.

[0028] Der Auswuchtring 5, der Gleichrichter 6 und auch die Sekundärspule 9 können dabei eine vorfertigbare bzw. vorgefertigte Baugruppe bilden, welche in vorgefertigtem Zustand am Rotor 1 montierbar ist. Die Sekundärspule 9, der Gleichrichter 6 sowie der Auswuchtring 5 können dabei beispielsweise miteinander verklebt, verlötet, verschweißt, verschraubt, verpresst, verclipst und/oder miteinander vergossen, insbesondere in eine Kunststoffmatrix eingegossen sein. Besonders die letzte Variante ermöglicht eine unter einem Kunststofffilm bzw. Mantel geschützte Anordnung der zuvor erwähnten Komponenten 5, 6 und 9 sowie ein einfaches Handling dieser aus zumindest den Komponenten 5, 6 und 9 bestehenden Baugruppe. Der große Vorteil einer derartigen Baugruppe ist, dass diese separat zum Rotor, beispielsweise parallel, vorgefertigt werden kann, wodurch der Montage- und Herstellungsprozess des erfindungsgemäßen Rotors 1 insgesamt gestrafft, das heißt gekürzt, werden kann, bei einer Einmantelung der Sekundärspule 9 in eine Kunststoffmatrix ist diese mit Kunststoff beschichtet und dadurch elektrisch zur Umgebung isoliert.

[0029] Die erfindungsgemäße Synchronmaschine 2 besitzt den zuvor erwähnten Drehtransformator-Stator 10 (vgl. die **Fig. 2** bis **Fig. 4**) mit einer Primärspule 11 und einem Transformatorkern 12, der üblicherweise aus einem magnetischen Kernmaterial, vorzugsweise aus einem Ferrit, ausgebildet ist. Der Transformatorkern 12 ist dabei stationär angeordnet, das heißt er rotiert im Betrieb der Synchronmaschine 2 nicht, wodurch der Rotor 1 der erfindungsgemäßen Synchronmaschine 2 deutlich höhere Drehzahlen erreichen kann.

[0030] Betrachtet man den Transformatorkern 12 näher, so kann man erkennen, dass dieser einen Innenring 15, einen Außenring 16 sowie einen den Innenring 15 und den Außenring 16 jeweils an einer Stirnseite verbindenden Statorsteg 17 aufweist, wobei die Primärspule 11 in einer Vertiefung 18 am Innenring 15 angeordnet ist (vgl. **Fig. 2** und **Fig. 3**). Alternativ ist selbstverständlich auch eine Anordnung der Primärspule 11 in einer Vertiefung 18' des Außenrings 16 denkbar, wie dies gemäß der **Fig. 4** dargestellt ist.

[0031] Die Synchronmaschine 2 kann als Traktionsmotor eines Kraftfahrzeugs ausgebildet sein.

[0032] Gemäß den **Fig. 1** bis **Fig. 3** liegen sich Primärspule 11 und die Sekundärspule 9 direkt gegenüber, während sie gemäß der **Fig. 4** noch durch einen Trägersteg 27 getrennt sind. Da sich ein Magnetfluss über den Ferritkern (Transformatorkern 12) schließt, stört der Trägersteg 27 nicht, sofern dieser aus einem nicht magnetischen und elektrisch nicht leitendendem Material ausgebildet ist. Der Trägersteg 27 ist dabei in der Lage die Sekundärspule 9

abzustützen, da auf diese im Betrieb hohe Fliehkräfte einwirken können. Aufgrund des vergleichsweise kleinen Abstands der rotierenden Sekundärspule 9 in **Fig. 4** von der Drehachse 30 wirken bei der Ausführungsform gemäß der **Fig. 4** auch nur kleinere Fliehkräfte auf die Sekundärspule 9 ein, wodurch neben der Abstützung der Sekundärspule 9 durch den Trägersteg 27 eine höhere Drehzahlfestigkeit erreichbar ist.

[0033] Zwischen dem Innenring 15 und dem Außenring 16 ist darüber hinaus eine ringförmige Ausnehmung 19 angeordnet, in welche die ringförmige Sekundärspule 9 des Drehtransformator-Rotors 8 eingreift. Die in Axialrichtung 14 von den Rotorwicklungen 3 bzw. dem Auswuchtring 5 abstehende Sekundärspule 9 kann dabei während des Montageprozesses, wie dies gemäß der **Fig. 2** dargestellt ist, in Einschubrichtung 20 in die Ausnehmung 19 des Transformatorkerns 12 eingeschoben und dadurch der Drehtransformator 7 hergestellt werden. Hierdurch ist ein vergleichsweise einfacher Einbau des Rotors 1 in die Synchronmaschine 2 möglich. Der Transformatorkern 12 bzw. der Drehtransformator-Stator 10 kann dabei beispielsweise an einem Gehäuse 21 der Synchronmaschine 2 aber auch an einem Lagerflansch 28 angeordnet sein.

[0034] Die erfindungsgemäße Ausführung hat weiter den Vorteil, dass der Drehtransformator 7 trotz der radialen Anordnung/Bauweise (nahezu) kein rotierendes Ferritmaterial besitzt / benötigt, bzw. die rotierende Sekundärspule 9 (nahezu) kein Ferritmaterial enthält. In den Figuren ist lediglich ein Stück (rotierender) Ferritkern im Bereich der Sekundärspule 9, angedeutet, welcher dazu dient, einen Luftspalt zu verkleinern und dadurch die Streuinduktivität zu verringern und die Effizienz des Drehtransformators 7 zu erhöhen. Der Ferritkern ist weiterhin (primär) als feststehender, stationärer Ferritkern ausgeführt, wodurch sich eine Minimierung des rotierenden Ferritmaterial ergibt. Aufgrund der schlechten mechanischen Eigenschaften (spröde, geringe Drehzahlfestigkeit) des Ferritmaterials lassen sich mit diesem Aufbau höhere Drehzahlen realisieren als mit einem Aufbau, mit rotierendem Ferritkern / Ferritmaterial.

[0035] Betrachtet man die **Fig. 2** bis **Fig. 4** weiter, so kann man erkennen, dass der Gleichrichter 6 radial innerhalb des Auswuchtrings 5 angeordnet ist und sich an diesem bzw. an einer Innenmantelfläche 22 des Auswuchtrings 5 abstützt (vgl. die **Fig. 2** und **Fig. 3**). Alternativ ist selbstverständlich auch denkbar, dass sich der Gleichrichter 6 an einer Radialstufe 23 des Auswuchtrings 5 abstützt, wie dies gemäß der **Fig. 4** gezeigt ist, wodurch der Gleichrichter 6 sowohl in Radialrichtung als auch in Axialrichtung 14 formschlüssig gehalten werden kann.

[0036] Der Rotor 1 bzw. dessen Rotorwicklungen 3 besitzen darüber hinaus Endwicklungen 13, wobei der Auswuchtring 5 die Endwicklungen 13 an einer Außenmantelfläche und an einer axialen Stirnseite umgreift, wie dies gemäß den **Fig. 2** bis **Fig. 4** dargestellt ist. Rein theoretisch ist dabei auch denkbar, dass der Gleichrichter 6 und der Auswuchtring 5 ein die Endwicklungen 13 umgebendes Gehäuse bilden (vgl. **Fig. 4**) wobei Elektronikkomponenten 24 des Gleichrichters 6, wie beispielsweise Dioden, in einem Gehäuseinneren 25 angeordnet sind. Hierdurch ist eine geschützte Anordnung der Elektronikkomponenten 24 möglich. Die Rotorwelle 4 kann darüber hinaus hohl ausgebildet sein und einen Kühlkanal 26 zum Durchleiten von Kühlmittel aufweisen, wobei dieser Kühlkanal 26 kommunizierend mit dem Gehäuseinneren 25 verbunden ist. Hierdurch ist eine Kühlung sowohl der im Gehäuseinneren 25 angeordneten Endwicklungen 13 der Rotorwicklungen 3 als auch der Elektronikkomponenten 24 des Gleichrichters 6 möglich, wodurch insgesamt eine Leistungssteigerung der erfindungsgemäßen Synchronmaschine 2 erreicht werden kann.

[0037] Um die Kühlung des Gehäuseinneren 25 sowie der darin angeordneten Komponenten 13 und 24 zu ermöglichen, ist der Gleichrichter 6 mit seiner Leiterplatine vorzugsweise fluiddicht mit einer Außenmantelfläche der Rotorwelle 4 verbunden, wodurch das Gehäuseinnere 25 lediglich über den Kühlkanal 26 zugänglich ist. In diesem Fall ist die aus Auswuchtring 5, Sekundärspule 7 und Gleichrichter 6 bestehende Baugruppe einerseits mit der Außenmantelfläche der Rotorwelle 4 und andererseits mit einer Stirnseite der Rotorwicklungen 3 dicht verbunden, beispielsweise verklebt. Der Auswuchtring 5 kann dabei auch den ringförmigen Trägersteg 27 aufweisen, der einstückig mit dem Auswuchtring 5 ausgebildet ist und an welchem die Sekundärspule 9 mit ihren Windungen festgelegt ist.

[0038] Gemäß der **Fig. 4** ist dabei die Rotorwelle 4 des Rotors 1 am Gehäuse 21 über den Lagerflansch 28 und ein dort angeordnetes Lager 29 gelagert. Den Rotor 1 umgebend ist dabei ein Stator 31 der Synchronmaschine 2 mit entsprechenden Statorwicklungen angeordnet, wie dies gemäß den **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt ist.

[0039] Mit dem erfindungsgemäßen Rotor 1 und der erfindungsgemäßen Synchronmaschine 2 ist eine horizontale und axiale Anordnung sowohl der Sekundärspule 9 als auch der Primärspule 11 um eine Drehachse 30 des Rotors 1 möglich, ebenso wie eine Integration der Sekundärspule 9 in den Auswuchtring 5. Durch den Einbau bzw. die Integration der Primärspule 11 und des Transformatorkerns 12 in das Gehäuse 21 bzw. den Lagerflansch 28 der Synchronmaschine 2 kann ein deutlich vereinfachter Zusammenbau der Synchronmaschine 2 bei gleich-

zeitig kurzer Umlaufzeit in der Produktion erreicht werden. Zugleich ist auch ein einfacher Auswuchtvorgang zusammen mit dem Rotor 1 möglich.

[0040] Ein solcher Auswuchtvorgang funktionierte dabei bislang folgt: Üblicherweise besitzt der Rotor 1' der Synchronmaschine 2' zwei sogenannte Wuchtschilder bzw. Auswuchtringe 5' an beiden Enden, die aus einem vergleichsweise schweren Material, insbesondere Stahl, auf einem großen Durchmesser (bezogen auf die Drehachse 30') angeordnet sind. Der Rotor 1' wird an den Lagersitzen aufgenommen, gedreht und die bei einer vordefinierten Drehzahl auftretende Unwucht ermittelt. Anschließend wird der Rotor 1' durch Wuchtbohrungen (Wegnahme an Material) oder Einkleben von Wuchtgewichten (Zugabe von Material) ausgewuchtet

[0041] Da die rotierende Sekundärspule 9 des Drehtransformator-Rotors 8 ein Teil des erfindungsgemäßen Rotors 1 ist, bzw. in diesen integriert ist, können beide Bauteile in einem gemeinsamen Wuchtprozess ausgewuchtet werden, woraus sich geringere Prozesszeiten und Kosten ergeben. Dies ist speziell auch aus dem Grund sinnvoll, da im Innenraum des Drehtransformators 7 (und somit direkt an der Sekundärspule 9) aufgrund von zu vermeidenden Abschirmeffekten kein magnetisch oder elektrisch leitendes Material eingesetzt werden kann. Gleichzeitig besitzt die Sekundärspule 9 selbst Kupfer mit einer deutlich höheren Dichte, als das entsprechende Trägermaterial (Kunststoff, Kunststoff-Verbundwerkstoff, etc.), wodurch das Auswuchten des Drehtransformator-Rotors 8 aufwendig ist.

[0042] Da der Transformatorkern 12 stationär an der Synchronmaschine 2, beispielsweise an deren Gehäuse 21, angeordnet ist, kann der Rotor 1 zudem hohe Drehzahlen erreichen.

Patentansprüche

1. Rotor (1) für eine fremderregte Synchronmaschine (2),
- mit auf einer Rotorwelle (4) angeordneten Rotorwicklungen (3),
- mit einem Auswuchtring (5),
- mit einem mit den Rotorwicklungen (3) elektrisch verbundenen Gleichrichter (6), **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem Auswuchtring (5) ein Drehtransformator-Rotor (8) eines Drehtransformators (7) mit einer Sekundärspule (9) angeordnet ist, die in Axialrichtung (14) von dem Auswuchtring (5) absteht.

2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Auswuchtring (5), der Gleichrichter (6) und die Sekundärspule (9) eine vorgefertigte Baugruppe bilden.

3. Rotor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sekundärspule (9), der Gleichrichter (6) und der Auswuchtring (5) miteinander verklebt, verschweißt, verlötet, verschraubt, verpresst, verclipst und/oder miteinander vergossen sind.

4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sekundärspule (9) eine Beschichtung aufweist und gegenüber einer Umgebung elektrisch isoliert ist.

5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sekundärspule (9) ringförmig um eine Drehachse (30) der hohlen Rotorwelle (4) angeordnet ist.

6. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gleichrichter (6) radial innerhalb des Auswuchtrings (5) angeordnet ist und/oder sich an einer Radialstufe (23) des Auswuchtrings (5) oder einer Innenmantelfläche (22) des Auswuchtrings (5) abstützt.

7. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- stirnendseitig der Rotorwicklungen (3) Endwicklungen (13) angeordnet sind,
- der Gleichrichter (6) und der Auswuchtring (5) ein die Endwicklungen umgebendes Gehäuse (21) bilden, wobei Elektronikkomponenten (24) des Gleichrichters (6) in einem Gehäuseinneren (25) angeordnet sind,
- die Rotorwelle (4) hohl ausgebildet ist und einen Kühlkanal (26) zum Durchleiten von Kühlmittel aufweist, der kommunizierend mit dem Gehäuseinneren (25) verbunden ist.

8. Fremderregte Synchronmaschine (2), mit einem elektrisch bestrombaren Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

9. Fremderregte Synchronmaschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Synchronmaschine (2) einen Drehtransformator-Stator (10) mit einer Primärspule (11) und einen Transformatorkern (12) aus einem magnetischen Kernmaterial, vorzugsweise aus einem Ferrit, aufweist.

10. Fremderregte Synchronmaschine nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Transformatorkern (12) einen Innenring (15), einen Außenring (16) und einen den Innenring (15) und den Außenring (16) jeweils an einer Stirnseite verbindenden Statorsteg (17) aufweist, wobei die Primärspule (11) in einer Vertiefung (19) am Innenring (15) angeordnet ist und wobei zwischen dem Innenring (15) und dem Außenring (16) eine ringförmige Ausnehmung (19) angeordnet ist.

11. Fremderregte Synchronmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sekundärspule (9) des Drehtransformator-Rotors (8) in die ringförmige Ausnehmung (19) des Transformatorkerns (12) eingreift.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

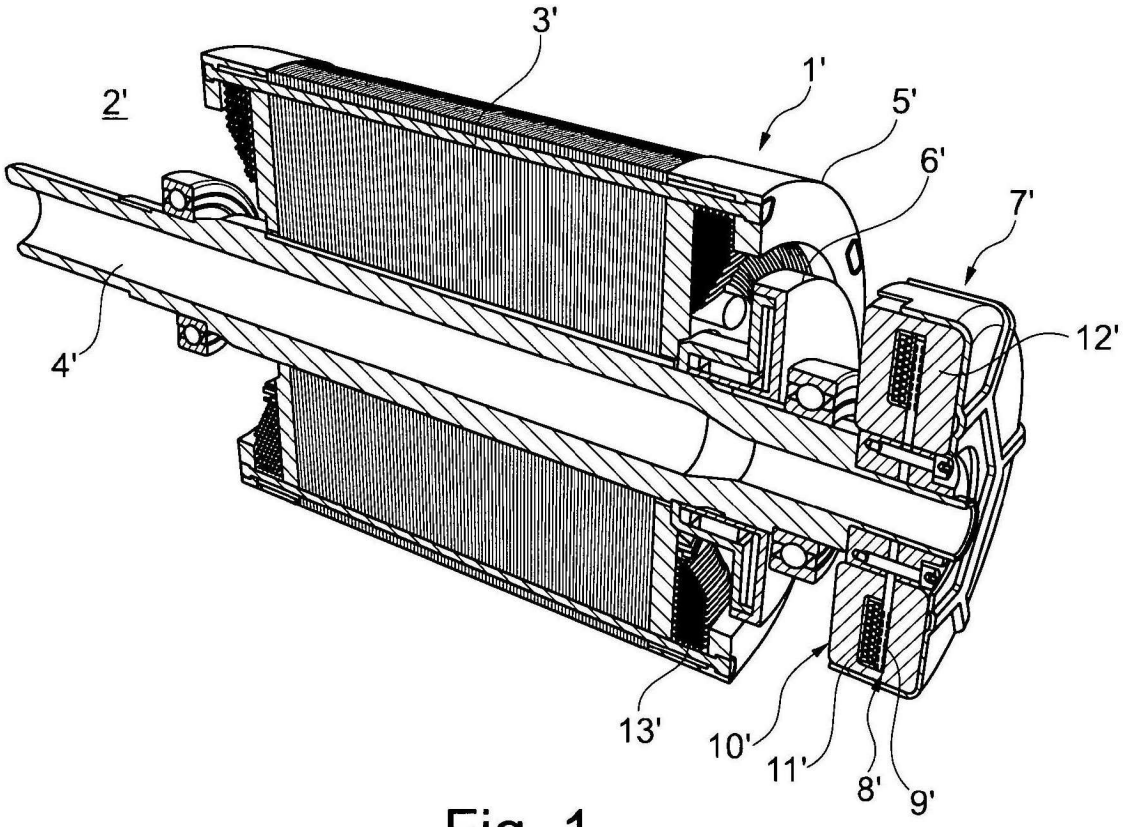


Fig. 1

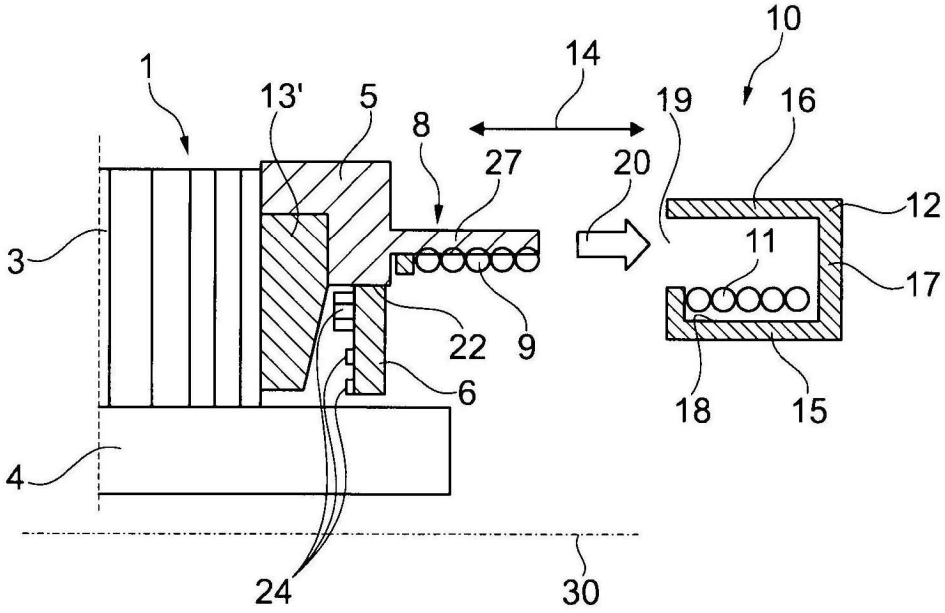


Fig. 2

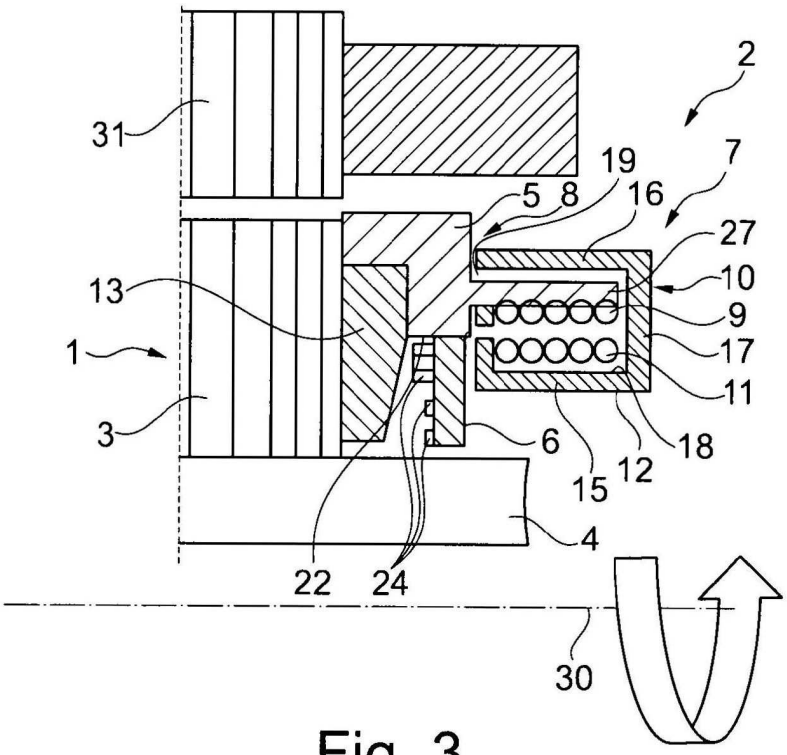


Fig. 3

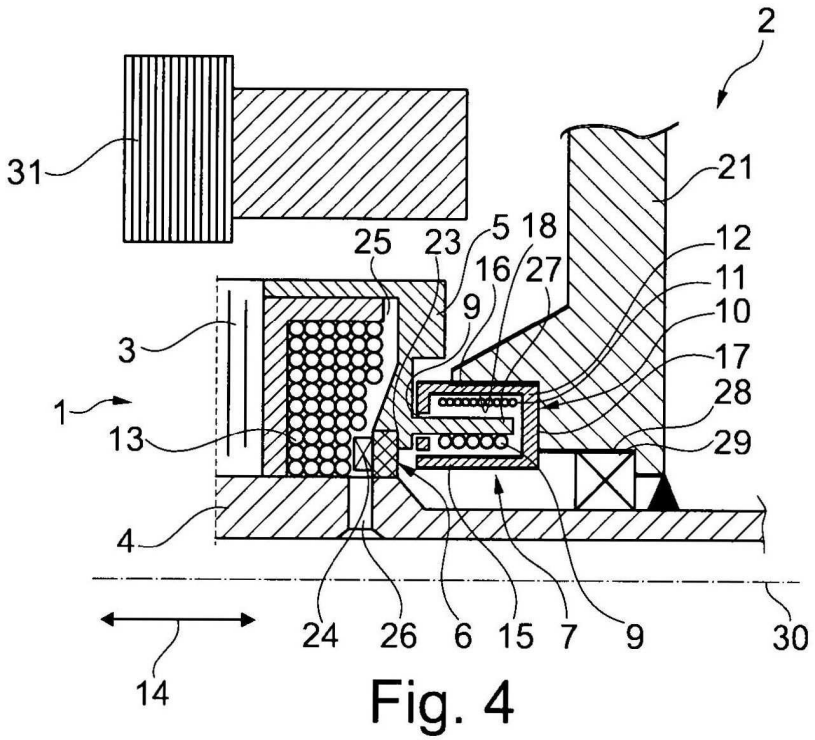


Fig. 4

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.